

Sezonowa zmienność stężenia pyłu zawieszonego oraz jakości powietrza na terenie miasta Sosnowiec

Seasonal Variability of Concentration and Air Quality of Ambient Particulate Matter in Sosnowiec City

Jolanta Cembrzyńska^{1 (a-e)}, Ewa Krakowiak^{1 (b, f)}, Piotr Z. Brewczyński^{1 (f)}

¹ Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu, Zakład Szkodliwości Biologicznych i Immunoalergologii, Kierownik Zakładu: dr n. med. Piotr Z. Brewczyński

^(a) koncepcja

^(b) zebranie materiału do badań

^(c) badania laboratoryjne

^(d) statystyczna analiza wyników

^(e) opracowanie tekstu i piśmiennictwa

^(f) opieka merytoryczna

STRESZCZENIE

Wstęp: Narażenie populacji na ponadnormatywne stężenia pyłu zawieszonego jest istotnym czynnikiem kształtującym zdrowie publiczne na terenach zurbanizowanych zarówno w Polsce, jak i Europie. W większości przypadków, przekroczenia norm jakości powietrza odnoszą się do okresu zimowego, w którym notuje się ich największą częstość. Jak wskazują wyniki licznych badań, z ekspozycją środowiskową na podwyższone stężenia pyłu zawieszonego wiąże się nasilenie negatywnych skutków zdrowotnych. Narażenie człowieka, zwłaszcza na cząstki drobne (o średnicy aerodynamicznej mniejszej niż 2,5 μm), zwiększa ryzyko rozwoju chorób układu krążenia i układu oddechowego, w powiązaniu ze wzrostem hospitalizacji oraz obniżeniem średniej długości życia. Badania epidemiologiczne wykazały ponadto, że zanieczyszczenie powietrza tym czynnikiem zwiększa ryzyko zachorowania na raka płuc. Z tego powodu w 2013 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zaklasyfikowała pył zawieszony jako czynnik rakotwórczy dla ludzi (Grupa 1).

Cel pracy: Celem badań było określenie stopnia zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) w sezonie zimowym i letnim 2013 roku, w odniesieniu do standardów jakości powietrza ustalonych ze względu na ochronę zdrowia ludzi. Ponadto przeprowadzono klasyfikację stanu aerosanitarnego powietrza w oparciu o zmodyfikowany indeks jakości powietrza, stosowany w województwie śląskim, do informowania społeczeństwa o wskaźniku narażenia oraz możliwości wystąpienia potencjalnych skutków zdrowotnych związanych z różnym poziomem zanieczyszczeń.

Wyniki: Istotnie wyższe statystycznie ($p < 0,05$) stężenia pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$ wystąpiły w sezonie zimowym. Średnie stężenie pyłu PM_{10} wyniosło 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i było dwukrotnie wyższe niż w sezonie letnim. Średnie stężenie pyłu $\text{PM}_{2,5}$ wyniosło 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i ponad dwukrotnie przekraczało wartości stężeń uzyskane w okresie letnim. W przeważającej części sezonu zimowego dominował ponadto „wysoki wskaźnik”, świadczący o złej jakości powietrza na terenie miasta.

Słowa kluczowe: pył zawieszony, PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, indeks jakości powietrza

ABSTRACT

Introduction: Exposing the population to more than standard concentration of particulate matter (PM) is a crucial factor shaping the public health on urbanized areas both in Europe and Poland. In most cases, exceeded air quality standards relate to the winter period, in which there has been the greatest amount. Many studies have indicated, that exposure to PM can cause adverse health effects. Human exposure especially to fine particles (with an aerodynamic diameter less than 2.5 μm), causes risk of cardiovascular and respiratory diseases, due to daily mortality and hospital admissions. Various types of epidemiological studies have indicated, that ambient air pollution is responsible for increasing risk of lung cancer. For this reason, in 2013 The International Agency for Research on Cancer (IARC) classified outdoor air pollution and particulate matter as carcinogenic to humans (Group 1).

Aim of the study: The purpose of the study was assessment of air pollution (PM_{10} , $PM_{2,5}$) in the winter and summer season 2013, in relation to limit values specified to protect human health. In addition, was performed a classification of air quality conditions according to the categories of modified air quality index, used in the Silesian Providence, to inform the public about the rate of exposure and the possibility of appearing of potential health effects associated with different levels of air pollution.

Results: Statistically significant ($p < 0.05$) higher concentration of PM_{10} and $PM_{2,5}$ occurred in the winter

season. The average concentration of PM_{10} was $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and was twice higher than in the summer season. The mean concentration of $PM_{2,5}$ was $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and more than twice exceeded the concentration values obtained during the summer months. For the most part of the winter season (50-70% days) dominated „high index”, provides poor air quality on area city.

Key words: particulate matter, PM_{10} , $PM_{2,5}$, air quality index

WSTĘP

Polityka ograniczania szkodliwych emisji uwalnianych do atmosfery, w większości krajów europejskich, w tym także w Polsce, spowodowała znaczące obniżenie stężeń kluczowych zanieczyszczeń powietrza [1, 2]. Pomimo takiej implementacji wybrane obszary Europy nadal nie uzyskały jakości powietrza, którą przewidziano w prawie unijnym i której oczekują obywatele, gdyż wciąż znaczny odsetek ludności jest ekspozowany na oddziaływanie stężeń pyłu zawieszonego przekraczających dopuszczalne normy [3]. Implikacje złej jakości powietrza najsilniej odczuwalne są w aglomeracjach miejskich, gdzie żyje ponad dwie trzecie populacji europejskiej [4]. W Polsce, w latach 2009-2011 od 79% do 86% ludności miejskiej i podmiejskiej było narażone na oddziaływanie stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} , niespełniających norm jakości powietrza ustalonych jako standard w celu ochrony zdrowia ludzi [5].

Pył zawieszony, określany w literaturze anglojęzycznej terminem *particulate matter* (PM), jest ogólnym terminem odnoszącym się do heterogenicznej mieszaniny cząstek stałych, gazów oraz cieczy, które ze względu na duży stopień dyspersji mogą przebywać w atmosferze w stanie zawieszonym przez długi okres czasu. Aktualnie światowym standardem w zakresie oznaczania stężenia pyłu zawieszonego w środowisku miejskim są dwie klasy wielkości cząstek, definiowane ich średnicą aerodynamiczną: PM_{10} (ang. *coarse particles*) – frakcja zgrubna o średnicy ziaren mniejszej lub równej 10 mikrometrów oraz $PM_{2,5}$ (ang. *fine particles*) – frakcja drobna o średnicy ziaren mniejszej lub równej 2,5 mikrometra.

Większość badań epidemiologicznych i klinicznych potwierdza zależność pomiędzy ekspozycją środowiskową na pył zawieszony a prawdopodobieństwem wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych [6-8]. Są one związane z narażeniem człowieka na działanie zanieczyszczeń powietrza w różnych okresach jego życia, począwszy od narażenia prenatalnego, poprzez dzieciństwo i dorosłe życie [9]. Światowa Organizacja Zdrowia (ang. *World Health Organization*; WHO) wśród efektów zdrowotnych wywołanych krótkotrwałym kontaktem wyróżnia: reakcje zapalne płuc, ostrą niewydolność układu oddechowego oraz układu krążenia, wzrost częstości hospitalizacji, a nawet ryzyko nagłego zgonu. Chroniczna ekspozycja skutkuje nasileniem objawów ze strony dolnych dróg

oddechowych, zmniejszeniem czynności płuc u dzieci i dorosłych, zaostrzeniem przewlekłej obturacyjnej choroby płuc a także skróceniem statystycznej długości życia [10]. Ponadto, długotrwała ekspozycja środowiskowa na pyłowe zanieczyszczenia powietrza, w szczególności pyły drobne o średnicy ziaren poniżej $2,5 \mu\text{m}$, jest ważnym czynnikiem rozwoju raka płuc. [11]. Z tego powodu w 2013 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (ang. *International Agency for Research on Cancer*; IARC) sklasyfikowała zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego i pył zawieszony jako czynnik rakotwórczy dla ludzi (Grupa 1) [12].

Transpozycja do polskiego systemu prawnego postanowień Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (ang. *Clean Air for Europe*, CAFE) [13], zapewnia społeczeństwu prawo dostępu do informacji o stanie poszczególnych składowych środowiska przyrodniczego. Jednym z elementów wdrażania tego procesu jest diagnoza jakości powietrza przedstawiana w postaci indeksów (wskaźników) jakości powietrza (ang. *Air Quality Index*, AQI). Są to narzędzia opracowane w celu dziennej (krótkoterminowej) oceny stanu aerosanitarnego powietrza na obszarach, dla których warunki środowiskowe uległy niekorzystnej modyfikacji w wyniku antropogenicznej presji. Jako jeden z istotnych motywów powstania tego typu narzędzi autorzy wymieniają przede wszystkim możliwość szybkiej oceny poziomu zagrożenia zdrowia publicznego przypisanemu dobowej wartości stężenia zanieczyszczenia w powietrzu [14]. Ma to szczególnie znaczenie w przypadku wrażliwych grup ludności, do których należą dzieci i młodzież oraz osoby starsze (powyżej 65 roku życia), obciążone dodatkowo chorobami układu krążenia lub układu oddechowego, w tym astmą. Informacja o jakości powietrza ma na celu ograniczenie niekorzystnego wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie poprzez zwiększenie świadomości społeczeństwa, oraz stanowi pomoc w zaplanowaniu indywidualnej aktywności fizycznej wśród osób populacji generalnej i wrażliwej. Drugi powód wprowadzenia oceny jakości powietrza wiąże się z warunkiem rozwoju ukierunkowanej strategii działania w przypadku wystąpienia ryzyka przekroczenia poziomów informowania społeczeństwa lub alarmowych poziomów substancji w powietrzu, których nawet krótkotrwałe przekroczenie może powodować zagrożenie dla zdrowia ludzi [15].

CEL PRACY

Głównym celem pracy jest określenie sezonowej zmienności stężenia dwóch frakcji pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $PM_{2,5}$ na terenie miasta Sosnowca w 2013 roku, w odniesieniu do krajowych standardów jakości powietrza ustalonych ze względu na ochronę zdrowia ludzi. Drugim celem pracy jest klasyfikacja stanu aerosanitarne powietrza w oparciu o „zmodyfikowany indeks jakości powietrza”, stosowany w województwie śląskim do codziennej oceny czystości powietrza oraz informowania społeczeństwa o potencjalnych skutkach zdrowotnych związanych z różnym poziomem zanieczyszczeń.

MATERIAŁ I METODY

Charakterystyka miasta Sosnowiec

Sosnowiec to miasto na prawach powiatu położone we wschodniej części województwa śląskiego. Zgodnie z regionalizacją fizyczno-geograficzną zaproponowaną przez J. Kondrackiego [16] Sosnowiec położony jest we wschodniej części mezoregionu Wyżyna Katowicka (341.13), która jest centralną częścią Wyżyny Śląskiej. Obszarowo miasto zajmuje powierzchnię 91,06 km² i podzielone jest na 19 administracyjnych dzielnic. Liczba mieszkańców w 2013 roku wyniosła 211 275 osób (stan na dzień 31.12.2013 r.) co sprawia, że pod względem liczby ludności Sosnowiec jest największym miastem Zagłębia Dąbrowskiego, oraz jednym z najludniejszych miast województwa śląskiego [17]. Od 2007 roku Sosnowiec należy do Górnośląskiego Związku Metropolitalnego, skupiającego czternaście miast konurbacji górnośląskiej posiadających status powiatu.

Transformacja społeczno-gospodarcza na początku lat 90. XX wieku i związana z nią reforma przemysłu spowodowała zasadnicze zmiany w strukturze gospodarczej miasta. Obecnie, największe znaczenie odgrywa sektor usług (61,3%) oraz przemysł lekki oparty o nowoczesne technologie (38,2%). Marginalny udział w strukturze gospodarczej miasta (0,5%) odgrywa rolnictwo [18]. Efektem zaistniałych zmian gospodarczych jest postępująca redukcja emisji zanieczyszczeń, której obecny poziom kształtowany jest w głównej mierze przez sektor komunalno-bytowy. Problemem w skali miasta są małej mocy lokalne elektrociepłownie oraz zakłady energetyki, prowadzące działalność produkcyjną i dystrybucyjną energii cieplnej na potrzeby technologiczne oraz komunalne. Niekorzystna, oparta na węglu, struktura zużycia paliw stanowi podstawową przyczynę tzw. niskiej emisji, której skutki są najbardziej zauważalne w sezonie zimowym, pokrywającym się z sezonem grzewczym. Z uwagi na występowanie w granicach miasta dzielnic ze starą zabudową, istotny czynnik zanieczyszczający środowisko miasta stanowią mało efektywne paleniska in-

dywidualne, które emitują specyficzne substancje stanowiące w skali miasta poważny problem ekologiczny i zdrowotny.

Lokalizacja i charakterystyka stanowiska pomiarowego

Stanowisko pomiarowe zlokalizowano w zachodniej, jednocześnie najbardziej zurbanizowanej, części miasta Sosnowca (50.271°N, 19.128°E). Przy lokalizacji stanowiska pomiarowego uwzględniono reprezentatywność punktu dla otaczającego obszaru w skali makro-środowiska oraz stopień antropopresji środowiskowej, przy jednoczesnym oddziaływaniu ruchu drogowego [19].

Otoczenie punktu pomiarowego, podobnie jak całą zachodnią część miasta wyróżniają silnie zurbanizowane tereny z wysoką i niską zabudową mieszkaniową, przemieszane z infrastrukturą o charakterystycznym, śródmiejskim rodzaju zabudowy. Z uwagi na obiekt badań, istotnym elementem cechującym omawiany obszar jest oddziaływanie licznych źródeł emisji pyłowo-gazowej, w tym niskiej emisji. Ponadto, na poziomie emisji w okresie letnim wpływają produkty spalania pochodzące ze źródeł komunikacyjnych. Rozwinięta struktura sieci drogowo-ulicznej w powiązaniu z dużym natężeniem ruchu samochodowego skutkuje wzmożoną emisją spalin, szczególnie w godzinach szczytu. Ładunek zanieczyszczeń komunikacyjnych potęguje ponadto resuspensja powierzchniowa pyłu drogowego, pochodzącego z procesu ścierania/zużywania się różnych elementów mechanicznych pojazdów m.in.: szcęk hamulcowych oraz opon.

Technika poboru prób powietrza

Zastosowano metodę grawimetryczną, polegającą na aspirowaniu powietrza na filtry szklane z powłoką PTFE (prod. SKC, USA) o średnicy porów 2 μm, rekomendowane przy tego typu badaniach ze względu na wysoką skuteczność zatrzymywania drobnych cząstek. Stosowano pompy Harvarda (prod. Air Diagnostic and Engineering Inc, Naples, USA), wyposażone w głowice aspiracyjne o konstrukcji pozwalającej na separację cząstek w zakresie dwóch wielkości frakcji: PM_{10} oraz $PM_{2,5}$. Próbkę powietrza pobierano w sposób ciągły (dobowy) przy z natężeniem przepływu strugi powietrza wynoszącym 9 dm³/min. Każdorazowo, zarówno przed pomiarem jak i po pomiarze, sprawdzano zgodność przepływu powietrza przy użyciu wzorcowanego rotametri.

Do wyznaczania masy filtrów czystych oraz z pobraną próbką powietrza stosowano mikrowagę analityczną (prod. Radwag, Polska), z dokładnością ważenia 1 μg. Kondycjonowanie materiału filtracyjnego każdorazowo przeprowadzono w stałych warunkach temperatury i wilgotności. Wszystkie etapy procesu analitycznego przeprowadzono według standardowych kryteriów dotyczących oznaczania frakcji masowych pyłu zawieszonego [20].

Stężenie pyłu wyrażone w $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wyznaczono jako stosunek masy pyłu zebranego na filtrze do objętości pobranego powietrza.

Badania prowadzono w okresie od stycznia do grudnia 2013 roku.

Klasyfikacja jakości powietrza

Interpretację uzyskanych wartości stężeń dwóch frakcji pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$ w aspekcie oceny jakości powietrza przeprowadzono w oparciu o wspólny indeks jakości powietrza (ang. *Common Air Quality Index*; CAQI), stosowany w państwach europejskich do diagnozy stanu sanitarnego powietrza zewnętrznego oraz informowania społeczeństwa o możliwości wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych związanych z ekspozycją środowiskową. System indeksowania jakości powietrza opiera się na kryteriach z 2007 roku, wypracowanych przez Europejską Agencję Ochrony Środowiska (ang. *European Environmental Agency*; EEA) na potrzeby porównywania jakości powietrza dużych miast europejskich [21]. W strefach i aglomeracjach województwa śląskiego do klasyfikacji jakości powietrza stosowany jest zmodyfikowany odpowiednik zaproponowany przez EEA. Koncepcja uwzględnia między innymi specyfikę lokalnych warunków środowiskowych, w tym utrzymujące się w Polsce, a zwłaszcza w konurbacji górnośląskiej,

wyższe poziomy stężeń pyłu zawieszonego w stosunku do innych krajów europejskich [22].

Skala wskaźnika jakości powietrza (tabela I) składa się z sześciu klas (klasa 1 – bardzo niski, klasa 6 – ekstremalnie wysoki), którym przyporządkowano odpowiednie progi zmienności stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$. Granice pomiędzy poszczególnymi klasami są skorelowane z wartościami dopuszczalnymi, ustalonymi dla tych substancji w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu [15]. Z każdą klasą wskaźnika powiązany jest odpowiedni poziom zagrożenia zdrowia, odmienny dla populacji generalnej oraz grup wrażliwych, dla których prawdopodobieństwo wystąpienia określonych efektów zdrowotnych jest wyższe (tabela II). Klasy wskaźnika 1-3 oznaczają zadowalającą jakość powietrza. Stężenie $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ odpowiadające wartości dopuszczalnej ustalonej dla jednej doby (górną wartość zakresu dla klasy 3) wyznacza jednocześnie granicę pomiędzy średnim, a wysokim wskaźnikiem jakości powietrza. Dla frakcji pyłu $\text{PM}_{2,5}$ górna granica zakresu stężeń przewidziana dla 3 klasy jakości powietrza nieznacznie przekracza wartość $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ustaloną jako dopuszczalną. Klasy 4-5 („wysoki” oraz „bardzo wysoki” wskaźnik) oznaczają złą jakość powietrza. Z występowaniem tych klas wiąże się ryzyko zagrożenia zdrowia, zarówno wśród populacji wrażliwej, jak i generalnej. Ekstremalnie

Tabela I. Zmodyfikowany wskaźnik jakości powietrza dla pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$, stosowany na terenie województwa śląskiego [22]

Table I. Modified classification of air quality index for ambient particulate matter PM_{10} and $\text{PM}_{2,5}$, used in the Silesia Province [22]

Wskaźnik jakości powietrza	Bardzo niski	Niski	Średni	Wysoki	Bardzo wysoki	Ekstremalnie wysoki
	Zakres stężeń [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Zanieczyszczenie						
PM_{10}	0-15	16-30	31-50 ¹⁾	51-150	151-300 ²⁾	> 300 ³⁾
$\text{PM}_{2,5}$	0-10	11-20	21-30	31-100	> 100	-

¹⁾ Poziom dopuszczalny PM_{10} dla 24-godzin

²⁾ W zakresie stężeń występuje normatyw wynoszący $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, będący progiem informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia przekroczenia poziomu alarmowego dla pyłu PM_{10}

³⁾ Alarmowy poziom substancji w powietrzu

Tabela II. Poziom zagrożenia zdrowia powiązany z wartością wskaźnika jakości powietrza [22, 23]

Table II. The level of health hazard for different air quality index values [22, 23]

Wskaźnik jakości powietrza	Jakość powietrza	Poziom zagrożenia zdrowia
bardzo niski	dobra	brak lub niewielkie zagrożenie dla zdrowia
niski	zadowalająca	minimalne (umiarkowane) problemy zdrowotne w grupie osób wrażliwych ¹⁾
średni	akceptowalna	warunki niezdrowe dla grup wrażliwych
wysoki	zła	zagrożenie zdrowia dla grup wrażliwych
bardzo wysoki	zła	możliwe wystąpienie skutków zdrowotnych w populacji generalnej; wśród osób z grup wrażliwych wystąpienie nasilonych efektów zdrowotnych
ekstremalnie wysoki	bardzo zła	możliwe wystąpienie poważnych skutków zdrowotnych zarówno w populacji generalnej jak i grupach wrażliwych

¹⁾ dzieci i młodzież, osoby cierpiące na astmę lub inne choroby układu oddechowego i układu krążenia, osoby starsze (powyżej 65 roku życia)

nie zła jakość powietrza (klasa 6) informuje, że nastąpiło przekroczenie poziomu alarmowego, wynoszące $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla frakcji pyłu PM_{10} , powyżej którego nawet krótkotrwała ekspozycja stwarza zagrożenie dla zdrowia całej populacji.

Analiza statystyczna

Analizę statystyczną zmiennych przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica for Windows, wersja 10.0. Wyznaczono statystyki podstawowe zmiennych takie jak: średnia arytmetyczna, minimum i maksimum, dolny oraz górny kwartyl, mediana. W celu określenia jakim typem rozkładu zmiennych w poszczególnych okresach pomiarowych charakteryzuje się badana populacja zastosowano test Shapiro-Wilka. Do porównania zależności pomiędzy zmiennymi uzyskanymi w sezonie letnim i zimowym zastosowano test U Manna-Whitneya dla statystyk nieparametrycznych. Za istotnie statystycznie uznano wartości na poziomie istotności $p < 0,05$.

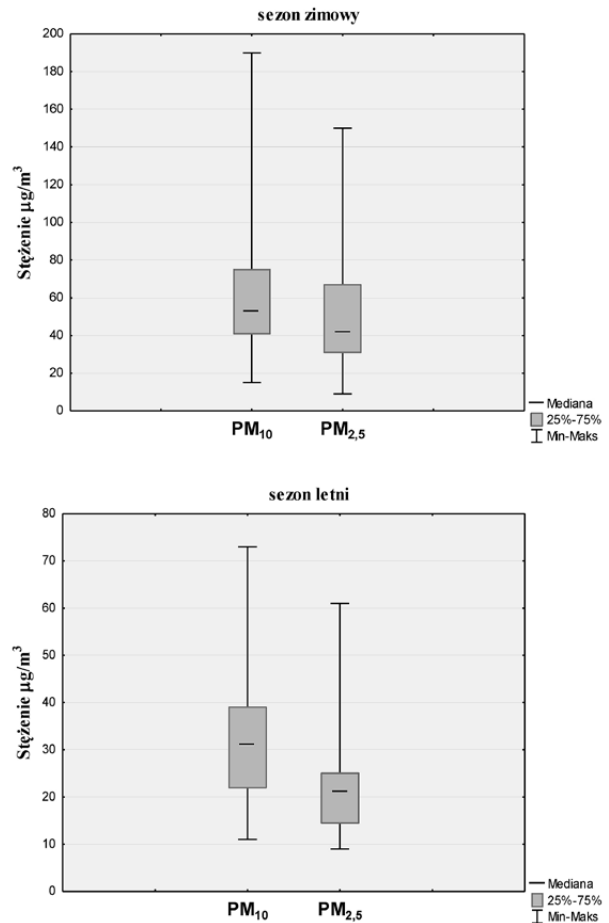
WYNIKI BADAŃ

Pomiary stężenia frakcji pyłu PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$ przeprowadzono w 2013 roku na terenie miasta Sosnowiec. Wykonano 287 pomiarów jednostkowych (dobowych) obejmujących sezon zimowy i letni, co stanowiło 80% dni roku.

Na rycinie 1 zilustrowano w ujęciu sezonowym rozkład dobowych stężeń pyłu PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$ na terenie miasta Sosnowiec, z uwzględnieniem podstawowych miar zmienności: minimum, maksimum, mediana, dolny (25%) oraz górny (75%) kwartyl.

W sezonie zimowym mediana stężeń dla PM_{10} wyniosła $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i była wyższa w stosunku do okresu letniego ($31 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 25% uzyskanych wartości stężeń w okresie zimowym mieściło się w zakresie poniżej $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz powyżej $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

W przypadku $\text{PM}_{2,5}$ mediana stężeń w sezonie zimowym była dwukrotnie wyższa niż w sezonie letnim ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vs $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 25% wartości stężeń uzyskanych dla tej frakcji pyłu było poniżej $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz powyżej $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Ryc. 1. Rozkład wielkości stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$ w sezonie zimowym i letnim na terenie miasta Sosnowiec

Fig. 1 The size distribution of daily concentrations of particulate matter PM_{10} and $\text{PM}_{2,5}$ in winter and summer seasons in Sosnowiec city.

Największą różnicę pomiędzy górnym a dolnym kwartylem, wynoszącą $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stwierdzono w przypadku stężeń $\text{PM}_{2,5}$ uzyskanych w sezonie zimowym.

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym przeprowadzono przez porównanie uzyskanych w wyniku pomiarów stężeń pyłu zawieszonego z poziomami dopuszczalnymi (tabela III).

Tabela III. Poziomy dopuszczalne dla pyłu zawieszonego PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ oraz okresy, dla których uśrednia się wyniki pomiarów¹⁾
Table III. Limit values and averaging period for PM_{10} and $\text{PM}_{2,5}$ particulate matter

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiarów	Poziom dopuszczalny substancji w powietrzu $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dopuszczalna częstość przekraczania	Poziom informowania $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Poziom alarmowy
PM_{10}	24 godziny	50	35	200	300
	rok kalendarzowy	40	-	-	-
$\text{PM}_{2,5}$	rok kalendarzowy	25	-	-	-

¹⁾ Poziom dopuszczalny określony w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012 poz. 1031).

W tabeli IV przedstawiono parametry statystyczne wyznaczone dla dobowych stężeń frakcji pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $PM_{2,5}$. Średnie roczne stężenie frakcji pyłu PM_{10} wyniosło $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i przekraczało o 20% wartość $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ustaloną jako dopuszczalną dla roku kalendarzowego.

Wartość graniczna ustalona ze względu na ochronę zdrowia ludzkiego, wynikająca z krótkotrwałego narażenia na PM_{10} wynosi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zgodnie z Rozporządzeniem [15], dopuszcza się częstość przekraczania ustalonego normatywu maksymalnie 35 razy w roku kalendarzowym. W okresie od stycznia do grudnia 2013 roku aż 96 razy miało miejsce przekroczenie wartości dopuszczalnej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a więc blisko trzykrotnie częściej niż przewiduje ustawodawca. Tendencje przekraczania wartości dopuszczalnej dotyczyły głównie sezonu zimowego, kiedy przez 78 dni stężenia frakcji pyłu PM_{10} przekraczały wartość $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, natomiast w okresie letnim przez 18 dni. W analizowanym okresie badań nie zarejestrowano stężeń przekraczających $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, będących wartością progową informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia przekroczenia poziomu alarmowego dla pyłu PM_{10} . Powyżej tego poziomu istnieje zagrożenie dla zdrowia ogółu ludności, wynikające z krótkotrwałego narażenia szczególnie wrażliwych grup i w przypadku którego niezbędna jest natychmiastowa i właściwa informacja społeczeństwa [13].

Równoległe z pomiarami pyłu PM_{10} prowadzono monitoring drobnej frakcji $PM_{2,5}$. W 2012 roku po raz pierwszy w prawodawstwie polskim określono wartość dopuszczalną dla tego parametru na poziomie $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla rocznego okresu uśredniania wyników. Jak wykazały badania, średnie roczne stężenie $PM_{2,5}$ wyniosło $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i przekraczało o 30% wartość dopuszczalną. W sezonie letnim, obejmującym miesiące drugiego i trzeciego kwartału, występowały na ogół niższe stężenia pyłu $PM_{2,5}$ (stężenie minimalne: $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, stężenie maksymalne: $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

W ujęciu sezonowym, istotne statystycznie różnice ($p < 0,05$) wystąpiły pomiędzy wartościami stężeń uzyskanymi zimą i latem. Średnie stężenia, zarówno frak-

cji PM_{10} oraz $PM_{2,5}$ w okresie zimowym były ponad dwukrotnie wyższe niż w miesiącach letnich. Ponadto, w okresie zimowym wystąpiły maksymalne stężenia pyłu ($190 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM_{10} oraz $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla $PM_{2,5}$), a także duża zmienność uzyskanych stężeń wyrażona wysoką wartością odchylenia standardowego.

Na rycinie 2 przedstawiono ocenę jakości powietrza wyrażoną jako udział procentowy poszczególnych klas wskaźnika. Zasada klasyfikacji polega na przyporządkowaniu uzyskanych dobowych wartości stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $PM_{2,5}$ do odpowiednich wskaźników indeksu, w celu oszacowania trendu rocznych i sezonowych zmian jakości powietrza.

Uzyskane wysokie wartości stężeń pyłu zawieszonego w sezonie zimowym znalazły potwierdzenie w złej jakości powietrza, wskazując na wysokie ryzyko zagrożeń zdrowotnych. W przeważającej części okresu zimowego dominował „wysoki” wskaźnik, odpowiadający złej jakości powietrza. Stężenia pyłu zawieszonego przypisane dla tego wskaźnika jakości powietrza, kilkukrotnie przewyższają wartości normatywne: w przypadku PM_{10} trzykrotnie, natomiast w przypadku $PM_{2,5}$ czterokrotnie. Procentowy udział tych klas jakości powietrza stanowił 52% w przypadku frakcji pyłu PM_{10} , oraz 77% w przypadku frakcji pyłu $PM_{2,5}$. Szczególnie zła jakość powietrza, wiązała się z wysokim poziomem stężeń frakcji pyłu $PM_{2,5}$ (70% sezonu zimowego). Zatem utrzymujący się wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza może wywołać problemy zdrowotne zarówno wśród populacji wrażliwej na zanieczyszczenie powietrza jak i wśród populacji generalnej. Trzy klasy wskaźnika („bardzo niski”, „niski”, „średni”), uznawane ogólnie jako dobra jakość powietrza, stanowiły łącznie od 30% ($PM_{2,5}$) do 48% (PM_{10}).

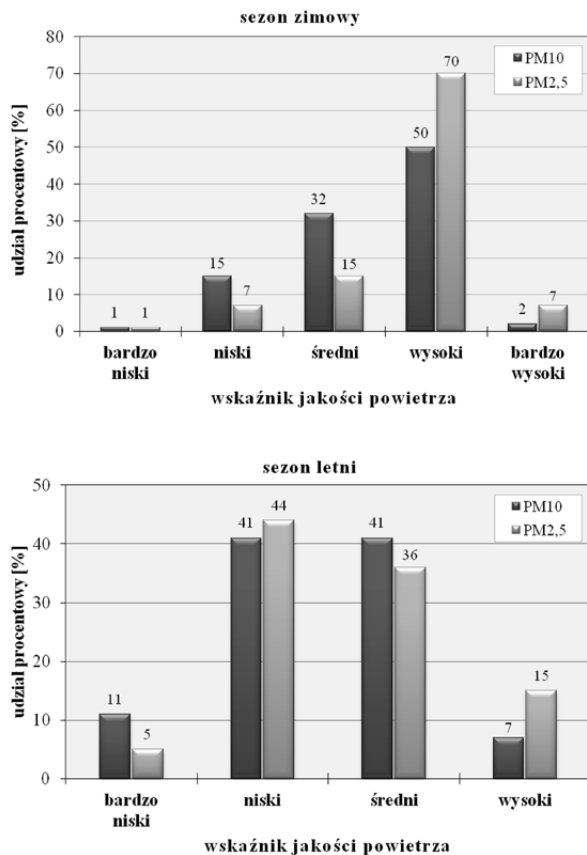
W sezonie letnim dominowały trzy klasy wskaźnika jakości powietrza: „bardzo niski”, „niski” i „średni”, których łączny udział stanowił od 85% do 93% tego okresu. Przez nieznaczną część sezonu letniego występował „wysoki” wskaźnik jakości powietrza (zagrożenie zdrowia dla grup wrażliwych), związany głównie z obecnością wysokich stężeń drobnej frakcji pyłu $PM_{2,5}$ (15%), oraz w mniejszym stopniu pyłu PM_{10} (7%).

Tabela IV. Charakterystyka statystyczna dobowych stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} oraz $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) w sezonie zimowym i letnim 2013 roku na terenie miasta Sosnowiec

Table IV. Statistical characteristic of daily concentrations of PM_{10} and $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) during summer and winter season 2013 year in Sosnowiec city

Wyszczególnienie	Rok 2013		Sezon zimowy ¹⁾		Sezon letni ²⁾	
	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Średnia	48	38	62	52	32	22
Minimum	11	9	15	9	11	9
Maksimum	190	150	190	150	73	61
Odchylnie standardowe	30	27	34	29	14	10
Częstość przekraczania wartości dopuszczalnej	96	-	78	-	18	-

¹⁾ sezon zimowy (grzewczy) – I i IV kwartał roku ²⁾ sezon letni – II i III kwartał roku



Ryc. 2. Procentowy udział poszczególnych klas wskaźnika jakości powietrza w sezonie zimowym i letnim na terenie miasta Sosnowiec

Fig.2. Percentage share of individual classes of air quality index in winter and summer season in area of Sosnowiec city

DYSKUSJA

Przedstawiona analiza wyników badań wykazała, że pod względem jakości powietrza miasto Sosnowiec reprezentuje warunki charakterystyczne dla silnie zurbanizowanych obszarów, pozostających pod dużym wpływem emisji antropogenicznej. Częstość przekroczeń średnich dobowych stężeń pyłu zawieszonego jest bowiem typowa dla obszarów śródmiejskich dużych miast, skupionych w industrialnych aglomeracjach. W przypadku Sosnowca, na występowanie ponadnormatywnych wartości stężeń pyłu zawieszonego istotny wpływ ma emisja obszarowa z centralnej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego oraz wtórna emisja pyłów wraz z emisją samochodową. Adwekcja mas powietrza na teren Sosnowca z ościennych miast o dużej skali zagrożenia środowiska z powodu koncentracji emitorów zanieczyszczeń pyłowych i gazowych [2], powoduje znaczną depozycję zanieczyszczeń spoza obszaru miasta, stwarzając tym samym dodatkowe pogorszenie warunków aerasanitarnych.

Utrzymujące się wysokie stężenia pyłu zawieszonego są charakterystyczne dla sezonu zimowego, będącego jednocześnie okresem grzewczym. Przeprowadzone badania

dotyczące struktury ilościowej pyłu zawieszonego na terenie miasta Sosnowca w latach 2010-2011 wykazały, że stężenia frakcji pyłu PM_{10} oraz $PM_{2,5}$ w sezonie zimowym przekraczały odpowiednio od 2,1 do 2,7 razy przyjęte poziomy dopuszczalne [24]. Badania prowadzone w 2013 roku w innych obszarach Aglomeracji Górnośląskiej, w których funkcjonują stacje monitoringu powietrza wykazały, że w punktach pomiarowych zlokalizowanych w Sosnowcu, Dąbrowie Górniczej czy Katowicach, średnie stężenia pyłu zawieszonego w sezonie grzewczym są blisko dwukrotnie wyższe niż w sezonie letnim [25]. W przypadku Polski, powodowane jest to monokulturą węgla kamiennego oraz znaczącym oddziaływaniem emisji związanej z indywidualnym ogrzewaniem budynków, w której udział pyłu zwieszonego w ogólnej ilości emitowanego pyłu wynosi od około 55% do 85% [26]. Nie bez znaczenia pozostają także warunki meteorologiczne, w tym cyrkulacja atmosferyczna oraz inwersja termiczna, które na zurbanizowanej przestrzeni miejskiej kształtują poziom koncentracji oraz dyspersję zanieczyszczeń powietrza [27].

Jak wspomniano, w analizowanym okresie nie zarejestrowano stężeń przekraczających wartość $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Należy jednocześnie zaznaczyć, że Polska ma najbardziej liberalne przepisy odnośnie wartości dotyczącej poziomu informowania społeczeństwa o istniejącym ryzyku przekroczenia poziomu alarmowego dla pyłu zawieszonego, który nie jest jednolity we wszystkich krajach Unii Europejskiej. Konieczność informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia sytuacji smogowej w większości państw europejskich następuje już w przypadku osiągnięcia stężeń poniżej $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Włochy $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Finlandia $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Węgry i Szwajcaria $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Jedynie w Słowacji ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oraz w Wielkiej Brytanii ($101 \mu\text{g}/\text{m}^3$) poziomy te są nieznacznie wyższe [9]. Sytuacja taka stwarza dodatkowe obciążenie dla zdrowia mieszkańców, gdyż informacja o złej jakości powietrza jest przekazywana zbyt późno.

Niekorzystne warunki imisyjne spowodowały, że w przeważającej części sezonu zimowego 2013 roku na terenie miasta Sosnowiec dominowała czwarta (zła) klasa wyrażona wysokim wskaźnikiem jakości powietrza. Podobną zależność wykazały badania dotyczące diagnozy aerasoitarnej powietrza prowadzone w innych dużych miastach województwa śląskiego (Katowice, Rybnik, Zabrze) oraz małopolskiego (Kraków), w których wzrost wskaźnika jakości powietrza determinowany był w głównej mierze utrzymywaniem się wysokich stężeń pyłu zawieszonego PM_{10} [28]. Analogiczna korelacja jest charakterystyczna także dla miast europejskich tj.: Rotterdam czy Rzym, w których wysokie stężenia PM_{10} decydująca o utrzymywaniu się złej jakości powietrza przez okres od 35% do 45% sezonu zimowego [29]. W Atenach, zła klasa powietrza, stwarzająca warunki niezdrowe dla grup wrażliwych, była obserwowana przez 50-52% sezonu zimowego [30].

Szczególnym zagrożeniem dla zdrowia mieszkańców miasta pozostaje długotrwałe narażenie na drobny pył zawieszony $PM_{2,5}$. Badania wykazują bowiem, że jest on silniejszym czynnikiem ryzyka, zwłaszcza zachorowalności i śmiertelności z powodu chorób sercowo-naczyniowych

wych [31]. Analiza epidemiologiczna dotycząca populacji Śląska, wykazała także istotny wpływ na dobowy profil śmiertelności w przypadku ekspozycji krótkoterminowej, zwłaszcza w populacji osób starszych > 65 roku życia [32]. Oszacowano, że wraz ze wzrostem stężenia $PM_{2,5}$ o $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wzrasta ryzyko zgonu od 0,2% do 0,5% z powodu chorób układu krążenia. Wyraźnie wyższe ryzyko zgonu (0,6%–1,1% vs 0,4%–0,5%) dotyczyło populacji kobiet w stosunku do populacji mężczyzn. Najnowsze badania wykazały ponadto, że w przypadku narażenia długoterminowego, poprawa jakości powietrza związana z redukcją stężenia pyłu $PM_{2,5}$ na poziomie $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ może zapobiec wystąpieniu około 3685 przedwczesnych zgonów w ciągu roku w populacji osób > 30 roku życia [33].

W badaniach epidemiologicznych ilościowym wskaźnikiem oceny efektów zdrowotnych powodowanych przez różne czynniki ryzyka jest środowiskowe obciążenie chorobami (ang. *Environmental Burden of Disease*; EBD). Przyjęty sposób szacowania polega na obliczeniu liczby zgonów lub liczby utraconych lat życia z powodu zgonu lub niepełnosprawności (ang. *Disability Adjusted Life Years*; DALYs) przypisanych właściwemu narażeniu, np. drobnemu pyłowi zawartemu w powietrzu atmosferycznym [34]. Ryzyko wystąpienia niepożądanego efektu biologicznego jest stosunkowo małe, rzędu kilku procent, niemniej jednak bezwzględna liczba osób dotkniętych tym zjawiskiem jest istotna ze względu na powszechny charakter ekspozycji. Szacuje się, że w zachodniej, centralnej i wschodniej Europie w roku 2010, zanieczyszczenie powietrza przyczyniło się do ponad 430 tys. przedwczesnych zgonów oraz ponad 7 mln lat zdrowego życia utraconych z narażenia na działanie pyłu $PM_{2,5}$ [35]. Większość zagrożeń zdrowotnych populacji Polski, spowodowanych środowiskowym narażeniem na ten czynnik ryzyka, stanowią choroby układu krążenia, które w połączeniu z nowotworami są przyczyną ponad 20 tys. dodatkowych zgonów rocznie. Obciążenie populacji wyrażone wskaźnikiem DALYs jest znacznie większe i wynosi łącznie 340 tys. utraconych lat życia skorygowanych niepełnosprawnością [36].

WNIOSKI

Problemem środowiskowym miasta Sosnowca i jego mieszkańców jest występowanie wysokich stężeń pyłu zawieszonego. W 2013 r. zaistniały trudności zarówno z dotrzymaniem średniego rocznego stężenia pyłu, oraz częstotnością przekraczania wartości normatywnych. Przez znaczną część roku miały miejsce przekroczenia dobowej wartości dopuszczalnej, która ustawowo nie może zostać przekroczona w roku kalendarzowym więcej niż 35 razy.

W przebiegu rocznym, przekroczenia norm jakości powietrza odnoszą się głównie do okresu zimowego, w którym notuje się ich największą ilość. Ponadto, w sezonie zimowym wystąpiły najmniej korzystne warunki aerasynitarne powietrza. Dominowała zła jakość powietrza, która stwarza ryzyko wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych mieszkańców miasta, zarówno wśród populacji wrażliwej jak i w populacji generalnej.

PIŚMIENNICTWO

1. EEA: European Union Emission Inventory Report 1990-2013 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). European Environmental Agency Technical Report, Copenhagen 2015.
2. GUS: Ochrona Środowiska 2014. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.
3. EEA Signals: Every breath we take. Improving air quality in Europe. European Environment Agency. Copenhagen, 2013.
4. Komisja Europejska: Miasta przyszłości-Wyzwania, wizje, perspektywy. Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej, Luksemburg 2011.
5. EEA: Air quality in Europe – 2013 report. European Environment Agency Report 9/2012, Copenhagen, 2013.
6. WHO: Health Effects of Particulate Matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 2013.
7. Kim Ki-H., Kabir E., Kabir S.: A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International* 2015; 74: 136-143.
8. Katsouyanni K., Samet J.M.: Air Pollution and Health: A European and North American Approach (APHENA). HEI Research Report 142. Health Effects Institute, Boston. 120 s.
9. EEA: Air quality in Europe-2014 report. European Environment Agency Report 5/2014, Copenhagen, 2014.
10. WHO: Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. Copenhagen 2006.
11. Pope, C.A., Burnett, R.T., Thun M.J., et al: Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-Term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA*, 287, 1132-1141.
12. Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, et al.: The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncology* 2013; 14: 1262-1263.
13. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L152/1.
14. Shooter, D., Brimblecombe, P.: Air quality indexing. *International Journal of Environmental Pollution* 2009; 36: 305-323.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. 2012.1031).
16. Kondracki J.: Geografia regionalna Polski. Wydanie III uzupełnione. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
17. GUS: Rocznik Demograficzny 2014. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.
18. Lokalny program rewitalizacji miasta Sosnowca na lata 2010-2020. Sosnowiec 2010.
19. Wspólne stanowisko przyjęte przez Radę 25 czerwca 2007 roku w celu przyjęcia dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy. Dokument z posiedzenia Komisji Parlamentu Europejskiego. Rada Unii Europejskiej, Luksemburg 2007.
20. PN-EN 12341:2014-07: Powietrze atmosferyczne – Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania stężeń masowych frakcji PM_{10} lub $PM_{2.5}$ pyłu zawieszonego.
21. Van den Elshout S., Bertelds H., Leger K.: CityAir II, Common Information to European Air. CAQI Air quality index Comparing Urban Air Quality across Borders – 2012. European Union. European Regional Development Fund Regional Initiative Project, Schiedam 2008.

22. System Prognoz Jakości Powietrza w strefach i aglomeracjach województwa śląskiego, <http://spjp.katowice.pios.gov.pl/main.aspx> (dostęp: 25-30.03.2015).
23. EPA: Air Quality Index. A Guide to Air Quality and Your Health. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air Quality Planning and Standards Outreach and Information Division, 2014.
24. Cembrzyńska J., Krakowiak E., Brewczyński P. Z.: Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym PM10 oraz PM2.5 w warunkach silnej antropopresji na przykładzie miasta Sosnowiec. *Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine* 2012; 15: 31-38.
25. Śląski Monitoring Powietrza: <http://stacje.katowice.pios.gov.pl/monitoring/> (dostęp: 22.05.2015).
26. Hławiczka S., Kubica K., Zielonka U.: Właściwości emisji pyłu i metali ciężkich w procesie spalania węgla w paleniskach domowych. *Archiwum Ochrony Środowiska* 2001; 2: 29-45.
27. Widawski A.: The influence of atmospheric circulation on the air pollution concentration and temperature inversion in Sosnowiec. Case study. *Environmental & Socio-Economic Studies* 2015; 3: 30-40.
28. Ośródk L., Krajny E., Klejnowski K. i wsp.: Indeks jakości powietrza jako miara zanieczyszczenia powietrza w Polsce. *Nauka Przyroda Technologie* 2011; 5: 1-11.
29. Van den Elshout S., Molenaar R., Wester B.: Comparing urban air quality in Europe in real time. A review of existing air quality indices and the proposal of a common alternative. *Environment International* 2008; 34: 720-726.
30. Kyrkilis, G., Chaloulakou, A., Kassomenos, P.A.: Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. *Environment International*; 33: 670-676.
31. Pope C.A. III, Burnett R.T., Thurston G.D., et.al.: Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004; 109:71-77.
32. Kowalska M., Skrzypek M., Danso F. et al: Relative risk of total and cardiovascular mortality in the elderly as related to short-term increases of PM2.5 concentrations in ambient air. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2012; 21: 1279-1285.
33. Kowalski M., Kowalska K., Kowalska M.: Health benefits related to the reduction of PM concentration in ambient air, Silesian Voivodeship, Poland. *Int J Occup Med Environ Health* (w druku), <http://dx.doi.org/10.13075/ijomh.1896.00493>.
34. Kowalska M., Skrzypek M.: Environmental burden of disease (EBD) and the possibility of using the method for estimating health effects related to PM2.5 exposure. *Hygeia Public Health* 2014; 49: 33-38.
35. Lim S., Vos T, Flaxman A., et al: A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet* 2012; 380: 2224-2260.
36. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Heatmap. University of Washington, Seattle, <http://www.healthdata.org/poland> (dostęp: 25.09.2015).

Adres do korespondencji:

*mgr inż. Jolanta Cembrzyńska
Zakład Szkodliwości Biologicznych i Immunoalergologii
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
ul. Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec
tel. 32 6341243; fax. 32 266 11 24
e-mail: j.cembrzynska@imp.sosnowiec.pl*