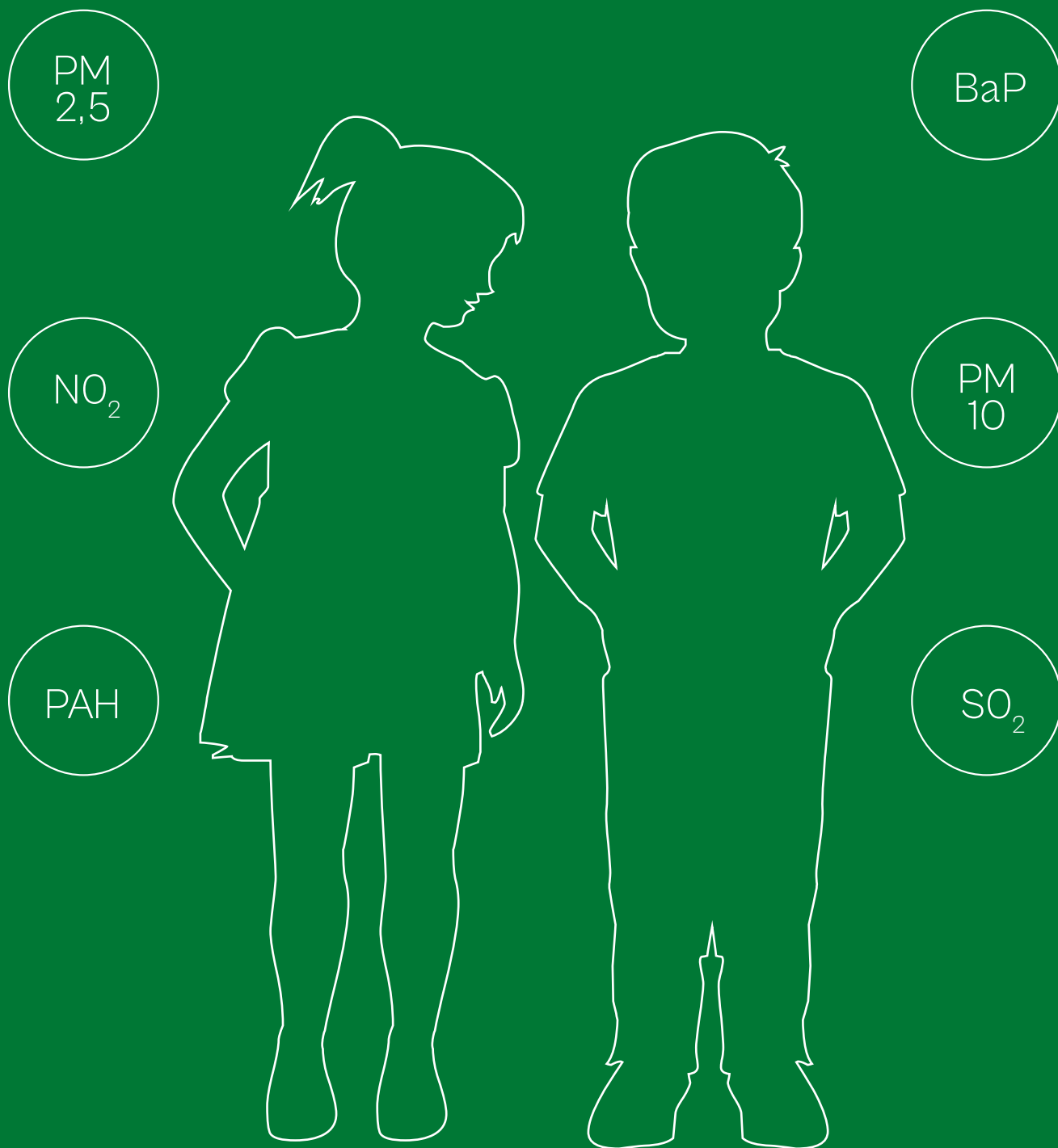


Dr n. med. Małgorzata Bulanda, Weronika Michalak

## WPŁYW ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA Z TRANSPORTU NA ZDROWIE I ROZWÓJ DZIECI





Niniejsze opracowanie zostało przygotowane  
dla Polskiego Klubu Ekologicznego Okręgu Mazowieckiego  
we współpracy z Health and Environment Alliance Polska  
Autorki: dr n. med. Małgorzata Bulanda, Weronika Michalak

Skład i opracowanie graficzne: studiochaotyczne.com  
© Copyright by Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki, Warszawa 2021

# SPIS TREŚCI

Streszczenie	4
Informacje podstawowe	4
WPŁYW NA ZDROWIE	7
Jak zanieczyszczenia powietrza wpływają na zdrowie dzieci?	7
WPŁYW NA POSZCZEGÓLNE UKŁADY I ORGANY	10
Układ oddechowy	10
Układ krążenia	12
Układ immunologiczny (odpornościowy)	13
Układ ruchowy – ograniczona aktywność dzieci i młodzieży	14
Układ nerwowy	15
Choroby skóry	16
Zdrowie psychiczne	17
Konsekwencje dla rozwoju innych chorób na dalszym etapie życia	18
Ekspozycja krótko- i długoterminowa	18
REKOMENDACJE DLA MIAST	20
REKOMENDACJE DLA RODZICÓW/OPIEKUNÓW	22
KWESTIONARIUSZ DLA RODZICÓW/OPIEKUNÓW	24
GDZIE SPRAWDZIĆ JAKOŚĆ POWIETRZA W TWOJEJ OKOLICY?	25
BIBLIOGRAFIA	26

**Wiele dowodów naukowych dokumentuje związek oddychania zanieczyszczonym powietrzem z utratą zdrowia i życia przez ludzi. Publikacja ta ma na celu ukazanie zagrożeń zdrowotnych emisji pochodzących z sektora transportu będącego jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń powietrza w Polsce**

## STRESZCZENIE

Polskie miasta należą do jednych z najbardziej zanieczyszczonych w całej Europie. Co roku znajdujemy się na niechlubnym podium w zestawieniach krajów i miast o najgorszej jakości powietrza. Wiele dowodów naukowych dokumentuje związek oddychania zanieczyszczonym powietrzem z utratą zdrowia i życia przez ludzi. Publikacja ta ma na celu ukazanie zagrożeń zdrowotnych emisji pochodzących z sektora transportu będącego jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń powietrza w Polsce. Skupiono się w niej na zdrowiu dzieci jako grupy szczególnie wrażliwej na oddziaływanie szkodliwych substancji już od etapu życia płodowego.

Autorki analizują wpływ zanieczyszczeń powietrza z transportu na zdrowie najmłodszych, biorąc pod uwagę zaburzenia rozwojowe, schorzenia układu oddechowego, układu krążenia, układu odpornościowego, układu ruchowego, układu nerwowego, choroby skóry i zaburzenia zdrowia psychicznego. Przywoływane badania dotyczą także wpływu chorób przebytych w dzieciństwie na stan zdrowia w dorosłości, a także dokumentują wpływ narażenia krótko- i długoterminowego. Następnie autorki prezentują przykłady konkretnych rozwiązań mających na celu ochronę najmłodszych przed wpływem zanieczyszczeń pochodzących z transportu. Wskazują miejsca, gdzie można sprawdzić aktualny stan i prognozę zanieczyszczeń, analizują wyzwania dla miast w zakresie minimalizowania wpływu transportu samochodowego na zdrowie mieszkańców oraz proponują wypełnienie kwestionariusza podnoszącego świadomość w zakresie narażenia dzieci na skutki zdrowotne oddychania zanieczyszczonym powietrzem.



**Briefing ten jest udostępniany bezpłatnie – podziel się nim z tymi, którym również zależy na zdrowiu i dobrym samopoczuciu dzieci.**

## INFORMACJE PODSTAWOWE

Zanieczyszczenie powietrza stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia publicznego w Polsce. Jesteśmy jednym z krajów o najwyższych stężeniach szkodliwych substancji, takich jak pyły zawieszone (PM), dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>), dwutlenek siarki (SO<sub>2</sub>), metale ciężkie (takie jak rtęć, ołów czy kadm) czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH), w tym silnie rakotwórczy benzo(a)piren (BaP). Są dni, w których poziomy tych substancji kilkunasto- czy kilkudziesięciokrotnie przekraczają normy ustanowione przez Unię Europejską<sup>1</sup>.

### DO GŁÓWNYCH ŹRÓDEŁ ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA W NASZYM KRAJU NALEŻĄ:



**tw. niska emisja** – czyli uwalnianie szkodliwych substancji w wyniku spalania paliw, takich jak węgiel, gaz czy drewno w domowych piecach, kotłach i kominkach;



**transport drogowy** – pojazdy kołowe z silnikami spalinowymi, w tym szczególnie zanieczyszczającymi silnikami wysokoprężnymi (Diesla);



**przemysł i energetyka** – tzw. wysoka emisja z kominów umieszczonych powyżej 40 m nad poziomem otaczającego podłoża.

<sup>1</sup> – Zwane w Polsce „normami krajowymi”.

**Europejska Agencja Środowiska szacuje, że w wyniku ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza w Polsce każdego roku przedwcześnie umiera prawie 50 000 osób.**

Polskie miasta w sezonie grzewczym są najczęściej zasnute gęstą, szarą mgłą z zawartością wysokich stężeń zanieczyszczeń (tzw. smog), a ruchliwe ulice i otaczające je tereny to swoiste tunele gazowo-pyłowe z fatalną jakością powietrza. Od dziesięcioleci zarówno duże miasta, jak i małe miejscowości, w tym uzdrowiska(!), próbują walczyć z problemem zanieczyszczeń powietrza, lecz niestety jego stan w Polsce jest wciąż bardzo zły. Nawet gdy niebo jest pozornie „czyste”, drobne, niewidzialne gołym okiem substancje zawieszane w powietrzu są przez ludzi<sup>2</sup> wdychane, powodując wiele zdrowotnych konsekwencji. Europejska Agencja Środowiska szacuje, że z w wyniku ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza w Polsce każdego roku przedwcześnie umiera prawie 50 000 osób[1]. Do tego miliony ludzi w każdym wieku narażone są na skutki zdrowotne w obszarze układu oddechowego, układu krążenia, układu nerwowego, układu rozrodczego. Zanieczyszczenie powietrza ma wpływ na powstawanie i rozwój nowotworów, problemy ze zdrowiem psychicznym, schorzenia na tle alergicznym czy choroby skóry. Światowa Organizacja Zdrowia w swoich rekomendacjach dotyczących docelowych poziomów zanieczyszczeń (znacząco niższych niż normy UE) podkreśla, że nie istnieje bezpieczny dla zdrowia poziom zanieczyszczeń[2], a do grup szczególnie narażonych należą osoby starsze, kobiety w ciąży i dzieci.

Niniejsza publikacja została poświęcona zdrowiu dzieci w kontekście ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza pochodzące z transportu. Dzieci nie mają możliwości dokonywania własnych wyborów związanych z miejscem zamieszkania, trybem życia, rodzajem i miejscem aktywności w ciągu dnia oraz nie są świadome zagrożeń wynikających z przebywania w zanieczyszczonym środowisku. To rodzice czy opiekunowie decydują o zachowaniach, które przyczyniają się do zwiększonego narażenia dzieci na oddychanie zanieczyszczonym powietrzem, a z drugiej strony to oni mogą podejmować działania służące ochronie najmłodszych przed licznymi zagrożeniami zdrowotnymi, między innymi zapewniając, by nie przebywały w miejscach najbardziej zanieczyszczonych. Jednocześnie powinni także dołożyć wszelkich starań, by objawy zdrowotne, które mogą być związane z ekspozycją na zanieczyszczone powietrze, jak najpilniej podlegały konsultacji lekarskiej.

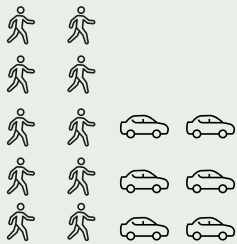
Broszura składa się z części merytorycznej przygotowanej przez lekarkę, dr n. med. Małgorzatę Bulandę z Centrum Alergologii Klinicznej i Środowiskowej Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie, oraz części dotyczącej rekomendacji i kwestionariusza dla rodziców/opiekunów mającego na celu podniesienie świadomości problemu i zwrócenie uwagi na wszelkie objawy mogące świadczyć o występujących u dzieci zdrowotnych konsekwencjach zanieczyszczenia powietrza.

W publikacji nacisk położono na skutki zdrowotne zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego, ponieważ zdaniem autorek jest to temat, któremu nadal poświęcamy zbyt mało uwagi, a który wciąż przyczynia się do tysięcy przedwczesnych zgonów każdego roku. Kilka lat temu rozpoczęła się w Polsce debata dotycząca tzw. niskiej emisji, skutkująca wprowadzeniem „ustawy antysmogowej” oraz „uchwał antysmogowych”<sup>3</sup>, których pozytywne efekty są już widoczne w statystykach. Doprowadziła również do powstania 10-letniego rządowego programu „Czyste Powietrze”<sup>4</sup>, którego celem jest poprawa jakości powietrza. W opinii organizacji pozarządowych program nie jest wystarczająco efektywny, a jego założenia – przy obecnym


2 – Problem dotyczy również zwierząt, lecz w publikacji tej skupiono się na zdrowiu ludzi.


3 – Prawo ochrony środowiska, art. 96. *Uchwała antysmogowa. Ograniczenia lub zakazy w zakresie eksploatacji instalacji, w których następuje spalanie paliw.*

4 – Powstały w 2018 r. Program o zakładanym budżecie 103 mld PLN, <https://czystepowietrze.gov.pl/>



**W Polsce na 1000 mieszkańców przypada aż 617 aut.**

 73%

 35%

**Okolo 73% samochodów w Polsce ma powyżej 10 lat. Wiek 35% samochodów przekracza 20 lat.**

tempie realizacji – nie zostaną osiągnięte[3]. Jednak pomimo tego można stwierdzić, iż wzrost świadomości oraz zaangażowanie wielu podmiotów i obywateli w rozwiązywanie problemu rozpoczęło proces zmian, który już się nie zatrzyma. Podobny proces musi się rozpocząć także odnośnie zanieczyszczeń generowanych przez samochody.

Transport drogowy jest, oprócz – jak wspomniano powyżej – emisji z sektora komunalno-bytowego, energetyki oraz przemysłu, jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń powietrza w Polsce. Nasz kraj charakteryzuje bardzo wysoki przelicznik liczby samochodów na mieszkańca – w Polsce na 1000 mieszkańców przypada 617 aut[4]. Jest to znacząco więcej niż w krajach Europy Zachodniej<sup>5</sup>. Polskę charakteryzuje też jeden z najwyższych w Unii Europejskiej odsetków samochodów powyżej 10 lat (ok. 73%). Wiek 35% samochodów przekracza 20 lat, a ich wiek średni to 15 lat – są to samochody stare i często w złym stanie technicznym[5]. **Transport drogowy odpowiada za ponad 38% emisji szkodliwych dla zdrowia tlenków azotu[6], a także za ok. 10% emisji pyłów zawieszonych z wysoką zawartością tzw. czarnego węgla – wykazującego do 10 razy większą szkodliwość dla zdrowia niż jego inne odmiany.** Lokalnie, szczególnie w największych miastach, udział transportu w zanieczyszczeniu powietrza może być znacznie wyższy. Emisje transportowe to także główna przyczyna powstawania tzw. smogu typu Los Angeles<sup>6</sup>. Dodatkowo transport drogowy generuje ścieranie się opon, klocków hamulcowych oraz pylenie wtórne polegające na unoszeniu pyłów, które znajdują się na powierzchni jezdni.

Sytuację w Polsce pogarsza wysoki poziom importu aut używanych, będących często w złym stanie technicznym, wadliwy system dopuszczania pojazdów do ruchu oraz nielegalny i szkodliwy dla jakości powietrza proceder wycinania filtrów cząstek stałych w silnikach Diesla<sup>7</sup>. Podczas przeglądów technicznych przeprowadzanych w Stacjach Kontroli Pojazdów (SKP)<sup>8</sup> badania powinien być też poziom emisji zanieczyszczeń, ale zbyt często bywa pomijany. Obowiązujące obecnie procedury badań i wymogi dotyczące wyposażenia pomiarowego SKP nie są skuteczne w eliminacji najwyżej emisyjnych pojazdów z ruchu drogowego[5].

W ramach systemu Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ)<sup>9</sup> w Polsce funkcjonuje 291 stacji pomiarowych, w których prowadzone są automatyczne lub manualne pomiary stężeń zanieczyszczeń powietrza. Pomiary obejmują automatyczne monitorowanie zanieczyszczeń gazowych (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub> oraz benzenu), pomiary automatyczne pyłu zawieszonego (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), pomiary manualne pyłu zawieszonego (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) oraz pomiary benzo(a)pirenu, arsenu, niklu, kadmu i ołowiu w pyłe PM<sub>10</sub>. Dodatkowo policja dysponuje 34 analizatorami spalin, 34 dymomierzami oraz 31 specjalnymi pojazdami Ekip Techniki Drogowej i Ekologii[5]. Planowane jest dalsze zaopatrzenie policji w sprzęt monitorujący jakość powietrza. Niestety tylko 16 stacji monitorujących stężenia zanieczyszczeń ma charakter komunikacyjny, czyli jest umiejscowionych w pobliżu ruchliwych dróg. Skutkuje to zafałszowaniem obrazu problemu zanieczyszczeń powietrza pochodzących z ruchu drogowego oraz niedoszacowaniem wagi tego istotnego problemu w świadomości mieszkańców Polski.

5 – Dotyczy danych np. w Niemczech, Francji czy Wielkiej Brytanii.

6 – Smog typu *Los Angeles* powstaje, gdy pod wpływem działania promieni słonecznych związki chemiczne zawarte w spalinach samochodowych przekształcają się w ozon, którego postać przygruntowa – tzw. ozon atmosferyczny – wykazuje silną szkodliwość dla zdrowia.

7 – Tzw. filtry DPF, ang. *diesel particulate filter*.

8 – Badania prowadzi ok. 5,2 tys. SKP, a uprawnienia do wykonywania badań pojazdów posiada 12,3 tys. diagnostów.

9 – <https://www.gios.gov.pl/pl/stan-srodowiska/pms>

# W P Ł Y W N A Z D R O W I E

## JAK ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA WPŁYWAJĄ NA ZDROWIE DZIECI?

**Za kluczowy mechanizm niekorzystnego wpływu zanieczyszczeń powietrza uważa się stres oksydacyjny i odpowiedź zapalną nie tylko w płucach, ale i całym organizmie**

Dzieci należą do grupy najbardziej wrażliwej na niekorzystne skutki zdrowotne zanieczyszczeń powietrza. Są one poddawane większej ekspozycji na zanieczyszczenia ze względu na wyższy stosunek częstości oddechów do powierzchni ich ciał oraz mniej rozwinięte naturalne bariery ochronne przed wdychanymi cząstkami. Dodatkowo te naturalne bariery, takie jak nabłonek dróg oddechowych, jelit czy bariera krew-mózg rozwijają się gorzej, gdy dziecko oddycha zanieczyszczonym powietrzem. Za kluczowy mechanizm niekorzystnego wpływu zanieczyszczeń powietrza uważa się stres oksydacyjny<sup>10</sup> i odpowiedź zapalną nie tylko w płucach, ale i całym organizmie [7]. Wywołują one wtórne zmiany naczyniowe i metaboliczne w organizmie, czego konsekwencją mogą być uszkodzenia wielu narządów i układów, co przedstawiono zbiorczo w Tabeli 1.

Tabela 1. Wpływ zanieczyszczeń powietrza na organizm człowieka.

Układ immunologiczny	Nadwrażliwość alergiczna, autoimmunizacja <sup>11</sup>
Krew i naczynia krwionośne	Dysfunkcja śródbłonna, miażdżycy, zakrzepicy, upośledzenie tworzenia hemoglobiny, karboksyhemoglobinemia
Kości	Demineralizacja kości
Mózg i układ nerwowy	Zaburzenia poznawcze, upośledzony rozwój psychomotoryczny i rozwój inteligencji, zaburzenia nastroju i zachowania
Nowotwory	Skrócona długość telomerów, zaburzona ekspresja genów zaangażowanych w naprawę DNA, efekty epigenetyczne <sup>12</sup>
Cukrzyca i metabolizm	Podwyższony poziom hemoglobiny glikozylowanej, leptyny i endoteliny-1, insulinooporność
Oko	Zwiększone łzawienie (ostra ekspozycja) lub wysuszenie (przewlekłe narażenie)
Serce	Zmiany częstości akcji serca, ciśnienia tętniczego
Nerka	Zmniejszona szybkość przesączania kłębuszkowego
Drogi oddechowe	Kaszel, nadreaktywność oskrzeli, zaostrzenie wielu chorób układu oddechowego, zahamowany rozwój płuc, zmniejszone wskaźniki spirometryczne
Układ rozrodczy	Niska masa urodzeniowa; narażenie w okresie prenatalnym wiąże się z ryzykiem wystąpienia nowotworów wieku dziecięcego i astmy oskrzelowej
Skóra	Szybsze starzenie się, atopowe zapalenie skóry

Na podstawie: Schraufnagel D.E., Balmes J.R., Cowi C.T. et al., Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. Chest. 2019; 155(2):417, w modyfikacji własnej \*rozwój [w tym na etapie życia płodowego].

10 – Stres oksydacyjny jest stanem nierównowagi między produktami ubocznymi przemian metabolicznych, czyli wolnymi rodnikami, a zdolnością organizmu do ich usuwania, czyli detoksykacji oraz do naprawy powstałych uszkodzeń.

11 – Autoimmunizacja to odpowiedź układu odpornościowego organizmu, w przebiegu której powstają nieprawidłowe, skierowane przeciw własnym tkankom limfocyty T lub przeciwciała. Może prowadzić do powstania licznych chorób autoimmunologicznych, takich jak Hashimoto czy choroba Crohna.

12 – Zmiany epigenetyczne mogą wywierać wpływ na takie choroby, jak m.in. nowotwory, cukrzyca, depresja, schizofrenia czy skłonność do uzależnień.

Badania wskazują na niekorzystny wpływ zanieczyszczenia powietrza pochodzącego z transportu drogowego (traffic-related air pollution, TRAP) na organizmy zarówno matki, jak i płodu, ale literatura wciąż podkreśla niejednorodność stosowanej metodyki, w tym ocenianych powikłań ciąży i powikłań okołoporodowych, co utrudnia sformułowanie jednoznacznych wniosków.



Kluczowy składnik zanieczyszczeń powietrza w Polsce, czyli pył zawieszony (particulate matter, PM – bardzo małe cząsteczki powstałe w wyniku procesu spalania, które ze względu na niewielki rozmiar mogą przenikać do krwiobiegu organizmów żywych) zawiera zarówno substancje toksyczne, kancerogenne policykliczne węglowodory aromatyczne (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) na powierzchni, ale również metale ciężkie, tlenki siarki, azotu i węgla. PAH mogą powodować aktywację apoptozy<sup>13</sup> lub wiązać się z receptorami fożyskowych czynników wzrostu, w wyniku czego dochodzi do zmniejszonego dostarczania do płodu tlenu i składników odżywczych [8]. Ultradrobne pyły zawieszane (PM<sub>0,1</sub>), z powodu rozmiaru poniżej 100 nm, mogą odkładać się w płucach, stamtąd przedostawać się do krwiobiegu matki, a po pokonaniu bariery fożyskowej docierać również do organizmu płodu. Efekty ich działania obserwowane w badaniach eksperymentalnych na zwierzętach obejmują m.in. zmniejszenie masy urodzeniowej i zaburzenia prawidłowego rozwoju, np. układu kostnego, sercowo-naczyniowego lub nerwowego, a nawet martwe urodzenia [9].

**Ultradrobne pyły zawieszane (PM<sub>0,1</sub>), z powodu rozmiaru poniżej 100 nm, mogą odkładać się w płucach, stamtąd przedostawać się do krwiobiegu matki, a po pokonaniu bariery fożyskowej docierać również do organizmu płodu.**

Wpływ zanieczyszczeń zależy w dużej mierze od rodzaju i stężenia nanocząstek oraz samej ekspozycji, a dane dotyczące wpływu na zaburzenia rozwojowe płodu ludzkiego są niewystraszające, choć wskazują np. na związek z niską masą urodzeniową<sup>14</sup>. W dużym badaniu epidemiologicznym naukowcy zbadali skutki zdrowotne narażenia matki na pyły PM<sub>0,1</sub> będące składnikiem zanieczyszczeń pochodzących z transportu. Kontakt zarówno ze spalinami pochodzącymi z samochodów zasilanych benzyną, jak i z silnikami Diesla był związany z nieznacznie zwiększonym ryzykiem niskiej masy urodzeniowej [10]. W innym opracowaniu, na które składało się łącznie 14 badań z 12 krajów europejskich (prowadzonych w latach 1994–2011 i obejmujących łącznie prawie 75 000 kobiet) wykazano, że masa urodzeniowa była zbyt niska w 1,8% przypadków. Narażenie na pyły PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>) lub większe natężenie ruchu wiązało się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia niskiej masy urodzeniowej – poniżej 2500 g – przy prawidłowym okresie trwania ciąży (powyżej 37 tygodni) [11].

<sup>13</sup> – To proces programowanej śmierci komórki.

<sup>14</sup> – ang. *low birth weight (LBW)*



**Wykazano statystycznie istotne powiązania pomiędzy narażeniem prenatalnym na dwutlenki azotu (NO<sub>2</sub>), dwutlenki siarki (SO<sub>2</sub>) i pyły zawieszone PM10 oraz ryzykiem wystąpienia świszczącego oddechu i rozwoju astmy w dzieciństwie.**

Grupa naukowców analizujących związek zanieczyszczeń ze zdrowiem dokładnie przeanalizowała 41 badań o wpływie zanieczyszczeń powietrza – w tym zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego – na śmiertelność noworodków, przedwczesne porody, niską masę urodzeniową, wrodzone wady rozwojowe, opóźnienie wzrostu wewnątrzmacicznego i porody przedwczesne. Żadne z powyższych badań nie wskazywało na zwiększone ryzyko poronienia, martwego urodzenia czy zgonu okołoporodowego. Analiza wykazała związek ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza z wadami wrodzonymi, ale nie zawsze był on istotny statystycznie. Poszczególne badania obejmowały również różnego rodzaju wady, część uwzględniała wady letalne<sup>15</sup>, część je wykluczała. Dodatkowo większość z nich nie brała pod uwagę wpływu innych czynników, na przykład suplementacji kwasu foliowego, ani nie precyzowała okresu narażenia na zanieczyszczenia. Analiza związku zanieczyszczeń powietrza z transportu z powstaniem wad wrodzonych powinna obejmować ekspozycje w ciągu pierwszego trymestru ciąży, ponieważ jest to okres tworzenia się podstawowych narządów płodu<sup>16</sup>. Wszystkie (poza dwoma) badania podkreślały wpływ zanieczyszczeń powietrza na niską masę urodzeniową. Część badaczy wskazuje związek z niską masą urodzeniową – poniżej 2500 g, inni podkreślają niewielkie spadki rzędu zaledwie kilku gramów. Podobne wyniki uzyskano, analizując wpływ zanieczyszczeń powietrza na opóźnienie wzrostu wewnątrzmacicznego i przedwczesne porody [12].

Nie można sformułować ostatecznych wniosków dotyczących wpływu wewnątrzmacicznego narażenia na zanieczyszczenia powietrza pochodzące z transportu na czynność płuc we wczesnym dzieciństwie czy rozwój alergii, zwłaszcza że w badaniach epidemiologicznych trudno jest rozróżnić skutki narażenia na te powstałe przed urodzeniem i po urodzeniu. Badania wskazują, że największe znaczenie w rozwoju chorób alergicznych dróg oddechowych ma ekspozycja prenatalna i ta we wczesnych latach życia. W przeglądzie systematycznym 18 badań analizowano związek ekspozycji na zanieczyszczenia powietrza (z wykluczeniem dymu tytoniowego) w ciąży z rozwojem świstów i astmy u dzieci od urodzenia do 14 roku życia. Wykazano statystycznie istotne powiązania pomiędzy narażeniem prenatalnym na dwutlenki azotu (NO<sub>2</sub>), dwutlenki siarki (SO<sub>2</sub>) i pyły zawieszone PM10 oraz ryzykiem wystąpienia świszczącego oddechu i rozwoju astmy w dzieciństwie [13].



15 – Wady śmiertelne.

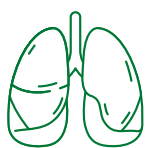
16 – Tzw. organogeneza.

W badaniu profesora Wiesława Jędrychowskiego, który wraz z zespołem naukowców przeprowadzał długoletnie obserwacje w Krakowie, kobiety w drugim trymestrze ciąży wykonywały przez 48 godzin pomiary stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> w swoim otoczeniu. Po porodzie niemowlęta obserwowano przez 5 lat. Ankieterzy odwiedzali uczestników w ich domach co 3 miesiące przez pierwsze 2 lata, a następnie co 6 miesięcy, aby odnotowywać objawy ze strony układu oddechowego u dziecka. W piątym roku obserwacji u 176 dzieci wykonano badanie spirometryczne czynności płuc. Wykazano istotny deficyt natężonej pojemności życiowej płuc – czyli największej objętości powietrza, jaką można wydmuchać z płuc podczas maksymalnego, szybkiego wydechu<sup>17</sup> przy ekspozycji na najwyższe stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub>. Również poziom natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (objętości powietrza wydychanej z płuc w czasie pierwszej sekundy maksymalnie natężonego wydechu)<sup>18</sup> u dzieci był odwrotnie skorelowany z narażeniem na pył PM<sub>2,5</sub> w okresie prenatalnym<sup>19</sup>. Obniżenie wskaźników spirometrycznych było skorelowane z wystąpieniem epizodów świszczącego oddechu zarejestrowanych w okresie obserwacji [8].

Przeprowadzono wiele badań naukowych, które wiążą ekspozycję wewnątrzmaciczną na pyły zawieszane i niekorzystne długoterminowe skutki zdrowotne, takie jak zmiany strukturalne mózgu w korze mózgowej, podwyższone skurczowe i rozkurczowe ciśnienie krwi w wieku 4–6 lat oraz wzrost sztywności tętnicy szyjnej u młodych dorosłych [14]. Z uwagi na wspomniane powyżej trudności w jednoznacznym oddzieleniu skutków ekspozycji prenatalnej od tej po urodzeniu część objawów i dolegliwości opisano poniżej.

## WPŁYW NA POSZCZEGÓLNE UKŁADY I ORGANY

### UKŁAD ODDECHOWY



Układ oddechowy jest główną drogą przedostawania się zanieczyszczeń powietrza do organizmu, dlatego najwięcej wiemy o negatywnych konsekwencjach (rozwój chorób) wpływu zanieczyszczeń powietrza pochodzących z transportu. Ekspozycja na zanieczyszczenia powoduje powstanie i nasilenie już istniejącego stanu zapalnego, przebudowę dróg oddechowych, zmiany w ich reaktywności i zmniejszenie drożności, co w konsekwencji utrudnia spełnianie funkcji ochronnej przed zakażeniami. Udowodniono wpływ zanieczyszczeń transportowych na zmniejszenie parametrów czynnościowych płuc, zwiększenie częstości infekcji i chorób alergicznych dróg oddechowych u dzieci. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na płuca w pierwszych tygodniach życia – w tym częstość oddechów i przepływy oddechowe – jest czynnikiem ryzyka gorszej czynności dróg oddechowych u młodych dorosłych. Długoterminowe obserwacje pokazują negatywne konsekwencje narażenia wewnątrzmacieznego i wczesnego poporodowego na czynność płuc w wieku 4,5 roku [15,16].

<sup>17</sup> – ang. *forced vital capacity* (FVC)

<sup>18</sup> – ang. *forced expiratory volume in 1 second* (FEV1)

<sup>19</sup> – Przy najwyższym poziomie ekspozycji deficyt FEV1 wyniósł 87,7 ml.

**Udowodniono wpływ zanieczyszczeń transportowych na zmniejszenie parametrów czynnościowych płuc, zwiększenie częstości infekcji i chorób alergicznych dróg oddechowych u dzieci. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na płuca w pierwszych tygodniach życia – w tym częstość oddechów i przeptywy oddechowe – jest czynnikiem ryzyka gorszej czynności dróg oddechowych u młodych dorosłych.**

**Badania epidemiologiczne pokazują, że zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego może nasilać u dzieci reakcje alergiczne w drogach oddechowych i podnosić poziom przeciwciał IgE – już u najmłodszych.**

W tajwańskim badaniu przeprowadzonym wśród 1016 dzieci wieku 6–15 lat bez astmy i atopii wzrost o  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  stężenia pyłu PM10 był związany ze zmniejszeniem wydolności oddechowej<sup>20</sup> [17]. W ramach programu „Badanie Zdrowia Dzieci” w południowej Kalifornii co roku mierzono czynność płuc u 2120 dzieci z trzech oddzielnych kohort<sup>21</sup>, odpowiadających okresom: 1994–1998, 1997–2001 i 2007–2011. Średni wiek dzieci w każdej kohorcie wynosił 11 lat na początku i 15 lat na końcu badania. W ciągu 13 lat obserwacji we wszystkich trzech kohortach odnotowano poprawę w wielkości 4-letniego wzrostu wskaźników spirometrycznych<sup>22</sup>, co było związane ze spadkiem stężenia  $\text{NO}_2$  oraz pyłów PM2,5 i PM10. Istotną poprawę w rozwoju czynności płuc obserwowano zarówno u chłopców, jak i u dziewcząt, u dzieci z astmą, jak i bez niej. Odsetek dzieci z klinicznie niskim poziomem natężonej objętości wydechowej pierwszosekundowej (definiowanej jako <80% wartości przewidywanej) w wieku 15 lat znacząco spadł z 7,9% do 6,3% i do 3,6% we wszystkich trzech okresach, co wiązało się z poprawą jakości powietrza [18].

W badaniach przeprowadzonych w latach 2003–2005 w Wietnamie oceniano wpływ narażenia na zanieczyszczenie powietrza na częstość hospitalizacji małych dzieci poniżej 5 r.ż. z powodu ostrych zakażeń dolnych dróg oddechowych<sup>23</sup>, tj. zapaleń płuc i oskrzelików. Zapalenia te to najczęstsza pojedyncza przyczyna zgonów wśród małych dzieci na całym świecie. Największe ryzyko oszacowano dla  $\text{NO}_2$  – wzrost o 8,5% i  $\text{SO}_2$  – wzrost o 5,85% [19]. Również wzrost narażenia na pyły PM wiąże się ze zwiększeniem ryzyka hospitalizacji z powodu zapalenia płuc u dzieci: dla  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 o 1,5%, a dla  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM2,5 o 1,8% [20].

Badania epidemiologiczne pokazują, że zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego może nasilać u dzieci reakcje alergiczne w drogach oddechowych i podnosić poziom przeciwciał IgE – już u najmłodszych. Istnieje wiele dowodów na to, że zanieczyszczenie powietrza odgrywa rolę zarówno w rozwoju, jak i zaostrzeniu alergicznego nieżyty nosa<sup>24</sup>. Badania dzieci w wieku przedszkolnym pokazały, że narażenie na zanieczyszczenie powietrza, wynikające z ruchu drogowego, w okresie prenatalnym i we wczesnym okresie życia wiąże się ze zwiększeniem ryzyka alergicznego nieżyty nosa. Wysoki poziom zanieczyszczeń pochodzących z transportu w miejscu zamieszkania do czwartego roku życia zwiększa ryzyko rozwoju alergii wziewnej o 40–83%. W przeglądzie systematycznym 41 badań wykazano istotny statystycznie wpływ ekspozycji na tlenek węgla (CO),  $\text{NO}_2$ , pyły PM2,5 oraz pyły PM10 pochodzące z ruchu drogowego na rozwój astmy. Wyniki przeprowadzonego w południowej Kalifornii „Badania Zdrowia Dzieci” wskazują, że ekspozycja na wyższe stężenia  $\text{NO}_2$  i bliskość autostrad zwiększają ryzyko występowania astmy. Badanie obejmujące 5443 dzieci z Korei w wieku 6–14 lat pokazało, że zamieszkanie do 200 m od głównych dróg w porównaniu z odległością dłuższą niż 254 m wiąże się ze zwiększeniem epizodów świstów, częstości występowania astmy oraz pogorszeniem funkcji płuc. Zanieczyszczenia powietrza mogą również indukować wystąpienie alergicznych objawów z dróg oddechowych u zdrowych dzieci [21].

Jednym z najbardziej zanieczyszczonych miast w Polsce jest Kraków. Od kilkunastu lat w mieście prowadzone jest badanie profilaktyczne w ramach „Miejskiego Programu Profilaktyki Astmy

20 – O 2% FEV1 i o 1,86% FVC.

21 – Czyli grup wyodrębnionych z populacji z uwagi na zachodzące jednocześnie dla całego zbioru wydarzenie lub proces, w celu przeprowadzenia analizy.

22 – Zarówno FEV1, jak i FVC.

23 – ang. *acute lower respiratory infection* (ALRI)

24 – ang. *allergic rhinitis* (AR)

i Chorób Alergicznych Dzieci i Młodzieży Szkolnej”. Liczba respondentów objętych do tej pory badaniem ankietowym wynosiła 75 000 uczniów krakowskich szkół w wieku 7–8 lat i 16–17 lat. Ponad 50% ankietowanych zgłaszało objawy alergiczne, a 60% z nich nie miało ustalonego rozpoznania i nie było leczonych z tego powodu. Wykazano większą częstość zarówno astmy, jak i alergicznego nieżytu nosa u respondentów mieszkających poniżej 200 m, w porównaniu z mieszkającymi 200–500 m i powyżej 500 m od głównych traktów komunikacyjnych [22, 23].

W literaturze zwraca się szczególną uwagę na rolę czarnego węgla<sup>25</sup> – składnika pyłów zawieszonych. Potwierdzono związek pomiędzy narażeniem na czarny węgiel i większą potrzebą leczenia alergicznego nieżytu nosa u dzieci w wieku szkolnym [24]. W innym badaniu obejmującym dzieci i nastolatki z astmą mieszkające w podmiejskich rejonach Peru stwierdzono, że wzrost stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> w powietrzu o 10 µg/m<sup>3</sup> był związany ze zwiększeniem o 83% ryzyka wystąpienia alergicznego nieżytu nosa i spojówek. Dodatkowo wzrost zawartości czarnego węgla w pyłe PM<sub>2,5</sub> o 10% wiązał się z podwyższeniem tego ryzyka o 80% [25].

## UKŁAD KRAŻENIA



Zanieczyszczenie powietrza może wpływać na zaburzenia budowy i funkcji serca oraz naczyń krwionośnych [26]. Badania wiążą je z szeregiem chorób sercowo-naczyniowych: miażdżycą, nadciśnieniem tętniczym, zaburzeniami rytmu serca, zakrzepicą, ostrym zwężeniem tętnic wieńcowych, chorobą niedokrwienną, zawałem, a nawet niewydolnością serca [27].

Większość z tych chorób ujawnia się w wieku dorosłym, ale miażdżycę może zaczynać się już u dzieci i nastolatków. Do jej powstawania, poprzez wywoływanie stanu zapalnego, przyczynia się narażenie na zanieczyszczenia powietrza z transportu. Z jednej strony pyły PM<sub>2,5</sub> w płucach stymulują masowe uwalnianie cytokin<sup>26</sup>, które dostają się do krążenia i wywołują układową odpowiedź zapalną. Z drugiej pył PM<sub>2,5</sub> przechodzi z układu oddechowego do krążenia i powoduje bezpośrednie uszkodzenie i stymulację stanu zapalnego w ścianach naczyń krwionośnych<sup>27</sup>. Miażdżycę tętnic jest głównym długoterminowym mechanizmem mogąącym skutkować zawałem serca i udarem mózgu [28].

Proces zapalny naczyń krwionośnych prowadzi do uszkodzenia śródbłonna, destabilizacji oraz powstawania nowych blaszek miażdżycowych. Wtórnie dochodzi także do uwalniania substancji obkurczających naczynia i wzrostu oporów naczyniowych, co między innymi może tłumaczyć opisywany u osób narażonych na zanieczyszczenia powietrza wzrost ciśnienia tętniczego krwi i wzrost oporności na leki hipotensyjne (obniżające ciśnienie tętnicze krwi). Krótkoterminowy

**Zanieczyszczenie powietrza może wpływać na zaburzenia budowy i funkcji serca oraz naczyń krwionośnych. Badania wiążą je z szeregiem chorób sercowo-naczyniowych: miażdżycą, nadciśnieniem tętniczym, zaburzeniami rytmu serca, zakrzepicą, ostrym zwężeniem tętnic wieńcowych, chorobą niedokrwienną, zawałem, a nawet niewydolnością serca.**

25 – ang. *black carbon* (BC)

26 – Białek wpływających na wzrost, podział i pobudzenie komórek biorących udział w odpowiedzi odpornościowej oraz komórek hemopoetycznych.

27 – Badanie ludzkich komórek śródbłonna aorty wykazało, że również pyły PM<sub>0,1</sub> wpływają na funkcję śródbłonna, zmniejszając fizjologiczne wytwarzanie działającego ochronnie, rozszerzającego naczynia tlenku azotu (NO). Makrofagi pęcherzykowe są uważane za kluczowe komórki zaangażowane w odpowiedź lokalną na PM. Wykazano, że mogą rozpoznawać PM<sub>2,5</sub> przez TLR4 lub TLR4 – podobne receptory i poprzez aktywację szlaku NF-κB uwalniają różne mediatory prozapalne, takie jak IL-1, IL-6, TNF-alfa, GM-CSF i MCP-1. IL-6 może stymulować szpik kostny i powoduje zwiększenie liczby białych krwinek, płytek i białek ostrej fazy. PM może zwiększać stężenie P-selektyny i inhibitora aktywatora plazminogenu w osoczu, a także aktywację płytek krwi i osłabiać fibrynolizę, co może przyczyniać się do powstawania skrzepin tętnicznych. Ekspozycja na PM<sub>2,5</sub> w badaniach na myszach powoduje powstawanie blaszki miażdżycowej. Myszy te w porównaniu z eksponowanymi na czyste powietrze miały wyższą zawartość lipidów w aorcie, wykazywały niższe stężenie ochronnego cholesterolu lipoproteinowego o dużej gęstości (HDL-C) i apolipoproteiny A1 oraz wzrost stężeń apolipoproteiny B, lipoproteiny o niskiej gęstości (LDL-C) oraz utlenionej lipoproteiny o niskiej gęstości (x-LDL).

wzrost stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> może wywołać podwyższenie ciśnienia krwi (1-2 mm Hg na 10 µg/m<sup>3</sup>) w okresie 5 dni, a długotrwałe narażenie trwające od 30 dni do 1 roku wywołuje wzrost ciśnienia tętniczego nawet o 5-10 mm Hg [29].

Badania naukowe wskazują na związek pomiędzy niską masą urodzeniową noworodka ekspozowanego w życiu płodowym na zanieczyszczenia powietrza a chorobami układu krążenia<sup>28</sup> w późniejszym wieku. Prawdopodobny mechanizm obejmuje stres oksydacyjny i stan zapalny [30]. Jedna z analiz wykazała, że niska masa urodzeniowa jest istotnie związana ze zwiększonym ryzykiem choroby wieńcowej [31]. Szacuje się, że populacyjne ryzyko śmiertelności z przyczyn sercowo-naczyniowych jest o 0,6% wyższe przy wzroście narażenia w życiu płodowym na pyły PM<sub>2,5</sub> od 30 do 40 µg/m<sup>3</sup> i wiąże się to ze średnim spadkiem urodzeniowej masy ciała o 24 g [32].

## UKŁAD IMMUNOLOGICZNY (ODPORNOŚCIOWY)



Zanieczyszczenia powietrza wpływają na układ immunologiczny i powodują zaostrzenie, a nawet wg niektórych badaczy powstanie zapalenia alergicznego<sup>29</sup> i rozwój opisanych powyżej chorób, takich jak alergiczny nieżyt nosa, astma oskrzelowa, a także atopowe zapalenie skóry czy alergie pokarmowe [21].

Ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza pochodzące z transportu może zwiększyć też ryzyko chorób autoimmunologicznych. Płuca mają ogromną powierzchnię, która styka się z niezliczonymi antygenami. Jest to skomplikowany system, którego uszkodzenie może powodować podatność na zaburzenia autoimmunologiczne. Zanieczyszczenie powietrza podaje się jako potencjalną przyczynę rozwoju chorób, takich jak reumatoidalne zapalenie stawów czy toczeń rumieniowaty układowy. Kanadyjscy badacze stwierdzili zwiększone szanse na zdiagnozowanie choroby reumatycznej u osób żyjących w środowisku z podwyższonym poziomem pyłu PM<sub>2,5</sub> [33, 34]. Zanieczyszczenia powietrza wiązane są również z rozwojem i zaostrzeniem młodzieńczego idiopatycznego zapalenia stawów (MIZS). W badaniu na grupie 338 dzieci z rozpoznaniem MIZS podwyższone stężenie PM<sub>2,5</sub> w poprzedzających 14 dniach było związane ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia choroby u dzieci młodszych niż 5,5 roku, z silniejszymi efektami obserwowanymi u chłopców i dzieci z układowym MIZS [35].

Udowodniono związek między hospitalizacjami z powodu chorób reumatycznych u dzieci i młodzieży (tj. MIZS, toczeń rumieniowaty układowy, zapalenie skórno-mięśniowe, płamica Henocha-Schönleina, guzkowe zapalenie tętnic, twardzina układowa i zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa) a stężeniem SO<sub>2</sub> w powietrzu, co wg autorów badania sugeruje udział stresu oksydacyjnego w zaostrzeniu stanu zapalnego w tych chorobach [36]. Nie ulega jednak wątpliwości, że zjawisko autoimmunizacji związanej z narażeniem na zanieczyszczenie powietrza wymaga dalszych badań.

<sup>28</sup> – ang. *cardiovascular diseases (CVD)*

<sup>29</sup> – IgE-zależnego.



Zanieczyszczenie powietrza może zwiększać ryzyko nadwagi i otyłości u dzieci. Według badań naukowych chłopcy są bardziej niż dziewczęta dotknięci skutkami przewlekłej ekspozycji na zanieczyszczenia, prawdopodobnie z powodu dłuższej codziennej aktywności na świeżym powietrzu. Z drugiej strony aktywność fizyczna jest bardzo istotna dla rozwoju dziecka i korzyści zdrowotne z niej płynące są ogromne. W ciągu ostatnich dziesięcioleci w większości krajów uprzemysłowionych znacznie wzrosła częstość występowania otyłości u dzieci. W Europie najwyższe wskaźniki nadwagi i otyłości u dzieci występują w krajach południowych (20–40%). Już w 2015 roku w Katalonii (Hiszpania) około 30% dzieci w wieku od 6 do 12 lat miało nadwagę lub otyłość. Otyłość u dzieci wiąże się z licznymi konsekwencjami zdrowotnymi, takimi jak choroby sercowo-naczyniowe, powikłania metaboliczne, zaburzenia żołądkowo-jelitowe, choroby płuc i układu mięśniowo-szkieletowego. Otyłość dziecięca jest konsekwencją interakcji pomiędzy czynnikami genetycznymi i środowiskowymi, przy czym główną przyczyną jest brak równowagi między liczbą dostarczonych kalorii a wydatkiem energetycznym [37, 38].

**Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego może zmieniać metabolizm i zwiększyć przyrost masy ciała. W kilku badaniach epidemiologicznych przeanalizowano związek pomiędzy narażeniem na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego a otyłością u dzieci.**

Niektóre eksperymenty na zwierzętach sugerują, że zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego może zmieniać metabolizm i zwiększyć przyrost masy ciała [39]. W kilku badaniach epidemiologicznych przeanalizowano związek pomiędzy narażeniem na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego a otyłością u dzieci. Większość z nich dotyczy wzrostu wskaźnika masy ciała (BMI<sup>30</sup>) przy wzroście narażenia na NO<sub>2</sub>, pyły PM<sub>2,5</sub> i pyły PM<sub>10</sub>. Jednak dane z literatury nie są spójne. Niedawne badanie kohortowe wykonywane we Włoszech – obejmujące 499 dzieci w wieku 8 lat – nie wykazało związku pomiędzy narażeniem na zanieczyszczenia powietrza pochodzące z transportu a BMI, stężeniem lipidów we krwi czy otyłością brzuszna [40, 41]. W południowej Kalifornii obserwowano 3318 dzieci w wieku od 10 do 18 lat i stwierdzono pozytywną korelację między odległością od drogi (do 150 m) a osiągniętym BMI. W kolejnym badaniu obejmującym 4550 dzieci w od 5 do 11 lat i stwierdzono roczny wzrost BMI o 14% przy najwyższym narażeniu na zanieczyszczenia powietrza z transportu [42, 43].

Trudno jednoznacznie wskazać mechanizmy leżące u podstaw wpływu zanieczyszczenia powietrza na rozwój otyłości u dzieci. Badania na zwierzętach wykazały udział w patogenezie<sup>31</sup> zarówno stresu oksydacyjnego, stanu zapalnego, jak i zaburzeń hormonalnych. Ekspozycja na cząstki oleju napędowego we wczesnym okresie życia może przyczynić się do powstania dysfunkcji metabolicznych i naczyniowych, stanu zapalnego i w konsekwencji otyłości trzewnej u myszy. Inną możliwą teorią jest wywoływanie przez zanieczyszczenia powietrza stresu oksydacyjnego i ogólnoustrojowego zapalenia. Sam stres oksydacyjny może wywoływać insulinooporność<sup>32</sup> [44]. Współdziałanie różnorodnych mechanizmów<sup>33</sup> sprawia, że wrażliwość na insulinę spada, a poziom glukozy i poziom wolnych kwasów tłuszczowych we krwi wzrastają [44]. Mechanizmy te w różnym stopniu wpływają zarówno na genезę cukrzycy typu 1, jak i cukrzycę typu 2 oraz regulację metabolizmu glukozy u osób zdrowych i już chorych na cukrzycę.

30 – Czyli współczynnik powstały przez podzielenie masy ciała podanej w kilogramach przez kwadrat wysokości podanej w metrach.

31 – Patogeneza jest dziedziną medycyny zajmującą się badaniem mechanizmu powstawania i rozwoju choroby.

32 – Jest to zaburzenie metaboliczne, w którym dochodzi do zmniejszenia wrażliwości tkanek na działanie insuliny pomimo jej prawidłowego lub podwyższonego poziomu we krwi.

33 – Przewlekłe narażenie na drobne cząsteczki pyłu powoduje zmianę metabolizmu lipidów w tkance tłuszczowej, zwiększoną lipogenezę i zmniejszoną lipolizę. Reakcja zapalna w wątrobie wpływa na różne mechanizmy transportu glukozy i zaburza równowagę między glikolizą a glukoneogenezą. Zmniejsza także wychwytywanie glukozy w tkance mięśniowej. Ogólnoustrojowy proces zapalny wpływa również na podwzgórze, które kontroluje regulację homeostazy glukozy.

## UKŁAD NERWOWY



Zaobserwowano, że bariera krew-mózg u dzieci w fazie rozwoju jest bardziej przepuszczalna niż w późniejszym okresie życia, co zwiększa prawdopodobieństwo, że wdychane zanieczyszczenia dostaną się do mózgu, powodując stan zapalny i uszkodzenie wrażliwych obszarów<sup>34</sup>. Zanieczyszczenia powietrza wywołują stan zapalny w naczyniach krwionośnych, w tym w naczyniach mózgowych. Ekspozycja na pyły zawieszone powoduje dodatkowo podwyższenie stężenia endoteliny 1 – białka wpływającego na skurcz naczyń. Ultradrobne cząstki mogą również z nosa dostać się przez nerw węchowy do mózgu, gdzie wywołują stres oksydacyjny i stan zapalny [45].

Zastosowanie modeli zwierzęcych mózgów wystawionych na działanie cząsteczek takich jak ozon, pyły PM, nanocząstki oleju napędowego oraz endotoksyny<sup>35</sup> przyczyniło się do zrozumienia potencjalnych mechanizmów ich wpływu na układ nerwowy. Kiedy zanieczyszczenia powietrza dostają się do organizmu, generują procesy zapalne<sup>36</sup>, co sprzyja obrzękowi komórek mózgowych i ich uszkodzeniu, a w konsekwencji utracie tkanki mózgowej<sup>37</sup> [46].

U dzieci narażonych na duże stężenia zanieczyszczeń powietrza obserwowano zmiany w rezonansie magnetycznym<sup>38</sup>. Zmiany te mają negatywny wpływ na zdolność neuronów do tworzenia synaps, upośledzając ich zdolności do komunikowania się, co jest związane z deficytami poznawczymi. Uważa się, że u dzieci narażonych na zanieczyszczenie powietrza zjawisko to jest konsekwencją procesów zapalnych<sup>39</sup>. Odkrycia te sugerują, że narażenie na zanieczyszczenie powietrza może mieć szkodliwy wpływ na tzw. mielinizację, czyli proces tworzenia osłonki tłuszczowej wokół włókien nerwowych w mózgu i rdzeniu kręgowym na etapie życia płodowego. Najczęściej dotknięte rejony obejmują korę przedczołową i czołową oraz opuszkę węchową, a także struktury śródmózgowia, takie jak hipokamp – czyli okolice mające kluczowe znaczenie dla prawidłowej koordynacji funkcji poznawczych [47].

Dlatego też zanieczyszczenia powietrza mogą uszkodzić rozwijający się mózg i wywołać przewlekłe zmiany. Wiele badań wskazuje, że ekspozycja na pyły PM<sub>2,5</sub> w okresie prenatalnym i wczesnym dzieciństwie wiąże się z opóźnieniem rozwoju psychomotorycznego i niższym ilorazem inteligencji dziecka [48]. Badanie przeprowadzone w mieście Meksyk pokazuje, że dzieci mieszkające w bardziej zanieczyszczonych obszarach mają gorsze funkcje poznawcze, co może być tłumaczone uszkodzeniem mózgu w obszarach przedczołowych<sup>40</sup>. Co ciekawe, psy narażone na porównywalne poziomy zanieczyszczeń miały podobne uszkodzenia mózgu. Również autyzm jest wiązany z narażeniem na działanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, oleju napędowego, pyłów PM, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> i SO<sub>2</sub> w okresie prenatalnym lub wczesnym dzieciństwie, ale nie wszystkie badania dostarczają jednoznaczne wyniki [49].



**Zanieczyszczenia powietrza mogą uszkodzić rozwijający się mózg i wywołać przewlekłe zmiany. Wiele badań wskazuje, że ekspozycja na pyły PM<sub>2,5</sub> w okresie prenatalnym i wczesnym dzieciństwie wiąże się z opóźnieniem rozwoju psychomotorycznego i niższym ilorazem inteligencji dziecka.**

34 – Narażenie wziewne na zanieczyszczenia powietrza generowane przez ruch uliczny sprzyja także zwiększonej aktywności metaloproteinaz macierzy i degradacji białek w ścisłych połączeniach bariery krew-mózg, co powoduje dodatkowy wzrost jej przepuszczalności.

35 – Toksyny występujące w błonie zewnętrznej bakterii Gram-ujemnych.

36 – Indukując aktywację wrodzonej odpowiedzi immunologicznej i tym samym wzrost stężenia cytokin, takich jak IL-1 $\beta$ , IL-6 oraz TNF- $\alpha$ .

37 – Ludzki mózg zawiera receptory specyficzne dla IL-1 $\beta$ , IL-6 i TNF- $\alpha$ . Białka te mogą również być produkowane w wyniku systemowego stanu zapalnego w innych obszarach i przekraczać barierę krew-mózg.

38 – W postaci hiperintensywności istoty białej (*white matter hyperintensity*, WMH).

39 – Czego dowodem jest zwiększone stężenie markerów, takich jak TNF- $\alpha$  u młodzieży miejskiej w Meksyku.

40 – Co z kolei można zobrazować w MRI.

Innym odkryciem u dzieci narażonych na wysokie poziomy zanieczyszczenia powietrza jest obecność białek charakterystycznych dla choroby Alzheimera<sup>41</sup>. Sugeruje to, że **czynniki genetyczne mogą sprawić, że znaczna część dzieci narażonych na zanieczyszczenie powietrza będzie bardziej podatna na rozwój choroby Alzheimera w późniejszym życiu**. Może skutkować również przyspieszeniem rozwoju choroby Alzheimera i przyczyniać się do nasilenia zapalenia układu nerwowego oraz utraty komunikacji między neuronami, co jest markerem pogorszenia funkcji poznawczych, a tym samym postępu choroby. Narażenie na cząsteczki spalin z silników Diesla, główny składnik miejskiego zanieczyszczenia powietrza, zostało powiązane z zapaleniem układu nerwowego [52]<sup>42</sup>.

Zanieczyszczenie powietrza ze źródeł transportowych uważa się za szczególną przyczynę częstego występowania deficytów funkcji poznawczych u dzieci w wieku przedszkolnym (od 2 do 5 lat) i szkolnym (od 6 do 14 lat) [53]. Badania epidemiologiczne wykazały związek pomiędzy zanieczyszczeniem powietrza a opóźnionym rozwojem neurokognitywnym<sup>43</sup> u dzieci. Dzieci ze szkół podstawowych, które uczęszczały do placówek w bardziej zanieczyszczonej części miasta, gdzie m.in. stężenia NO<sub>2</sub> były przekroczone, osiągały niższe punktacje w testach poznawczych. Warto zaznaczyć, że w badaniu zestawiono szkoły, których uczniowie mieli podobne zaplecze społeczno-ekonomiczne [54].

## CHOROBY SKÓRY



W analizie<sup>44</sup> ponad 46 100 przypadków z 13 badań potwierdzono, że zarówno pył PM10, jak i pył PM2,5 mają statystycznie istotne oddziaływanie na choroby skóry, a wg Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) mogą również prowadzić do rozwoju nowotworów skóry<sup>45</sup>. Istnieją dowody na to, że metale ciężkie zawarte w pyłe PM powodują uszkodzenia DNA, białek i komórek skóry. Narażenie na pyły PM10 i PM2,5 wiąże się ze zwiększonym ryzykiem chorób skóry, zwłaszcza atopowego zapalenia skóry (AZS), a ich ryzyko jest większe u niemowląt i dzieci w wieku szkolnym. Pył PM2,5 dzięki mniejszym rozmiarom i wysokiej zawartości metali silniej wpływa na wystąpienie AZS w porównaniu z pyłem PM10 [55]. Nawet krótkoterminowa ekspozycja zarówno na pył PM2,5, jak i pył PM10 może zaostrzyć przebieg AZS u małych dzieci [56].



41 – Dwa kluczowe białka w rozwoju tej choroby to hiperfosforylowane białko tau i płytki Aβ1, które akumulują się w neuronach i wokół nich [50]. W badaniach pośmiertnych u dzieci (ofiar nieszczęśliwych wypadków), które były narażone na zanieczyszczenie powietrza, wykazano zarówno hiperfosforylację białka tau, jak i rozproszone blaszki Aβ w korze czołowej mózgu, w porównaniu z brakiem tych zmian w grupie kontrolnej [51]. Niezwykle ważne było odkrycie, że dzieci posiadające allel genu apolipoproteiny E (APOE) ε4 (dobrze znany genetyczny czynnik ryzyka choroby Alzheimera) wykazywały większą liczbę tych dwóch białek markerowych.

42 – A także gromadzeniem się białek Aβ1, tau oraz α-synukleiny i aktywacją mikrogleju (komórek nieneuronalnych centralnego układu nerwowego u myszy).

43 – Kognitywistyka to dziedzina nauki zajmująca się obserwacją i analizą działania zmysłów, mózgu i umysłu.

44 – Dokładniej w przeglądzie systematycznym i metaanalizie.

45 – Raka podstawnokomórkowego i raka kolczystokomórkowego.



## ZDROWIE PSYCHICZNE



**W kilku badaniach opisano wpływ zanieczyszczenia powietrza na wystąpienie zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD), objawów lękowo-depresyjnych oraz problemów behawioralnych u dzieci. Niedawne doniesienia wskazywały na zwiększone wskaźniki przepisywania leków psychiatrycznych dla dzieci i młodzieży mieszkających na obszarach o wyższym stężeniu zanieczyszczenia powietrza.**

**Zanieczyszczenie powietrza jest jednym z wiodących czynników, które zaburzają ludzkie emocje i zmieniają zachowania [57]. Długotrwałe narażenie powoduje szereg problemów psychologicznych, takich jak lęk, stres, depresja, rozdrażnienie oraz gwałtowne zmiany nastroju [58].**

Problemy ze zdrowiem psychicznym rozpoznaje się u 10–20% dzieci i młodzieży na całym świecie. Częstość występowania i typowy wiek zachorowania różnią się w zależności od diagnozy, ale wszystkie mają negatywny wpływ na wiele aspektów życia, w tym na codzienne funkcjonowanie, interakcje społeczne czy osiągnięcia edukacyjne. Badania wykazały, że większość dolegliwości psychiatrycznych diagnozowanych u dorosłych rozpoczyna się w dzieciństwie i okresie dojrzewania, przy czym najgorsze rokowania dotyczą tych, których problemy zaczynają się wcześniej i utrzymują się wiele lat [59]. Zidentyfikowano i dobrze zweryfikowano wiele czynników wpływających na zdrowie psychiczne dzieci i młodzieży, w tym dodatni wywiad rodzinny oraz narażenie na przemoc w dzieciństwie. Jednak rola środowiska jest mniej jasna. Wcześniejsze raporty wykazały, że w miastach występuje zwiększona częstość chorób psychiatrycznych u dorosłych oraz problemów ze zdrowiem psychicznym dzieci i młodzieży, co sugeruje udział w ich powstawaniu i rozwoju szeregu czynników środowiskowych, w tym zanieczyszczeń powietrza. Nie ulega wątpliwości, że procesy zapalne odgrywają rolę w rozwoju szerokiego spektrum chorób psychiatrycznych, co może tłumaczyć związek między nimi a narażeniem na zanieczyszczenie powietrza [60].

W badaniach prowadzonych z udziałem dorosłych wykazano związek pomiędzy narażeniem na pyły PM<sub>2,5</sub> a występowaniem objawów lękowych, depresyjnych oraz samobójstwami. Jednak nie wszystkie dane z literatury są spójne [61]. W kilku badaniach opisano wpływ zanieczyszczenia powietrza na wystąpienie zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD), objawów lękowo-depresyjnych oraz problemów behawioralnych u dzieci. Niedawne doniesienia wskazywały na zwiększone wskaźniki przepisywania leków psychiatrycznych dla dzieci i młodzieży mieszkających na obszarach o wyższym stężeniu zanieczyszczenia powietrza. W badaniu 284 dzieci z Londynu stwierdzono związek pomiędzy narażeniem na wyższy poziom zanieczyszczenia powietrza w wieku 12 lat a wyższym prawdopodobieństwem wystąpienia depresji u 18-latków [62]. Wysoka ekspozycja prenatalna na wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne była związana z objawami lęku i depresji w wieku 6–7 lat. Niedawne duże badanie czterech kohort europejskich dało niespójne wyniki dotyczące wpływu zanieczyszczenia powietrza na depresję, ale jednym z potencjalnych powodów tej niespójności może być stosowanie różnych definicji tej choroby.

W badaniu dzieci w wieku szkolnym w Barcelonie narażenie na wyższe poziomy zanieczyszczeń powietrza pochodzących z transportu wiązało się ze zwiększonymi trudnościami behawioralnymi, ale nie z objawami ADHD. Badania japońskiej kohorty wykazały związek pomiędzy prenatalną ekspozycją na zanieczyszczenie powietrza (PM, NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>) a trudnościami behawioralnymi w wieku 8 lat [63]. Dodatkowo w badaniu populacji 1883 kanadyjskich dzieci, które zgłaszają zaburzenia nastroju, wydają się być bardziej podatne na niekorzystne fizjologiczne skutki zanieczyszczenia powietrza [64].

## KONSEKWENCJE DLA ROZWOJU INNYCH CHOROÓB NA DALSZYM ETAPIE ŻYCIA



Narażenie na benzen ze spalin samochodowych w okresie prenatalnym i we wczesnych latach dzieciństwa wiąże się z ryzykiem zachorowania na ostrą białaczkę. Narażenie prenatalne na pył PM<sub>2,5</sub> w czasie ciąży również może zwiększać ryzyko rozwoju ostrej białaczki i guzów układu nerwowego (tzw. gwiaździaków).

Wiele badań wykazało związek pomiędzy ekspozycją na pył PM<sub>2,5</sub> i pył PM<sub>10</sub> a ryzykiem rozwoju raka płuca. Ponadto poziom NO<sub>2</sub> i O<sub>3</sub> zostały eksperymentalnie połączone ze zmianami komórkowymi<sup>46</sup>. Spaliny z silników wysokoprężnych zostały zidentyfikowane przez WHO jako czynnik rakotwórczy związany z ryzykiem rozwoju raka płuc. Badania wskazują na związek narażenia na emisje ze spalania oleju napędowego z występowaniem łagodnych i złośliwych guzów płuc u zwierząt laboratoryjnych, z rakiem jelita grubego oraz zgonami z powodu nowotworu żołądka. Narażenie na zanieczyszczenie powietrza jest powiązane zarówno z zapadalnością, jak i śmiertelnością z powodu raka pęcherza moczowego. Hiszpańskie badanie wykazało związek pomiędzy narażeniem na wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz pozostałe spaliny z silników Diesla a nowotworem pęcherza moczowego. Badania prowadzone wśród mieszkańców Tajwanu wykazały zwiększone ryzyko zgonów z powodu nowotworu pęcherza moczowego związanych z narażeniem na benzen i inne substancje emitowane z pojazdów silnikowych [65].

## EKSPOZYCJA KRÓTKO- I DŁUGOTERMINOWA



Od czasu wystąpienia tzw. Wielkiego Smogu Londyńskiego<sup>47</sup> w 1952 roku wiadomo, że nawet krótkotrwałe narażenie na wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza znacząco zwiększa umieralność. Największy wpływ na umieralność ma jednak długotrwała ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza. Wpływ ten obserwuje się już przy stężeniach niższych niż te, z jakimi mamy obecnie do czynienia w Polsce.

**Światowa Organizacja Zdrowia w swoich rekomendacjach<sup>48</sup> sugeruje nieprzekraczalne z punktu widzenia zdrowia publicznego poziomy zanieczyszczeń określonych substancji, jednak jednocześnie podkreśla, że żaden poziom zanieczyszczeń powietrza nie jest bezpieczny dla zdrowia ludzi [66].**

W przypadku pyłu PM<sub>10</sub> poziom dopuszczalny dla stężenia średniodobowego wg norm unijnych (w tym tych obowiązujących w Polsce, często interpretowanych jako „normy krajowe”) wynosi 50 µg/m<sup>3</sup> i może być przekraczany nie częściej niż przez 35 dni w ciągu roku. Poziom dopuszczalny dla stężenia średniorocznego wynosi 40 µg/m<sup>3</sup>, poziom informowania (przy którym samorząd powinien poinformować mieszkańców o zagrożeniu dla zdrowia) – 100 µg/m<sup>3</sup>, a poziom alarmowy (w którym muszą zostać podjęte konkretne doraźne działania na rzecz redukcji poziomu zanieczyszczeń) – 150 µg/m<sup>3</sup>. Docelowa wartość średniorocznego stężenia pyłu PM<sub>2,5</sub> wynosi 25 µg/m<sup>3</sup>, a poziom dopuszczalny 25 µg/m<sup>3</sup>. Dopuszczalny średnioroczny poziom bezno(a)pirenu to 1 ng/m<sup>3</sup> [67]. W kwestii NO<sub>2</sub>

**Musimy pamiętać, że każdy poziom zanieczyszczeń, nie tylko te przekraczające ustalone granice, może negatywnie wpływać na organizm, zwłaszcza organizm dziecka. Dużo zależy również od indywidualnej wrażliwości czy czynników genetycznych.**

46 – Związanymi z neoplazją: zmienioną długością telomerów, ekspresją genów zaangażowanych w uszkodzenie i naprawę DNA, stanami zapalnymi, odpowiedzią na stres immunologiczny i oksydacyjny oraz efektami epigenetycznymi, takimi jak metylacja DNA.

47 – Był to utrzymujący się w Londynie od 5 do 9 grudnia 1952 r. smog związany z sytuacją meteorologiczną oraz emisją zanieczyszczeń pyłowych i gazowych pochodzących głównie z kominów mieszkań i fabryk oraz rur wydechowych samochodów.

48 – Rekomendacje WHO są aktualnie w trakcie weryfikacji.

określone jest jedynie maksymalne średnioroczne stężenie wysokości  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dla porównania, obecnie obowiązujący w Polsce poziom informowania dla stężeń dobowych pyłu  $\text{PM}_{10}$  wynosi  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , poziom alarmowy aż  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , czyli są odpowiednio cztero- i sześciokrotnie wyższe niż wytyczne WHO. Ze względu na ochronę zdrowia takie normy informowania czy też alarmowania wydają się zdecydowanie zbyt niskie [68]. Dodatkowo musimy pamiętać, że każdy poziom zanieczyszczeń, nie tylko te przekraczające ustalone granice, może negatywnie wpływać na organizm, zwłaszcza organizm dziecka. Dużo zależy również od indywidualnej wrażliwości czy czynników genetycznych.



**Krótkoterminowe narażenie, czyli ekspozycja na wysokie stężenia w okresie od kilku godzin do kilku dni, powoduje ostrą reakcję organizmów najbardziej wrażliwych, a jego skutki obejmują m.in.: obniżenie samopoczucia, senność, irytację, obniżoną wydolność oddechową, kaszel, nieżyt nosa, zapalenie spojówek, nasilenie objawów chorób układu krążenia i układu oddechowego, zwiększoną liczbę konsultacji lekarskich, interwencji pogotowia ratunkowego czy hospitalizacji, wzrost konsumpcji leków, wzrost liczby dni absencji szkolnej dzieci oraz nieobecności w pracy u osób dorosłych.**

Konsekwencją zaostrzenia stanu w przypadku chorób istniejących, których objawy zostaną nasilone przez zanieczyszczenie powietrza, w tym zanieczyszczenie powietrza z transportu, są przedwczesne zgony, szczególnie związane z chorobami układu oddechowego i sercowo-naczyniowego. Długotrwałe narażenie na zanieczyszczenia powietrza, czyli narażenie na relatywnie niskie poziomy zanieczyszczeń na przestrzeni wielu lat, wiąże się z występowaniem i nasileniem chorób przewlekłych. Mogą to być wszystkie skutki wpływu zanieczyszczeń powietrza z transportu opisywane w poprzednich rozdziałach, łącznie ze zwiększeniem śmiertelności z powodu chorób układu krążenia i oddechowego. Zwiększenie długoterminowego narażenia na pył  $\text{PM}_{2,5}$  o  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  przekłada się na wzrost umieralności całkowitej, umieralności związanej z chorobami układu sercowo-naczyniowego i związanej z nowotworem płuca – odpowiednio o 6%, 9% i 14%. Dla cząstek większych niż  $2,5 \mu\text{m}$  nie stwierdzono takiego związku [66].



## REKOMENDACJE DLA MIAST



Istnieje już również szereg sprawdzonych rekomendacji dla miast, które borykają się z problemem zanieczyszczeń powietrza generowanych przez transport drogowy. Prostymi sposobami można ograniczyć szkodliwe emisje i zapewnić mieszkańcom znacząco czystsze i zdrowsze powietrze.

Niestety jednak otwarta dyskusja na temat redukcji emisji transportowych, która wiąże się z ograniczeniami dla samochodów osobowych w zakresie m.in. wjazdu do centrów miast czy ograniczenia prędkości, wywołuje wiele negatywnych emocji wśród zagorzałych zwolenników samochodów. Najczęściej chcieliby oni mieć możliwość dojazdu własnym pojazdem w każdy zakątek miasta. Zwykle nie dostrzegają też skali uprzywilejowania samochodu i traktują priorytetowe podejście do możliwości korzystania z niego w przestrzeni miejskiej jako coś oczywistego.

Przez dziesięciolecia obrona praw pozostałych użytkowników miejskiej przestrzeni praktycznie nie istniała, a straty związane z rosnącą dominacją samochodu – zwężane pod budowę kolejnych miejsc parkingowych chodniki, coraz szersze drogi, coraz trudniejsze do przejścia na jednych światłach, wycinaną zielenią, rosnący hałas i zanieczyszczenie – postrzegaliśmy jako swoistą cenę postępu i wygody (mimo iż była to wygoda tylko z punktu widzenia kierowcy). Teraz, choć piesi i rowerzyści, rodzice z dziećmi czy osoby starsze zaczynają już zabierać głos i bronić swoich praw, dotychczasowe trendy trudno jest odwrócić.

Wśród działań mogących pozytywnie wpłynąć na stan powietrza i zdrowia publicznego w miastach kluczowe jest ograniczenie liczby samochodów poruszających się na ich terenie. Aby to osiągnąć, należy dążyć do:

- ✓ rozwoju punktualnej, bezpiecznej i komfortowej komunikacji zbiorowej
- ✓ poprawy warunków do poruszania się pieszo i na rowerze, w tym zwiększenia bezpieczeństwa
- ✓ tworzenia i rozwoju tras, ścieżek, śluz<sup>49</sup> i autostrad rowerowych w miastach, rozwoju systemu rowerów miejskich oraz bezpiecznych parkingów rowerowych
- ✓ oddzielania chodnika i w miarę możliwości także ścieżki rowerowej od jezdni pasem zieleni
- ✓ zmniejszenia maksymalnej prędkości do 30 km/h w pierwszej kolejności w pobliżu przedszkoli i szkół, a następnie stopniowego obejmowania takim ograniczeniem kolejnych obszarów w miastach
- ✓ zapewnienia efektywnej kontroli prędkości w miastach
- ✓ tworzenia stref ograniczonej emisji komunikacyjnej, Stref Czystego Transportu<sup>50</sup>
- ✓ czerpania inspiracji w zakresie dobrych rozwiązań stosowanych w innych krajach – np. superbloki w Barcelonie<sup>51</sup>
- ✓ zaostrzania norm dla emisji spalin obowiązujących w Polsce oraz naprawy systemu dopuszczania pojazdów do ruchu
- ✓ tworzenia terenów zielonych, w tym m.in. parków, parkletów<sup>52</sup> czy woonerfów<sup>53</sup> w miastach
- ✓ wprowadzania zmian w planowaniu przestrzennym zmniejszających potrzeby w zakresie transportu, dążenia do kształtowania tzw. miast 15-minutowych, które zapewniają mieszkańcom możliwość realizacji wszelkich podstawowych potrzeb w ciągu 15 minut od wyjścia z domu – przy założeniu poruszania się pieszo lub na rowerze
- ✓ informowania kierowców o wpływie zanieczyszczeń z transportu drogowego na zdrowie ich samych oraz innych mieszkańców miasta, ze szczególnym uwzględnieniem dzieci
- ✓ zachęcania mieszkańców do aktywnej mobilności – spacerów i jazdy na rowerze.

49 – Śluza rowerowa to część jezdni przy samym skrzyżowaniu, przeznaczona do zatrzymania rowerów w celu zmiany kierunku jazdy lub ustąpienia pierwszeństwa rowerzystom.

50 – ang. *Low Emission Zone* (LEZ)

51 – Superbloki to dzielnice złożone z dziewięciu bloków, w których ruch samochodowy został ograniczony do głównych dróg na zewnątrz bloku, co spowodowało otwarcie wewnętrznych ulic dla pieszych i rowerzystów.

52 – Parklet to miejsce do odpoczynku z siedziskami i zielenią, zazwyczaj niewielkie, powstałe z przekształcenia miejsca parkingowego/kilku miejsc parkingowych.

53 – Woonerf to rodzaj ulicy z ograniczeniem ruchu komunikacyjnego na rzecz pieszych i rowerzystów, zazwyczaj o wysokich walorach estetycznych i elementach zieleni miejskiej.

**Oprócz ewidentnych schorzeń, jak zapalenie oskrzeli, silne objawy alergiczne czy wady rozwojowe, niektóre niegroźne objawy mogą – nierozpoznane – występować przez wiele lat, obniżając samopoczucie i jakość życia. Część z nich może być spowodowana narażeniem na oddychanie szkodliwymi substancjami zanieczyszczającymi powietrze.**



Pamiętaj, że jako mieszkaniec/mieszkanica miasta możesz oczekiwać od decydentów działań na rzecz ochrony zdrowia swojego i swoich dzieci/podopiecznych. **Możesz aktywnie uczestniczyć w działaniach np. organizacji pozarządowych na rzecz poprawy jakości powietrza w mieście, brać udział w konsultacjach społecznych, głosować w budżecie obywatelskim<sup>54</sup>, a przede wszystkim świadomie wybierać reprezentantki i reprezentantów samorządu podejmujących decyzje wpływające na zdrowie publiczne i jakość życia w mieście.**

Na zakończenie niniejszej publikacji proponujemy wypełnienie poniższego **kwestionariusza** w celu zorientowania się, czy Twoje dziecko/podopieczny już wyraźnie odczuwa skutki zdrowotne zanieczyszczeń powietrza. Zaznaczamy, że kwestionariusz nie ma charakteru porady medycznej i nie może być traktowany jako forma konsultacji stanu zdrowia dziecka/podopiecznego. Ma on na celu podniesienie świadomości na temat możliwych konsekwencji zdrowotnych oddychania zanieczyszczonym powietrzem oraz – w przypadku wystąpienia któregośkolwiek z objawów – zachęcenie do skorzystania z profesjonalnej porady medycznej. Warto zaznaczyć, że oprócz ewidentnych schorzeń, jak zapalenie oskrzeli, silne objawy alergiczne czy wady rozwojowe, niektóre niegroźne objawy mogą – nierozpoznane – występować przez wiele lat, obniżając samopoczucie i jakość życia. Część z nich może być spowodowana narażeniem na oddychanie szkodliwymi substancjami zanieczyszczającymi powietrze.

## REKOMENDACJE DLA RODZICÓW / OPIEKUNÓW

Biorąc pod uwagę wyniki badań naukowych prowadzonych w obszarze wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie, **wszelkie rodzaje substancji zanieczyszczających powietrze – zarówno z tzw. niskiej emisji, jak i ze źródeł transportowych oraz wysokiej emisji – wykazują destrukcyjny wpływ na rozwój i zdrowie dzieci. Wpływ ten może ujawniać się już na etapie życia płodowego, pogarszać stan zdrowia i samopoczucie w dzieciństwie, prowadzić do ciężkich, zagrażających życiu chorób oraz rzutować na stan zdrowia w dorosłości.**

Istnieje wiele zachowań, które mogą choćby w pewnym stopniu uchronić najmłodszych przed skutkami zdrowotnymi oddychania zanieczyszczonym powietrzem. Ponieważ w publikacji tej skupiono uwagę na szkodliwych związkach emitowanych ze źródeł transportowych, poniższe rekomendacje dotyczyć będą w głównej mierze tego obszaru.



<sup>54</sup> – Jeśli takie głosowanie odbywa się w Twoim mieście.

### By chronić swoje dziecko/podopiecznego przed skutkami zanieczyszczeń powietrza z transportu, powinnaś/powinieneś bezwzględnie:

- 1 codziennie sprawdzać aktualny stan powietrza w swojej okolicy
- 2 planować aktywności z dzieckiem, ze szczególnym uwzględnieniem aktywności fizycznej (spacer, bieganie, rower, rolki etc.), adekwatnie do stanu powietrza, tj. z dala od głównych lub ruchliwych ciągów komunikacyjnych, z uwzględnieniem wahań godzinowych i tzw. godzin szczytu komunikacyjnego<sup>55</sup>, korzystać z przestrzeni zielonych, oddalonych od centrów miast
- 3 zwracać uwagę na wszelkie niepokojące objawy zdrowotne występujące u dziecka/podopiecznego i niezwłocznie konsultować je z lekarzem lub lekarką pierwszego kontaktu lub danej specjalizacji
- 4 sprawdzić, czy w przedszkolu lub szkole Twojego dziecka/podopiecznego znajduje się monitoring powietrza i system oczyszczaczy powietrza w salach; w przypadku ich braku postaraj się porozmawiać na ten temat z nauczycielem lub dyrektorem placówki<sup>56</sup>
- 5 minimalizować emisję zanieczyszczeń z transportu poprzez wykształcanie własnych dobrych postaw i nawyków – ograniczanie jeżdżenia samochodem, wybieranie transportu niskoemisyjnego oraz podejmowanie aktywności fizycznej
- 6 w każdym wyborach – parlamentarnych i samorządowych – wspierać tych kandydatów i kandydatki, w których programach problem zanieczyszczenia powietrza jest przedstawiony jako istotny problem zdrowotny i wspierać ich starania w dążeniu do rozwijania gospodarki bezemisyjnej oraz szybkiego ograniczenia zanieczyszczenia powietrza

### A także rozważyć:

- 1 zakup oczyszczacza powietrza do pomieszczenia, gdzie najczęściej przebywa i śpi dziecko/podopieczny<sup>57</sup>
- 2 w przypadku mieszkania w silnie zanieczyszczonym miejscu – przeprowadzkę do bardziej zielonej, oddalonej od głównych ciągów komunikacyjnych okolicy
- 3 podnoszenie świadomości innych osób w kwestii wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie: dzielenie się materiałami informacyjnymi, rozmowy na temat możliwych rozwiązań i ochrony zdrowia dzieci, udział w apelach i działaniach organizacji pozarządowych, które dążą do poprawy stanu zdrowia i środowiska.

Pamiętaj również, że stosowanie oczyszczaczy powietrza i maseczek antysmogowych jest jak leczenie objawowe, kiedy można całkowicie wyleczyć chorobę – w dużym stopniu chroni przed skutkami, ale nie rozwiązuje samego problemu zanieczyszczenia. **Najwyższy priorytet powinny mieć działania dążące do redukcji emisji zanieczyszczenia powietrza.**

<sup>55</sup> – Który najczęściej występuje w godz. 7.00–9.00 oraz 16.00–18.00.

<sup>56</sup> – Warto poruszyć także temat aktywności na zewnątrz budynku i możliwego wpływu zanieczyszczeń na zdrowie dzieci.

<sup>57</sup> – Oczywiście autorki mają świadomość, że część propozycji wiąże się z wydatkowaniem środków finansowych, dlatego są to propozycje dodatkowe.



## KWESTIONARIUSZ DLA RODZICÓW/OPIEKUNÓW:

CZY ZAUWAŻYŁAŚ/ZAUWAŻYŁEŚ U SWOJEGO DZIECKA PONIŻSZE  
OBJAWY (ZWŁASZCZA NASILAJĄCE SIĘ W OKRESIE GRZEWCZYM  
LUB W POBLIŻU CIĄGÓW KOMUNIKACYJNYCH):

ZAZNACZ  
JEŚLI TAK

problemy z układem oddechowym  
- świszczący oddech, pokastywanie,  
napady kaszlu

Jeśli którakolwiek z powyższych odpo-  
wiedzi to TAK, powinnaś/powinieneś  
skontaktować się z lekarzem pierwszego  
kontakt<sup>59</sup> w celu omówienia potencjalne-  
go wpływu zanieczyszczeń powietrza na  
zdrowie Twojego dziecka/podopiecznego.

zaczerwienienie błon śluzowych,  
w tym zaczerwienienie oczu

Pamiętaj, by niezależnie od odpowiedzi  
na powyższe pytania zawsze sprawdzać  
aktualny stan i prognozę zanieczyszczeń  
powietrza, unikać miejsc o wysokich stęże-  
niach zanieczyszczeń – zwłaszcza podczas  
uprawiania aktywności fizycznej, zaopatrzyć  
się w oczyszczacz powietrza, a także za-  
apelować do żłobka, przedszkola czy szko-  
ły o zapewnienie oczyszczaczy w salach,  
gdzie przebywają dzieci, oraz o zwrócenie  
uwagi na stan powietrza przy planowaniu  
aktywności na zewnątrz. W celach rekre-  
acyjnych odwiedzaj z dziećmi lasy, parki  
i tereny oddalone od zabudowań i ciągów  
komunikacyjnych.

katar, uczucie zatkanego nosa/zatok

bóle głowy – w tym ostry, krótkotrwały ból

Uczestnicząc w wyborach, w tym do samo-  
rządów, warto też pamiętać, że osoby, któ-  
re wybierzesz, będą miały realny wpływ na  
pogorszenie lub poprawę jakości powietrza  
w Twojej okolicy. W związku z tym w trakcie  
kampanii warto domagać się od kandyda-  
tów informacji na temat ich opinii na ten  
temat oraz przedstawienia konkretnego  
programu działań w tym zakresie.

irytację, zniecierpliwienie, obniżony  
nastrój, zachowania lękowe

problemy z zapamiętywaniem,  
rozkojarzenie

nadmierną masę ciała [BMI<sup>58</sup> powyżej 17]

bóle mięśni lub stawów

problemy skórne niewiadomego  
pochodzenia

nadmierną ospałość lub przeciwnie  
- nadmierne pobudzenie

inny niepokojący objaw, zwłaszcza przy  
przebywaniu w silnie zanieczyszczonych  
miejscach, takich jak osiedle domów jed-  
norodzinnych z dymiącymi kominami, trakt  
komunikacyjny i inne:

poprawę stanu zdrowia i samopoczucia  
podczas przebywania w miejscach, gdzie  
stan powietrza może być znacząco lepszy  
- m.in. nad morzem, w lesie:

58 – Aby obliczyć BMI, należy podzielić masę ciała (w kg) przez wzrost (liczony w metrach) do kwadratu (masa ciała/wzrost<sup>2</sup>).

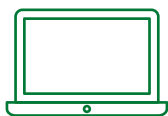
59 – Warto skontaktować się z lekarzem lub lekarką o odpowiedniej specjalizacji.



## GDZIE SPRAWDZIĆ JAKOŚĆ POWIETRZA W TWOJEJ OKOLICY?

Codzienne sprawdzanie poziomu ewentualnych zanieczyszczeń jest ważne zarówno dla Ciebie, jak i dla stanu zdrowia Twojego dziecka/podopiecznego. **Poziom zanieczyszczeń powinno się sprawdzać każdorazowo przed wyjściem z domu, zwłaszcza w sezonie grzewczym lub w pobliżu ruchliwych traktów komunikacyjnych.** Jednak nawet przebywając w pomieszczeniach zamkniętych, jesteśmy narażeni na zanieczyszczenia napływające z zewnątrz – ocenia się, że zanieczyszczenie wewnątrz domu/mieszkania to ok. 50% stężenia zewnętrznego.

Sprawdzając stan powietrza, zwróć szczególną uwagę na poziom: pyłów zawieszonych (PM), tlenku azotu ( $\text{NO}_2$ ), ozonu ( $\text{O}_3$ ) i – jeśli znajdująca się w Twoim pobliżu stacja mierzy tę substancję – benzo(a)pirenu (BaP). W czasie sezonu grzewczego możesz spodziewać się najwyższej koncentracji PM, w upalne letnie dni  $\text{O}_3$ , a w czasie podwyższonego natężenia ruchu drogowego –  $\text{NO}_2$  (i PM). Możesz także zaopatrzyć się w personalny/domowy czujnik (najlepiej wybierając te certyfikowane; uważaj na podróbki sprzedawane w Internecie) do pomiarów jakości powietrza na zewnątrz. Niektóre oczyszczacze powietrza są wyposażone w czujniki i wyświetlają poziom zanieczyszczeń, jednak to dotyczy zanieczyszczeń w pomieszczeniu. **Zorientuj się, czy w przedszkolu lub szkole Twojego dziecka/podopiecznego znajduje się system monitorujący jakość powietrza. Jeśli nie – masz prawo porozmawiać o tym z dyrektorem lub dyrektorką placówki, sugerując mu/jej zainstalowanie takiego czujnika.**



### AKTUALNY STAN POWIETRZA LUB/I PROGNOZY NA NAJBLIŻSZE DNI MOŻNA SPRAWDZIĆ M.IN. W TYCH MIEJSCACH:

<http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current> – strona Państwowego Monitoringu Środowiska

<https://airly.org/map/pl/>

<https://aqicn.org/map/poland/pl/>



### MOŻESZ RÓWNIEŻ KORZYSTAĆ ZE SPECJALNYCH APLIKACJI NA SMARTFONA, NP.:

Kanarek

SmokSmog

Jakość powietrza w Polsce

Smog Alert

Airly

Europe Air – Air Quality Europe (pokazuje aktualną sytuację w całej Europie)

**Aplikacje do obserwacji lokalnych**

Zwróć również uwagę, że część aplikacji może korzystać z danych tylko niektórych stacji, a inne uwzględniać także pomiary z personalnego monitoringu (w tym przesyłane z urządzeń użytkowników).

Niestety powyższe strony czy aplikacje mogą pokazywać niepełny obraz sytuacji, ponieważ liczba stacji w Polsce, zwłaszcza tych mierzących zanieczyszczenia komunikacyjne, jest wciąż niewystarczająca. W przypadku braku odpowiedniej liczby czujników zazwyczaj ekstrapoluje się odczyt z jednej stacji, np. na całą okolicę czy miejscowość, co może wprowadzać w błąd. Na przykład stacja umieszczona nad rzeką czy pomiędzy domami, z dala od ruchliwej drogi, nie pokaże wiarygodnych wyników stężeń zanieczyszczeń w bezpośrednim sąsiedztwie traktu komunikacyjnego.

## BIBLIOGRAFIA

1. European Environment Agency: Air quality in Europe – 2020 report, No 9/2020.
2. World Health Organization, Health Effects of Particulate Matter; Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia, 2013.
3. Polski Alarm Smogowy, <https://www.polskialarmsmogowy.pl/polski-alarm-smogowy/aktualnosci/szczegoly,pas-apeluje-do-premiera---nalez-y-naprawic-program-czyste-powietrze,1633.html> [dostęp: 19.04.2021].
4. Komisja Europejska, Eurostat, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger\\_cars\\_in\\_the\\_EU&stable=1%20#Highest\\_share\\_of\\_passenger\\_cars\\_over\\_20\\_years\\_old\\_in\\_Poland](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_cars_in_the_EU&stable=1%20#Highest_share_of_passenger_cars_over_20_years_old_in_Poland) [dostęp: 19.04.2021].
5. Najwyższa Izba Kontroli, Eliminowanie z ruchu drogowego pojazdów nadmiernie emitujących substancje szkodliwe, 2020, <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/ochrona-srodowiska/zabojczy-smog-z-samochodowych-spalin.html> [dostęp: 19.04.2021].
6. Europejska Agencja Środowiska, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-3> [dostęp: 19.04.2021].
7. Vanos JK. Children's health and vulnerability in outdoor microclimates: a comprehensive review, *Environ. Int.* 2015; 76: 1.
8. Jędrychowski W, Perera FP, Maugeri U, et al. Effect of prenatal exposure to fine particulate matter on ventilatory lung function of preschool children of non smoking mothers. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 2010; 24: 492.
9. Hougaard KS, Campagnolo L, Chavatte-Palmer P. et al. A perspective on the developmental toxicity of inhaled nanoparticles. *Reprod Toxicol (Elmsford, NY)* 2015; 56: 118.
10. Laurent O, Hu J, Li L. et al. Low birth weight and air pollution in California: Which sources and components drive the risk? *Environ Int* 2016; 92-93: 471.
11. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C. et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med* 2013; 1: 695.
12. Kihal-Talantikite W, Zmirou-Navier D, Padilla C, et al. Systematic literature review of reproductive outcome associated with residential proximity to polluted sites. *International Journal of Health Geography.* 2017; 16: 20.
13. Hehua Z, Qing C, Shanyan G, et al. The impact of prenatal exposure to air pollution on childhood wheezing and asthma: A systematic review. *Environ Res.* 2017; 159: 519.
14. Susanne Steinle, Helinor J. Johnston, Miranda Loh et al. In Utero Exposure to Particulate Air Pollution during Pregnancy: Impact on Birth Weight and Health through the Life Course. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 8948.
15. Czarnobilska E, Bulanda M. Zanieczyszczenia powietrza a choroby układu oddechowego. [w] Jak wpływa na nas smog? Profilaktyka i leczenie. Red. Samoliński B., Piekarska B. Grupa Wydawnicza Medical education. Warszawa 2020. S. 141.
16. Morales E, Garcia-Esteban R, de la Cruz OA, et al. Intrauterine and early postnatal exposure to outdoor air pollution and lung function at preschool age. *Thorax.* 2015; 70: 64.
17. Tsui HC, Chen CH, Wu YH, et al. Lifetime exposure to particulate air pollutants is negatively associated with lung function in non-asthmatic children. *Environ Pollut.* 2018; 236: 953.
18. W James Gauderman, Robert Urman, Edward Avol, et al. Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med.* 2015;372(10): 905.
19. HEI Collaborative Working Group on Air Pollution, Poverty, and Health in Ho Chi Minh City,

- Le TG, Ngo L, Mehta S, et al. Effects of short-term exposure to air pollution on hospital admissions of young children for acute lower respiratory infections in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Res Rep Health Eff Inst.* 2012; (169):5; discussion 73.
20. Nhung NTT, Amini H, Schindler C, 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. *Environ Pollut.* 2017; 230: 1000.
  21. Braback L, Forsberg B. Does traffic exhaust contribute to the development of asthma and allergic sensitization in children: findings from recent cohort studies. *Environ Health.* 2009; 8: 17.
  22. Mazur M, Czarnobilska E. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na rozwój chorób alergicznych. *Przegl Lek.* 2016; 73: 823.
  23. Porebski G, Woźniak M, Czarnobilska E. Residential proximity to major roadways is associated with increased prevalence of allergic respiratory symptoms in children. *Ann Agric Environ Med* 2014; 21: 760.
  24. Kim HH, Lee CS, Yu SD, et al. Near-Road Exposure and Impact of Air Pollution on Allergic Diseases in Elementary School Children: A Cross-Sectional Study. *Yonsei Med J.* 2016; 57: 698.
  25. Bose S, Romero K, Psoter KJ, et al. Association of traffic air pollution and rhinitis quality of life in Peruvian children with asthma. *PLoS One.* 2018; 13(3): e0193910.
  26. Bai Y, Sun Q. Fine particulate matter air pollution and atherosclerosis: Mechanistic insights. *Biochim Biophys Acta.* 2016; 1860: 2863.
  27. Meo SA, Suraya F. Effect of environmental air pollution on cardiovascular diseases. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015; 19(24): 4890.
  28. Czarnobilska E, Bulanda M. Zanieczyszczenia powietrza a choroby układu krążenia. [w] Jak wpływa na nas smog? Profilaktyka i leczenie. Red. Samoliński B, Piekarska B. Grupa Wydawnicza Medical education. Warszawa 2020. S. 149.
  29. Khajavi A, Tamehri Zadeh SS, Azizi F, et al. Impact of short- and long-term exposure to air pollution on blood pressure: A two-decade population-based study in Tehran. *Int J Hyg Environ Health.* 2021; 234: 113719.
  30. Barker DJ, Eriksson JG, Forsén T, et al. Fetal origins of adult disease: Strength of effects and biological basis. *Int. J. Epidemiol.* 2002; 31: 1235.
  31. Wang S, Shu L, Sheng J, et al. Birth weight and risk of coronary heart disease in adults: A meta-analysis of prospective cohort studies. *J Dev Orig Health Dis.* 2014; 5: 408.
  32. Stieb DM, Chen L, Eshoul M, et al. Ambient air pollution, birth weight and preterm birth: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Res.* 2012; 117: 100.
  33. Farhat SC, Silva CA, Orione MA, et al. Air pollution in autoimmune rheumatic diseases: a review. *Autoimmun Rev.* 2011; 11(1): 14.
  34. Ritz SA. Air pollution as a potential contributor to the 'epidemic' of autoimmune disease. *Med Hypotheses.* 2010; 74(1): 110.
  35. Horton DB, Sheno S. Review of environmental factors and juvenile idiopathic arthritis. *Open Access Rheumatol.* 2019; 11: 253.
  36. Vidotto JP, Pereira LAA, Braga ALF, et al. Atmospheric pollution: influence on hospital admissions in paediatric rheumatic diseases. *Lupus.* 2012; 21(5): 526.
  37. NCD-RisC), N.R.F.C Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *Lancet.* 2017; 390: 2627.

38. Moreno Aznar L, Pigeot I, Ahrens W. Epidemiology of Obesity in Children and Adolescents: Prevalence and Etiology. Springer; 2011. [Google Scholar].
39. Bolton JL, Smith SH, Huff NC, et al. Prenatal air pollution exposure induces neuroinflammation and predisposes offspring to weight gain in adulthood in a sex-specific manner. *FASEB J.* 2012; 26: 4743.
40. Dong GH, Wang J, Zeng XW, et al. Interactions between air pollution and obesity on blood pressure and hypertension in Chinese children. *Epidemiology.* 2015; 26: 740.
41. Fioravanti S, Cesaroni G, Badaloni C, et al. Traffic-related air pollution and childhood obesity in an Italian birth cohort. *Environ. Res.* 2018; 160: 479. Jerrett M, McConnell R, Chang CCR, et al. Automobile traffic around the home and attained body mass index: a longitudinal cohort study of children aged 10-18 years. *Prev Med. (Baltim)* 2010; 50(Suppl. 1): 50.
42. Jerrett M, McConnell R, Wolch J, et al. Traffic-related air pollution and obesity formation in children: a longitudinal, multilevel analysis. *Environ. Health.* 2014; 13: 47.
43. Bont J, Casas M, Barrera-Gómez J, et al. Ambient air pollution and overweight and obesity in school-aged children in Barcelona, Spain. *Environ Int.* 2019; 125: 58.
44. Dean E Schraufnagel 1, John R Balmes 2, Clayton T Cowl et al. Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. *Chest.* 2019 Feb;155(2):417-426.
45. Calderón-Garcidueñas L, Franco-Lira M., Mora-Tiscareño A., MedinaCortina H., Torres-Jardón R., Kavanaugh M., Early Alzheimer's and Parkinson's disease pathology in urban children: friend versus foe responses – it is time to face the evidence, *Biomed. Res. Int.*, 2013, 161687.
46. Calderón-Garcidueñas L, Mora-Tiscareño A., Styner M., Gómez-Garza G., Zhu H., Torres-Jardón R., et al., White matter hyperintensities, systemic inflammation, brain growth, and cognitive functions in children exposed to air pollution, *J. Alzheimers Dis.*, 2012, 31, 183-191.
47. Jedrychowski WA, Perera FP, Camann D, et al. Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and cognitive dysfunction in children. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015;22(5):3631-3639.
48. Fordyce TA, Leonhard MJ, Chang ET. A critical review of developmental exposure to particulate matter, autism spectrum disorder, and attention deficit hyperactivity disorder. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2018; 53(2): 174.
49. Braak H, Del Tredici K, The pathological process underlying Alzheimer's disease in individuals under thirty, *Acta Neuropathol.* 2011; 121: 171.
50. Calderón-Garcidueñas L, Kavanaugh M, Block M, et al. Neuroinflammation, Alzheimer's disease-associated pathology and down regulation of the prion-related protein in air pollution exposed children and young adults, *J Alzhemers Dis.* 2012; 28: 93.
51. Levesque S, Taetzsch T, Lull ME, et al. The role of MAC1 in diesel exhaust particle-induced microglial activation and loss of dopaminergic neuron function. *J Neurochem.* 2013; 125: 756.
52. Brockmeyer S, D'Angiulli A. How air pollution alters brain development: the role of neuroinflammation. *Translational Neuroscience.* 2016; 7(1): 24.
53. Sunyer J, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M. et al. Association between traffic-related air pollution in schools and cognitive development in primary school children: a prospective cohort study. *PLoS Med* 2015; 12: e1001792.
54. Ngoc LTN, Park D, Lee Y, et al. Systematic Review and Meta-Analysis of Human Skin Diseases Due to Particulate Matter. *Int J Environ Res Public Health.* 2017; 14(12): E1458.
55. Oh I, Lee J, Ahn K, et al. Association between particulate matter concentration and symp-

- toms of atopic dermatitis in children living in an industrial urban area of South Korea. *Environ Res.* 2018; 160: 462.
56. Miao Q, Bouchard M, Chen D, et al. Commuting behaviors and exposure to air pollution in Montreal, Canada. *Science of the Total Environmental.* 2015; 508: 193.
  57. Torres JM, Casey JA. The centrality of social ties to climate migration and mental health. *BMC public health.* 2017; 17: 600.
  58. Copeland WE, Wolke D, Shanahan L, et al. Adult functional outcomes of common childhood psychiatric problems: a prospective, longitudinal study. *JAMA Psychiatry* 2015; 72: 892.
  59. Newbury J, Arseneault L, Caspi A, et al. Why are children in urban neighborhoods at increased risk for psychotic symptoms? Findings from a UK longitudinal cohort study. *Schizophr Bull.* 2016; 42: 1372.
  60. Bakian AV, Huber RS, Coon H, et al. Acute air pollution exposure and risk of suicide completion *Am J Epidemiol.* 2015; 181: 295.
  61. Oudin A, Bråbäck L, Åström DO, et al. Association between neighbourhood air pollution concentrations and dispensed medication for psychiatric disorders in a large longitudinal cohort of Swedish children and adolescents. *BMJ Open.* 2016, 6: e010004.
  62. Roberts S, Arseneault L, Barratt B, et al. Exploration of NO<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> air pollution and mental health problems using high-resolution data in London-based children from a UK longitudinal cohort study. *Psychiatry Res.* 2019; 272: 8.
  63. Dales RE, Cakmak S. Does Mental Health Status Influence Susceptibility to the Physiologic Effects of Air Pollution? A Population Based Study of Canadian Children. *PLoS One.* 2016; 11(12): e0168931.
  64. Lavigne E, Belair MA, Do MT, et al. Maternal exposure to ambient air pollution and risk of early childhood cancers: a population-based study in Ontario, Canada. *Environ Int.* 2017; 100: 139.
  65. Schraufnagel DE, Balmes JR, Clayton TC, et al. Air Pollution and Noncommunicable Diseases A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air Pollution and Organ Systems. *CHEST* 2019; 155(2): 417.
  66. Polski Alarm Smogowy, <https://www.polskialarmsmogowy.pl/files/artykuly/1346.pdf> [dostęp: 19.04.2021].
  67. Polski Alarm Smogowy, <https://www.polskialarmsmogowy.pl/> [dostęp: 19.04.2021].
  68. Łabij-Reduta B, Borawski J, Naumnik B. Uwaga! SMOG! *Forum Nefrologiczne* 2018; 11 (4): 231.



## O AUTORKACH

**Weronika Michalak** pełni funkcję dyrektorki polskiego oddziału międzynarodowej organizacji Health and Environment Alliance (HEAL) analizującej wpływ czynników środowiskowych na zdrowie obywateli Unii Europejskiej. Jest autorką i współautorką publikacji oraz artykułów dotyczących wpływu zanieczyszczeń powietrza i skutków zmiany klimatu na zdrowie, m.in. „Subwencje dla energetyki węglowej a koszty zdrowotne” czy „Wpływ zmiany klimatu na zdrowie”, „Wpływ zmiany klimatu na zdrowie mieszkańców Warszawy”, członkinią grup roboczych ekspertów zdrowia publicznego, aktywną uczestniczką Szczytów Klimatycznych, koordynatorką kampanii HEAL, m.in. kampanii „Lekarze dla Klimatu”, a także organizatorką kilku konferencji poświęconych tematyce zdrowotnych skutków zanieczyszczeń powietrza oraz zmieniającego się klimatu.

**dr n. med. Małgorzata Bulanda** jest absolwentką Wydziału Lekarskiego Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 2017 roku obroniła z wyróżnieniem pracę doktorską „Zastosowanie testu aktywacji bazofilów (BAT) w immunoterapii swoistej (SIT) alergenami wziewnymi”, a w 2020 roku zdała egzamin specjalizacyjny w dziedzinie alergologia. Obecnie pracuje jako adiunkt w Zakładzie Alergologii Klinicznej i Środowiskowej UJ CM oraz starszy asystent w Centrum Alergologii Klinicznej i Środowiskowej Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie. Jest współautorką kilkudziesięciu prac oryginalnych oraz poglądowych opublikowanych w czasopiśmie naukowych, rozdziałów podręczników i wystąpień konferencyjnych prezentowanych na zjazdach o zasięgu krajowym, a także międzynarodowym. Jest również czynnym członkiem Polskiego Towarzystwa Alergologicznego oraz Europejskiej Akademii Alergologii i Immunologii Klinicznej.

**Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki** działa od 1981 roku. Zajmuje się zrównoważonym rozwojem, ochroną powietrza i klimatu, w tym szczególnie redukcją emisji w energetyce i transporcie, a także zagospodarowaniem przestrzennym i ochroną przyrody. Adresuje swoje działania do polityków, urzędników, samorządowców, dziennikarzy, obywateli. Więcej: [www.pkeom.pl](http://www.pkeom.pl).

**Health and Environment Alliance (HEAL)** to europejska organizacja typu non-profit analizująca wpływ środowiska na zdrowie obywateli Unii Europejskiej, sojusz ponad 70 organizacji reprezentujących lekarzy, pracowników służby zdrowia, pacjentów, ekspertów zdrowia środowiskowego i naukowców. Więcej: [www.healpolska.pl](http://www.healpolska.pl)

