

## Streszczenie

**Wstęp:** Zanieczyszczenie powietrza jest jednym z najpoważniejszych problemów zdrowia publicznego. Zła jakość powietrza jest jedną z głównych przyczyn chorób układu sercowo-naczyniowego, oddechowego i przedwczesnej śmierci. W ostatnich latach coraz więcej wiadomo na temat negatywnego wpływu zanieczyszczenia powietrza na występowanie zaburzeń neurologicznych i psychicznych. Badania wykazały, że jego składowe mogą wpływać na mózg poprzez wywoływanie uogólnionej odpowiedzi immunologicznej, deregulację procesów metabolicznych, czy bezpośrednio wnikać do centralnego układu nerwowego przez opuszkę węchową. Istnieje rosnąca liczba doniesień na temat związku zanieczyszczenia powietrza z zaburzeniami nastroju i samobójstwami. Wyniki te jednak pozostają niejednoznaczne i wymagają pogłębionych badań.

**Cel:** Celami pracy były: (1) usystematyzowanie dotychczasowej wiedzy na temat wpływu zanieczyszczenia powietrza na występowanie depresji i samobójstw, (2) ocena związku wieloletniej ekspozycji na zanieczyszczone powietrze z występowaniem depresji wśród mieszkańców województwa dolnośląskiego oraz (3) ocena zależności pomiędzy długotrwałym narażeniem na pył zawieszony PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub> i występowaniem samobójstw w Polsce.

**Materiał i metody:** Pierwszy cel został zrealizowany w oparciu o usystematyzowany przegląd (PRISMA) wyników badań naukowych zamieszczonych w elektronicznych baz danych MEDLINE i Scopus w latach 2005-2018. Przeprowadzono dwa retrospektywne badania obserwacyjne opisowe ekologiczne. W pierwszym wykorzystano dane epidemiologiczne dotyczące występowania depresji pozyskane z Narodowego Funduszu Zdrowia (NFZ) z 13 powiatów Dolnego Śląska w okresie 1.01.2010 – 31.12.2015. Kryteria włączenia oparto na rozpoznaniu depresji według klasyfikacji ICD-10. Poziomy zanieczyszczeń powietrza uzyskano z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, a dane demograficzne badanego obszaru z Głównego Urzędu Statystycznego. W drugim badaniu dane o ludności i zanieczyszczeniu powietrza uzyskano z Głównego Urzędu Statystycznego i Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska za lata 2014-2015, natomiast dane epidemiologiczne dotyczące śmierci samobójczych z Komendy Głównej Policji i Komend Wojewódzkich. Przeprowadzono jednowymiarowe oraz wielowymiarowe analizy regresji a także analizy wariancji (ANOVA), a następnie przeprowadzono analizę globalnej regresji przestrzennej dla jednostek referencyjnych w systemie informacji geograficznej (GIS).

**Wyniki:** Do artykułu przeglądowego zebrano 558 publikacji z lat 2005-2018 z czego 406 nie spełniało kryteriów włączenia z powodów merytorycznych. Kolejnych 39 artykułów zostało wykluczonych podczas pełnotekstowego przeglądu ze względu na metodologię i język. Finalnie zakwalifikowano 12 artykułów dotyczących depresji oraz 9 – samobójstw. Niemal wszystkie (odpowiednio 83% i 89%) jednoznacznie wskazywały na pozytywne zależności między badanymi zmiennymi. W drugiej pracy wykazano, iż wskaźnik procentowy osób ze zdiagnozowaną depresją w ciągu 6 lat był znamienne statystycznie powiązany z grupą powiatów jednorodnych pod względem zanieczyszczenia powietrza ( $p < 0.001$ ) badanego obszaru. Wysoki odsetek zdiagnozowanych depresji wiązał się z wyższym stężeniem PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>, a także niższym stężeniem ozonu. W regionach o istotnie wyższych emisjach zanieczyszczeń gazowych występował najwyższy odsetek zdiagnozowanych epizodów depresyjnych. Niezależnymi predyktorami wskaźnika rozpoznanej depresji okazały się: stężenie ozonu, obciążenie demograficzne, wskaźnik feminizacji, liczba lekarzy,

łóżka szpitalne w stosunku do ludności liczba pracujących na 1000 ludności, przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto. Wzrost stężenia ozonu istotnie zmniejszył odsetek depresji ( $F=14.1$ ,  $p = 0.004$ ). Model regresji wykazał, że poziomy zanieczyszczeń  $PM_{2.5}$ , CO, Ba,  $SO_2$  i Cd są niezależnymi czynnikami ryzyka wystąpienia epizodów depresji z objawami psychotycznymi. W trzecim artykule omówiono uzyskane wyniki wskazujące, iż poziom  $PM_{2.5}$  w powietrzu korelował ze wskaźnikiem samobójstw w analizie regresji jednoczynnikowej ( $B = 0.549$ ,  $p = 0.001$ ), podobnie jak  $PM_{10}$  ( $B = 0.54$ ,  $p = 0,001$ ). Najlepiej dopasowany przestrzenny model regresji globalnej oparto na liczbie zaburzeń spowodowanych używaniem substancji psychoaktywnych, liczbie osób leczonych w szpitalach psychiatrycznych, gęstości zaludnienia, stopie bezrobocia oraz dochodzie per capita. Globalny model przestrzenny z parametrem poziomu  $PM_{2.5}$  stanowił poprawę w stosunku do modelu bez niego ( $R^2=0.87$  w porównaniu z  $R^2=0.83$ ).

Wnioski: Badania naukowe wskazują na istotny związek między składowymi zanieczyszczenia powietrza a zaburzeniami nastroju i samobójstwami. Co więcej, nasze badania dowodzą, iż zanieczyszczenie powietrza, szczególnie  $PM_{2.5}$  i  $PM_{10}$  może wpływać na częstsze występowanie depresji. Występowanie epizodów depresyjnych z objawami psychotycznymi również może być powiązane z niektórymi składowymi zanieczyszczonego powietrza, szczególnie  $PM_{2.5}$ , CO, Ba,  $SO_2$  i Cd. Stężenie ozonu, obciążenie demograficzne, wskaźnik feminizacji, liczba lekarzy, łóżka szpitalne w stosunku do ludności liczba pracujących na 1000 ludności, przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto są istotnymi środowiskowymi i socjoekonomicznymi predyktorami depresji. Stężenie pyłu zawieszonego oraz wyższe emisje zanieczyszczeń gazowych są powiązane z występowaniem wyższego odsetka zdiagnozowanych epizodów depresyjnych. Ponadto nadużywanie substancji psychoaktywnych, liczba osób leczonych w szpitalach psychiatrycznych, gęstość zaludnienia, stopa bezrobocia i dochód najistotniej wpływają na samobójstwa, jednak wysokie stężenia pyłu zawieszonego w powietrzu  $PM_{2.5}$  może dodatkowo przyczyniać się do częstszych samobójstw. Wyniki naszych badań pokazują, że zastosowanie funkcji analitycznych Geographic Information Science w medycynie można postrzegać jako nowe skuteczne podejście metodologiczne w badaniach ekologicznych.

## Abstract

**Introduction:** Air pollution is one of the most serious public health problems. Poor air quality is one of the leading causes of cardiovascular and respiratory diseases and premature death. In recent years, more and more is known about the negative impact of air pollution on the occurrence of neurological and psychiatric disorders. Studies have shown that its components can affect the brain by causing a general immune response, deregulating metabolic processes, or directly penetrating the central nervous system through the olfactory bulb. In addition, there is a growing body of research relating air pollution to mood disorders and suicide. These results, however, remain inconclusive and require in-depth research.

**Aim:** The aim of the study was to systematize the current knowledge on the impact of air pollution on depression and suicide (1), to assess the effects of long-term exposure to polluted air on the occurrence of depression among the inhabitants of the Lower Silesia Province (2) and the impact of long-term exposure to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> particulate matter for suicides in Poland (3).

**Material and methods:** The first goal was accomplished based on the Systematic Review (PRISMA) of the research results published in the MEDLINE and Scopus electronic databases in 2005-2018. Two retrospective observational descriptive ecological studies were conducted. In the first one, epidemiological data on the occurrence of depression were used, obtained from the National Health Fund (NFZ) from 13 poviats of Lower Silesia in the period 1.01.2010 - 31.12.2015. The inclusion criteria were based on the diagnosis of depression according to the ICD-10 classification. Furthermore, air pollution levels were obtained from the Chief Inspectorate of Environmental Protection and demographic data of the studied areas from the Central Statistical Office. In the second study, data on population and air pollution were obtained from the Central Statistical Office and the Chief Inspectorate of Environmental Protection for 2014-2015. In addition, information on suicide deaths was obtained from the Police Headquarters and Voivodship Headquarters. One-dimensional, multivariate regression analyses and analyses of variance (ANOVA) were performed, followed by a global spatial regression analysis for reference units in the geographic information system (GIS).

**Results:** 558 publications from 2005-2018 were collected for the review article, of which 406 did not meet the inclusion criteria for substantive reasons. Another 39 articles were excluded during the full-text review due to the methodology and language. Finally, 12 articles on depression and 9 suicides were qualified. Almost all of them (83% and 89% respectively) clearly indicated positive relationships between the studied variables. The second study showed that the percentage of people diagnosed with depression within 6 years significantly depended on the group of homogeneous poviats in terms of air pollution ( $p < 0.001$ ). A high percentage of diagnosed depressions was associated with a higher concentration of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> and a lower concentration of ozone. The regions with significantly higher emissions of gaseous pollutants had the highest percentage of diagnosed depressive episodes. Independent predictors of the depression rate turned out to be: ozone concentration, demographic burden, feminization rate, number of doctors, hospital beds in relation to the population, number of employees per 1000 population, average monthly gross salary. The increase in ozone concentration significantly decreased the percentage of

depression ( $F = 14.1$ ,  $p = 0.004$ ). The regression model showed that the levels of  $PM_{2.5}$ , CO, Ba,  $SO_2$ , and Cd pollutants are independent risk factors for the occurrence of depressive episodes with psychotic symptoms. In the third article, the level of  $PM_{2.5}$  in the air correlated with the suicide rate in the univariate regression analysis ( $B = 0.549$ ,  $p = 0.001$ ), as was  $PM_{10}$  ( $B = 0.54$ ,  $p = 0.001$ ). The best-fit spatial global regression model was based on the number of substance use disorders, the number of people treated in psychiatric hospitals, population density, unemployment rate, and per capita income. The global spatial model with the  $PM_{2.5}$  level parameter was an improvement over the model without it ( $R^2 = 0.87$  compared to  $R^2 = 0.83$ ).

**Conclusions:** Scientific research indicates a significant relationship between the components of air pollution and mood disorders and suicides. Results of our studies show that air pollution, especially  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$ , may increase the prevalence of depression. Likewise, the occurrence of depressive episodes with psychotic symptoms may be associated with some components of polluted air especially  $PM_{2.5}$ , CO, Ba,  $SO_2$  and Cd. Ozone concentration, demographic burden, feminization rate, number of doctors, hospital beds in relation to population, number of employed persons per 1000 population, average monthly gross salary are significant environmental and socioeconomic predictors of depression. The concentration of particulate matter and higher emissions of gaseous pollutants are associated with the occurrence of a higher proportion of diagnosed depressive episodes. The results of our research show that substance abuse, the number of people treated in psychiatric hospitals, population density, unemployment rate and income most significantly affect suicide rate, but high concentrations of  $PM_{2.5}$  may additionally contribute to more frequent suicides. Finally, that the application of the analytical functions of Geographic Information Science in medicine can be seen as a new effective methodological approach in ecological research.