



POLSKIE PRZEDSZKOLA W SMOGU

Analiza wpływu zanieczyszczenia powietrza w Polsce
na zdrowie dzieci poniżej 5. roku życia

GREENPEACE



SPIS TREŚCI

Słowo wstępne	3
Wstęp	4
Podstawowe wnioski	5
Metaanalizy, czyli skąd wiemy, że zanieczyszczone powietrze szkodzi dzieciom?	9
Układ oddechowy	9
Zaburzenia rozwoju, otyłość i choroby nowotworowe	10
Podsumowanie	11
Załącznik: Metodologia analizy.....	11

Autorzy:

Łukasz Adamkiewicz, Dominika Mucha

Recenzja naukowa:

dr hab. n. med. Michał Krzyżanowski, profesor wizytujący King's College London

Redakcja:

Marek Józefiak, Izabela Urbańska

Rysunek na okładce:

Mroux

Data publikacji:

Grudzień 2017

SŁOWO WSTĘPNE

Zdrowie dzieci jest szczególnym obiektem troski przy ocenie szkodliwego działania zanieczyszczeń powietrza. Rozwijające się i rosnące płuca, niecałkowicie wykształcony system odpornościowy, częste choroby zakaźne wieku dziecięcego oraz duża aktywność ruchowa dzieci zwiększająca dawkę zanieczyszczeń trafiających do płuc, sprawiają, że podatność dzieci na zanieczyszczenia powietrza jest szczególnie duża. Narażenie na nie powoduje zarówno zwiększenie częstości chorób dzieci, jak i obniża potencjał zdrowotny w ich życiu dorosłym. **Jedyną metodą zapobiegania tym szkodliwym skutkom jest ograniczenie narażenia.** Niezbędne jest do tego zarówno eliminacja źródeł zanieczyszczeń, takich jak piece czy palenie tytoniu, z wewnątrz pomieszczeń, jak również zapewnienie dobrej jakości powietrza atmosferycznego. Potrzebne są do tego zmniejszanie emisji zarówno z lokalnych, jak i regionalnych źródeł zanieczyszczeń. Opis stopnia zanieczyszczenia powietrza w okolicach przedszkoli oraz ocena ich wpływu na zdrowie dzieci może posłużyć za kolejny argument w walce ze smogiem w Polsce.

dr hab. n. med. Michał Krzyżanowski
Epidemiolog
King's College of London

Polska przoduje w niechlubnych rankingach zanieczyszczenia powietrza, które w przypadku naszego kraju pochodzi w ogromnej mierze ze spalania węgla. Kiedy **w sezonie jesienno-zimowym polskie miasta, miasteczka i wsie spowija gęsty dym, oddychają nim również nasze dzieci** – grupa szczególnie narażona na wpływ zanieczyszczeń powietrza. Stąd zrodziła się potrzeba dokładniejszego sprawdzenia, jaka jest jakość powietrza, którym oddychają dzieci w różnych miejscach w Polsce i z jakim ryzykiem się to dla nich wiąże. Wyniki prezentowane w raporcie powinny dać do myślenia rządzącym, którzy robią niewiele, by zadbać o nasze zdrowie. **Polska potrzebuje kompleksowej polityki ochrony powietrza**, która będzie m.in. wspierała produkcję zielonej energii, a także jej oszczędzanie – np. poprzez termomodernizację budynków.

Marek Józefiak
Koordynator kampanii Klimat i Energia
Greenpeace Polska

WSTĘP

Analiza ma na celu przedstawienie wpływu zanieczyszczenia powietrza w Polsce na zdrowie dzieci w wieku przedszkolnym. Jej wykonanie było możliwe dzięki temu, że w 2017 roku Główny Inspektorat Ochrony Środowiska po raz pierwszy upublicznił dane dotyczące modelowania zanieczyszczenia powietrza dla całego kraju za rok 2015. Podstawowym zadaniem, jakie postawili przed sobą autorzy, było zestawienie danych dotyczących zanieczyszczenia powietrza z lokalizacją przedszkoli w Polsce, a także oszacowanie potencjalnych ryzyk zdrowotnych dla dzieci związanych z oddychaniem powietrzem złej jakości. W dalszej części publikacji autorzy przytaczają również wyniki badań przeprowadzonych w różnych częściach świata dotyczące wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie dzieci, które były podstawą merytoryczną do przeprowadzenia niniejszej analizy.

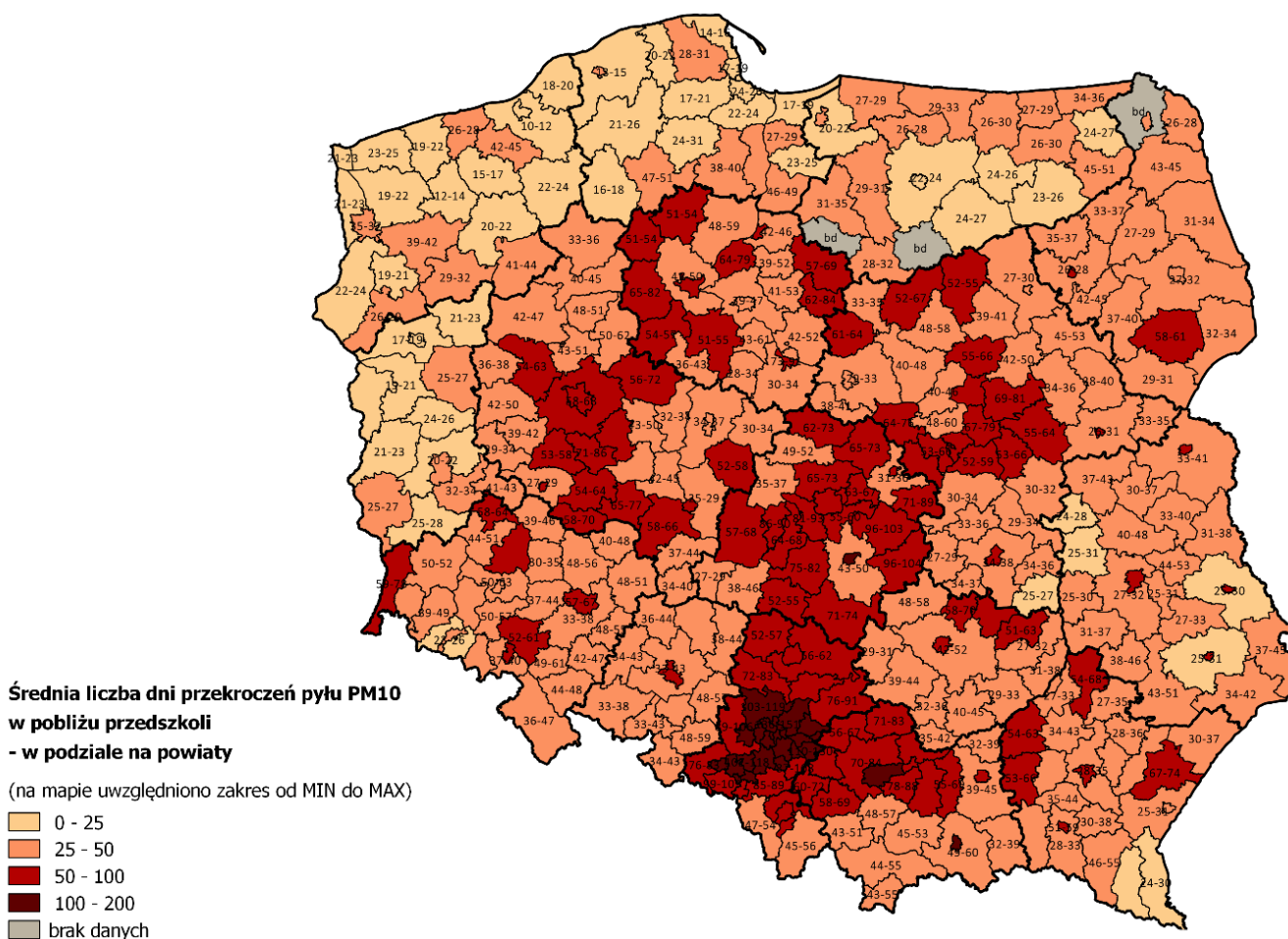
Dzieci są szczególnie narażone na zanieczyszczenia powietrza, co wynika z kilku powodów. Dzieci wdychają więcej zanieczyszczeń powietrza niż osoby dorosłe w przeliczeniu na masę ciała, czyli otrzymują stosunkowo większą dawkę substancji szkodliwych i toksycznych w porównaniu ze swoimi rodzicami. Co więcej, oddychają też częściej przez usta niż przez nos, w którym są naturalne bariery, wychwytyjące część zanieczyszczeń. Do tego należy dodać również dłuższy czas przebywania na zewnątrz w porównaniu do osób dorosłych. Jednocześnie sam układ odpornościowy i organy nie są w pełni rozwinięte, jak u osób dorosłych, co może się wiązać z częstszymi atakami wśród dzieci chorych na astmę. Ekspozycja w młodym wieku na zanieczyszczone powietrze zwiększa ryzyko przewlekłych chorób układu oddechowego i układu krążenia w późniejszym rozwoju.

Zanieczyszczenie powietrza jest siódmym najpoważniejszym czynnikiem ryzyka przedwczesnych zgonów osób powyżej 30. roku życia w Polsce. Ma ono również związek ze zwiększoną liczbą hospitalizacji, dni chorobowych czy też zachorowań na przewlekłe zapalenia oskrzeli. Wymienione skutki zdrowotne narażenia na zanieczyszczone powietrze są badane głównie w populacji osób pełnoletnich. Jeśli chodzi o dzieci, to istnieją analizy na poziomie Europy dotyczące wpływu zanieczyszczeń powietrza na zapalenia oskrzeli wśród dzieci i ryzyka pojawienia się symptomów (ataków) astmy - jednak obejmują one grupę wiekową powyżej 5 lat. **Niniejsze opracowanie jest pierwszą analizą oceniającą narażenie dzieci poniżej 5 roku życia na zanieczyszczone powietrze na terenie Polski, jednocześnie szacujące jakie jest ryzyko zdrowotne dla dzieci.**

Dane, na których opierają się autorzy, dotyczą wyłącznie roku 2015 (tylko dla tego roku są dostępne szczegółowe wyniki modelowania GIOŚ dla całej Polski) i dla innych lat mogą się oczywiście różnić, jednak jak pokazują dane historyczne, różnice te nie powinny być znaczące. W opracowaniu wykorzystane są informacje ze stacji pomiarowych wchodzących w skład sieci Państwowego Monitoringu Środowiska. W roku 2015 na terenie Polski pomiary wymienionych substancji były wykonywane na 158 stacjach manualnych i 113 automatycznych. Ponieważ część stacji zawierała jednocześnie przyrządy manualne i automatyczne, to liczba miejsc, w których jest prowadzony monitoring pyłu jest mniejsza niż ich łączna suma i wynosi 225. Lokalizację przedszkoli zaczerpnięto z bazy Ministerstwa Edukacji Narodowej. Do analizy wykorzystano 11784 spośród 11839 placówek. 55 placówek zostało pominiętych ze względu na niemożność przypisania im dokładnej lokalizacji z powodu błędnych danych adresowych w bazie przedszkoli MEN.

PODSTAWOWE WNIOSKI

Polskie prawo dopuszcza, aby – zgodnie z unijną dyrektywą CAFE – w ciągu roku przez maksymalnie 35 dni występowały przekroczenia normy dobowej dla pyłu PM₁₀, która wynosi **50 µg/m³ (mikrogramów na metr sześcienny)**. Spośród 11 784 przedszkoli objętych analizą aż 7 300 znajduje się na obszarach, w których limit 35 dni z przekroczeniami normy dobowej jest przekroczony. Oznacza to, że w przypadku **ponad 62 proc. placówek w powietrzu zewnętrznym przez ponad 35 dni w roku utrzymują się stężenia pyłu PM₁₀ przekraczające 50 µg/m³ (mikrogramów na metr sześcienny)**.

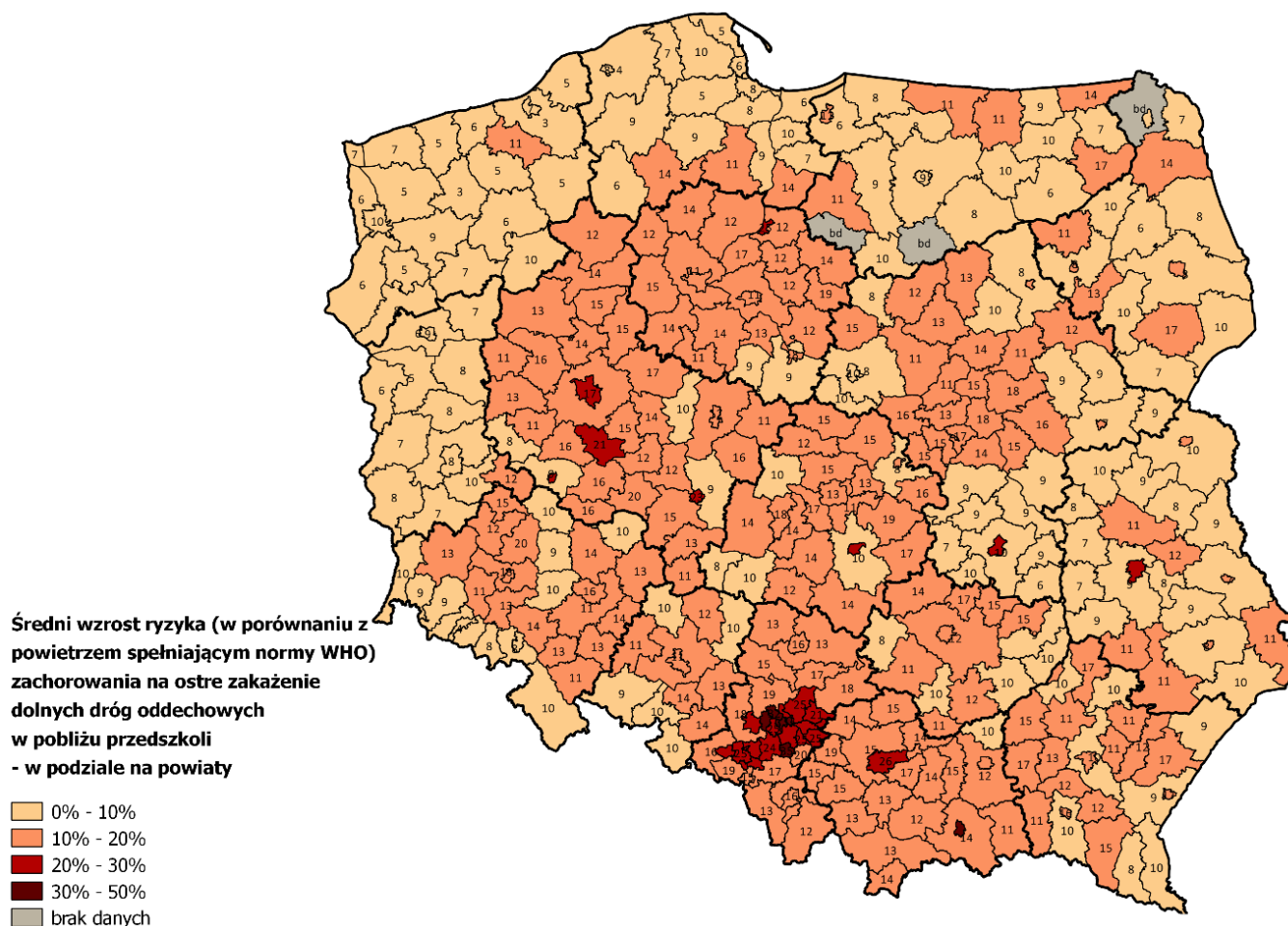


Nie oznacza to, że w okolicy pozostałych 38 proc. przedszkoli powietrze jest obojętne dla zdrowia dzieci. Według aktualnej wiedzy naukowej nie ma bezpiecznych dla zdrowia stężeń pyłów zawieszonych. W związku z tym Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) ustaliła znacznie bardziej wyśrubowane normy jakości powietrza niż normy obowiązujące w Unii Europejskiej, a więc także w Polsce. Wg WHO dobowe średnie stężenie PM₁₀ nie powinno przekraczać 50 µg/m³ więcej niż 3 razy w roku, a roczna średnia powinna być poniżej 20 µg/m³.

W przypadku pyłów im mniejsza ich średnica, tym poważniejszy jest ich wpływ na zdrowie. Pył $PM_{2,5}$ (czyli o średnicy równej lub mniejszej 2,5 mikrometra) jest na tyle drobny, że jest w stanie nie tylko przenikać do płuc, ale także do układu krwionośnego. WHO zaleca, aby średnie roczne stężenie tego zanieczyszczenia było na poziomie poniżej $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz aby dobowe stężenie przekraczające $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nie zdarzało się częściej niż trzy razy w roku. Niestety, **z analizy wynika, że wszystkie przedszkola w Polsce znajdują się na terenach, gdzie powietrze nie spełnia normy WHO dla pyłu $PM_{2,5}$, czyli stężenie roczne jest większe niż $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Autorzy przyjęli, że czystym powietrzem jest to spełniające zalecenia roczne WHO, nawet w ujęciu dobowym. Dlatego za każdym razem, gdy mowa jest o wzroście ryzyka, odnosi się ono do stężenia pyłu $PM_{2,5}$ powyżej $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a w przypadku pyłu PM_{10} - $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Powodem takiego podejścia jest fakt, że nie znaleziono poziomów pyłu, który by nie oddziaływał negatywnie na zdrowie, dlatego, mimo że istnieją rekomendacje dobowe dla pyłu PM_{10} , zastosowano poziomy roczne jako te, do których powinno się dążyć.

Oddychanie zanieczyszczonym powietrzem powoduje szereg negatywnych skutków zdrowotnych, szczególnie opisanych na podstawie badań prowadzonych na całym świecie. W przypadku dzieci poniżej 5 roku życia, na podstawie istniejących badań, możliwe są do obliczenia dwa skutki zdrowotne w postaci wzrostu ryzyka zachorowania na zakażenie dolnych dróg oddechowych (np. zapalenia płuc lub oskrzeli) oraz wzrostu ryzyka hospitalizacji z powodu zapalenia płuc.

Jak wynika z niniejszej analizy, **około tysiąca przedszkoli zlokalizowanych jest w tak bardzo zanieczyszczonych obszarach, że oddychanie w nich powietrzem zewnętrznym wiąże się ze wzrostem ryzyka zakażenia dolnych dróg oddechowych o co najmniej 25 proc.** w stosunku do ryzyka oczekiwanego przy poziomie zanieczyszczeń nie przekraczającym norm rocznych WHO.



Oddychanie ekstremalnie zanieczyszczonym powietrzem, o stężeniach zanieczyszczeń istotnie przekraczających dozwoloną normę dobową, może powodować również zaostrzenia objawów chorobowych zapalenia płuc, a w konsekwencji może prowadzić do hospitalizacji. **W przypadku obszarów występowania najgorszych epizodów smogowych ryzyko hospitalizacji dzieci w dniu z najbardziej zanieczyszczonym powietrzem w roku rośnie o co najmniej 12,6 proc.** w stosunku do ryzyka oczekiwanego przy poziomie zanieczyszczeń nie przekraczającym norm rocznych WHO. Taka skala problemu dotyczy obszarów, na których znajduje się aż 1000 przedszkoli. W trakcie 10 dni z najwyższymi stężeniami zanieczyszczeń, w skrajnych przypadkach ryzyko hospitalizacji rośnie nawet o 30 proc.

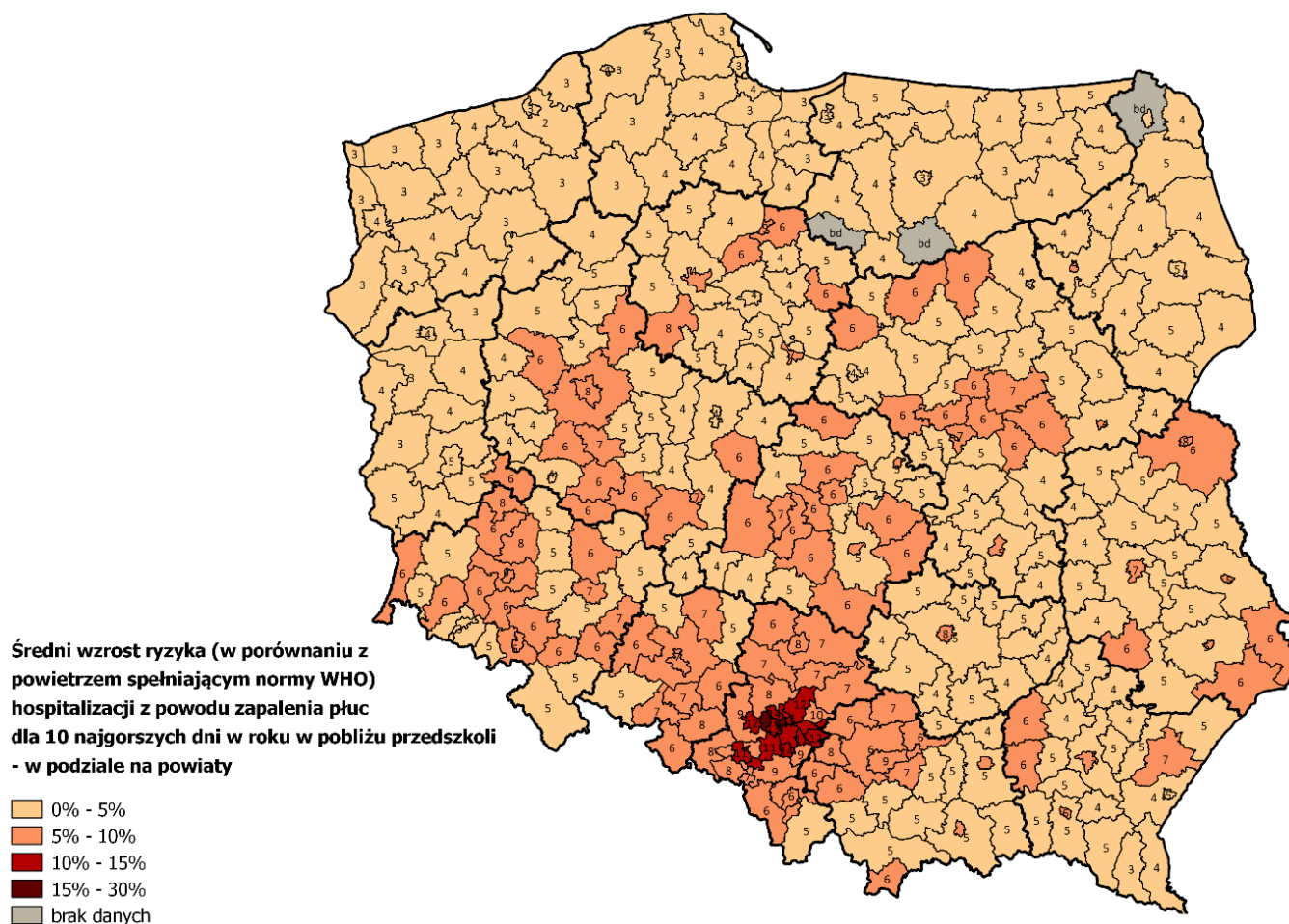


Tabela nr 1.
Zanieczyszczenie powietrze a lokalizacja przedszkoli. Porównanie województw

Województwo	Liczba dni z przekroczeniami - pyły PM ₁₀ w pobliżu przedszkoli		Odsetek obszarów z przedszkolami w woj. z przekroczeniami (PM _{10_doba})
	Min. dni	Max dni	
Dolnośląskie	48	57	70%
Kujawsko-Pomorskie	54	66	69%

Lubelskie	44	53	46%
Lubuskie	25	27	9%
Łódzkie	66	74	83%
Małopolskie	77	94	76%
Mazowieckie	56	67	74%
Opolskie	40	50	47%
Podkarpackie	41	50	45%
Podlaskie	40	47	60%
Pomorskie	24	27	11%
Śląskie	98	112	93%
Świętokrzyskie	45	54	54%
Warmińsko-Mazurskie	26	29	9%
Wielkopolskie	53	62	64%
Zachodniopomorskie	27	29	20%

Tabela nr 2.

**Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie dzieci w wieku przedszkolnym.
Porównanie województw**

Województwo	Średni wzrost ryzyka (w stos. do norm WHO) hospitalizacji z powodu zapalenia płuc dla 10 najgorszych dni w roku	Średni wzrost ryzyka (w stos. do norm WHO) hospitalizacji z powodu zapalenia płuc dla najgorszego dnia w roku	Odsetek obszarów z przedszkolami w woj. z przekroczeniami (PM ₁₀ _doba)
Dolnośląskie	6%	8%	70%
Kujawsko-Pomorskie	5%	7%	69%
Lubelskie	6%	8%	46%
Lubuskie	4%	6%	9%
Łódzkie	6%	7%	83%
Małopolskie	6%	8%	76%
Mazowieckie	6%	8%	74%
Opolskie	6%	9%	47%
Podkarpackie	5%	7%	45%
Podlaskie	5%	6%	60%
Pomorskie	3%	5%	11%
Śląskie	10%	13%	93%
Świętokrzyskie	5%	7%	54%
Warmińsko-Mazurskie	4%	5%	9%
Wielkopolskie	6%	8%	64%
Zachodniopomorskie	3%	4%	20%

METAANALIZY, CZYLI SKĄD WIEMY, ŻE ZANIECZYSZCZONE POWIETRZE SZKODZI DZIECIOM?

Skutki zdrowotne ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza są od lat przedmiotem badań w wielu krajach. Szczególną grupą badaną są osoby z tzw. grup wrażliwych, jak na przykład dzieci, kobiety w ciąży czy osoby starsze.

Najbardziej wiarygodnym źródłem wiedzy są metaanalizy wyników badań kohortowych, gdzie obserwuje się narażenie na badany czynnik w wybranej grupie w sposób systemowy. Wybrane grupy narażenia są obserwowane pod kątem częstości występowania w nich badanych zdarzeń np.: zgonów, zachorowań lub innych rezultatów związanych ze zdrowiem. Miarami porównawczymi w takich badaniach mogą być stosunek lub różnica zapadalności albo umieralności, ale także czas upływający do badanego zdarzenia.

UKŁAD ODDECHOWY

Na największą skalę prowadzone są badania, które łączą wpływ zanieczyszczeń z funkcjonowaniem układu oddechowego człowieka, w tym dzieci. Zakłada się, że funkcjonowanie płuc jest obiektywnym wskaźnikiem stanu układu oddechowego oraz przekłada się na zachorowalność sercowo-oddechową.

Jedną z ważniejszych prac określających wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie jest metaanaliza Mehta S. i wsp.¹, która oparła się na przeglądzie 6 tys. publikacji, z których do dalszej analizy ostatecznie wybrano 62 prace. Projekty badawcze wykonywano m.in. w Brazylii, USA, Francji, Niemczech i Kanadzie. Badane były dzieci w wieku poniżej 5 roku życia. Wyniki wskazują na wpływ zanieczyszczeń na wzrost zachorowalności na zakażenia dolnych dróg oddechowych w wyniku rocznej ekspozycji na powietrze złej jakości. Każde 10 µg/m³ pyłu PM_{2,5} rocznie to wzrost ryzyka o 13 proc.

W przypadku skutków krótkoterminowych, ważną pracą jest metaanaliza Nhung i wsp.² Badacze wykorzystali 1493 prac, z których ostatecznie do szczegółowej analizy ilościowej wybrano 17. Prace naukowe dotyczyły głównie obszarów obydwu Ameryk i Chin, a w przypadku Europy były to: Hiszpania i Włochy. Wynik analiz umożliwiły wyznaczenie ryzyk związanych z ekspozycją na różne rodzaje zanieczyszczeń (PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, O₃, NO₂, CO). Jednym z rezultatów było wskazanie, że każdy wzrost o 10 µg/m³ pyłu PM₁₀ na dobę powoduje wzrost ryzyka hospitalizacji z powodu zapalenia płuc o 0,7 proc.

W ramach europejskiego projektu ESCAPE wykonano analizę wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie dzieci w wieku 6-8 lat. Wykazano, że długotrwała ekspozycja na pył PM₁₀, PM_{2,5} oraz tlenki azotu powoduje

¹ Mehta S et al., 2013 Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 6:69–83

² Nhung N.T., et al. Short-term association between ambient air pollution and pneumonia in children: A systematic review and meta-analysis of time-series and case-crossover studies. *Environmental Pollution* 230 (2017) 1000-1008

pogorszenie parametrów oddechowych u dzieci³. Istnieją również badania wskazujące na poprawę funkcjonowania płuc dzięki polepszeniu jakości powietrza. Wykonano analizę na grupie osób badanych (w latach: 1994-1998, 1997-2001, 2007-2011) w południowej Kalifornii (USA), gdzie zastosowano regulacje redukujące emisję zanieczyszczeń. Zaobserwowano poprawę parametrów oddechowych w związku ze spadkiem stężeń dwutlenku azotu i pyłów (PM₁₀ i PM_{2,5})⁴.

ZABURZENIA ROZWOJU, OTYŁOŚĆ I CHOROBY NOWOTWOROWE

Obok szeregu analiz, w tym metaanaliz, wpływu zanieczyszczeń powietrza na funkcjonowanie układu oddechowego u dzieci pojawiają się badania wskazujące na szersze, negatywne oddziaływania, jakie dla młodego organizmu mogą być efektem ekspozycji na szkodliwe substancje. Publikowane są doniesienia naukowe wskazujące, że zanieczyszczenie powietrza jest neurotoksycznym czynnikiem rozwojowym. Takie badania przeprowadzono w Hiszpanii w 39 szkołach przy ruchliwych ulicach w celu sprawdzenia wpływu dwutlenku azotu i ultradrobnych cząstek pyłu (o średnicy poniżej 1 mikrometra) na rozwój poznawczy dzieci. Potwierdzono, z uwzględnieniem różnych czynników zakłócających (np. status socjoekonomiczny), że zanieczyszczenia powietrza mogą negatywnie wpływać na procesy poznawcze u dzieci⁵.

Prawdopodobne biologiczne mechanizmy wiążą zanieczyszczenia powietrza związane z ruchem drogowym z zaburzeniami metabolicznymi i potencjalnie z otyłością. Badacze⁶ starali się ustalić, czy natężenie ruchu i zanieczyszczenia powietrza są dodatkowo związane ze wzrostem wskaźnika masy ciała u dzieci w wieku 5-11 lat. Wyniki analizy wskazują, że oddychanie powietrzem, w którym występują pyły zawieszone, dwutlenek siarki, tlenki azotu i ozon powoduje wzrost BMI (brano pod uwagę czynniki zakłócające). Zanieczyszczenia powietrza mogą również zwiększać ryzyko śmiertelnych chorób takich jak nowotwór.

Badania przeprowadzane w Kalifornii w Stanach Zjednoczonych na grupie 80 224 dzieci poniżej 6. roku życia wskazują na powiązanie między narażaniem we wczesnym wieku na zanieczyszczenia powietrza a występowaniem nowotworów (białaczka, guzy zarodkowe i siatkówczaki), przy czym jest to statystycznie słabe powiązanie⁷.

³ Gehring et al. *Air Pollution Exposure and Lung Function in Children: The ESCAPE Project*, *Environmental Health Perspectives*. Vol. 121, Nr 11-12, 2013, p. 1357-1364.

⁴ Gauderman et al. *Association of Improved Air Quality with Lung Development in Children*, *The New England Journal of Medicine* 372;10, 2015, p. 905-913.

⁵ Sunyer J. et al. *Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study*, *PLOS Medicine*, 2015, p.1-24.

⁶ Jerrett et al. *Traffic-related air pollution and obesity formation in children: a longitudinal, multilevel analysis*, *Environmental Health*, 13:49, 2014, p. 1-9.

⁷ Julia E. Heck et al. *Childhood Cancer and Traffic-Related Air Pollution Exposure in Pregnancy and Early Life*, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 121, Nr 11-12, p.1385-1391

PODSUMOWANIE

Powyższe przykłady badań ukazują jak szerokie jest spektrum potencjalnych negatywnych skutków ekspozycji dzieci na zanieczyszczenia powietrza. Najbardziej rozwiniętym obszarem jest wpływ zanieczyszczeń powietrza na funkcjonowanie układu oddechowego i w tym zakresie istnieją badania potwierdzające mechanizmy wpływu oraz jego skutki. Prowadzi to z kolei do wiarygodnych opracowań dotyczących ryzyka zachorowania lub też śmierci z uwzględnieniem zbadanych czynników ryzyka i rodzajów ekspozycji. Kolejne badania dotyczące mechanizmów wpływu zanieczyszczeń powietrza na funkcjonowanie układu nerwowego, zaburzenia metaboliczne czy ryzyko wystąpienia raka u dzieci wymagają kolejnych, szczegółowych analiz, na co zwracają uwagę w swoich doniesieniach naukowych sami badacze.

ZAŁĄCZNIK: METODOLOGIA ANALIZY

Analizę wpływu zanieczyszczenia powietrza w Polsce na zdrowie dzieci w wieku przedszkolnym wykonano wykorzystując dane pochodzące z Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ), Ministerstwa Edukacji Narodowej (MEN) oraz metaanaliz wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie dzieci poniżej piątego roku życia. Źródłami danych w analizie były bazy polskich instytucji publicznych.

Badania zostały wykonane dzięki udostępnieniu wyników modelowania dyspersji zanieczyszczeń w formie map cyfrowych, jednolicie wykonanej dla całego kraju. Obliczenia oparto o następujące dane źródłowe:

Dane środowiskowe:

- Wyniki modelowania stężenia zanieczyszczeń powietrza za 2015 rok zostały wykonane przez firmę Atmoterm S.A.⁸ na zlecenie GIOŚ w siatce 500x500 metrów dla obszaru całego kraju:
 - pył PM_{2,5} średnioroczny,
 - pył PM₁₀ średnioroczny,
 - pył PM₁₀ 36. najwyższy wynik dobowy.
- Zweryfikowane pomiary stężeń pyłu PM₁₀ na stacjach monitoringu WIOŚ z dokładnością dobową – 158 stacji manualnych oraz 113 automatycznych⁹.

Dane adresowe:

Baza adresowa przedszkoli MEN – <https://cie.men.gov.pl/sio-strona-glowna/podstawowe-informacje-dotyczące-wykazu-szko-i-placówek-owiatowych/wykaz-wg-typow> (kod 0001 aktualne na dzień 30 września 2016), która zawiera 11 839 rekordów. Wykorzystano następujące informacje:

- nazwę placówki,

⁸ Raport z modelowania stężeń PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, NO₂, B(A)P w skali kraju. Rok 2015, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Opole 2016, źródło internetowe - <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/maps/modeling>

⁹ Bank danych pomiarowych Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, źródło internetowe <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/archives>

- adres (miasto, nazwę i numer ulicę, kod pocztowy),
- kod gminy (według GUS).

Ryzyko względne wpływu (ang. *relative risk*) zanieczyszczeń powietrza na zdrowie dzieci poniżej piątego roku życia:

- Wpływ w skali roku – wzrost ryzyka zachorowania na zakażenia dolnych dróg oddechowych o 12 proc. przy wzroście średniego rocznego stężenia pyłu PM_{2,5} o 10 µg/m³ (RR=1,12, 95 proc. przedział ufności 1,03 – 1,30) na podstawie:

Mehta S et al., 2013 *Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease*. Air Quality, Atmosphere and Health, 6:69–83

- Wpływ w skali dnia – wzrost ryzyka hospitalizacji z powodu zapalenia płuc o 0,7 proc. przy wzroście średniego dobowego stężenia pyłu PM₁₀ o 10 µg/m³ (RR =1,007, 95 proc. przedział ufności 1,001 – 1,014), na podstawie:

Nhung N.T.T. et al 2017, *Short-term association between ambient air pollution and pneumonia in children: A systematic review and meta-analysis of time-series and case-crossover studies*. Environmental Pollution, 230, 1000-1008

Obliczenia zostały wykonane według następujących kroków:

1. Transkrypcja adresów przedszkoli na długość i szerokość geograficzną.
2. Analiza przestrzenna ekspozycji przedszkoli na zanieczyszczenia powietrza.
3. Obliczenie odległości przedszkola od stacji monitoringu.
4. Obliczanie stężeń dobowych pyłu PM₁₀ dla wybranych lokalizacji.
5. Ocena wzrostu ryzyka na wybrane skutki zdrowotne w wyniku ekspozycji na zanieczyszczone powietrze zewnętrzne.

Krok 1. Transkrypcja adresów przedszkoli na długość i szerokość geograficzną

W celu określenia jakości powietrza w miejscach, w którym znajdują się przedszkola dokonano transkrypcji adresów przedszkoli na długość i szerokość geograficzną. Transkrypcję wykonano wieloetapowo, w pierwszym etapie z wykorzystaniem usługi *Google Geocode API*. Po przeprowadzeniu pierwszego etapu przypisywania lokalizacji przestrzennej placówek ok. 20 proc. wyników zostało zwróconych z błędem – głównym powodem był brak spójności w bazie danych MEN dotyczący błędnie zarejestrowanych informacji, np.: numer lokalu w polu numerów adresu, nazwy wsi w miejscu nazwy ulicy, więcej niż jeden adres w pojedynczym rekordzie, nowe ulice nieistniejące w bazie Google, itd. Dane lokalizacji poprawiano wieloetapowo, ostatecznie weryfikując lokalizację po numerze kodu gminy z rekordu bazy przedszkola zestawiając je z kodem gminy uzyskanym z mapy cyfrowej Polski po długości i szerokości geograficznej powstałej w etapie transkrypcji. Ostatecznie z 11 839 rekordów otrzymano 11 784 placówek do dalszej analizy.

Krok 2. Analiza przestrzenna ekspozycji przedszkoli na zanieczyszczenia powietrza

Do analiz przestrzennych wykorzystano program Quantum GIS z użyciem warstwy granic gmin, powiatów i województw Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geograficznej i Kartograficznej (CODGiK). W pierwszej części analiz dokonano zmiany odwzorowania z długości i szerokości geograficznej na układ współrzędnych 1992 (EPSG 2180). Do każdego przedszkola przypisano wartości z danego poligonu modelu dyspersji zanieczyszczeń GIOŚ – stężenie roczne PM_{10} i $PM_{2,5}$ oraz 36. najwyższe stężenie dobowe PM_{10} . Przedszkola, które znajdowały się, w tym samym poligonie (kwadracie 500x500 metrów) miały przypisane tę samą wartość.

Krok 3. Obliczenie odległości przedszkola od stacji monitoringu

Celem obliczenia skutków narażenia krótkoterminowego oszacowano stężenia dobowe w danym poligonie (obszarze), bazując na założeniu, że jakość powietrza w odległości do 15km od stacji monitoringu nie powinna znacząco się różnić od tej mierzonej przez stację. To założenie powoduje, że nie uwzględniono przypadków, w których istnieją znaczące lokalne źródła emisji. Takie podejście wymagałoby posiadania szczegółowych danych dla całego kraju, a tym samym znacząco dłuższych i bardziej skomplikowanych badań. Jest też spójne z metodyką większości badań uwzględnionych w metaanalizach Metha et al. i Nhung et al. Należy się spodziewać, że prawdopodobnie zaniżono wyniki stężeń, niż je zawyżono.

Do każdego przedszkola przypisano daną stację pomiarową, która przedstawia roczną charakterystykę jakości powietrza. Wykorzystano 158 stacji manualnych oraz 113 automatycznych, który wykonywały pomiary stężenia dobowego pyłu PM_{10} w roku 2015. Jeśli dany punkt pomiarowy posiadał jednocześnie pomiary automatyczne i manualne wyliczono średnią dla tej stacji. Do dalszych analiz nie uwzględniono również stacji, w których liczba pomiarów dobowych była mniejsza niż 85 proc., czego ostatecznym efektem było otrzymanie 212 stacji do dalszych analiz. Tak przygotowaną listę stacji dodano do mapy cyfrowej z warstwą lokalizacji przedszkoli. Do każdego przedszkola przypisano odległość najbliższej stacji pomiarowej. Wyniki analiz wykazały, że 68,6 proc. (8087) przedszkoli znajduje się w odległości poniżej 15 km, do najbliższej stacji. Dla pozostałych 3697 przedszkoli wykonano dodatkową analizę, która pozwoliła oszacować dobowe stężenia pyłowe. W tym celu wprowadzono kategoryzację w obrębie każdego z województw biorąc pod uwagę liczbę ludności w gminie, w której dane przedszkole się znajduje, a także typ gminy. Taką samą kategoryzację przeprowadzono dla stacji pomiarowych. To umożliwiło znalezienie odpowiednich stacji pomiarowych, z których wyniki dla poszczególnych przedszkoli będą wykorzystywane w kroku 4. Publicznie dostępna baza danych nie zawiera wyników stężeń dobowych pyłu PM_{10} dla każdego dnia w roku dla całego obszaru Polski. Celem kroku 4. jest obliczenie tych stężeń dobowych.

Krok 4. Obliczanie stężeń dobowych pyłu PM_{10} dla wybranych lokalizacji

Krok ten służy odtworzeniu wartości dobowych stężeń pyłu dla wszystkich obszarów, w których znajdują się przedszkola. Bez wykorzystania tej metodyki i przy przedstawieniu wyłącznie dostępnego 36. najwyższego wyniku stężenia dobowego autorzy raportu nie informowaliby o dniach, w których stężenie zanieczyszczeń było wyższe i silniej wpływało na zdrowie. Celem tej analizy było wyznaczenie najwyższych stężeń dobowych w roku dla obszarów, w których znajdują się przedszkola. Oprócz samego ryzyka ważne było również policzenie liczby dni ze stężeniem dobowym pyłu PM_{10} powyżej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – dane z modelu GIOŚ niosą ze sobą jedynie informację binarną o tym, że liczba dni z przekroczeniami jest większa lub mniejsza niż 35. Brak jest informacji, ile dni było z przekroczeniami stężenia pyłu PM_{10} $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co jest

użyteczną informacją dla społeczeństwa. Metoda opisana w kroku 4. to algorytm łączący wyniki pomiarów dobowych ze stacji pomiarowych z wynikami modelu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Umożliwia to pełniejsze wykorzystanie dostępnych danych o jakości powietrza (GIOŚ nie udostępnia publicznie wyników stężenia dla każdego dnia w oczkach modelu).

Wszystkie wyniki pomiarów dobowych pyłu PM₁₀ dla 212 stacji ułożono w ciągu rosnącym. Każdy z tych ciągów miał wykładniczy charakter. Dla każdego z nich wyliczono dwustopniową regresję nieliniową o wzorze:

$$y = a * b^x, \text{ gdzie:}$$

y to stężenie kolejne stężenie dobowe pyłu PM₁₀,

a, b to współczynniki funkcji,

x to kolejny wyraz uszeregowanego ciągu pomiarowego (dnia pomiarów).

Dwustopniowość regresji polega na obliczeniu dwóch funkcji regresji:

- od najniższej wartości ciągu do wartości centyla 90,4 (w przypadku pełnego zbioru 36. najwyższa wartość ciągu),
- od wartości centyla 90,4 do wartości najwyższej.

Wyliczone w ten sposób funkcje regresji charakteryzują się dobrą wartością współczynnika determinacji R^2 , której mediana dla 212 stacji (ciągów pomiarowych) wynosi odpowiednio dla pierwszych funkcji regresji 0,97 (95 proc. przedział ufności 0,93-0,99), a dla drugich 0,90 (95 proc. przedział ufności 0,73-0,98). Wyznaczone współczynniki regresji były wykorzystywane do obliczeń stężeń zanieczyszczeń powietrza w poligonach z wykorzystaniem poniższych założeń.

- Najniższa wartość stężenia zanieczyszczeń pyłu PM₁₀ w oczku modelowania jest tożsama z wartością z najbliższej lub przypisanej stacji monitoringu, co oznacza, że:
dla $x=1$ wartość y ze stacji pomiarowej równa się wartości y w analizowanym poligonie, czyli $y_{p,l,1} = y_{s,1}$, zatem w przybliżeniu $a_{p,l,1} = a_{s,l,1}$ (s -wartość dla stacji pomiarowej, p -wartość dla poligonu/przedszkola).
- Znana jest 36. najwyższa wartość ciągu pomiarowego pyłu PM₁₀ dla danego poligonu z wyników modelowania GIOŚ, co oznacza, że:
dla $x=330$ znana jest wartość $y_{p,l,330}$, przy założeniu, że parametr $a_{p,l}$ jest tożsamy z ciągiem pomiarowym, można wyliczyć parametr $b_{p,l}$, który się równa $b_{p,l} = \sqrt[330]{\frac{y_{p,l,330}}{a_{p,l}}}$

Dla drugiej funkcji regresji wykorzystywane są wartości z pierwszej.

- Wartości stężenia 90,4 centyla to wartość początkowa drugiego ciągu, która jest jednocześnie wartością końcową ciągu pierwszego, która jest 36. najwyższym stężeniem ciągu pomiarowego pyłu PM₁₀ dla danego poligonu. Ta dana jest znana i pochodzi z wyników modelowania GIOŚ. Wartość maksymalną ciągu dla drugiej funkcji regresji obliczono wykorzystując iloraz najwyższej wartości w ciągu pomiarowym i wartości 90,4 centyla na stacji pomiarowej. Oznacza to, że zakłada się, że w danym miejscu stężenie nie będzie wyższe niż stężenie z pomiarów. Jest to zatem podejście konserwatywne. Oznacza to, że:

$y_{p,II,1}=y_{p,I,330}$ czyli jest to wartość z poszczególnych oczek siatki (poligonów) modelowania GIOŚ. Jednocześnie wiemy (zgodnie z powyższymi założeniami), że najwyższą wartość drugiego ciągu można policzyć ze wzoru $y_{p,II,36} = \frac{y_{s,max}}{y_{s,90,4max}} * y_{p,II,1}$. Łącząc te dwie zależności otrzymujemy:

$$y_{p,II,36} = a_{p,II} * b_{p,II}^{36} \quad \text{oraz} \quad y_{p,II,1} = a_{p,II} * b_{p,II}^1, \text{ z czego } a_p = \frac{y_{p,II,1}}{b_{p,II}^1} \text{ po podstawieniu}$$

$$y_{p,II,36} = \frac{y_{p,II,1}}{b_{p,II}^1} * b_{p,II}^{36}, \text{ zatem } b_{p,II} = \sqrt[35]{\frac{y_{p,II,36}}{y_{p,II,1}}}$$

- Wartość a można policzyć wykorzystując daną z modelowania GIOŚ, czyli

$$a_{p,II} = \frac{y_{p,II,1}}{b_{p,II}}$$

Ponieważ wartość funkcji regresji 1 i funkcji regresji 2 dla poligonów mają wspólny ($y_{p,II,1}=y_{p,I,330}$) ten sam wyraz, to funkcję 2 liczy się od wartości $x=2$.

Przedstawiona metoda jest autorska i powstała, aby najlepiej wykorzystać dostępne dane. Mimo dobrych parametrów regresji dla ciągów pomiarowych dostosowywanie ich do lokalizacji, w których znajdują się przedszkola, wiąże się z pewnym błędem. Postanowiono go ocenić, wykorzystując powyższą metodykę do obliczenia funkcji regresji dla istniejących stacji. Zatem, dla każdej z 212 stacji, gdzie wykorzystano funkcje regresji obliczono dla z każdego ciągu pomiarowego, czyli funkcję regresji ze stacji A przypisano do pozostałych 211 stacji tak, jakby te stacje miały reprezentować przedszkola. Wykonano zatem 212x212 obliczeń funkcji regresji. Policzono, jak zmieniłaby się liczba dni przekroczeń ze stężeniem pyłu PM₁₀ powyżej 50 µg/m³ dla danej stacji. Następnie obliczono, jaki jest iloraz pomiędzy liczbą przekroczeń z modelu regresji dla stacji względem wyników z modelu regresji obliczoną zgodnie z powyższą metodyką. Mediana 212 wyników wynosi 8 proc., a średnia 6 proc. Uznano, że metoda jest wystarczająco dobra do celów szacunkowych.

Opracowana metodyka pozwoliła dla każdego z analizowanych 11 784 przedszkoli wyznaczyć modele regresji dwustopniowej. To pozwoliło z kolei obliczyć dobowe stężenia pyłu PM₁₀ dla 365 dni dla każdej placówki. Ponieważ krok 3. pozwolił na przypisanie charakterystyk stacji pomiarowych, a krok 4. określił parametry dokładności statystycznej, to dla każdego przedszkola wyliczono zakres dni z przekroczeniami indywidualnie.

Krok 5. Ocena wzrostu ryzyka na wybrane skutki zdrowotne w wyniku ekspozycji na zanieczyszczone powietrze zewnętrzne

Wykonane kroki 1-4 metodyki pozwoliły ocenić na obszarach o jakiej jakości powietrza znajdują się przedszkola. Warty podkreślenia jest fakt, że dotyczy to wyłącznie powietrza zewnętrznego – jakość powietrza wewnątrz pomieszczeń jest prawdopodobnie inna. Za poziom odniesienia przyjęto rekomendacje Światowej Organizacji Zdrowia tj. PM_{2,5} 10 µg/m³ oraz PM₁₀ 20 µg/m³. Uznano, że to są cele, do których powinno się dążyć i poniżej tego poziomu nie liczonego wzrostu ryzyka. Stężenia wykorzystano zarówno dla poziomów średniorocznych jak i dobowych. Wykorzystując dane środowiskowe przypisane do poszczególnych przedszkoli i stosując wybrane funkcje stężenie-odpowiedź obliczono następujące wskaźniki zdrowotne dla obszarów, w których znajdują się przedszkola:

- wzrost ryzyka zachorowania na ostre zakażenie dolnych dróg oddechowych,
- wzrost ryzyka hospitalizacji z powodu zapalenia płuc dla 10 najgorszych dni w roku,
- wzrost ryzyka hospitalizacji z powodu zapalenia płuc dla najgorszego dnia w roku,
- liczbę dni przekroczeń pyłu PM₁₀ (zakres).

Niniejsza publikacja została przygotowana w oparciu o najlepsze dostępne dane i przy zachowaniu należytej staranności. Jednakże należy podkreślić, że ma ona charakter jedynie poglądowy, a dane przedstawione w raporcie są danymi szacunkowymi. Faktyczne zanieczyszczenie powietrza w poszczególnych lokalizacjach, a co za tym idzie związane z nim skutki zdrowotne, mogą różnić się od szacunków wykonanych na podstawie danych opracowanych na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.