



NISKA EMISJA – GŁÓWNA PRZYCZYNA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W POLSCE

Najważniejsze szkodliwe substancje obecne w powietrzu atmosferycznym

Z punktu widzenia ochrony zdrowia i życia ludzkiego, najważniejszą obecną w powietrzu substancją jest tzw. pył zawieszony PM 2.5 (od ang. *particulate matter*, pył o średnicy ziaren poniżej 2.5 mikrometrów). PM 2.5 to drobna frakcja pyłu PM 10, na który składają się z kolei wszystkie unoszące się w powietrzu cząstki o średnicy poniżej 10 mikrometrów (dla porównania, ludzki włos ma grubość 70-100 mikrometrów). W zależności od źródła, rozmiary, kształt i skład chemiczny ziaren pyłu zawieszonego (a zatem i jego szkodliwość) mogą być bardzo zróżnicowane. Przyjmuje się, że PM 2.5 pochodzenia naturalnego (na przykład sól morską lub pył mineralny, w tym pył pustylny albo pył powstający w czasie prac polowych w rolnictwie) jest mniej niebezpieczny dla zdrowia niż pył pochodzący ze spalania węgla, drewna czy pochodnych ropy naftowej. Pył pochodzący z procesów spalania w dużej mierze składa się z pierwiastkowego węgla; w pewnym uproszczeniu są to po prostu drobne ziarna sadzy.

Co gorsza, w skład pyłu zawieszonego mogą wchodzić też metale (w tym bardzo toksyczne metale ciężkie takie jak np. rtęć) i ich związki, a także rakotwórcze i mutagenne wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i ich pochodne oraz bardzo szkodliwe związki z grupy dioksyn. Dioksyny to substancje które nawet w bardzo małych dawkach są niebezpieczne dla zdrowia ludzkiego, powodując m. in. zaburzenia gospodarki hormonalnej, problemy z płodnością oraz negatywnie oddziałując na rozwijający się płód.

Szkodliwe oddziaływanie pyłu zawieszonego na zdrowie ludzkie związane jest między innymi z faktem, że najmniejsze cząstki pyłu zawieszonego z łatwością przenikają z płuc do krwiobiegu i dalej do narządów wewnętrznych, zaburzając prawidłowe funkcjonowanie nie tylko układu oddechowego, ale także układu krążenia i układu nerwowego.

Istotny wpływ na zdrowie ludzkie mają również zanieczyszczenia gazowe, w szczególności dwutlenek azotu (którego źródłem są procesy spalania zachodzące w wysokich temperaturach), dwutlenek siarki (powstający przy spalaniu zasilanych paliw, przede wszystkim niskiej jakości węgla) i tlenek węgla (czad), który powstaje podczas procesów spalania przy niedostatecznym dostępie tlenu. Tlenek węgla jest znany przede wszystkim jako śmiertelnie groźny składnik powietrza wewnątrz budynków, ale trzeba też pamiętać, że również w stężeniach w jakich może występować w powietrzu atmosferycznym (np. w pobliżu dymiących kominów lub rur wydechowych) gaz ten jest szkodliwy dla zdrowia ludzkiego.

Zazwyczaj jesteśmy jednocześnie narażeni i na zanieczyszczenia gazowe, i pyłowe, co może dodatkowo wzmacniać negatywny wpływ zanieczyszczeń pyłowych. W wyniku reakcji między substancjami gazowymi, np. dwutlenkiem siarki i amoniakiem mogą również powstawać tzw. pyły wtórne, wchodzące w skład pyłu zawieszonego.

Z całą gamą bardzo szkodliwych dla zdrowia ludzkiego związków chemicznych mamy do czynienia w przypadku spalania odpadów (przedmiotów z tworzyw sztucznych, ale także mebli z płyt wiórowych lub lakierowanego drewna) w domowych piecach i kotłach bądź też na otwartej przestrzeni. Wśród licznych trucizn, które mogą w takiej sytuacji powstawać są m. in. chlorowodór (żrący, szkodliwy dla zdrowia gaz), bardzo toksyczny cyjanowodór, czy też rakotwórczy i toksyczny formaldehyd. Innymi szkodliwymi substancjami powstającymi przy paleniu odpadów mogą być rakotwórcze węglowodory aromatyczne (np. benzen i styren), a także, podobnie jak przypadku spalania węgla i drewna, wspomniane wyżej wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) i dioksyne. Spalanie lub termiczny rozkład tworzyw sztucznych może skutkować też emisją bardziej „egzotycznych” substancji szkodliwych, np. akroleiny, estrów kwasu ftalowego i tereftalowego czy też polibromowanych eterów difenyłowych.

Spalanie odpadów komunalnych w domowych piecach i kotłach, a także na otwartej przestrzeni, jest niestety w Polsce powszechne. Jest to bardzo poważny problem, który omawiamy dokładniej w dalszej części tekstu.

Warto na koniec podkreślić, że zanieczyszczenia powietrza można podzielić na dwie grupy. Pierwsza to gazy cieplarniane (np. dwutlenek węgla, metan), które są zagrożeniem dla

stabilności ziemskiego klimatu, ale w stężeniach w jakich zwykle występują w powietrzu nie mają wpływu na zdrowie ludzkie. Do drugiej grupy należą substancje szkodliwe dla zdrowia i życia ludzkiego, ale które mają z kolei jedynie nieznaczny lub zupełnie pomijalny wpływ na klimat naszej planety (np. wymienione wyżej zanieczyszczenia pyłowe, tlenki azotu czy dwutlenek siarki). Nas interesują tutaj głównie zanieczyszczenia należącej do tej drugiej grupy. Wspominamy o tym rozróżnieniu, bo zanieczyszczenia z dwu wymienionych grup i związane z nimi zagrożenia są często ze sobą mylone. Na przykład, często używany jest termin „gospodarka niskoemisyjna”, przez co rozumie się sytuację, kiedy emitowane są niskie (małe) ilości gazów cieplarnianych. Zupełnie co innego oznacza „niska emisja”. Tu z kolei chodzi nie o gazy cieplarniane, a o niebezpieczne dla zdrowia zanieczyszczenia emitowane przez domowe piece, kotły i kominki oraz małe, lokalne ciepłownie i kotłownie, zaś „niska” odnosi się nie do ilości emitowanych zanieczyszczeń, a do niskich (poniżej 40 m) kominów.

Jakość powietrza w Polsce na tle Europy i świata

Polska, obok Bułgarii, ma najbardziej zanieczyszczone powietrze w całej Unii Europejskiej. W Europie podobne poziomy zanieczyszczeń powietrza jak w naszym kraju występują jedynie w Macedonii, Bośni i Hercegowinie oraz Serbii (żadne z tych Państw nie należy jednak do Unii Europejskiej).

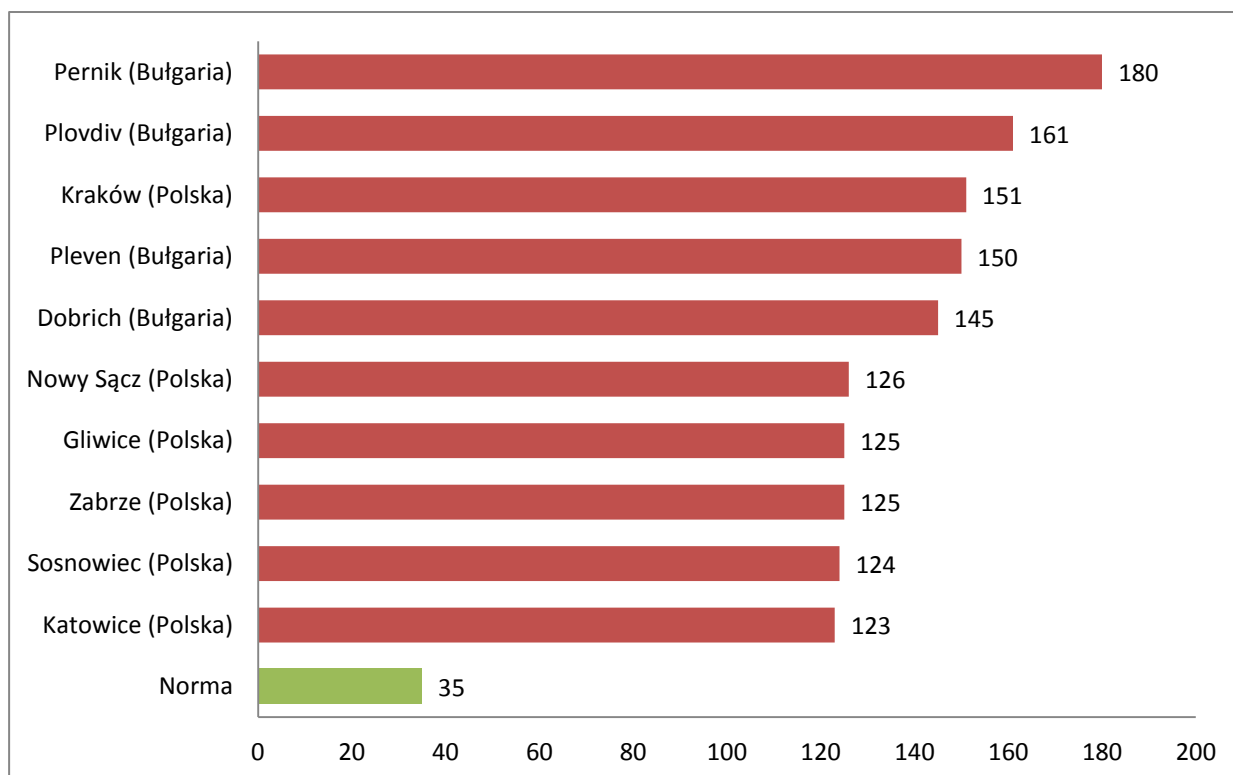
Zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym

W roku 2013 ukazał się raport Europejskiej Agencji Środowiska (EEA), w którym w pierwszej dziesiątce najbardziej zanieczyszczonych miast Unii Europejskiej znajdowało się sześć miast polskich (Kraków, Nowy Sącz i miasta Górnego Śląska: Zabrze, Gliwice, Sosnowiec i Katowice).

W rankingu tym brano pod uwagę ilość dni w roku 2011, w których przekroczone były dopuszczalne średnie dobowe stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀, wynoszącą obecnie w Unii Europejskiej 50 µg/m³ (mikrogramów na metr sześć.). Dopuszczalna liczba dni z przekroczeniami to 35 rocznie, tymczasem w znajdującym się po tym względem na trzecim miejscu w Unii Europejskiej Krakowie takich dni było 151, a w każdym z pozostałych wymienionych tu polskich miast dni z przekroczeniami dopuszczalnych poziomów pyłu

zawieszonego zanotowano ok. 125. Warto podkreślić, że w średnich i małych miejscowościach, gdzie zazwyczaj nie ma stacji pomiarowych, sytuacja pod tym względem może być znacznie gorsza.

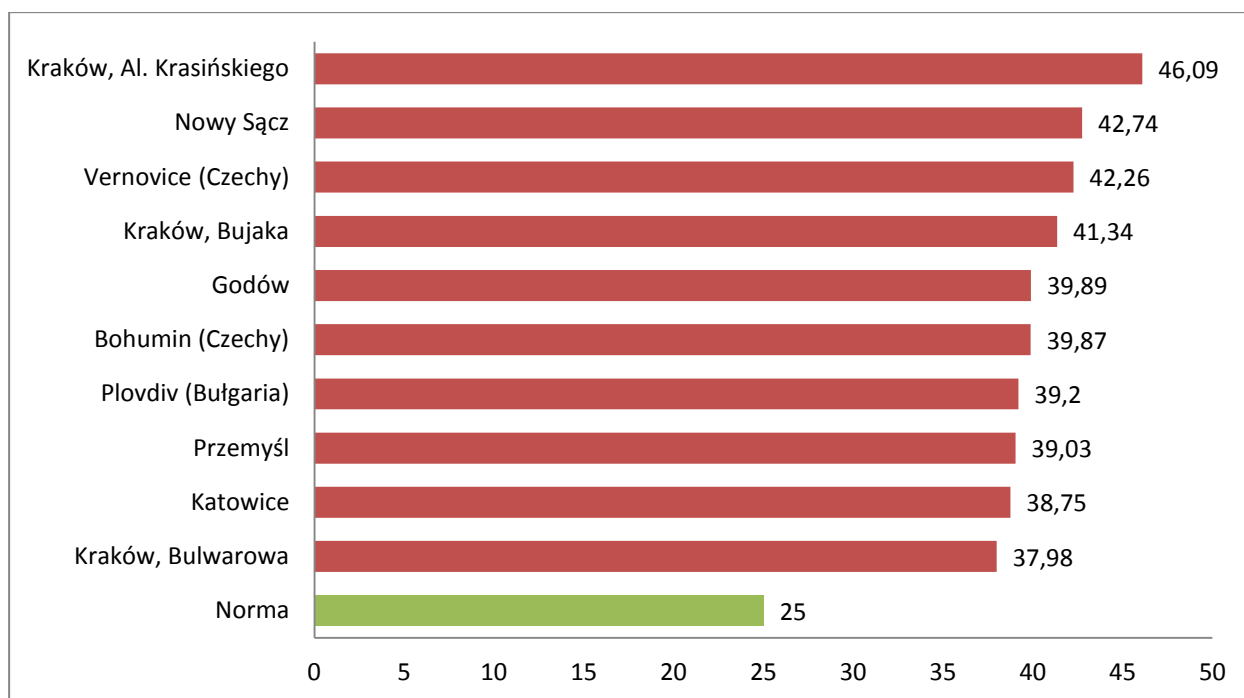
RYS. 1. DZIESIĘĆ MIAST UNII EUROPEJSKIEJ Z NAJWYŻSZĄ LICZBĄ DNI Z PRZEKROCZENIAMI DOPUSZCZALNEGO ŚREDNIEGO DOBOWEGO STĘŻENIA PYŁU ZAWIESZONEGO PM 10 W 2011 R.



Źródło: Europejska Agencja Środowiska

O ile jeśli chodzi o liczbę dni z przekroczeniami niektóre bułgarskie miasta wypadają jeszcze gorzej niż polskie, to (używając języka sportowego) w innych „dyscyplinach” czy też „konkurencjach” związanych z zanieczyszczeniem powietrza Polska jest w Unii Europejskiej niekwestionowanym liderem.

RYS. 2. DZIESIĘĆ MIAST UNII EUROPEJSKIEJ Z NAJWYŻSZYM ŚREDNIM ROCZNYM STĘŻENIEM PYŁU ZAWIESZONEGO PM 2.5 W ROKU 2012, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

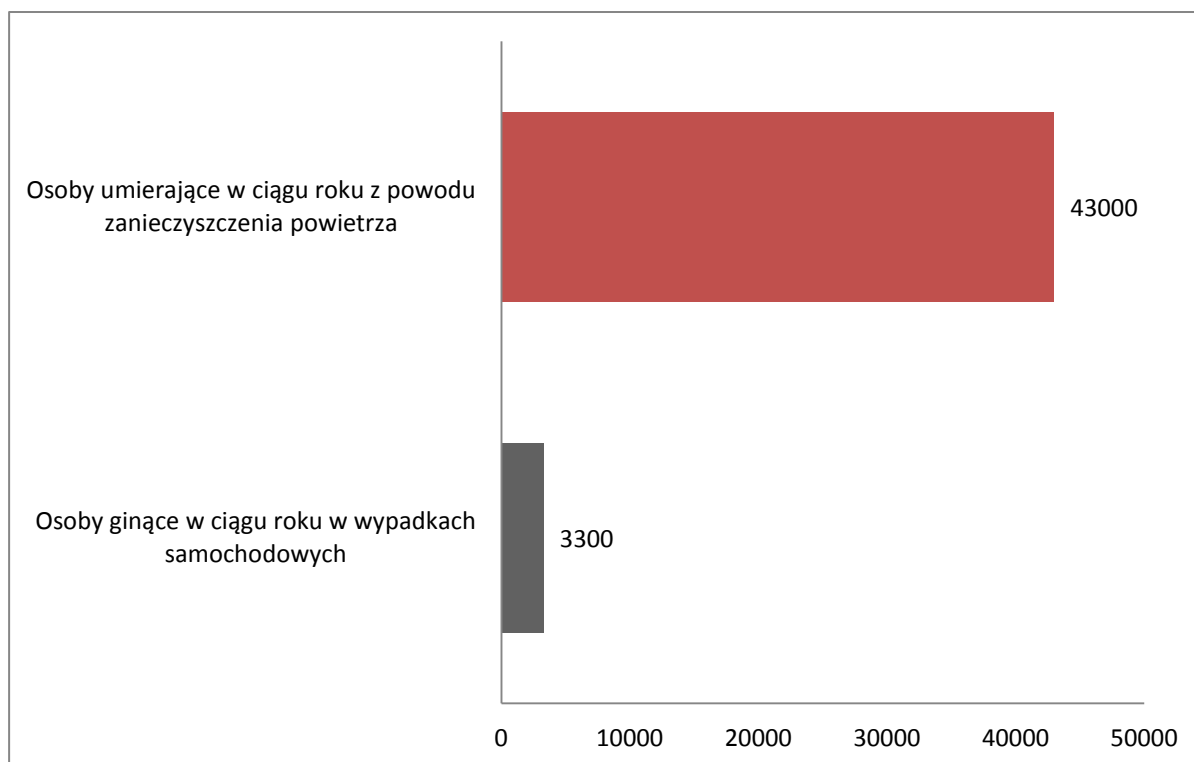


Źródło: Europejska Agencja Środowiska

Rysunek 2. pokazuje średnie roczne stężenia pyłu PM 2.5 w roku 2012. PM 2.5 jest bardziej niebezpiecznym dla zdrowia ludzkiego zanieczyszczeniem niż pył PM 10, a przez to poziom zanieczyszczenia pyłem PM 2.5 są istotniejsze niż w przypadku PM 10. Widać wyraźnie, że w tym zestawieniu polskie miasta deklasują rywali, a w pierwszej dziesiątce, poza miejscowościami położonymi w Polsce mamy tylko dwie miejscowości czeskie (w tym położony na granicy Polski i Czech Bohumín) i jedno miasto bułgarskie.

Warto zaznaczyć, że narażeniu na pył PM 2.5 przypisuje się w Polsce rocznie ponad 40 tysięcy zgonów, czyli jest to liczba ponad dziesięciokrotnie większa niż liczba ofiar wypadków drogowych w naszym kraju.

RYS. 3. PORÓWNANIE LICZBY ŚMIERTELNYCH OFIAR WYPADKÓW SAMOCHODOWYCH I LICZBY PRZEDWCZESNYCH ZGONÓW SPOWODOWANYCH W POLSCE ZANIECZYSZCZENIEM POWIETRZA



Źródło: Cost-Benefit Analysis of Final Policy Scenario for the EU Clean Air Package, Komisja Europejska 2013 oraz dane Komisji Głównej Policji za 2013 r.

Obowiązująca obecnie w Unii Europejskiej norma dla średnich rocznych stężeń PM 10 wynosi $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zaś dla PM 2.5 jest to $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Widać zatem, że w przypadku miejscowości wymienionych w powyższym zestawieniu mamy do czynienia nawet z dwukrotnymi przekroczeniami w stosunku do wymagań prawa unijnego. Co więcej, odpowiednie normy Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) są w tym względzie dwa razy bardziej restrykcyjne (średnie roczne stężenie PM 10 nie może przekraczać $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zaś w przypadku pyłu PM 2.5 nie mogą przekraczać $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tak więc w roku 2012 w wielu polskich miejscowościach stężenie PM 2.5 przekraczało poziomy rekomendowane przez WHO około czterokrotnie. Warto zaznaczyć, że to właśnie te ostrzejsze normy

rekomendowane przez WHO są ustalane na podstawie badań naukowych w celu jak najlepszej ochrony zdrowia i życia ludzkiego, zaś normy unijne stanowią pewien polityczny kompromis między zaleceniami WHO a gotowością do wdrożenia tych zaleceń w niektórych krajach Unii (w tym w Polsce).

Stężenia pyłu zawieszonego PM 2.5 czy PM 10, z jakimi mamy do czynienia w Polsce w sezonie grzewczym są często porównywalne z tymi, które można spotkać w Indiach i Chinach, czyli krajach o najgorszej na świecie jakości powietrza.

W naszym kraju normalnością są stężenia godzinne PM 2.5 przekraczające $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a nierzadko i znacznie wyższe. W ciągu ostatniej dekady, między innymi w Krakowie i Rybniku zdarzały się stężenia godzinne PM 10 powyżej $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Obecnie tak wysokie poziomy zanieczyszczeń praktycznie nie występują nigdzie indziej w Unii Europejskiej. W sezonie grzewczym w wielu miejscowościach stężenia zanieczyszczeń powietrza zazwyczaj gwałtownie rosną w godzinach popołudniowych i utrzymują się na bardzo wysokim poziomie przez wiele godzin, często aż do świtu. Związane jest to zarówno z porą uruchamiania domowych pieców i kotłów na paliwa stałe, jak i zmianą warunków meteorologicznych (znacznym zmniejszeniem albo całkowitym zanikiem mieszania mas powietrza) po zachodzie słońca.

Warto też podkreślić, że różnice w stężeniach zanieczyszczeń powietrza (w szczególności zanieczyszczeń pyłowych) jakie obserwuje się pomiędzy poszczególnymi latami w ciągu ostatniej dekady są spowodowane przede wszystkim czynnikami meteorologicznymi. Po prostu, jeśli w danym roku mamy łagodniejszą zimę, w dodatku z większą ilością dni wietrznych, to stężenia zanieczyszczeń są niższe niż w przypadku surowej zimy z utrzymującą się bezwietrzną, wyżową pogodą. W ciągu ostatnich kilku lat (od 2013 roku) mieliśmy do czynienia z wyjątkowo łagodnymi zimami (co związane jest najprawdopodobniej z ocieplaniem się klimatu Ziemi), stąd też poziomy zanieczyszczeń są niższe niż np. w latach 2006 i 2011 (mroźne zimy) lub 2012 (dłuższa niż zazwyczaj zima, a przez to i sezon grzewczy).

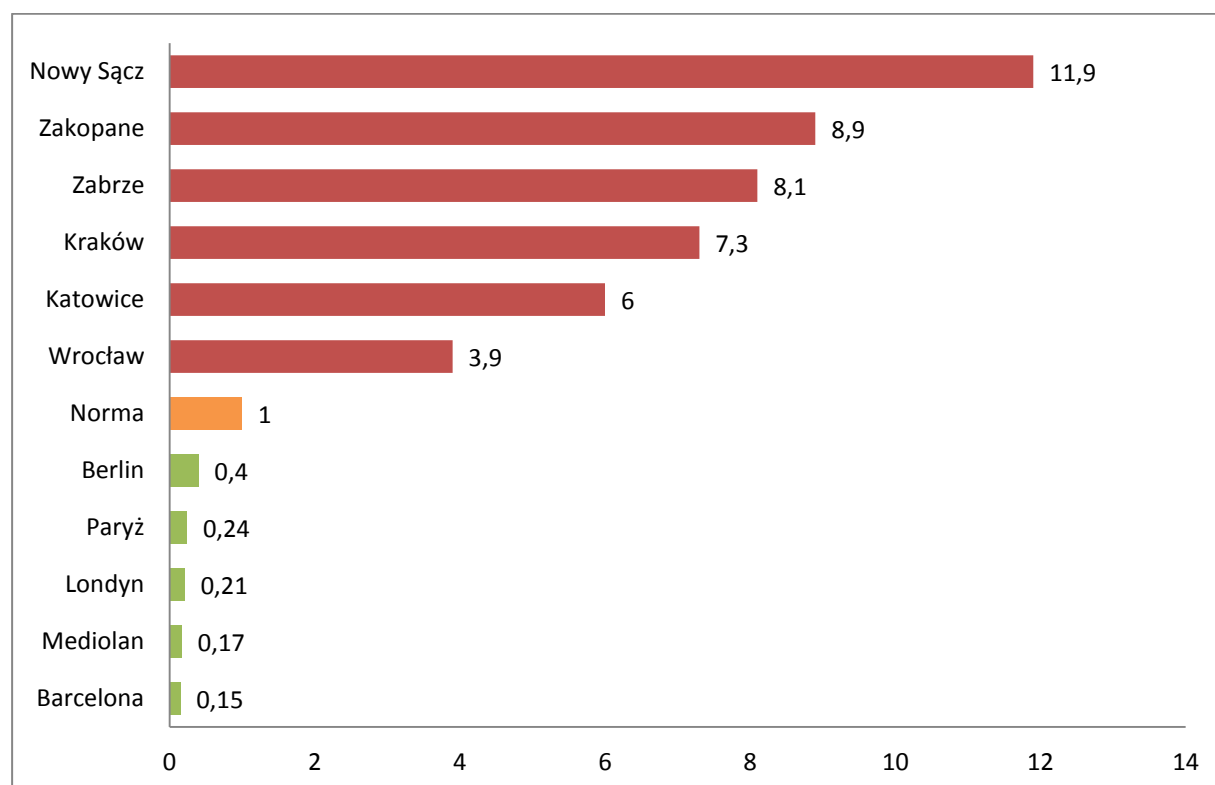
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne

Poza pyłem zawieszonym, bardzo wysokie są też w Polsce stężenia wielopierścieniowych

węglowodorów aromatycznych (WWA), w tym wyjątkowo niebezpiecznego, rakotwórczego i mutagennego benzo[a]pirenu (B[a]P). I w tej konkurencji nasz kraj jest znów niekwestionowanym europejskim liderem, zajmując niechlubne pierwsze miejsce wśród krajów Unii Europejskiej.

Dopuszczalny prawnie poziom zanieczyszczenia powietrza benzo[a]pirenem (średnie stężenie roczne równe 1 ng/m^3 , czyli nanogram na metr sześcienny) jest przekroczony praktycznie na terenie całej Polski, i to kilku-kilkunastokrotnie. Stężenia tej substancji w polskim powietrzu są wielokrotnie (od kilkunastu do kilkudziesięciu razy) wyższe niż stężenia z jakimi mają do czynienia mieszkańcy krajów zachodniej Europy.

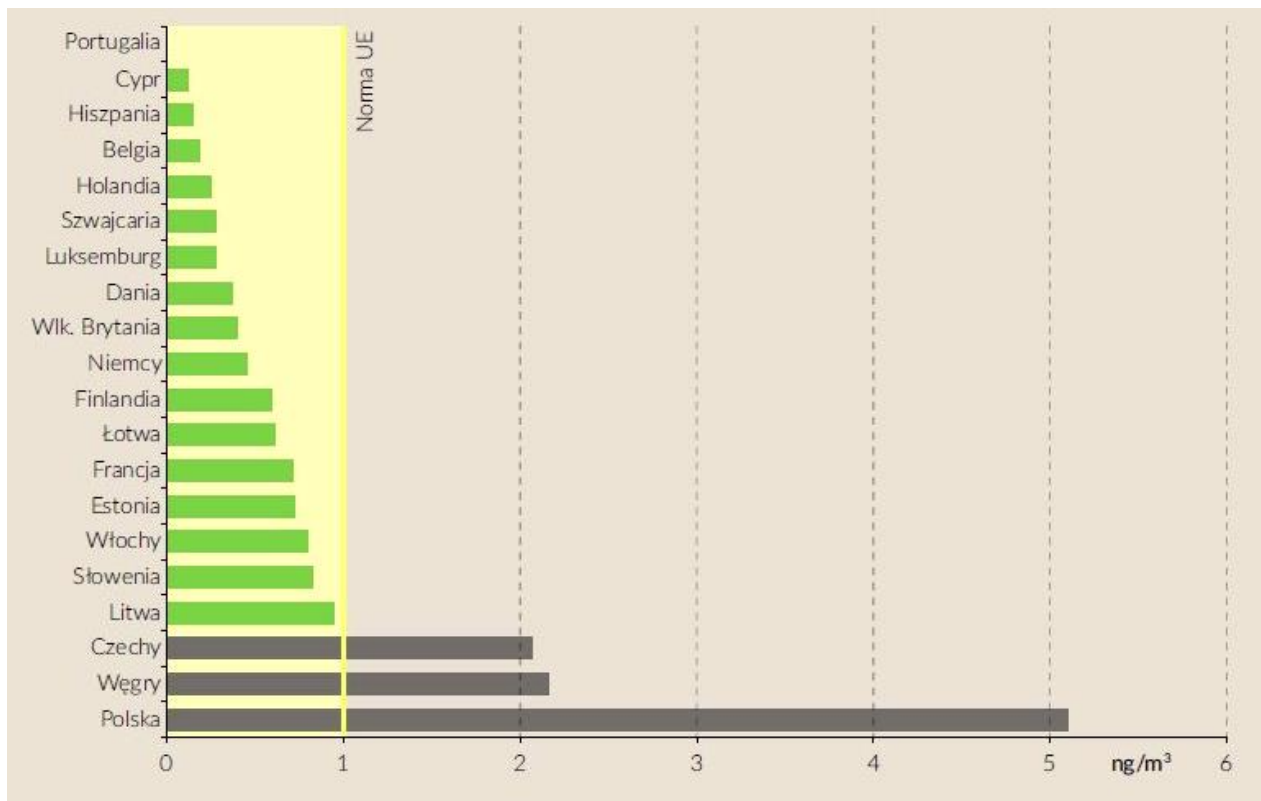
RYŚ. 4. ŚREDNIE ROCZNE STĘŻENIA BENZO[A]PIRENU W WYBRANYCH MIEJSCOWOŚCIACH W POLSCE I EUROPIE ZACHODNIEJ [ng/m^3]



Źródło: Dane Europejskiej Agencji Środowiska za 2013 r. oraz wojewódzkich inspektoratów ochrony środowiska.

Jeśli uśrednić stężenia B[a]P ze wszystkich stacji pomiarowych, to okaże się, że dopuszczalny poziom tej substancji jest w naszym kraju przekroczony sześciokrotnie, czyli ok. trzykrotnie bardziej niż w przypadku zajmujących drugie miejsce w tej konkurencji Czech, i wielokrotnie więcej niż w przypadku pozostałych krajów unijnych, patrz rys. 5.

RYS. 5. ŚREDNIE ROCZNE STĘŻENIA BENZO[A]PIRENU W WYBRANYCH KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ [ng/m³]



Źródło: Ocena jakości powietrza w strefach w Polsce za 2012 r., Inspekcja Ochrony Środowiska 2013 r.

Informacje prezentowane na powyższym dotyczą sytuacji sprzed kilku lat (jest tak dlatego, że zebranie i obróbka danych dostarczanych przez kraje członkowskie Unii zajmuje pewien czas).

Niedawno ukazał się raport Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska, dotyczący zanieczyszczenia powietrza w Polsce wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi w roku 2014.

Zestawienie na poniższym rysunku pokazuje czołówkę rankingu miejscowości o najwyższym średnim rocznym stężeniu benzo[a]pirenu (B[a]P). Zestawienie to jest niekompletne w tym

sensie, iż znalazły się w nim tylko miejscowości, w których znajdują się stacje monitoringu środowiska mierzące poziomy zanieczyszczeń powietrza. Nie jest więc powiedziane, że w np. okolicy Nowej Rudy, Nowego Targu, Rybnika Suchej Beskidzkiej czy też Opoczna nie znajdują się miejsca, gdzie stężenia B[a]P będą jeszcze wyższe niż w tych trzech miejscowościach. Przykładowo, niedaleko Suchej Beskidzkiej znajduje się Maków Podhalański, w którym, jak się wydaje, jakość powietrza jest tak samo zła albo jeszcze gorsza niż w Suchej. Gdyby w Makowie prowadzono pomiary stężeń B[a]P, miejscowość ta najprawdopodobniej znalazła by się w tym zestawieniu.

RYS. 6. ŚREDNIE ROCZNE STĘŻENIA BENZO[A]PIRENU W PIĘTNASTU POLSKICH MIEJSCOWOŚCIACH, W KTÓRYCH W ROKU 2014 ZANOTOWANO NAJWYŻSZE STĘŻENIA TEJ SUBSTANCJI [ng/m³]



Źródło: Ocena jakości powietrza w strefach w Polsce za 2014 r., Inspekcja Ochrony Środowiska 2015 r.

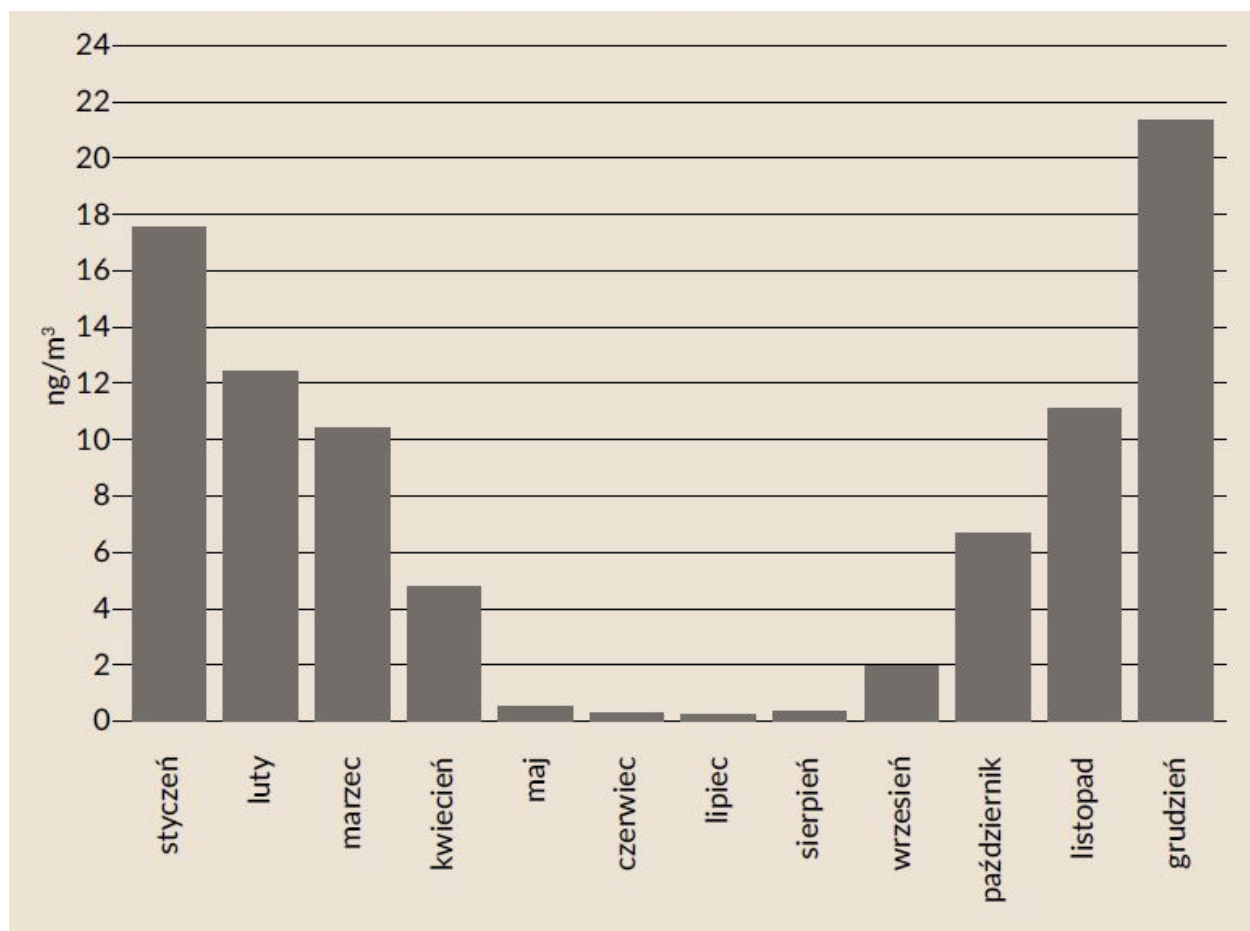
Warto zauważyć, że wśród najbardziej zanieczyszczonych B[a]P miejscowości wymienionych w powyższym zestawieniu brak dużych miast. Przeważają miejscowości małe i bardzo małe, a jedynie trzy (Nowy Sącz, Zabrze i Rybnik) to miasta średniej wielkości. Nie

powinno to dziwić, jeśli pamiętamy że głównym źródłem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych jest spalanie węgla, drewna i odpadów komunalnych (tworzyw sztucznych) w domowych piecach, kotłach i kominkach.

W małych i średnich miejscowościach na kilometr kwadratowy przypada zaś znacznie więcej źródeł niskiej emisji niż w dużych miastach, gdzie osiedla domów jednorodzinnych przedzielone są często osiedlami wielorodzinnych bloków, podłączonych do sieci ciepłowniczej, lub innymi terenami gdzie po prostu brak dymiących domowych kominów.

Z tego samego powodu (ogrzewania budynków jako dominujące źródło emisji WWA), najwyższe stężenia tych substancji występują w sezonie grzewczym, zaś w lecie są wielokrotnie niższe niż w zimie i powietrze jest praktycznie wolne od WWA , co dobrze widać na przykładzie Krakowa w roku 2013, patrz wykres poniżej.

RYS. 7. ŚREDNIE MIESIĘCZNE STĘŻENIA BENZO[A]PIRENU W KRAKOWIE W ROKU 2013 [ng/m³].



Źródło: Dane Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie

Podobnie jak w przypadku pyłu zawieszonego, różnice w stężeniach B[a]P i innych WWA w różnych latach (np. wyższe w roku 2012 niż w 2014) wynikają głównie z warunków meteorologicznych w danym roku kalendarzowym.

Zanieczyszczenie środowiska związkami z grupy dioksyn

Istnieją uzasadnione obawy, że w Polsce problem skażenia środowiska dioksynami jest poważny, i w przeciwieństwie do USA i krajów Europy Zachodniej wciąż narasta. Jak pokazują pomiary prowadzone w Krakowie i Zakopanem, w sezonie zimowym w Polsce stężenia dioksyn w powietrzu mogą być nawet kilkadziesiąt razy wyższe niż w krajach Europy Zachodniej. Przekraczające dopuszczalne normy ilości dioksyn mogą znajdować się też w żywności z przydomowych upraw i hodowli (np. w jajach kurzych).

Zawartość dioksyn w środowisku nie jest obecnie w naszym kraju dostatecznie monitorowana (w przeciwieństwie do pyłu zawieszonego i WWA, stężenia dioksyn nie są obecnie rutynowo mierzone przez państwowe stacje monitoringu środowiska). Jednak z dostępnych badań wynika, że także jeśli chodzi o emisje dioksyn, Polska jest w ścisłej czołówce wśród krajów Unii Europejskiej. Za większość emisji dioksyn odpowiada dziś nie przemysł, lecz sektor komunalno bytowy, czyli domowe piece i kotły na paliwa stałe.

Dioksyny zawarte w wydostającym się z domowych kominów pyłe (a także w popiołach z palenisk) trafiają ostatecznie do gleby i roślin, a stąd włączane są do łańcucha pokarmowego. Dlatego też głównym źródłem narażenia na te substancje jest spożywanie skażonej żywności, w szczególności mięsa, jaj i nabiału. Dioksyny są związkami trwałymi i kumulują się w organizmach żywych (np. w ludzkiej tkance tłuszczowej).

W jakich rejonach Polski powietrze jest szczególnie zanieczyszczone?

Jeśli zapytać statystycznego mieszkańca naszego kraju, jaka część Polski ma najbardziej zanieczyszczone powietrze, obecnie większość osób odpowiedziała by najprawdopodobniej, że jest to Górny Śląsk. Jeśli zaś chodzi o miasta, zapewne na pierwszym miejscu wskazano by z Kraków. Rzeczywiście, jeśli chodzi o poziomy pył zawieszonego, Kraków jest najbardziej zanieczyszczonym dużym miastem nie tylko w Polsce, ale w całej Unii Europejskiej (rys. 2), a podobnie wysokie jak w Krakowie stężenia pyłu występują

w miastach należących do Aglomeracji Górnośląskiej. Jednak zanieczyszczenie powietrza to nie tylko problem Górnego Śląska i Krakowa, i jak już wspominaliśmy bardzo zła jakość powietrza występuje w małych i średnich miejscowościach, także na wsiach. Ze względu m. in. na ukształtowanie terenu, ze szczególnie fatalną jakością powietrza mamy do czynienia w miejscowościach położonych w dolinach górskich, zarówno w Sudetach, jak i w Karpatach (m. in. wymieniane już Nowa Ruda, Zakopane, Nowy Targ, Nowy Sącz, Sucha Beskidzka, Rabka). W takich miejscowościach w sezonie grzewczym stężenia zanieczyszczeń są często znacznie wyższe niż w Krakowie czy miastach Górnego Śląska.

Jednak bardzo zanieczyszczone są też miejscowości województwa łódzkiego (np. znajdujące się na drugim miejscu w Polsce pod względem zanieczyszczenia powietrza benzo[a]pirenem Opoczno) oraz województwa mazowieckiego (Otwock, Legionowo), i tu sytuacji tej nie da się wytłumaczyć niekorzystnym ukształtowaniem terenu.

Co szczególnie bulwersujące, problem zanieczyszczenia powietrza dotyczy też wielu uzdrowisk, także takich, na terenie których lokowane są sanatoria i ośrodki zdrowia specjalizujące się w leczeniu chorób układu oddechowego (np. Rabka i Otwock), a także popularnych miejscowości wypoczynkowych (Zakopane).

Z kolei w niektórych miejscowościach (np. Kalwaria Zebrzydowska i okoliczne wsie) w domowych piecach i kotłach masowo pali się odpady powstające przy produkcji mebli i obuwia, co dodatkowo pogarsza stan powietrza.

Główne źródła zanieczyszczeń powietrza

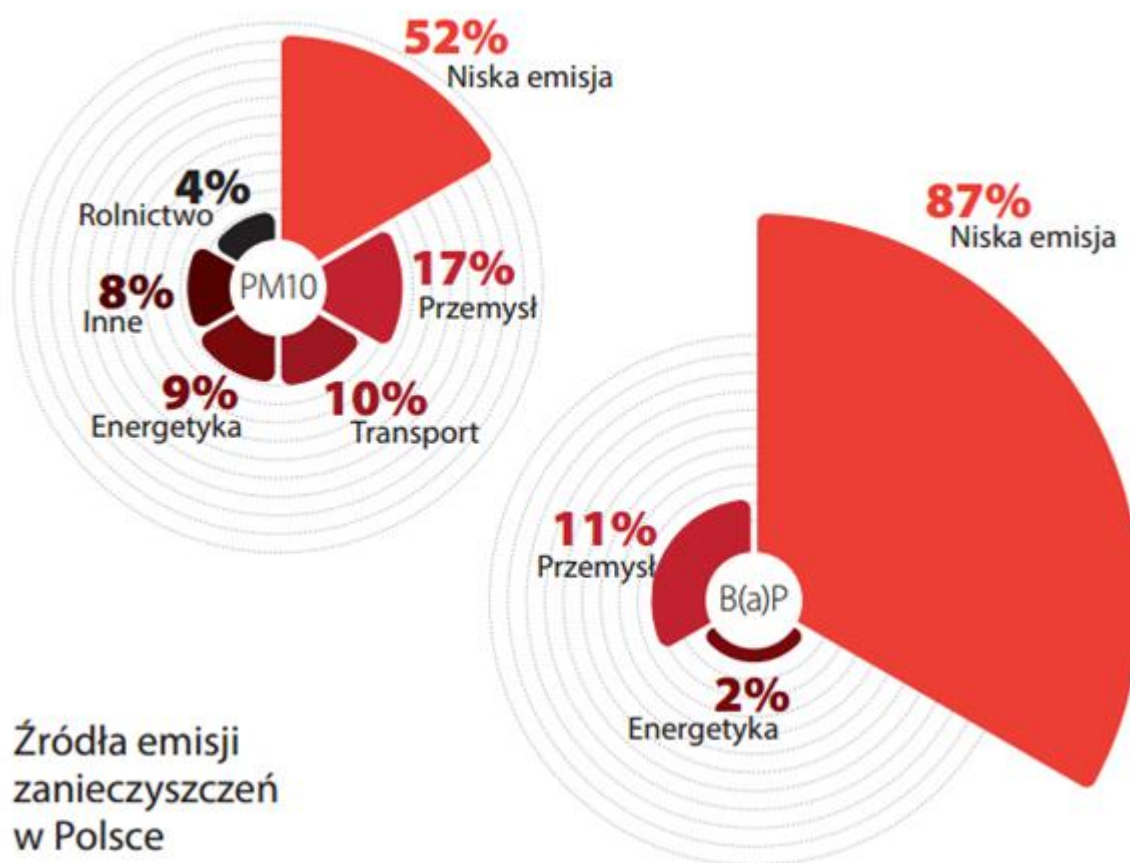
Choć wiele osób wciąż uważa, że to przemysł (elektrownie i elektrociepłownie węglowe, huty, koksownie, cementownie, rafinerie) jest głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza w Polsce, w skali całego kraju to jednak niska emisja jest najważniejszą przyczyną fatalnej jakości powietrza.

Według danych Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), głównym źródłem pyłu zawieszonego oraz dominującym źródłem WWA i związków z grupy dioksyn są w Polsce zanieczyszczenia emitowane przez domowe piece i kotły, opalane

węglem (często bardzo złej jakości, np. mułem węglowym), drewnem, inną biomasą, a nierzadko, jak już wspomniano, także różnego typu odpadami (tworzywa sztuczne, lakierowane meble).

Dopiero drugim w kolejności źródłem zanieczyszczeń powietrza w naszym kraju jest motoryzacja, a szczególnie pojazdy z silnikami diesla, emitujące znaczne ilości pyłu zawieszonego i tlenków azotu. Przemysł jako źródło zanieczyszczeń powietrza plasuje się z grubsza na trzeciej pozycji (lokalnie może się jednak zdarzyć, że zanieczyszczenia z transportu lub zanieczyszczenia przemysłowe mogą być bardziej istotne niż te pochodzące z niskiej emisji).

RYŚ. 8. UDZIAŁ RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ W EMISJI PYŁU ZAWIESZONEGO PM₁₀ I BENZO[A]PIRENU W POLSCE

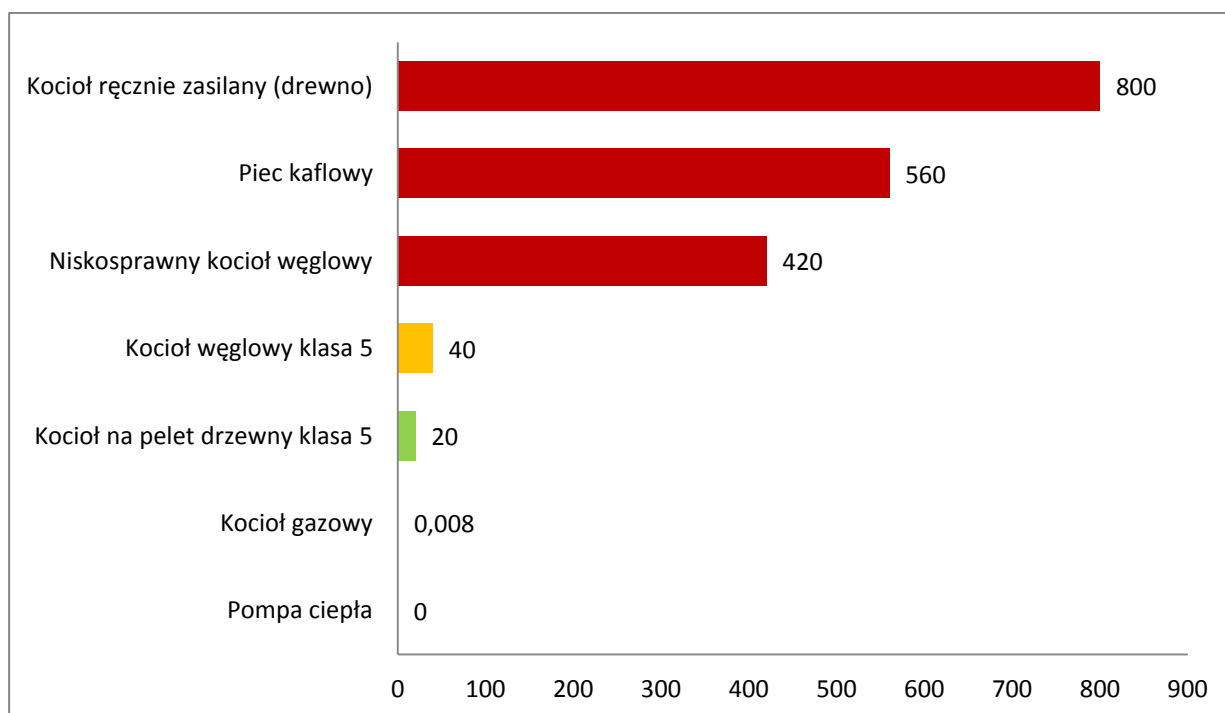


Źródło: Dane Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami

Przyczyny dominującej roli niskiej emisji w kształtowaniu jakości powietrza w Polsce

Dominujący wpływ niskiej emisji na fatalną jakość powietrza w Polsce ma kilka przyczyn. Według danych Instytutu Ekonomii Środowiska, w Polsce jest ok. około 3,5 mln. Pieców i kotłów węglowych, z których większość (około 3 mln.) to przestarzałe kotły zasypowe o niskiej sprawności energetycznej. Urządzenia takie emitują do atmosfery ogromne ilości zanieczyszczeń takich jak pył zawieszony, benzo[a]piren i inne WWA, w szczególności jeśli jako paliwo stosuje się odpad węglowy (muł, flotokoncentrat) o dużej zawartości popiołu. Warto zaznaczyć, że poziom emisji zanieczyszczeń z prymitywnych urządzeń grzewczych są wielokrotnie wyższe niż w przypadku nowoczesnych kotłów na węgiel lub biomasę, patrz rysunek poniżej.

RYS. 9. PORÓWNANIE WIELKOŚCI EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ PYŁOWYCH Z RÓŻNYCH DOMOWYCH URZĄDZEŃ GRZEWczyCH [mg/m³]



Źródło: Polska Izba Ekologii

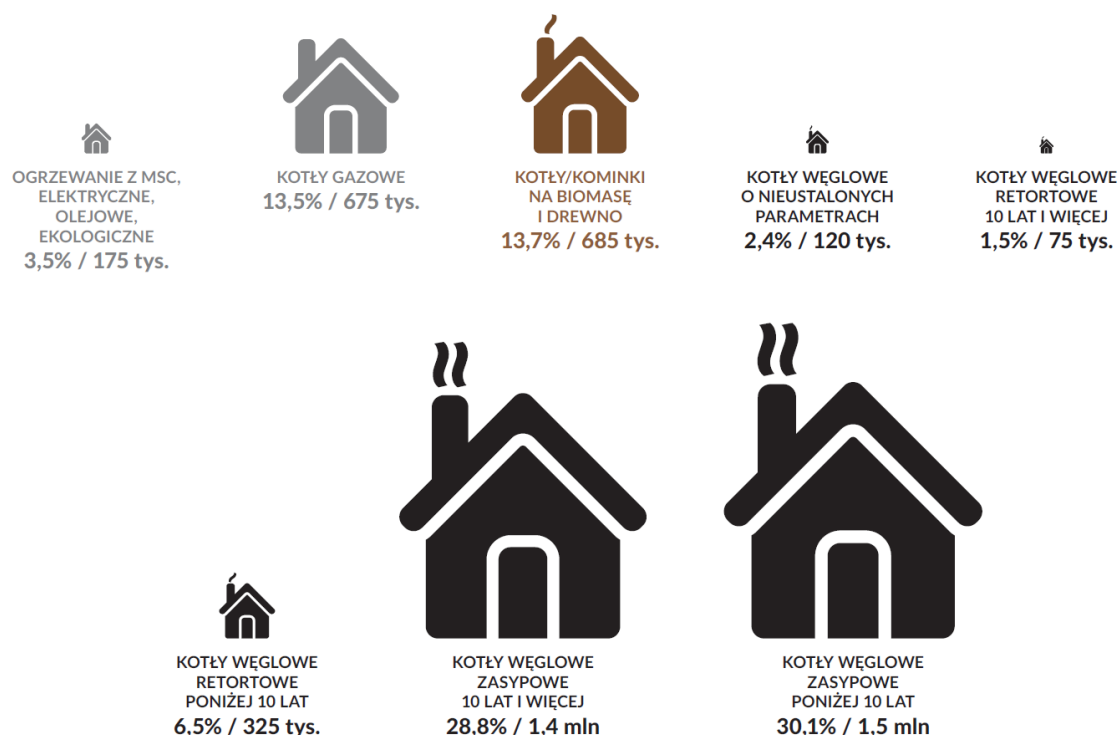
Także w przypadku dioksyn wielkość emisji tych substancji z prymitywnego kotła węglowego jest wielokrotnie większa, niż w przypadku nowoczesnego urządzenia. W prymitywnych urządzeniach grzewczych panują bowiem sprzyjające powstawaniu dioksyn warunki, m. in. temperatura spalania poniżej 700 stopni Celsjusza, powolne studzenie spalin i nieturbulentny ich przepływ, stosunkowo mała zawartość tlenu – poniżej 6% i obecność

chloru. Ten ostatni warunek jest jednak zwykle spełniony, chlor w palenisku może pochodzić z biomasy, ale jest także obecny węgla kamiennym (jako sól kamienna). Z tego też powodu zawartość chloru w węglu sprzedawanym na rynku detalicznym powinna podlegać regulacjom prawnym, co niestety nie ma obecnie miejsca w naszym kraju.

Polacy do ogrzewania chętnie używają też drewna (ogólnie: biomasy). W ok. 11% domów głównym źródłem ciepła jest kominek, kocioł lub kocioł na drewno. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że wbrew kolejnej powszechnie panującej opinii, jeśli chodzi o poziom emisji zanieczyszczeń, spalanie drewna i biomasy nie jest zasadniczo lepsze od spalania węgla (zależy to oczywiście od rodzaju drewna, węgla, urządzeń do ich spalania, i kultury technicznej i umiejętności użytkownika). W tym sensie, drewno nie jest bynajmniej „ekologicznym” paliwem, patrz rysunek powyżej.

Jedynie ok 17% źródeł ogrzewania polskich domów jednorodzinnych można uznać za czyste (ogrzewanie gazowe, miejska sieć ciepłownicza, ogrzewanie elektryczne, pompy ciepła, kolektory słoneczne.)

RYŚ.10. GŁÓWNE ŹRÓDŁO OGRZEWANIA W DOMACH JEDNORODZINNYCH W POLSCE



Źródło: *Efektywność energetyczna w Polsce, Przegląd 2013, Instytut Ekonomii Środowiska, Kraków 2014*

W dodatku, ponad 70% z ok. 5 mln. domów jednorodzinnych (czyli ok. 3.6 mln) to budynki całkowicie nieocieplone bądź też ocieplone niewystarczająco. Zwiększa to znacznie zużycie paliw, a przez to także emisję zanieczyszczeń.

RYS.11. STAN ENERGETYCZNY BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH W POLSCE



Źródło: *Efektywność energetyczna w Polsce, Przegląd 2013, Instytut Ekonomii Środowiska, Kraków 2014*

Do tej pory mowa była głównie o domach jednorodzinnych. W wielu polskich miastach i miasteczkach istnieją też całe dzielnice ogrzewanych węglem domów wielorodzinnych o niskim standardzie cieplnym (np. praktycznie wszystkie budynki dziewiętnastowieczne i wiele z budynków powstałych przed II wojną światową albo tuż po wojnie). W małych miejscowościach również znacznie nowsze (powojenne) budynki wielorodzinne bywają ogrzewane węglem. Do niskiej emisji „dokładają się” także lokalne kotłownie węglowe.

Krótkie omówienie istniejących regulacji prawnych w zakresie ochrony powietrza i walki z niską emisją.

W Polsce nie istniały do niedawna jakiejkolwiek regulacje prawne, umożliwiające walkę z zanieczyszczeniami pochodzącymi z innych źródeł niż przemysł. Dlatego też prowadzone od lat programy wymiany źródeł ciepła na bardziej ekologiczne, mimo oferowania korzystnych warunków finansowych, cieszyły się do tej pory nikłym zainteresowaniem. Równolegle z wymianą starych pieców i kotłów węglowych, prymitywne kotły węglowe wciąż instalowane są w nowych budynkach.

Obecnie istnieją już w Polsce regulacje prawne umożliwiające walkę z zanieczyszczeniami pochodzącymi z niskiej emisji. Jednak to, czy takie regulacje i przepisy zostaną na danym terenie wprowadzone, zależy od decyzji sejmiku danego województwa.

W połowie listopada 2015 roku weszła w życie tzw. „poprawka antysmogowa”, czyli nowelizacja artykułu 96 Ustawy Prawo Ochrony Środowiska, dzięki której władze samorządowe (sejmiki wojewódzkie) będą mogły decydować jakie paliwa, i w jakiego rodzaju instalacjach mogą być spalane na danym obszarze. Co istotne, poprawka ta daje samorządom możliwość podejmowania takich decyzji, ale w żaden sposób nie obliuguje ich do tego. Niemniej, wszystkie gminy w Polsce nareszcie uzyskały (przynajmniej potencjalnie) narzędzie prawne do skutecznej walki z niską emisją.

W naszym kraju wciąż nie ma jednak żadnych umożliwiających skuteczną walkę z zanieczyszczeniami powietrza pochodzącymi z sektora komunalno-bytowego regulacji prawnych na szczeblu centralnym, tj. takich, które obowiązywałyby na terenie całego kraju

i nie zależały od decyzji władz samorządowych. W szczególności, nie ma ogólnokrajowych norm na urządzenia grzewcze (kotły) na paliwa stałe, ani norm na same paliwa. Jest to w Unii Europejskiej, gdzie tego typu regulacje są standardem, sytuacja wyjątkowa.

Brak jakichkolwiek ogólnokrajowych uregulowań prawnych, zarówno dotyczących paliw, jak i urządzeń do ich spalania sprawia że w Polsce wciąż pali się „wszystkim we wszystkim”. Jak wspomniano wyżej, większość kotłów węglowych w naszym kraju to prymitywne kotły zasypowe, wymownie określane w żargonie branży kotlarskiej „kopciuchami” lub „śmieciuchami”. W dodatku, jako węgiel sprzedaje się odpady w Polsce poprodukcyjne takie jak muł węglowy czy flotokoncentrat. „Paliwa” takie charakteryzują się niską ceną, ale też bardzo niską wartością opałową, bardzo wysoką zawartością popiołu (co jak wspomniano przekłada się na bardzo wysoką emisję pyłu zawieszonego), siarki (co prowadzi do wysokich poziomów dwutlenku siarki w powietrzu) i chloru. Obecność tego ostatniego pierwiastka sprzyja powstawaniu w procesie spalania związków z grupy dioksyn.

Czy walka z niską emisją uderza oznacza całkowity zakaz stosowania węgla i drewna?

Rozwiązanie tak radykalne, jak całkowity zakaz stosowania paliw stałych (węgiel, drewno) jest niemożliwe do przyjęcia w większości miejsc w Polsce, zarówno ze względów technicznych (brak sieci ciepłowniczej, a często i sieci gazowej), ale także ze względów społecznych i ekonomicznych.

Stare kotły i piece węglowe wymienia się na kotły gazowe, olejowe, czasem także na ogrzewanie elektryczne czy pompy ciepła, ale najczęściej, przede wszystkim na nowoczesne kotły węglowe, charakteryzujące się znacznie wyższą sprawnością i emitujące zdecydowanie mniej zanieczyszczeń niż prymitywne kotły zasypowe. Zatem program walki z niską emisją nie oznacza w żadnym razie całkowitej eliminacji węgla kamiennego i dlatego nie jest także ciosem w polskie górnictwo i przemysł wydobywczy.

Czy walka z niską emisją oznacza droższe ogrzewanie?

Wymiana źródeł ciepła na bardziej ekologiczne nie musi oznaczać zwiększonych wydatków.

Po pierwsze, na dotacje do wymiany najbardziej uciążliwych pieców i kotłów zarezerwowano znaczne środki finansowe, pochodzące z Regionalnych Programów Operacyjnych, Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, a także Wojewódzkich Funduszy Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Tak więc obywatele nie pozostają sami z kosztami zakupu i instalacji nowych urządzeń, gdyż państwo zazwyczaj pokrywa znaczną część ceny takich urządzeń.

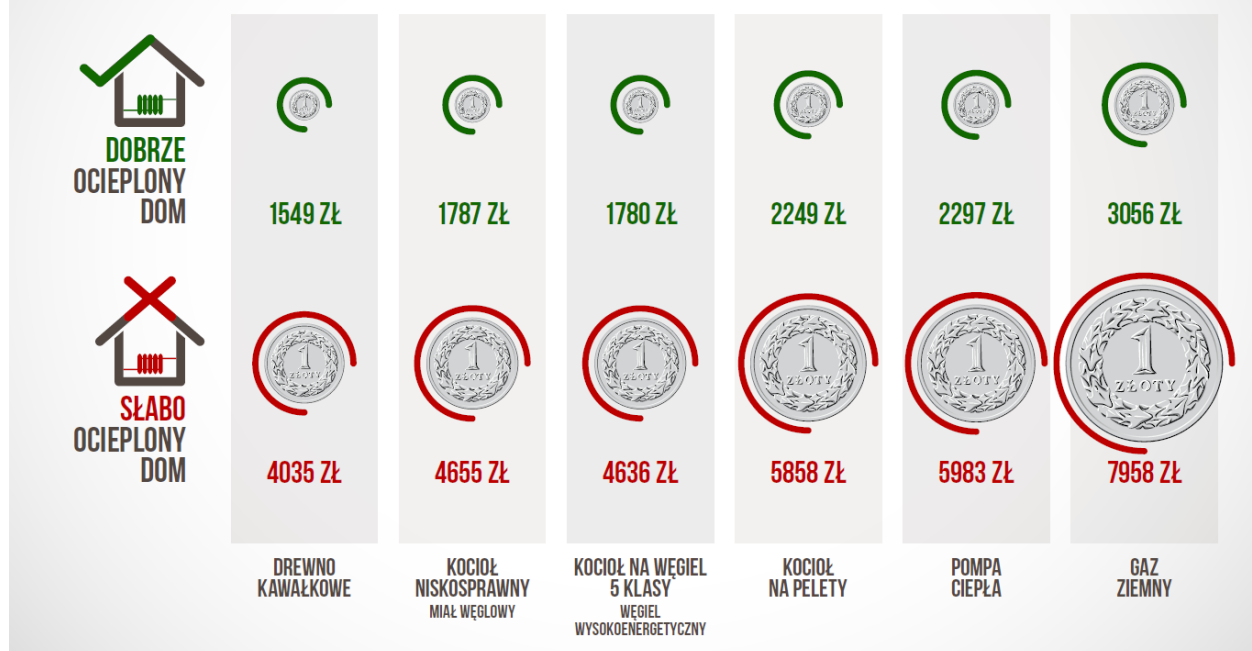
Jeśli chodzi o koszt paliwa, to jak wspomniano wyżej, w większości wypadków po wymianie urządzenia grzewczego paliwem dalej pozostaje węgiel. Wyższa sprawność nowoczesnych kotłów węglowych (85-90%) w porównaniu z prymitywnymi kotłami zasypowymi (sprawność rzędu 50-55%), i znacznie wyższa kaloryczność dobrej jakości węgla sprawia, że koszt uzyskania jednostki energii cieplnej w nowoczesnym urządzeniu jest porównywalny, a często nawet niższy, niż przed wymianą w urządzeniu starego typu. Wielu użytkowników kotłów węglowych licząc koszty ogrzewania zdaje się zapominać, że powinniśmy brać pod uwagę możliwą do uzyskania np. z tony danego paliwa energię, a nie tylko koszt jednej tony opału. Dodatkowym argumentem przemawiającym za wymianą kotła na nowoczesny jest znacznie mniejszy nakład pracy i czasu, który musimy spędzić w kotłowni aby takie urządzenie obsłużyć.

RYS. 12. PORÓWNANIE KOSZTÓW OGRZEWANIA DOBRZE I SŁABO OCIEPLONEGO DOMU W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU OGRZEWANIA.

CZY OGRZEWANIE BĘDZIE DROŻSZE

ROCZNY KOSZT OGRZEWANIA DOMU O METRAŻU 130 M²

ŹRÓDŁO: INSTYTUT EKONOMII ŚRODOWISKA



Źródło: Dane Instytutu Ekonomii Środowiska

Czy walka z niską emisją odbywa się kosztem najuboższych?

Wbrew często powtarzanym opiniom, wymiana źródła ciepła na bardziej przyjazne środowisku nie musi też uderzać w najuboższych. W przypadku konieczności wymiany ogrzewania węglowego na ogrzewanie gazowe lub elektryczne (ten ostatni przypadek ma często miejsce w starej zabudowie wielorodzinnej w centrach miast), istnieje możliwość utworzenia programów osłonowych, czyli systemu dopłaty do nowego, droższego nośnika energii. Rozwiązanie takie zastosowano w Krakowie.

Problem ubóstwa energetycznego, czyli dochodów uniemożliwiających zapewnienie w domu lub mieszkaniu komfortu cieplnego jest w naszym kraju realnym, poważnym problemem, a w jego rozwiązywaniu konieczna jest aktywna rola Państwa. Ubóstwa energetycznego części obywateli nie można jednak traktować jako wymówki do braku jakichkolwiek skutecznych działań na rzecz poprawy fatalnej jakości powietrza. Związane z zanieczyszczeniem powietrza koszty ekonomiczne (koszty leczenia i hospitalizacji, wydatki na leki, koszty związane z czasową lub trwałą niezdolnością do pracy lub z niepełnosprawnością) ponoszone przez całe polskie społeczeństwo są wielokrotnie wyższe niż środki potrzebne do rozwiązania problemu ubóstwa energetycznego.

Problem nielegalnego spalania odpadów poza przeznaczonymi do tego celu instalacjami

W naszym otoczeniu znajdują się niezliczone przedmioty wykonane z tworzyw sztucznych, na przykład opakowania na żywność i napoje, ubrania, buty, przedmioty codziennego użytku, meble.

Bardzo często zdarza się, że tego typu przedmioty, kiedy tylko przestają pełnić swoją funkcję, są po prostu palone. Niestety, jest to najbardziej szkodliwy, jaki można sobie tylko wyobrazić, sposób na pozbycie się śmieci. Podczas spalania w domowym piecu, kotle węglowym czy też ognisku za domem tworzyw sztucznych, mebli (w szczególności mebli z płyt wiórowych lub lakierowanego drewna oraz odpadów z przemysłu meblarskiego), jak też wielu rodzajów papieru, uwalniane są do otoczenia różne toksyczne substancje chemiczne. Ich stężenia w powietrzu (np. w sąsiedztwie domu palącego odpadami) nie są zwykle na tyle wysokie, by doprowadzić do wystąpienia ostrych reakcji organizmu, a tym bardziej do śmiertelnego zatrucia. Jednak ilości szkodliwych związków chemicznych w powietrzu mogą być wystarczająco wysokie, by w przypadku przewlekłej ekspozycji prowadzić do różnych bardzo negatywnych skutków zdrowotnych, m. in. nowotworów, zaburzeń gospodarki hormonalnej, zaburzeń płodności, i negatywnego wpływu na układ nerwowy w przypadku osób dorosłych, a także bardzo negatywnego ogólnego wpływu na rozwijający się płód.

Zacznijmy od prostych związków chemicznych, i od razu od najbardziej drastycznego przykładu. Kiedy do ognia trafiają przedmioty wykonane z pianki poliuretanowej (np. buty, gąbka z tapicerki mebli, fragmenty pianki używanej do termoizolacji okien czy zwykła gąbka do mycia), jednym z produktów rozpadu tego tworzywa jest bardzo toksyczny gaz - cyjanowodór (HCN), czyli ta sama substancja, która była używana przez nazistów do uśmiercania ludzi w części obozów koncentracyjnych. Z kolei palenie przedmiotów wykonanych z PCV może prowadzić do uwalniania się m. in. znacznych ilości żrącego chlorowodoru, zaś palenie płyt wiórowych, spajanych sztucznymi żywicami, jest przyczyną emisję wysoce toksycznego i rakotwórczego formaldehydu (HCHO).

W wyniku spalania lub termicznego rozkładu tak popularnych tworzyw jak politereftalan

etylenu (PET), używanego do produkcji butelek na napoje, czy polistyrenu (PS) (np. kubki na jogurty, styropian) uwalniane są rakotwórcze węglowodory aromatyczne takie jak benzen i styren a także wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), oraz estry kwasu ftalowego i tereftalowego.

Jeśli chodzi o bardzo szkodliwe związki z grupy dioksyn, to nie jest do końca jasne, jak dużą część ich emisji z sektora komunalno-bytowego w Polsce należy przypisać spalaniu węgla, odpadów węglowych i drewna, a jaką spalaniu bądź współspalaniu odpadów komunalnych, w tym tworzyw sztucznych, jak również odpadów z lakierowanego lub klejonego drewna. Oba te źródła są istotne, niemniej dominujące wydaje się być współspalanie odpadów. Znaczącym źródłem dioksyn jest też spalanie odpadów na otwartej przestrzeni.

Jeśli ktoś miałby wątpliwości, co można spalać w piecu, a czego nie należy, reguła jest prosta: nie powinno się palić niczego poza dobrym węglem kamiennym (oczywiście bez dodatku np. przepalanych olejów silnikowych czy zmielonych opon, jak to czasem ma miejsce), odpowiedniej wilgotności, nielakierowanym, niezanieczyszczonym drewnem, lub specjalistycznym paliwem z biomasy jakim jest pelet drzewny bądź brykiety ze słomy. Nigdy nie wiemy bowiem co zawiera na przykład farba drukarska, którą pokryte są strony czasopisma, które akurat chcemy cisnąć w ogień. Nawet palenie czystego, białego papieru może powodować emisję dioksyn, jeśli papier był bielony związkami zawierającymi chlor. Niedopuszczalne jest spalanie lakierowanego lub malowanego drewna i płyt wiórowych. Nie wolno też rzecz jasna palić jakichkolwiek przedmiotów z tworzyw sztucznych (plastiki, gumy, pianki, sztuczna skóra czy sztuczne tkaniny).

Warto tu zaznaczyć, że w nowoczesnych kotłach węglowych lub kotłach na pelet drzewny spalanie odpadów jest niemożliwe, a przynajmniej daleko trudniejsze niż w prymitywnych urządzeniach grzewczych na paliwa stałe. Oczywiście, spalanie odpadów jest niemożliwe także w przypadku ogrzewania gazem. Stanowi to dodatkowy argument za jak najszybszą wymianą prymitywnych kotłów na paliwa stałe na nowoczesne urządzenia grzewcze opalane bądź także paliwami stałymi, bądź olejem opałowym lub gazem.

Spalanie odpadów powinno mieć miejsce wyłącznie w wyposażonych w odpowiednie urządzenia (np. filtry) profesjonalnych spalarniach, gdzie proces ten odbywa się w określonych warunkach (właściwa temperatura, ilość tlenu) i nie stanowi zagrożenia dla zdrowia ludzkiego (zakładając, że spalarnia działa tak, jak powinna). Wiele osób boi się

wpływu spalarni na środowisko i protestuje przeciwko ich budowie, nie zdając sobie sprawy, że palenie śmieci w gospodarstwach domowych jest nieporównywalnie bardziej niebezpieczne.

Na koniec chcielibyśmy wyraźnie podkreślić, że pomimo ogromnej szkodliwości spalania odpadów w gospodarstwach domowych, to głównie spalanie drewna i węgla jest przyczyną emisji, a zatem i wysokich stężeń zanieczyszczeń takich jak pył zawieszony czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). Nie jest więc tak, jak się czasem twierdzi, że to palenie śmieci jest główną przyczyną fatalnej jakości powietrza w Polsce. Warto jednak pamiętać, że większość z szerokiej gamy toksycznych substancji powstających przy spalaniu śmieci (z wyjątkiem WWA) nie jest obecnie mierzona przez stacje monitoringu środowiska. Zatem nawet gdyby z dnia na dzień udało się wyeliminować w Polsce proceder nielegalnego spalania odpadów, prawdopodobnie nie zauważylibyśmy wyraźnej różnicy w danych dotyczących stężeń benzo[a]pirenu, pyłu PM 10 i PM 2.5.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzkie

Wysokie poziomy zanieczyszczeń powietrza, z jakimi mamy do czynienia w Polsce, mają bardzo poważny wpływ na zdrowie i życie mieszkańców naszego kraju. Poniżej omawiamy najważniejsze skutki zdrowotne narażenia na zanieczyszczenia powietrza.

Ekspozycję na zanieczyszczenia powietrza umownie dzielimy na krótkoterminową (kilka godzin do kilku dni) i długoterminową (powyżej kilku miesięcy). Oczywiście, nie zawsze można jednoznacznie i precyzyjnie rozgraniczyć te dwa rodzaje narażenia.

RYS. 13. WYBRANE PRZYKŁADY WPŁYWU ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA NA ZDROWIE LUDZKIE



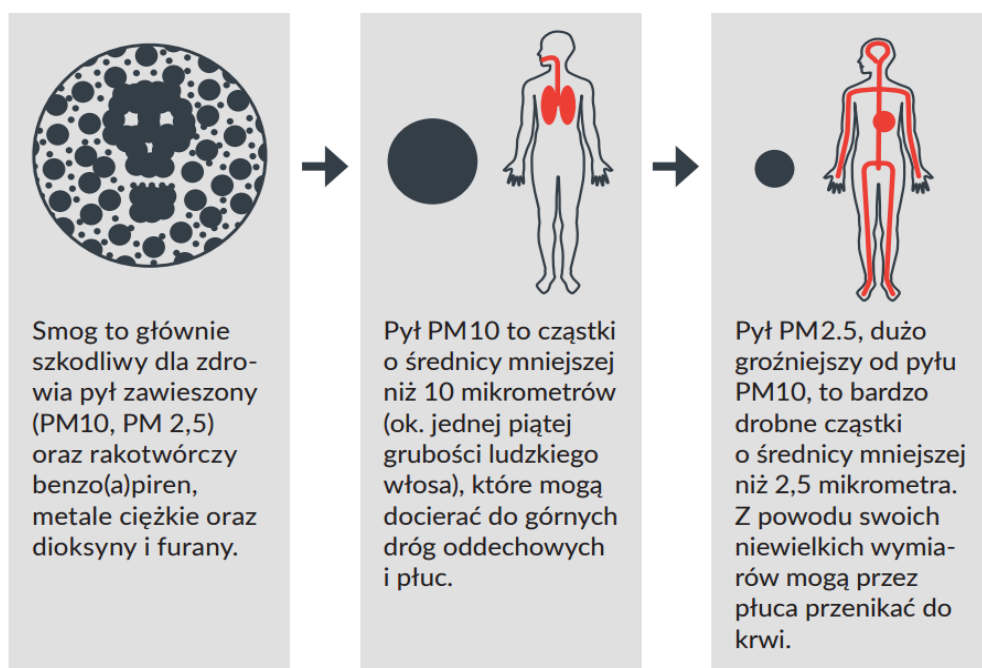
Efekty zdrowotne przewlekłej ekspozycji na pył zawieszony już są obecnie bardzo dobrze poznane, i zostaną omówione w dalszej kolejności. Co istotne jednak, bardzo niebezpieczne może być nie tylko wieloletnie narażenie, ale nawet stosunkowo krótka ekspozycja na pył zawieszony, w szczególności w przypadku wysokich stężeń tej substancji. Szczególnie zagrożone są kobiety ciężarne, dzieci, osoby starsze, oraz osoby cierpiące na choroby układu krążenia lub choroby układu oddechowego, a także osoby otyłe i cukrzycy. Warto podkreślić, iż istnieją badania pokazujące że w danej grupie wiekowej najbardziej wrażliwe na wpływ zanieczyszczeń powietrza są osoby o niskim statusie socjoekonomicznym.

Efekty zdrowotne krótkoterminowego narażenia na pyłowe zanieczyszczenia powietrza

W wielu badaniach wykazano, że krótkoterminowa ekspozycja na PM 2.5 istotnie zwiększa ryzyko zgonu, między innymi z powodu dolegliwości ze strony układu krążenia, ale także ryzyko wystąpienia niekoniecznie kończące się zgonem, niemniej bardzo niebezpiecznych zdarzeń takich jak zawał mięśnia sercowego czy też nagłe zatrzymanie krążenia.

RYS. 14. MECHANIZM ODDZIAŁYWANIA PYŁU ZAWIESZONEGO NA ORGANIZM LUDZKI

CO NAS TRUJE?



Na przykład, duże badania kohortowe obejmujące 43 mln osób z 29 miast europejskich (projekt APHEA-2) wykazały między innymi, że każde zwiększenie średniego dobowego stężenia PM₁₀ o 20 µg/m³ zwiększa ryzyko zgonu o 1.5%. Z kolei badania prowadzone w USA pokazują iż wzrost średniego dobowego stężenia PM₁₀ o 20 µg/m³ jest związany ze wzrostem współczynnika ryzyka zgonu o 0.4-1.0%. Badania australijskie z lat 2000-2010 wykazały istotny związek między poziomem zanieczyszczeń powietrza, m. in. pyłu zawieszonego PM_{2.5} a ilością przypadków nagłego zatrzymania krążenia u osób przebywających w chwili zatrzymania krążenia poza leczeniem szpitalnym. Z kolei badania prowadzone w Polsce (na populacji Katowic) wskazują, że pomimo spadku w ciągu ostatnich dwóch-trzech dekad stężeń innego istotnego zanieczyszczenia powietrza - dwutlenku siarki, wpływ pyłu zawieszonego na umieralność w badanej populacji nie zmalał.

Z licznych innych skutków zdrowotnych krótkotrwałej ekspozycji na pył zwieszony należy wymienić wzrost ciśnienia tętniczego, nasilenie objawów astmy oskrzelowej i wzrost zachorowalności na infekcje dróg oddechowych, w tym zapalenie płuc. Na podstawie dużych badań kohortowych, Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) opracowała zalecenia dotyczące szacowania ryzyka dla różnych zdarzeń związanych z krótkoterminową ekspozycją na pył zawieszony, tj. dla zgonu, hospitalizacji z powodu chorób układu krążenia, włącznie z udarem mózgu, hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego i dla wystąpienia objawów astmy oskrzelowej u dzieci i młodzieży w wieku 5-19 lat.

W związku z tak silnym wpływem krótkoterminowej ekspozycji na zanieczyszczenia pyłowe na zdrowie i życie ludzkie, zalecenia WHO odnośnie stężeń dobowych to 25 µg/m³ dla PM_{2.5} oraz 50 µg/m³ dla PM₁₀. Dla porównania, obecnie obowiązujący w Polsce dla stężeń dobowych pyłu PM₁₀ poziom informowania wynosi 200 µg/m³, zaś poziom alarmowy aż 300 µg/m³, czyli odpowiednio czterokrotnie, i aż sześciokrotnie przekraczający wytyczne WHO. Takie poziomy informowania czy też alarmowania są z punktu widzenia ochrony zdrowia ludzkie zupełnie nieadekwatne, a mieszkańcy naszego kraju są zazwyczaj nieświadomi zagrożenia związanego z narażeniem na wysokie stężenia zanieczyszczeń.

Co więcej, tak wysoki poziom informowania dla pyłu PM₁₀, z jakim mamy do czynienia w naszym kraju oznacza, że dobowe stężenia pyłu PM_{2.5} wynoszą 120 -160 µg/m³, czyli 6-8 krotnie przewyższają zalecenia WHO (przyjmuje się, że 60-80% pyłu PM₁₀ stanowi pył PM

2.5). Z kolei poziom alarmowy dla PM₁₀ oznacza, iż stężenia PM 2.5 najprawdopodobniej mieszczą się w przedziale 180-240 µg/m³, a więc są ekstremalnie wysokie i mogą stanowić bezpośrednie zagrożenie życia, szczególnie w przypadku osób należących do grup szczególnie wrażliwych na wpływ zanieczyszczeń powietrza.

Warto tu jeszcze raz podkreślić, że w Polsce występują bardzo wysokie stężenia PM 2.5 i PM₁₀, od dawna niespotykane w krajach Europy zachodniej, USA i Australii, gdzie wykonano większość cytowanych przez nas badań. Z powodu znacznie wyższego narażenia polskiej populacji, także konsekwencje zdrowotne zanieczyszczenia powietrza w naszym kraju są zapewne znacznie poważniejsze niż (i tak bardzo poważne) skutki zdrowotne obserwowane w ramach badań prowadzonych w krajach o niższych poziomach zanieczyszczenia powietrza.

RYS. 15. PODSTAWOWY ŚRODEK OCHRONY OSOBISTEJ PRZECIWKO PYŁOWYM ZANIECZYSZCZENIOM POWIETRZA: MASKA Z FILTREM HEPA



Skutki zdrowotne długotrwałego narażenia na zanieczyszczenia powietrza

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na umieralność

Poziom zanieczyszczeń powietrza, w szczególności pyłu zawieszonego, istotnie i zauważalnie wpływa na umieralność w ogólnej populacji. Liczba przedwczesnych zgonów spowodowanych zanieczyszczeniami powietrza w Polsce szacuje się na prawie 45tys. (poza pyłem zawieszonym, wpływ na umieralność ma także ekspozycja na dwutlenek azotu i ozon), co jak już wspomniano, wielokrotnie przewyższa liczbę ofiar wypadków komunikacyjnych. Szacuje się także, że oddychanie tak zanieczyszczonym powietrzem, z jakim mamy do czynienia w naszym kraju skraca długość życia statystycznego Polaka od kilku miesięcy do nawet dwóch lat.

Główną przyczyną zgonów związanych z zanieczyszczeniem powietrza są przede wszystkim choroby układu oddechowego, układu krążenia, oraz nowotwory złośliwe, głównie rak płuca. Zwiększone ryzyko zgonu związane z zanieczyszczeniem powietrza dotyczy w przeważającej mierze osób w podeszłym wieku, ale nie tylko. Wywołane przez zawarte w powietrzu substancje choroby nowotworowe mogą występować już w wieku średnim, a nawet u ludzi młodych.

Warto jednak podkreślić, iż w licznych badaniach pokazano z kolei, że zmniejszenie poziomu narażenia populacji na zanieczyszczenia powietrza przekłada się na zmniejszenie umieralności.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ oddechowy

Do najłatwiej zauważalnych skutków zdrowotnych oddychania zanieczyszczonym powietrzem należą dolegliwości ze strony układu oddechowego. Wykazano iż ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza prowadzi do wzrostu zapadalności lub zaostrzenia objawów chorób układu oddechowego takich jak przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP), astma, a także zakażenia układu oddechowego. Warto zaznaczyć, że u osób w podeszłym wieku infekcje układu oddechowego (na przykład zapalenie płuc) często kończą się śmiercią.

Zaostrzenia przebiegu przewlekłej obturacyjnej choroby płuc są obserwowane są zwykle jesienią i zimą, czyli w okresach częstego występowania infekcji układu oddechowego. Jest to też jednak okres znacznego wzrostu stężeń pyłu zawieszonego w powietrzu. Po wykluczeniu

infekcji często jedynym czynnikiem ryzyka zaostrzeń tej choroby u osób niepalących jest właśnie zanieczyszczenie powietrza. Należy podkreślić, że każde zaostrzenie objawów tego schorzenia, które wymaga hospitalizacji, zwiększa ryzyko zgonu, w szczególności u osób cierpiących jednocześnie na choroby układu krążenia.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ krążenia

Wpływ zanieczyszczonego powietrza na układ krążenia najbardziej odczuwają osoby z obecnymi już chorobami układu krążenia, takimi jak niewydolność serca, choroba wieńcowa, nadciśnienie tętnicze. W badaniach udowodniono, że w okresach występowania podwyższonych poziomów zanieczyszczenia powietrza objawy chorób układu krążenia, takie jak duszność, niemiaraowa praca serca, bóle w klatce piersiowej, czy wyraźny wzrost ciśnienia tętniczego krwi mogą znacznie się nasilić nawet u osób zażywających leki. Wykazano także istotny wzrost ryzyka zawału serca, udaru mózgu i zgonu z powodu niewydolności serca, wzrost ryzyka nagłej śmierci sercowej, oraz wzrost śmiertelności ogólnej, a także wzrost częstości hospitalizacji u pacjentów z chorobami układu krążenia. Niektóre składowe zanieczyszczenia powietrza mogą wywołać kurcz naczyń wieńcowych i ból w klatce piersiowej, uczucie braku powietrza, duszność nawet u osób zdrowych.

W ostatnich latach wykazano związek między narażeniem na zanieczyszczenia powietrza a szybszym rozwojem miażdżycy i szybszym starzeniem się układu krążenia. Uważa się, że przewlekłe narażenie na zanieczyszczone powietrze powoduje uogólniony stan zapalny, który dotyczy także naczyń, co łącznie z innymi czynnikami ryzyka, takimi jak nadciśnienie tętnicze, nieprawidłowy poziom cholesterolu, cukrzyca czy palenie papierosów dodatkowo przyspiesza przedwczesne starzenie się naczyń i sprzyja miażdżycy.

Jak stwierdza w swoim oświadczeniu z roku 2010 Amerykańskie Towarzystwo Kardiologiczne (AHA, *American Heart Association*):

„...Ogół dowodów naukowych jest zgodny z postulatem zależności przyczynowo-skutkowej między narażeniem na PM 2.5 a chorobowością i umieralnością z powodu chorób układu krążenia ... Te dowody są znacznie bogatsze i mocniejsze niż przed rokiem 2004, gdy opublikowano poprzednie oświadczenie AHA na ten temat...”

Warto zaznaczyć, że negatywny wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ krążenia potwierdzają także badania prowadzone w ostatnich latach w Polsce.

Zanieczyszczenia powietrza a nowotwory złośliwe

W ostatnich latach obserwuje się zwiększoną częstość występowania wielu nowotworów złośliwych, którego nie można wytłumaczyć jedynie predyspozycją genetyczną ani wiązać wyłącznie z lepszą wykrywalnością nowotworów. Na przykład, w samej tylko Małopolsce u jednej osoby na godzinę rozpoznawany jest nowotwór złośliwy. Choć na powstawanie nowotworów złośliwych ma wpływ wiele różnych czynników, coraz częściej podkreśla się istotny udział wieloletniej ekspozycji organizmu na różnorakie szkodliwe substancje chemiczne znajdujące się w żywności, wodzie i powietrzu w zwiększonej częstości występowania wielu nowotworów. W roku 2013 IARC (Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem) uznała pył zawieszony za substancję kancerogenną. Poza rakiem oskrzela (często stosuje się wymiennie mniej precyzyjną nazwę 'rak płuca'), ekspozycję na pył zawieszony wiąże się też ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia raka pęcherza moczowego.

Głównym czynnikiem ryzyka pewnych odmian histologicznych raka oskrzela było do tej pory palenie papierosów, tymczasem obecnie nowotwór ten pojawia się u coraz młodszych osób, bez narażenia zawodowego na czynniki kancerogenne, które nigdy nie paliły tytoniu.

Wpływ zanieczyszczenia powietrza na układ nerwowy

Badania naukowe prowadzone w ciągu ostatniej dekady dostarczają rosnącej liczby dowodów na negatywny wpływ zanieczyszczenia powietrza na układ nerwowy. Problem ten dotyczy całej populacji, choć szczególnie istotny jest w przypadku dzieci i osób starszych.

Dzieci, których matki w czasie ciąży narażone były na wyższe stężenia zanieczyszczeń powietrza, wypadają zauważalnie gorzej w testach inteligencji, mają też większe problemy z pamięcią, uwagą i koncentracją, wyższy poziom niepokoju, a także częściej wykazują zachowania depresyjne niż dzieci matek w mniejszym stopniu narażonych na zanieczyszczenia.

Wyższe narażenie ciężarnych kobiet na zanieczyszczenia powietrza przekłada się także na

zwiększone ryzyko wystąpienia zaburzeń ze spektrum autyzmu u ich potomstwa.

Pokazano również wyraźną korelację pomiędzy wynikami dzieci i młodzieży szkolnej w nauce i różnych typu testach psychometrycznych a stężeniami zanieczyszczeń powietrza w okolicy szkoły lub miejsca zamieszkania badanych uczniów.

Z kolei u osób starszych, długoletnia podwyższona ekspozycja na pył zawieszony nasila i przyspiesza proces starzenia się układu nerwowego, a w konsekwencji pogłębia upośledzenie zdolności poznawczych i sprawności umysłowej. Jak już wspominaliśmy, okazuje się iż najdrobniejsze cząstki pyłu zawieszonego (obecne m. in. w spalinach emitowanych przez silniki dieslowskie) przenikają z płuc do krwiobiegu, a następnie do różnych narządów, w tym mózgu, gdzie ich obecność może prowadzić do przewlekłego stanu zapalnego oraz do różnorodnych zmian o charakterze degeneracyjnym, w tym zmian podobnych do obserwowanych w chorobie Alzheimera.

Zanieczyszczenie powietrza wywiera także negatywny wpływ na funkcjonowanie układu nerwowego u osób dorosłych, m. in. zwiększając częstość występowania zaburzeń o charakterze depresyjnym, samobójstw, a nawet ryzyko popełnienia przestępstw z użyciem przemocy.

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na płód i noworodki

Dzieci w okresie prenatalnym, a także noworodki są szczególnie narażone na wpływ różnych obecnych w środowisku szkodliwych substancji, z których wiele może z łatwością przenikać poprzez barierę łożyskowo-naczyniową.

Istnieją liczne dowody na związek między ekspozycją ciężarnych matek na zanieczyszczenie powietrza (np. pył zawieszony), a ilością poronień, wewnątrzmacicznego obumarcia płodu, wcześniactwem i niską wagą urodzeniową noworodków. Należy zaznaczyć, że niska waga urodzeniowa i wcześniactwo mogą rzutować na zdrowie człowieka w ciągu całego życia, zwiększając prawdopodobieństwo wystąpienia różnych zaburzeń zdrowotnych.

Wieloletnie badania prowadzone w Krakowie przez zespół prof. Jędrychowskiego wykazały z kolei bardzo wyraźnie korelacje pomiędzy wyższym poziomem ekspozycji matki na pył

zawieszony PM 2.5 i WWA w czasie ciąży, a niższą wagą urodzeniową oraz gorszym ogólnym rozwojem dziecka w wieku późniejszym. Bardzo podobne wnioski płyną z prowadzonych równolegle z krakowskimi badań w Nowym Jorku, a także badań prowadzonych w innych miejscach na świecie.

Okazuje się także, że u dzieci narażonych w okresie prenatalnym na poziom zanieczyszczeń powietrza, z jakim mamy do czynienia w Krakowie, istotnie częściej w wieku późniejszym występuje m. in. astma oraz infekcje dróg oddechowych. Dzieci takie wykazują też zauważalny deficyt w testach inteligencji, mają także większe problemy z koncentracją i uwagą.

Poza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, szczególnie niebezpiecznymi dla zdrowia substancjami są związki z grupy dioksyn, zaliczane do tzw. trwałych zanieczyszczeń organicznych. Związki te dostają się do organizmu ludzkiego głównie drogą pokarmową, szczególnie zanieczyszczone są zazwyczaj jajka, nabiał, ryby i mięso.

Wiadomo, że ekspozycja ciężarnych kobiet już na stosunkowo niewielkie ilości związków z grupy dioksyn prowadzi do licznych negatywnych efektów obserwowanych u ich dzieci, a także zmniejszeniem odsetka urodzeń dzieci płci męskiej. Co więcej, badania na zwierzętach pokazują, że szkodliwe dla płodu są już dawki dioksyn, które nie wywołują żadnych zauważalnych negatywnych skutków u matek, i są wielokrotnie niższe niż te które w wyraźny sposób łączy się z występowaniem nowotworów.

Jak pokazują liczne badania laboratoryjne na zwierzętach, dioksyny należą do grupy związków zaburzających gospodarkę hormonalną (ang. *endocrine disruptors*). W przypadku ludzi, wykazano m. in. że ekspozycja osób dorosłych na te substancje prowadzi do zaburzeń gospodarki hormonami tarczycy. Zjawisko to jest najprawdopodobniej odpowiedzialne za jeden z mechanizmów szkodliwego oddziaływania dioksyn na rozwój układu nerwowego dzieci w okresie prenatalnym; wiadomo bowiem, że rozwój układu nerwowego dziecka krytycznie zależy od poziomu niektórych hormonów (w tym właśnie hormonów tarczycy) matki. Ekspozycja prenatalna na związki z grupy dioksyn wpływa także na poziom hormonów tarczycy u noworodków do 3 miesiąca życia.

Inne badania prowadzone w Holandii wykazały z kolei, iż kilkuletni (7-8 lat) chłopcy, których matki były eksponowane w czasie ciąży na wyższe stężenia dioksyn oraz polichlorowanych bifenyli (PCD) wykazują nasilenie zachowań charakterystycznych płci żeńskiej; efekt ten jest statystycznie istotny.

U osób dorosłych udowodniono związek między narażeniem na dioksyny a zaburzeniami płodności, łącznie z bezpłodnością.

Prof. Adam Grochowalski, od lat badający problem zanieczyszczenia środowiska naturalnego związkami z grupy dioksyn, w jednej ze swoich publikacji przytacza m. in. następujące fakty:

„Udowodniono, że dioksyny (PCDD i PCDF) oraz polichlorowane bifenyle (PCBs) mają bezpośredni wpływ na zakłócenie systemu endokrynnego wydzielania hormonów sterydowych, zwłaszcza progesteronu. Zakłócają również replikację kodu genetycznego. Szczególne działanie w tym zakresie wykazują dioksyny. Efekt działania jest zależny od dawki i czasu ekspozycji na te substancje. Zawartość dioksyn w niektórych środkach spożywczych, może stanowić zagrożenie ich nadmiernej kumulacji w ludzkiej tkance tłuszczowej, czego efektem będzie wykazany w badaniach wpływ na zakłócenie wydzielania hormonów sterydowych, a w konsekwencji nawet bezpłodność. U ludzi jest to proces powolny i głównie z tego powodu był do tej pory niezauważalny. Jednakże pod koniec lat 90tych stwierdzono obserwowalny wzrost przypadków bezpłodności i poronień. Na terenach uprzemysłowionych Polski (głównie na Śląsku) problem ten występuje nawet u ponad 30% kobiet. ”

Faktycznie, pokazano między innymi związek między wyższą ekspozycją na PCDD/F a niższą płodnością zarówno mężczyzn (m. in. obniżona jakość nasienia), jak i kobiet (m. in. średnio dłuższym czasem zajścia w ciążę kobiet starających się o dziecko). Badania wskazują również na związek między narażeniem na dioksyny a prawdopodobieństwem wystąpienia endometriozy.

RYS. 16. PODSTAWOWE ZALECENIA ODNOŚNIE POSTĘPOWANIA W PRZYPADKU WYSTĘPOWANIA WYSOKICH POZIOMÓW ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA.



Zalecenie dotyczące zaprzestania wietrzenia domów i mieszkań nie powinno być realizowane, jeśli źródłem ogrzewania jest piec na gaz lub paliwa stałe pobierający konieczne do podtrzymania procesu spalania powietrze z wnętrza budynku. W takim wypadku może zdarzyć się, że przy słabej wentylacji, na skutek dostarczania do paleniska niedostatecznej ilości tlenu może dojść do powstawania niebezpiecznych ilości bardzo toksycznego tlenku węgla (czadu).

Podsumowanie

Ze względu na bardzo poważne konsekwencje dla zdrowia ludzkiego, jakie ze sobą niesie, zanieczyszczenie powietrza jest obecnie jednym z największych problemów społecznych i cywilizacyjnych w naszym kraju, a jego szybkie i skuteczne rozwiązanie jest jednym z najważniejszych wyzwań stojących w najbliższych latach przed Polską.

Głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza w Polsce jest sektor komunalno-bytowy, będący źródłem tzw. niskiej emisji powierzchniowej. Ten stan rzeczy ma kilka przyczyn. Po pierwsze, większość urządzeń grzewczych znajdujących się obecnie w polskich domach to prymitywne kotły na paliwa stałe, piece kaflowe lub kominki. Po drugie, w powszechnym użyciu są paliwa stałe o bardzo niskiej jakości, takie jak na przykład odpady węglowe (muł, flotokoncentrat) lub węgiel brunatny.

Po trzecie, w całej Polsce powszechny jest też proceder spalania odpadów komunalnych (tworzywa sztuczne, stare meble) w domowych piecach i kotłach, co skutkuje emisją do atmosfery wielu wysoce niebezpiecznych dla zdrowia substancji, dodatkowo zwiększając toksyczność szkodliwych produktów spalania węgla i drewna.

Sytuację pogarsza fakt, że większość polskich domów jednorodzinnych ma bardzo niską efektywność energetyczną (brak jakiegokolwiek ocieplenia skorupy budynku, a często także stara stolarka okienna). Zwiększa to zużycie paliw, a w konsekwencji poziom zanieczyszczenia powietrza.

Tak wysokie poziomy zanieczyszczeń powietrza z jakimi mamy do czynienia w Polsce mają dramatyczny wpływ na zdrowie mieszkańców naszego kraju, powodując liczne schorzenia i dolegliwości ze strony układu oddechowego, układu krążenia, czy układu nerwowego, a także bardzo niekorzystnie oddziałując na rozwijający się płód. Warto po raz kolejny przypomnieć, że zanieczyszczenie powietrza jest w naszym kraju przyczyną ponad 40 tys. przedwczesnych zgonów rocznie. Niesie to za sobą nie tylko bardzo poważne konsekwencje społeczne, ale także koszty ekonomiczne.

W tej sytuacji konieczne są szeroko zakrojone, kompleksowe i szybkie działania. Warunkami koniecznymi dla poprawy obecnego fatalnego stanu rzeczy są po pierwsze: wprowadzenie ogólnokrajowych norm emisyjnych dla urządzeń grzewczych, ogólnokrajowych norm jakości dla paliw stałych, oraz skuteczna kontrola nielegalnego spalania odpadów w gospodarstwach domowych. Jednak równolegle musi być prowadzona w całej Polsce wymiana przestarzałych urządzeń grzewczych na urządzenia nowoczesne, zdecydowanie mniej szkodliwe dla otoczenia. Z zadaniem tym obywatele nie mogą pozostać sami, konieczna jest tu finansowa i organizacyjna pomoc Państwa, głównie pod postacią dotacji lub preferencyjnych kredytów na zakup nowego urządzenia grzewczego. W pewnych przypadkach konieczne jest też wsparcie dla najuboższych mieszkańców w postaci dopłat do nośnika energii, jeśli wymiana

źródła ciepła związana jest ze wzrostem kosztów ogrzewania. Wszystko to wymaga w skali całego kraju bardzo znacznych nakładów finansowych. Warto jednak pamiętać, że jeśli takie działania nie zostaną podjęte, to choćby w ciągu najbliższej dekady koszty ekonomiczne związane z zanieczyszczeniem powietrza będą wielokrotnie większe niż środki konieczne do rozwiązania problemu niskiej emisji.

Bibliografia

Literatura poświęconą skutkom zdrowotnym zanieczyszczenia powietrza jest bardzo obszerna, poniżej prezentujemy jedynie wybrane, najważniejsze pozycje, dla wygody czytelnika pogrupowane tematycznie.

Ocena jakości powietrza, informacje o stężeniach zanieczyszczeń i wielkości emisji:

Strony Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska, na których są prezentowane wyniki pomiarów jakości powietrza:

http://powietrze.gios.gov.pl/gios/site/content/air_quality_online.jsessionid=kXk2JXTKIT2WThwLjSxq22JJIDTZxZ1PC4MJHHLy1Lbdbhc5cPHy!-391151143

Małopolska sieć monitoringu powietrza:

<http://monitoring.krakow.pios.gov.pl/dane-pomiarowe/automatyczne>

Podsumowanie przeprowadzonych w Krakowie i w Zakopanem na przełomie stycznia i lutego 2005 roku kompleksowych badań charakteru emisji zanieczyszczeń do powietrza oraz wpływu tych emisji na zdrowie mieszkańców:

<http://www.krakow.pios.gov.pl/ispra/wnioski.htm>

Raport Europejskiej Agencji Środowiska (EEA):

<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>

<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>

<http://www.eea.europa.eu/publications/eu-emission-inventory-report-lrtap>

Raporty Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) :

http://www.kobize.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/2014/IIR_Poland_2014.pdf

Państwowy Monitoring Środowiska - Inspekcja Ochrony Środowiska
Zanieczyszczenie powietrza wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi w Polsce w 2014 r.

<http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/maps/air/quality/type/R>

Pająk B., Czarnecka L., Dębska B.;

Ocena jakości powietrza w województwie Małopolskim w 2012 roku,
Kraków, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, 2013.

http://www.krakow.pios.gov.pl/publikacje/2013/ocena_jakosci_powietrza_2012.pdf

Pająk B., Czarnecka L., Dębska B., Machalska A.;
Ocena jakości powietrza w województwie Małopolskim w 2013 roku,
Kraków, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, 2014.

http://www.krakow.pios.gov.pl/publikacje/2014/ocena_jakosci_powietrza_2013.pdf

Samek L., Gdowik A., Ogarek J., Furman L. (in press):
Elemental Composition and Rough Source apportionment of Fine Particulate Matter in Krakow, Poland. Environment Protection Engineering.

Rogula-Kozłowska W., Błaszczak B., Klejnowski K.: *Concentrations of PM_{2.5}, PM_{2.5-10}, and PM related elements at two heights in an urban background area in Zabrze (Poland)*, Archives of Environmental Protection 37, no2 (2011) 31-47.

<http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BUS8-0009-0078>

Samek L.; *Source apportionment of the PM₁₀ fraction of Particulate Matter collected in Krakow, Poland*, NUKLEONIKA, 2012, 57, 601

<http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BUI8-0023-0056>

Informacje o emisji i zanieczyszczeniu powietrza związkami z grupy dioksyn:

Adam Grochowalski, Jan Koniecznyński:
PCDDs/PCDFs, dl-PCBs and HCB in the flue gas from coal fired CFB boilers
Chemosphere 73 (2008) 97–103

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18617217>

Adam Grochowalski: *Ambient air concentration and emission of dioxins in Poland*,
Proceedings of the JRC Workshop on the "Determination of Dioxins in Industrial Emissions",
Brno, Czech Republic, 16-19 April 2002.

https://www.google.pl/search?client=ubuntu&channel=fs&q=Proceedings+of+the+JRC+Workshop+on+the+%22Determination+of+Dioxins+in+Industrial+Emissions%22%2C++Brno%2C+Czech+Republic%2C+16-19+April+2002.+&ie=utf-8&oe=utf-8&gfe_rd=cr&ei=kwQBVpKjI9Gv8wf3qKLoCw

Patrz także:

http://www.dioksyny.pl/wp-content/uploads/Results_from_measurements_Poland_2002_Odense.pdf

E. H. Christoph et al.: *PCDD/Fs in ambient air of Krakow – seasonal changes in congener distributions*. Organohalogen Compounds vol. 67 p. 1205-1208 (2005).
<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC32568>

Informacje o związkach chemicznych powstających w procesach spalania i termicznej dekompozycji tworzyw sztucznych:

Barbara C. Levin, Maya Paabo, Mary Lou Fultz and Cheryl S. Bailey:
Generation of hydrogen cyanide from flexible polyurethane foam decomposed under different combustion conditions,
Fire and Materials, Volume 9, Issue 3, pages 125–134, September 1985.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fam.810090305/abstract>

Maya Paabo and Barbara C. Levin:
A review of the literature on the gaseous products and toxicity generated from the pyrolysis and combustion of rigid polyurethane foams,
Fire and Materials, Volume 11, Issue 1, pages 1–29, March 1987 .

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fam.810110102/abstract>

Joshua L. Gurman, Laura Baier and Barbara C. Levin :
Polystyrenes: A review of the literature on the products of thermal decomposition and toxicity
Fire and Materials, Volume 11, Issue 3, pages 109–130, September 1987 .

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fam.810110302/abstract>

Magdalena Krauze, Jerzy Trzeszczyński, Małgorzata Dziecioł.
The influence of temperature and the kind of the atmosphere on polystyrene thermal degradation
Polimery 2003, vol. 48, no10, pp. 701-708.

Małgorzata Dziecioł: *Temperature influence on volatile compounds emitted during thermo-oxidative degradation of poly(trimethylene terephthalate),*
Polimery 2012, vol. 57, no2, pp. 106-110.

Hujuri, U.; Ghoshal, A. K.; Gumma, S. J. Appl. Polym. Sci. 2013, 130, 3993:
Temperature-dependent pyrolytic product evolution profile for polyethylene terephthalate

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.39681/full>

Kristýna Sovová, Martin Ferusa, Irena Matulková, Patrik Španěl, Kseniya Dryahina, Otto Dvořák & Svatopluk Civiš: *A study of thermal decomposition and combustion products of disposable polyethylene terephthalate (PET) plastic using high resolution fourier transform infrared spectroscopy, selected ion flow tube mass spectrometry and gas chromatography mass spectrometry*

Molecular Physics: An International Journal at the Interface Between Chemistry and Physics

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00268970802077876>

I. Martín-Gullón, M. Esperanza, R. Font:

Kinetic model for the pyrolysis and combustion of poly-(ethylene terephthalate) (PET)

Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Volumes 58–59, 1 April 2001, Pages 635–650

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237000001418>

**Wybrane dane i raporty Światowej Organizacji Zdrowia (WHO)
poświęcone tematyce wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie:**

Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report. World Health Organization 2013

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1

Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization 2013

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/238956/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project,-Recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.pdf?ua=1

WHO Air Quality Guidelines, Global Update 2005,

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1

Forastiere F., Kan H., Cohen A.: *Updated exposure-response functions available for estimating mortality impacts. W: WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level.* World Health Organization 2014: 74-91

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-and-tools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf?ua=1

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na umieralność:

Liczba ok. 45 tys. przedwczesnych zgonów przypisywanych rocznie w Polsce zanieczyszczeniu powietrza cytowana za: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014> str 55.

Patrz też:

CBA for the Clean Air Policy Package Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package Version 2 Corresponding to IIASA TSAP Report 11, Version 1, Marzec 2014.

http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/MitigationofAirPollutionandGreenhousegases/TSAP_CBA_corresponding_to_IIASA11_v2.pdf

Luke Clancy, Pat Goodman, Hamish Sinclair, Douglas W Dockery,
Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study,
Lancet 2002; 360: 1210–14.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12401247>

Heinrich J, Thiering E, Rzehak P, Krämer U, Hochadel M, Rauchfuss
KM, Gehring U, Wichmann HE.:
*Long-term exposure to NO₂ and PM₁₀ and all-cause and cause-specific
mortality in a prospective cohort of women*, Occup Environ Med. 2013 Mar;70(3):179-86.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23220504>

Francine Laden, Joel Schwartz, Frank E. Speizer, and Douglas W.
Dockery: *Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality.
Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study*, Am J Respir Crit Care Med Vol 173. pp
667–672, 2006.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16424447>

S Medina, A Plasencia, F Ballester, H G Mücke, J Schwartz, on behalf of the Apheis group:
*Apheis:
public health impact of PM₁₀ in 19 European cities*, J Epidemiol Community Health 2004;
58: 831–836.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15365108>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1763334/>

Boldo E, Medina S, LeTertre A, Hurley F, Mücke HG, Ballester F, Aguilera
I, Eilstein D; Apheis Group: *Apheis: Health impact assessment of long-term exposure to
PM(2.5) in 23 European cities*, Eur J Epidemiol. 2006; 21(6): 449-58. Epub 2006 Jul 7.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16826453>

Ferran Ballester, Sylvia Medina, Elena Boldo, Pat Goodman, Manfred
Neuberger, Carmen Iniguez, Nino Kunzli, on behalf of the Apheis network:

*Reducing ambient levels of fine particulates could substantially improve health: a mortality
impact assessment for 26 European cities*, J Epidemiol Community Health 2008; 62: 98–105.

<http://jech.bmj.com/content/62/2/98>

Pope CA III, Schwartz J, Ransom MR: *Daily mortality and PM 10 pollution*

in Utah Valley. Arch Environ Health 1992; 47: 211–17.

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00039896.1992.9938351#preview>

George D. Thurston et al.: *Ambient Particulate Matter Air Pollution Exposure and Mortality in the NIH-AARP Diet and Health Cohort*, Environ Health Perspect; DOI:10.1289/ehp.1509676

<http://ehp.niehs.nih.gov/1509676/>

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ oddechowy (bez raka płuca i astmy):

Arbex MA, de Souza Conceição GM, Cendon SP, Arbex FF, Lopes AC, Moysés EP, Santiago SL, Saldiva PH, Pereira LA, Braga AL.:

Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease-related emergency department visits, J Epidemiol Community Health. 2009 Oct; 63(10):777-83.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19468016>

Ko FW, Hui DS: *Outdoor air pollution: impact on chronic obstructive pulmonary disease patients*, Curr Opin Pulm Med. 2009 Mar;15(2):150-7.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19532031>

Ko FW, Hui DS.: *Air pollution and chronic obstructive pulmonary disease*. Respirology. 2012 Apr;17(3):395-401. doi: 10.1111/j.1440-1843.2011.02112.x.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22142380>

Neupane B, Jerrett M, Burnett RT, Marrie T, Arain A, Loeb M.:

Long-term exposure to ambient air pollution and risk of hospitalization with community-acquired pneumonia in older adults, Am J Respir Crit Care Med. 2010 Jan 1;181(1):47-53

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19797763?dopt=Abstract>

Hong Qiu et al.: *Coarse particulate matter associated with increased risk of emergency hospital admissions for pneumonia in Hong Kong*, Thorax doi:10.1136/thoraxjnl-2014-205429

<http://thorax.bmj.com/content/early/2014/08/27/thoraxjnl-2014-205429.abstract>

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ krążenia:

To T, Zhu J, Villeneuve PJ et al.: *Chronic disease prevalence in women and air pollution - A 30-year longitudinal cohort study*, Environ Int. 2015; 80:26-32.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25863281>

Pope A, Burnett RT, Thun MJ et al.: *Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-*

term *Exposure to Fine Particulate Air Pollution*. JAMA.2002; 287(9):1132-1141

<http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=194704>

Brook RD, Franklin B, Cascio W et al.: *Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association: Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American heart association*, Circulation 2004, 109(21):2655–2671

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15173049>

Robert D. Brook et al.: *Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease. An Update to the Scientific Statement From the American Heart Association*, Circulation. 2010; 121: 2331-2378

<http://circ.ahajournals.org/content/121/21/2331.full>

Newby DE, Mannucci P, Tell GS et al.: *Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease*, E Heart J (2014) 36, 83–93

<http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/early/2014/12/08/eurheartj.ehu458>

Lee BJ, Kim B, Lee K.: *Air Pollution Exposure and Cardiovascular Disease*, Toxicol Res. 2014 Jun; 30(2): 71–75.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4112067/>

Brook R, Rajagopalan S.: *Particulate Matter Air Pollution and Atherosclerosis*, Curr Atheroscler Rep (2010) 12:291–300

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20617466>

Kateryna Fuks et al.: *Long-term Urban Background Particulate Air Pollution Increases Arterial Blood Pressure, Air Pollution and Cardiovascular Disease, Update on Mechanisms and Epidemiology*

http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/ajrccm-conference.2010.181.1_MeetingAbstracts.A1712

Tim S Nawrot, Laura Perez, Nino Künzli, Elke Munters, Benoit Nemery: *Public health importance of triggers of myocardial infarction: a comparative risk assessment*, The Lancet, Volume 377, Issue 9767, Pages 732 - 740, 26 February 2011.

<http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2810%2962296-9/abstract>

Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, Newby DE.: *Adverse cardiovascular effects of air pollution*, Nat Clin Pract Cardiovasc Med. 2009 Jan;6(1):36-44.

www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19029991

Informacje prasowe o nowych badaniach wpływu zanieczyszczeń powietrza na układ krążenia prowadzonych w Polsce:

<http://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,406315,polskie-badania-potwierdzaja-zanieczyszczenie-powietrza-szkodzi-sercu.html>

Zanieczyszczenia powietrza a nowotwory złośliwe, w tym rak płuca (rak oskrzela):

Parodi S, Santi I, Marani E et al.: *Risk of non-Hodgkin's lymphoma and residential exposure to air pollution in an industrial area in northern Italy: a case-control study.* Arch Environ Occup Health. 2014; 69(3):139-47

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24325744>

Ghosh JK, Heck JE, Cockburn M et al.: *Prenatal exposure to traffic-related air pollution and risk of early childhood cancers.* Am J Epidemiol. 2013; 178(8):1233-9

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23989198>

Clapp RW, Jacobs MM, Loechler EL. *Environmental and occupational causes of cancer: new evidence 2005-2007.* Rev Environ Health. 2008; 23(1):1-37.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18557596>

Hashim D, Boffetta P.: *Occupational and environmental exposures and cancers in developing countries,* Ann Glob Health. 2014; 80(5):393-411

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25512155>

Ghassan B. Hamra et al.:
Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis,
Environ Health Perspect. 2014 Sep; 122(9): 906–911.

www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4154221/

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24911630>

Enrico Pira, Pier Giorgio Piolatto: *Outdoor air pollution and lung cancer: what now?*
Epidemiology Biostatistics and Public Health - 2013, Volume 10, Number 4

<http://ebph.it/article/viewFile/9444/8633>

Denissenko M. F., Pao A., Tang M., Pfeifer G. P.: *Preferential formation of benzo[a]pyrene adducts at lung cancer mutational hotspots in P53,* Science 1996 October 18; 274(5286): 430-215

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8832894>

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na astmę i alergie:

Badanie *Epidemiologia Chorób Alergicznych w Polsce* prowadzone przez Zakład Profilaktyki Zagrożeń Środowiskowych i Alergologii Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego z inicjatywy Ministra Zdrowia.: www.ecap.pl

Jung DY, Leem JH, Kim HC, Kim JH, Hwang SS, Lee JY, Kim BJ, Hong YC, Hong SJ, Kwon HJ: *Effect of Traffic-Related Air Pollution on Allergic Disease: Results of the Children's Health and Environmental Research*, Allergy Asthma Immunol Res. 2015 Jul;7(4):359-66.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25936911>

Ding L, Zhu D, Peng D.: *Meta-analysis of the relationship between particulate matter (PM(10) and PM(2.5)) and asthma hospital admissions in children*, Zhonghua Er Ke Za Zhi. 2015 Feb;53(2):129-35.

<http://www.wip.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25876689>

Oudinet JP et al.: *Towards a multidisciplinary and integrated strategy in the assessment of adverse health effects related to air pollution: The case study of Cracow (Poland) and asthma*, Environ Pollut. 2006;143(2):278-84

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16427169>

Porębski 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(4):760-6

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25528916>

Yamazaki S, Shima M, Yoda Y et al.: *Exposure to air pollution and meteorological factors associated with children's primary care visits at night due to asthma attack: case-crossover design for 3-year pooled patients*. BMJ Open. 2015 May 3;5(4):e005736.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25941174>

Kenneth Donaldson, M Ian Gilmour, William MacNee: *Asthma and PM10* Respir Res. 2000; 1(1): 12–15.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC59535/>

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na układ nerwowy (z wyłączeniem wpływu na rozwój układu nerwowego dzieci w okresie prenatalnym):

Kirsten Weir: *Smog in our brains* (artykuł popularnonaukowy, zawierający odniesienia do kilku cytowany poniżej prac oryginalnych).

<http://www.apa.org/monitor/2012/07-08/smog.aspx>

S. F. Suglia, A. Gryparis, R. O. Wright, J. Schwartz, and R. J. Wright: *Association of black carbon with cognition among children in a prospective birth cohort study*, Am J Epidemiol. 2008 Feb 1; 167(3):280-6. Epub 2007 Nov 15.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18006900>

Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Kreyling W, Cox C.: *Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain*, Inhal Toxicol. 2004 Jun;16(6-7):437-45.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15204759>

L. K. Fonken, X. Xu, Z. M. Weil, G. Chen, Q. Sun, S. Rajagopalan and R. J. Nelson: *Air pollution impairs cognition, provokes depressive-like behaviors and alters hippocampal cytokine expression and morphology*, Molecular Psychiatry (2011) 16, 987–995.

<http://www.nature.com/mp/journal/v16/n10/abs/mp201176a.html>

L. Calderón-Garcidueñas et al.: *Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: a pilot study with children and dogs*, Brain Cogn. 2008 Nov;68(2):117-27. doi: 10.1016/j.bandc.2008.04.008. Epub 2008 Jun 11.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18550243>

Calderón-Garcidueñas L, Azzarelli B, Acuna H, Garcia R, Gambling TM, Osnaya N, Monroy S, DEL Tizapantzi MR, Carson JL, Villarreal-Calderon A, Rewcastle B.: *Air pollution and brain damage*, Toxicol Pathol. 2002 May-Jun;30(3):373-89.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12051555>

A. Campbell et al.: *Particulate Matter in Polluted Air May Increase Biomarkers of Inflammation in Mouse Brain*, NeuroToxicology, Volume 26, Issue 1, January 2005, Pages 133–140.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0161813X04001159>

Beatrice Hauss-Wegrzyniak, Pawel Dobrzanski, James D Stoehr, Gary L Wenk: *Chronic neuroinflammation in rats reproduces components of the neurobiology of Alzheimer's disease*, Brain Research, Volume 780, Issue 2, 12 January 1998, Pages 294–303.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006899397012158>

Mohai P, Kweon BS, Lee S, Ard K.: *Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance*, Health Aff (Millwood). 2011 May;30(5):852-62.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21543420>

Shunqin Wang, Jinliang Zhang, Xiaodong Zeng, Yimin Zeng, Shengchun Wang, and Shuyun Chen: *Children's Health Association of Traffic-Related Air Pollution with Children's Neurobehavioral Functions in Quanzhou, China*, Environ Health Perspect. 2009 October; 117(10): 1612–1618.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2790518/>

Melinda C. Power, Marc G. Weisskopf, Stacey E. Alexeeff, Brent A. Coull, Avron Spiro, and Joel Schwartz: *Traffic-Related Air Pollution and Cognitive Function in a Cohort of Older Men*, Environ Health Perspect. 2011 May; 119(5): 682–687.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3094421/>

Weuve J, Puett RC, Schwartz J, Yanosky JD, Laden F, Grodstein F: *Exposure to particulate air pollution and cognitive decline in older women*, Arch Intern Med. 2012 Feb 13;172(3):219-27.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22332151>

Wpływ zanieczyszczeń powietrza na płód i noworodki oraz gospodarkę hormonalną osób dorosłych:

Tracey J. Woodruff, Jennifer D. Parker, Kate Adams, Michelle L. Bell, Ulrike Gehring, Svetlana Glinianaia, Eun-Hee Ha, Bin Jalaludin, and Remy Slama: *International Collaboration on Air Pollution and Pregnancy Outcomes (ICAPPO)*, Int J Environ Res Public Health, v.7(6); Jun 2010, PMC2905570.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2905570/>

Emily DeFranco, Eric Hall, Monir Hossain, Aimin Chen, Erin N. Haynes, David Jones, Sheng Ren, Long Lu, and Louis Muglia: *Air Pollution and Stillbirth Risk: Exposure to Airborne Particulate Matter during Pregnancy Is Associated with Fetal Death*, PLoS One. 2015; 10(3): e0120594.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4368103/>

Payam Dadvand et al.: *Maternal Exposure to Particulate Air Pollution and Term Birth Weight: A Multi-Country Evaluation of Effect and Heterogeneity*, Environ Health Perspect; DOI:10.1289/ehp.1205575

<http://ehp.niehs.nih.gov/1205575/>

Zhao N et al.: *Ambient air pollutant PM10 and risk of preterm birth in Lanzhou, China*. Environ Int. 2015 Mar;76:71-7. doi: 10.1016/j.envint.2014.12.009. Epub 2014 Dec 30.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25553395>

Przeglądowy artykuł o badaniach grupy prof. Jędrzychowskiego (po polsku)

Wiesław Jędrzychowski, Renata Majewska, Elżbieta Mróz, Elżbieta Flak i Agnieszka Kiełtyka :

Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza drobnym pyłem zawieszonym i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi w okresie prenatalnym na zdrowie dziecka. Badania w Krakowie,

http://www.malopolska.pl/Obywatel/EKO-prognozaMalopolski/Krakow/Documents/Zanieczyszczenia%20powietrza%20w%20Krakowie%20a%20zdrowie%20dzieci_final.pdf

Choi H, Jedrychowski W, Spengler J, Camann DE, Whyatt RM, Rauh V, Tsai WY, Perera FP. : *International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth*
Environ Health Perspect. 2006 Nov;114(11):1744-50.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17107862>

Susan Claire Edwards, Wiesław Jedrychowski, Maria Butscher, David Camann, Agnieszka Kiełtyka, Elżbieta Mróz, Elżbieta Flak, Zhigang Li, Shuang Wang, Virginia Rauh, and Frederica Perera :

Prenatal Exposure to Airborne Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Children's Intelligence at 5 Years of Age in a Prospective Cohort Study in Poland ,

Environ Health Perspect. 2010 Sep; 118(9): 1326–1331.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2944097/>

F. P. Perera et al.: *Effect of prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children*, Environ Health Perspect. 2006 Aug;114(8):1287-92.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16882541>

F. P. Perera et al.: *Prenatal airborne polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and child IQ at age 5 years*, Pediatrics. 2009 Aug;124(2):e195-202.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19620194>

Frederica P. Perera, Deliang Tang, Shuang Wang, Julia Vishnevetsky, Bingzhi Zhang, Diurka Diaz, David Camann, and Virginia Rauh: *Prenatal Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Exposure and Child Behavior at Age 6–7 Years*, Environ Health Perspect. 2012 Jun;120(6):921-6

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22440811>

Linda S. Birnbaum, *Endocrine effects of prenatal exposure to PCBs, dioxins, and other xenobiotics: implications for policy and future research.*
Environ Health Perspect. 1994 Aug; 102(8): 676–679.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1567315/>

Linda S. Birnbaum, *The mechanism of dioxin toxicity: relationship to risk assessment.*
Environ Health Perspect. 1994 Nov; 102(Suppl 9): 157–167.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1566802/>

Elmira F Galimova, Zarema Amirova, Sh N Galimov:
Dioxins in the semen of men with infertility,
Environmental Science and Pollution Research. 06/2014; DOI: 10.1007/s11356-014-3109-z

http://www.researchgate.net/publication/262845356_Dioxins_in_the_semen_of_men_with_in_fertility

Eskenazi B, Warner M, Marks AR, Samuels S, Needham L, Brambilla P, Mocarelli P.: *Serum dioxin concentrations and time to pregnancy,*
Epidemiology. 2010 Mar;21(2):224-31. doi: 10.1097/EDE.0b013e3181cb8b95.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20124903>

Cai LY, Izumi S, Suzuki T, Goya K, Nakamura E, Sugiyama T, Kobayashi H.
Dioxins in ascites and serum of women with endometriosis: a pilot study
Hum Reprod. 2011 Jan;26(1):117-26. doi: 10.1093/humrep/deq312. Epub 2010 Nov 24

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21106495>

Hestien J I Vreugdenhil, Froukje M E Slijper, Paul G H Mulder, and Nynke Weisglas-Kuperus:
Effects of perinatal exposure to PCBs and dioxins on play behavior in Dutch children at school age.
Environ Health Perspect. 2002 Oct; 110(10): A593–A598.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1241045/>

Mary E. Turyk, Henry A. Anderson, and Victoria W. Persky:
Relationships of Thyroid Hormones with Polychlorinated Biphenyls, Dioxins, Furans, and DDE in Adults, Environ Health Perspect. 2007 Aug; 115(8): 1197–1203.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1940071/>

ten Tusscher GW, Koppe JG.: *Perinatal dioxin exposure and later effects--a review,*
Chemosphere. 2004 Mar;54(9):1329-36.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14659426>

A. Grochowalski , *Dioksyny w spalinach ze spalarni i w żywności* ,

<https://www.infona.pl/resource/bwmetal.element.baztech-article-BAT5-0015-0038>

oraz:

http://www.dioksyny.pl/wp-content/uploads/Dioksyny_Spalanie_i_Zywnosc_2006.pdf

(Odsetek urodzin potomstwa płci męskiej a ekspozycja na dioksyny): Richard Clapp, David Ozonoff: Where the boys aren't: dioxin and the sex ratio;

The Lancet, Volume 355, Issue 9218, 27 May 2000, Pages 1838–1839

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673600022807>

(Odsetek urodzin potomstwa płci męskiej a ekspozycja na dioksyny) P. Mocarelli et al.:

Paternal concentrations of dioxin and sex ratio of offspring , The Lancet , Volume 355, Issue 9218, 27 May 2000, Pages 1858–1863

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014067360002290X?via%3Dihub>

Strona National Institute of Environmental Health Sciences poświęcona dioksynom:

<https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/dioxins/>