

W przypadku niektórych rodzajów zanieczyszczeń i niektórych krajów liczącymi się źródłami emisji są również rolnictwo czy sektor zagospodarowania odpadów.

Z wymienionych źródeł emisji do powietrza atmosferycznego trafia wiele substancji zanieczyszczających o zróżnicowanym potencjale wpływu na zdrowie lub środowisko. Wśród najważniejszych, najpowszechniej występujących w powietrzu zanieczyszczeń, należy wymienić: tlenki azotu (NO_x , a zwłaszcza tlenek i ditlenek azotu [NO i NO_2]), tlenki siarki (SO_x , a zwłaszcza ditlenek siarki [SO_2]), tlenek węgla (CO), ozon troposferyczny (O_3), związki organiczne (m.in. lotne związki organiczne [np. benzen], wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne [np. benzo(a)piren – BaP] czy polichlorowane dibenzo-para-dioksyny [np. 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioksyna – TCDD]), jak również cząstki stałe klasyfikowane najczęściej jako PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ (frakcje pyłu zawieszonego o średnicy aerodynamicznej cząstek nieprzekraczającej odpowiednio 10 μm i 2,5 μm). Jakość powietrza, którym oddychamy, nie jest tylko uzależniona od skali emisji wynikającej z obecności wspomnianych źródeł. Ich presja na środowisko jest w pewnej mierze korygowana przez lokalne warunki klimatyczne, meteorologiczne czy topograficzne. Od tych uwarunkowań zależy rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w powietrzu i ich przemiany chemiczne, co sprzyja zmianom stężeń. Niemniej emisja pozostaje dominującym czynnikiem, który warunkuje jakość powietrza i rejestrowane stężenia zanieczyszczeń, choć nie wolno pomijać aspektów związanych z procesami zachodzącymi w atmosferze, jak w szczególności: transport, dyfuzja turbulencyjna, sucha i mokra depozycja czy przemiany fizykochemiczne, przyczyniające się m.in. do powstawania zanieczyszczeń wtórnych (np. ozonu troposferycznego). Zatem istotne znaczenie dla kształtowania jakości powietrza będzie miał także stopień rozproszenia źródeł emisji (punktowe, liniowe, powierzchniowe) czy właściwości związane z ukształtowaniem i pokryciem terenu. Przebieg zachodzących procesów będzie uzależniony również od warunków meteorologicznych, w tym takich jak typ cyrkulacji atmosferycznej, stan równowagi atmosfery, prędkość i kierunek wiatru, temperatura powietrza i jej pionowy gradient, wysokość tzw. warstwy mieszania, wielkość i rodzaj opadów atmosferycznych, natężenie promieniowania słonecznego czy wilgotność powietrza.

Rokrocznie Inspekcja Ochrony Środowiska, przez 17 inspektoratów wojewódzkich, dokonuje oceny jakości powietrza w wyznaczonych strefach (wyznaczonych ze względu na ochronę zdrowia człowieka i ochronę roślin) – odrębnie dla każdego z zanieczyszczeń. Opiera się na obowiązujących obecnie przepisach (w szczególności: Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 roku w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu [Dz.U. 2012 poz. 1031], Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy [Dz.U. L 152 z dnia 11 czerwca 2008 roku, s. 1–44], zwanej dyrektywą CAFE, oraz Dyrektywie 2004/107/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 roku w sprawie arsenu, kadmu, rtęci, niklu i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu [Dz.U. L 23 z dnia 26 stycznia 2005 roku, s. 3–16]), w których określone

są m.in. kryteria i sposoby pomiaru substancji zanieczyszczających powietrze. Monitoruje się łącznie 12 zanieczyszczeń podlegających ocenie:

- substancje gazowe
 - ditlenek siarki (SO_2),
 - ditlenek azotu (NO_2),
 - tlenek węgla (CO),
 - benzen (C_6H_6),
 - ozon (O_3),
- zanieczyszczenia pyłowe
 - pył zawieszony PM_{10} ,
 - pył zawieszony $\text{PM}_{2,5}$,
- zanieczyszczenia oznaczane w pyłach PM_{10}
 - metale ciężkie:
 - ołów (Pb),
 - kadm (Cd),
 - nikiel (Ni),
 - arsen (As),
 - benzo(a)piren (BaP) – jeden z wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, traktowany jako substancja wskaźnikowa dla zanieczyszczenia powietrza przez WWA.

Od 2010 roku Polska podzielona jest na 46 stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza ze względu na ochronę zdrowia człowieka (ze względu na ochronę roślin jest to 16 stref), spośród nich zaś wyróżnia się odrębnie: aglomeracje miejskie (miasta o liczbie mieszkańców powyżej 250 tys.), miasta niebędące aglomeracjami, w których liczba mieszkańców przekracza 100 tys., oraz pozostałe obszary województw niebędące częściami składowymi wymienionych obszarów miejskich.

Strefy, na terenie których stwierdza się występowanie obszarów z przekroczeniami dopuszczalnych stężeń jednego zanieczyszczenia lub większej liczby zanieczyszczeń powietrza, zalicza się do klasy C. Z kolei strefy, w których jakość powietrza spełnia standardy wyznaczone na podstawie wspomnianych wcześniej aktów prawnych, a więc gdzie nie występują przekroczenia wartości dopuszczalnych, zalicza się do klasy A (do 2014 roku, w przypadku niektórych rodzajów zanieczyszczeń możliwe było również zaliczenie strefy do klasy B, oznaczające, że przekroczone zostało stężenie dopuszczalne, ale nie został przekroczony poziom wyznaczony przez dodatkowy margines tolerancji). Zaliczenie strefy do klasy C wskazuje na potrzebę podjęcia określonych działań naprawczych, które w założeniu powinny prowadzić do zmniejszenia stężeń zanieczyszczenia powodującego zaliczenie danej strefy do klasy C.

Według danych Inspekcji Ochrony Środowiska z lat 2010–2016, o zaliczeniu niektórych obszarów w Polsce do tzw. klasy C, decyduje sześć zanieczyszczeń: pył PM_{10} i związany z nim benzo(a)piren (BaP) oraz pył $\text{PM}_{2,5}$ w mniejszym zaś stopniu NO_2 , O_3 i As. W przypadku zanieczyszczeń pyłowych dopuszczalne stężenia są przekraczane regularnie w około 40 (dla PM_{10}) i ponad 20 (dla $\text{PM}_{2,5}$) strefach, a poziom docelowy

dla związanego z pyłem benzo(a)pirenu jest przekraczany w ponad 40 strefach (w niektórych latach nawet we wszystkich 46). Przekroczenia stężeń dopuszczalnych ditlenku azotu, ozonu i arsenu, w zależności od roku, dotyczyły od dwóch do ośmiu stref. Przykładowo w 2016 roku tylko w dwóch strefach (aglomeracja białostocka i miasto Olsztyn) nie stwierdzono przekroczeń wartości normatywnych żadnego z zanieczyszczeń i przypisano je do klasy A. Pozostałym 44 strefom wskutek przekroczenia stężenia dopuszczalnego przynajmniej jednego zanieczyszczenia przypisano klasę C.

Polskie społeczeństwo cechuje coraz większa świadomość w zakresie problemów jakości powietrza, źródeł emisji zanieczyszczeń, skutków, jakie generują one dla zdrowia człowieka, jak również metod ograniczania emisji. W tę tematykę wpisuje się również rosnąca potrzeba wiedzy o jakości powietrza, w szczególności w najbliższej okolicy miejsca zamieszkania. Z owym zagadnieniem związany jest rozwój niskokosztowych urządzeń pomiarowych, które jednak w wielu przypadkach nie dostarczają rzetelnej wiedzy o jakości powietrza ze względu na zastosowanie niezwyfikowanych metod pomiarowych. Ponadto poszczególne składniki zanieczyszczeń bardzo rzadko występują pojedynczo, a zazwyczaj wspólnie z innymi substancjami (zwykle powstającymi w procesach spalania). Trudne jest więc jednoznaczne powiązanie konsekwencji narażenia z określonymi pojedynczymi związkami chemicznymi.

Z myślą o rosnącej świadomości zagrożenia stworzono indeksy jakości powietrza wyrażające informację o stężeniach mieszaniny zanieczyszczeń w postaci jednej liczby (będącej odzwierciedleniem określonych stężeń wybranych zanieczyszczeń powietrza), odpowiedniego koloru przypisanego konkretnym przedziałom stężeń zanieczyszczeń lub kombinacji obu tych metod. Indeksy Jakości Powietrza (*Air Quality Indices – AQI*) są prostymi wskaźnikami, swego rodzaju syntetycznymi miarami, stosowanymi do prezentowania wyników oceny jakości powietrza. Wyznacza się je na podstawie wyników pomiarów lub prognoz stężeń wybranych zanieczyszczeń powietrza. Indeksy oparte są zwykle na danych uwzględniających stężenia zanieczyszczeń, takich jak pył PM_{10} i pył $PM_{2,5}$, ozon, ditlenek azotu, ditlenek siarki, benzen czy tlenek węgla. Obok wskaźników jakości powietrza do obliczania indeksów stosuje się niekiedy modele szacowania ryzyka zdrowotnego. Przykładami zastosowań tego typu indeksów w warunkach polskich są np. Polski Indeks Jakości Powietrza (PIJP), będący oficjalnym produktem Inspekcji Ochrony Środowiska, czy też Warszawski Indeks Powietrza, występujący w wersji ogólnej (służącej do informowania wszystkich zainteresowanych o bieżącej i prognozowanej jakości powietrza), jak też zdrowotnej (służącej do informowania o ryzyku wystąpienia określonych skutków w wybranych grupach szczególnie wrażliwych na negatywne oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza). Dzięki zastosowaniu takich indeksów osoby zainteresowane informacją o jakości powietrza nie muszą same dokonywać interpretacji stężeń mieszaniny poszczególnych zanieczyszczeń i próbować oceniać potencjalne skutki wynikające z narażenia na te zanieczyszczenia, tylko otrzymują tę informację w postaci syntetycznej miary, z którą związane są

pewne dodatkowe dane na temat zagrożeń, a zwykle również zalecenia co do podejmowania lub niepodejmowania określonych aktywności (np. uprawiania sportu w warunkach zewnętrznych czy korzystania z określonych rodzajów paliw i środków transportu).

1.2. ŹRÓDŁA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

Poszczególne źródła emisji, o których była mowa na początku rozdziału, najczęściej klasyfikuje się jako sektory gospodarki narodowej. Dane o wielkościach emisji pochodzących z poszczególnych sektorów są inwentaryzowane i raportowane zgodnie z wymogami konwencji genewskiej (Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie transgranicznego transportu zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości z 13 listopada 1979 roku). Gromadzone są dane dotyczące wymienionych powyżej podstawowych zanieczyszczeń, jak też kilku innych substancji, w tym w szczególności dodatkowych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i metali, jak również trwałych związków organicznych (polichlorowane bifenyle [PCB], heksachlorobenzen [HCB] czy dioksyny i furany).

Według danych z inwentaryzacji z 2015 roku, **sektor produkcji i dystrybucji energii** jest głównym źródłem emisji **tlenków siarki**. Ma on ponad 58-procentowy udział w emisji wśród wszystkich państw Wspólnoty Europejskiej (UE-28) i przeszło 59-procentowy udział na terenie Polski. Energetyka zawodowa w Unii Europejskiej jest także liczącym się źródłem emisji **tlenków azotu** (niemal 20% całkowitej emisji), w Polsce zaś zaznacza się jej dominujący udział (ponad 32%), głównie ze względu na znaczący wkład energetyki węglowej w całkowity bilans produkcji energii. Udział sektora jest relatywnie wysoki w emisji **pyłów** (ponad 15% w przypadku PM_{10} i niemal 13% w przypadku $PM_{2,5}$, na tle odpowiednio nieco ponad 5% i niespełna 5% średniej unijnej). Jest to również liczące się źródło emisji niektórych metali ciężkich do powietrza, w tym w szczególności rtęci (prawie 39% w UE-28 i ponad 51% w Polsce) oraz niklu (ponad 36% w UE-28 i przeszło 27% w Polsce), a także chromu (20% w UE-28 i niemal 19% w Polsce).

Sektor przemysłu jest widocznym (choć przeważnie niedominującym) źródłem emisji większości zanieczyszczeń inwentaryzowanych zgodnie ze wspomnianą wyżej konwencją. Ma on w skali Unii Europejskiej ponad 51-procentowy udział w emisji niemetanowych **lotnych związków organicznych** (NMLZO). Odpowiada też za ponad 25% całkowitej emisji **tlenków siarki**, niemal 24% emisji **tlenku węgla**, 23% pyłów PM_{10} i 16% pyłów $PM_{2,5}$. W Polsce udział przemysłu w emisjach tych substancji jest nieco mniejszy i wynosi 48% w przypadku NMLZO, niespełna 17% w przypadku tlenków siarki, 12% w przypadku tlenku węgla oraz 15% i 14% odpowiednio dla pyłów PM_{10} i $PM_{2,5}$. Dominująca rola sektora przemysłu zaznacza się też przy emisjach niektórych metali, na co wpływa przede wszystkim zużycie energii w przemyśle. To kluczowe źródło emisji arsenu (niemal 63% w UE-28 i prawie 49% w Polsce), ołowiu (61% w UE-28 i 64% w Polsce), kadmu (55% w UE-28 i 67%