

JAKOŚĆ POWIETRZA – WPROWADZENIE

Wstęp

Jakość powietrza zależy od wielu czynników i w efekcie jest skomplikowanym zagadnieniem. Jakość powietrza to termin używany do określenia stopnia w jakim powietrze w danym miejscu jest wolne od zanieczyszczeń. Zanieczyszczenia powietrza to substancje występujące w atmosferze w stężeniach powyżej poziomu tła, które mają wymierny wpływ na ludzi, zwierzęta i roślinność.

conca^owe

Najczęściej występujące zanieczyszczenia powietrza

Źródła zanieczyszczeń powietrza są liczne i różnorodne, zarówno naturalne, jak i wynikające z działalności człowieka. Do najczęściej występujących zanieczyszczeń powietrza należą:

- **Dwutlenek siarki (SO₂):** SO₂ to bezbarwny, niepalny gaz. Po uwolnieniu do atmosfery SO₂ zamienia się w inne związki, w głównej mierze siarczany, które są ważnym prekursorem emisji wtórnych cząstek stałych. Głównym źródłem SO₂ wynikającym z działalności człowieka jest gaz odlotowy - produkt uboczny powstający przy spalaniu paliw kopalnych (np. węgla i ciężkich paliw opałowych) oraz biomasy, która zawiera siarkę. SO₂ jest wytwarzany naturalnie podczas aktywności wulkanicznej.
- **Tlenki azotu (NO_x):** NO_x to termin ogólny używany dla mieszanin tlenku azotu (NO) i dwutlenku azotu (NO₂). NO_x powstaje w procesach spalania. Większość NO_x emitowana jest jako NO, który następnie przekształca się w NO₂ w reakcji chemicznej z ozonem. NO₂ to gaz w kolorze od pomarańczowego do czerwono-brązowego. W świetle dziennym NO₂ rozkłada się do NO, tak więc zawartość NO_x w otaczającym powietrzu jest wysoce zróżnicowana. Dopuszczalne wartości jakości powietrza istnieją dla NO₂, ale nie dla NO czy NO_x. Wśród naturalnych źródeł NO₂ są pożary lasów i wyładowania atmosferyczne, zaś źródła wynikające z działalności człowieka to spalanie paliw kopalnych i biomasy. Emisje NO_x są ważnym prekursorem emisji wtórnych cząstek stałych.

- **Cząstki stałe (PM):** klasyfikacja cząstek stałych opiera się na ich rozmiarach. Najważniejsza klasyfikacja to: pył zawieszony ogółem (tj. pył), PM_{10} (o średnicy mniejszej niż $10\mu m$), $PM_{2,5}$ (o średnicy mniejszej niż $2,5\mu m$) oraz najdrobniejsze cząstki (o średnicy mniejszej niż $0,1\mu m$). Cząstki stałe określa się mianem „pierwotnych”, jeżeli są bezpośrednio emitowane do atmosfery jako ciała stałe, zaś mianem „wtórnych”, jeśli powstają w wyniku reakcji chemicznych gazów w atmosferze. Źródła cząstek stałych zawartych w powietrzu to pył drogowy, działalność rolnicza, spaliny samochodowe, palone drewno, dym uwalniany podczas pożarów lasów oraz działalność przemysłowa. Cząstki stałe wtórne to ważna frakcja pyłu $PM_{2,5}$, który powstaje z tlenku azotu (NO_x), dwutlenku siarki (SO_2) oraz amoniaku (NH_3).
- **Tlenek węgla (CO):** CO to bezbarwny i bezwonny gaz. To produkt niepełnego spalania, a jego źródła to spalanie paliw kopalnych i procesy przemysłowe, zaś źródła naturalne to pożary lasów.
- **Lotne związki organiczne (LZO):** LZO to związki organiczne, których własności umożliwiają im przejście w postać pary w standardowych warunkach atmosferycznych. Do LZO należą: benzen, glikol etylenowy i formaldehyd. LZO są głównym prekursorem do powstawania ozonu w warstwie przyziemnej i cząstek stałych, które są głównymi składnikami smogu. Źródła LZO mogą być naturalne (np. roślinność) lub związane z działalnością człowieka (np. przemysł chemiczny i spalanie paliw kopalnych). Szacuje się, iż naturalne źródła LZO takie jak lasy, obszary trawiaste i bagna stanowią dużo większy odsetek niż źródła wynikające z działalności człowieka.
- **Ozon (O_3):** ozon nie jest emitowany do powietrza w sposób bezpośredni, lecz powstaje na skutek reakcji chemicznych zachodzących pomiędzy NO_x i LZO przy udziale światła słonecznego. Ozon jest ważną substancją chemiczną występującą w naturalnym stanie w górnych warstwach atmosfery, gdzie blokuje promieniowanie ultrafioletowe, na poziomie przygruntowym może mieć jednak szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi.
- **Amoniak (NH_3):** amoniak to substancja wysoce reaktywna. Nie utrzymuje się w atmosferze przez długi czas, a emisje NH_3 obejmują bardzo duże obszary. Amoniak wchodzi w reakcje, w wyniku których wytwarza siarczan amonu i azotan amonu, które są głównymi składnikami cząstek stałych wtórnych. Około 94% emisji NH_3 w Europie pochodzi z rolnictwa¹.

¹ Europejska Agencja Środowiska 2017. Zanieczyszczenie powietrza ze źródeł o charakterze rolniczym: amoniak przekracza limity emisyjne w 2015r. EEA, 2017.

Gazy cieplarniane: dwutlenek węgla (CO_2) i metan (CH_4) nie są zasadniczo uważane za zanieczyszczenia powietrza, niekiedy jednak nieprawidłowo tak się o nich mówi.

Emisja zanieczyszczeń powietrza a stężenie zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego

Terminy emisja i stężenie są czasami mylone. Emisja to ilość zanieczyszczeń uwalniana do atmosfery z określonego źródła w określonym odstępie czasowym, wyrażona na ogół jako jednostka masy na jednostkę czasu (np. kg/h). Stężenie to ilość zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym na jednostkę objętości, wyrażona na ogół jako jednostka masy na jednostkę objętości (np. $\mu g/m^3$). Stężenie zanieczyszczeń powietrza to termin używany do wyrażenia wartości dotyczących jakości powietrza, które można porównać z wartościami dopuszczalnymi dotyczącymi jakości powietrza ustalonymi na mocy rozporządzenia. W Europie wartości dopuszczalne dotyczące jakości powietrza ustalane są w celu ochrony zdrowia ludzi i/lub środowiska i publikowane są w Dyrektywie o jakości powietrza atmosferycznego².

Charakter źródeł emisji (co jest emitowane, w jakich ilościach jest emitowane, kiedy i jak często jest emitowane, jak wysoko jest emitowane) wraz z meteorologią, klimatem, odległością od źródła oraz ukształtowaniem terenu – to wszystko ma wpływ na stężenie zanieczyszczeń powietrza, dlatego też zależność pomiędzy emisją a stężeniem zanieczyszczeń powietrza nie jest jednoznaczna. Zasadniczo stężenie zanieczyszczeń powietrza to wypadkowa wielu czynników. Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń o dany procent niekoniecznie przełoży się na obniżenie stężenia zanieczyszczeń powietrza o taką samą

² Dyrektywa 2008/50/EC o jakości powietrza atmosferycznego oraz czystszej powietrzu dla Europy: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN>

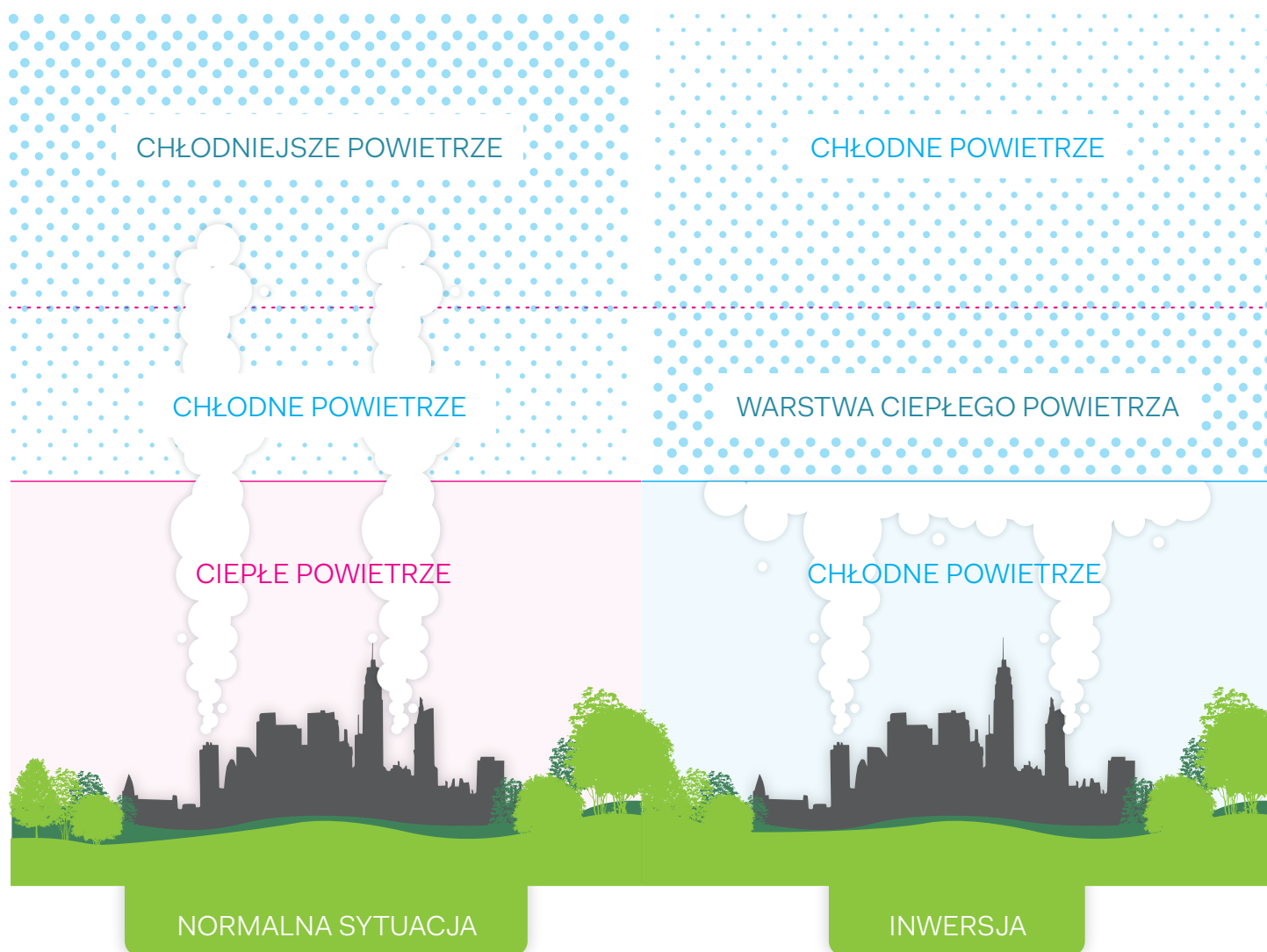
Dyspersja i depozycja

³ Strona internetowa Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) „Rozprzestrzenianie się substancji zanieczyszczających powietrze”: <https://www.eea.europa.eu/publications/2599XXX/page005.html>.

wartość. Z tego powodu strategie kontroli emisji powinny być dostosowane do warunków lokalnych, jak również potrzebna jest współpraca międzynarodowa, aby móc mieć wpływ na stężenie tła.

Dyspersja to przenoszenie się substancji zanieczyszczających powietrze do atmosfery, a depozycja to opadanie tychże substancji na powierzchnie lądowe i wodne bezpośrednio (depozycja sucha) lub poprzez deszcz (depozycja mokra). Wskaźniki i schematy dyspersji zależą w dużym stopniu od warunków środowiskowych takich jak pogoda i meteorologia. Na przykład podczas zjawiska inwersji termicznej w sytuacji, gdy warstwa chłodnego powietrza uwięziona jest przy powierzchni ziemi przez warstwę cieplejszego powietrza powyżej, powietrze nie może unieść się i stężenie zanieczyszczeń przy powierzchni ziemi wzrasta (patrz: rysunek poniżej).

Na ogół wyższe temperatury, słabe wiatry oraz brak opadów powodują reakcje chemiczne w atmosferze i mogą wpływać na słabą jakość powietrza. Na dyspersję zanieczyszczeń w powietrzu ma również wpływ miejscowa i regionalna rzeźba terenu, wysokość oraz typ źródeł emisji oraz wszelkie otaczające budynki czy konstrukcje³.



Metody oceny

Zgodność norm jakości powietrza odnosi się do bliskości wartości stężenia zanieczyszczeń w powietrzu do wartości dopuszczalnych dotyczących jakości powietrza. Dwie metody będące w powszechnym użyciu do oceny jakości powietrza to monitorowanie jakości otaczającego powietrza oraz modelowanie dyspersji.

- **Monitorowanie jakości otaczającego powietrza:** monitorowanie jakości otaczającego powietrza to pomiary poziomów zanieczyszczenia w powietrzu zewnętrznym w określonym miejscu w danym okresie. Lokalizacja stacji monitorujących oraz typ użytego monitora zależą od celu monitoringu. Monitory mogą być umieszczane w pobliżu ruchliwych dróg, na obszarach zamieszkałych, w określonym miejscu budzącym szczególne obawy czy z dala od źródeł emisji w celu określenia poziomu zanieczyszczenia tła. Wiele działań monitorujących ma na celu oszacowanie stopnia narażenia mieszkańców, z tego też względu monitory często umieszczane są na obszarach zamieszkałych. Właściwe umiejscowienie monitorów jest kluczowe, jako że lokalizacja stacji ma olbrzymi wpływ na wyniki pomiarów. W związku z sezonowym charakterem pogody długoterminowy monitoring jest przydatny w pokazaniu różnic w jakości powietrza na przestrzeni dni, miesięcy czy lat.
- **Modelowanie dyspersji:** modele dyspersji atmosferycznej przedstawiają matematyczną symulację rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w atmosferze. Podczas monitorowania otoczenia można jedynie dokonać pomiarów istniejących źródeł emisyjnych, natomiast modele dyspersji to skuteczne narzędzie do przewidywania wpływu przyszłych emisji oraz dodania lub usunięcia źródła na jakość powietrza atmosferycznego. Modele dyspersji są również bardzo przydatne w przewidywaniu stężenia zanieczyszczeń powietrza na obszarach, które nie są objęte monitoringiem. Modele wymagają specyficznych danych wejściowych, by móc przewidzieć stężenie zanieczyszczeń powietrza; obejmują one dane dotyczące źródła emisyjnego (typ źródła, wysokość, natężenie emisji, prędkość uwalniania i temperaturę, itp.), informacje meteorologiczne oraz dane dotyczące rzeźby terenu. Dokładność prognoz modelowych zależy od wprowadzonych danych i założeń. Analizy porównawcze modeli oraz weryfikacja techniczna to ważne sposoby umożliwiające sprawdzenie, czy prognozy modelowe są spójne i właściwe. Istnieją modele dyspersji dostosowane do różnych zastosowań, takich jak modelowanie jakości powietrza na skalę krajową lub miejską, w wybranej instalacji przemysłowej lub na danej drodze.

Stężenie zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego w Europie maleje na przestrzeni ostatnich kilku lat w wyniku konkretnie ukierunkowanych działań i stosowanych środków mających na celu redukcję emisji. Niemniej jednak zanieczyszczenie powietrza to złożona kwestia, jako że zanieczyszczenia uwalniane do środowiska w jednym kraju mogą mieć wpływ na podwyższone stężenie w kraju sąsiednim.

Większość problemów związanych z zanieczyszczeniem powietrza wynika z połączenia działań lokalnych i dalekosiężnych. Współpraca międzynarodowa może przyczynić się do złagodzenia skumulowanych skutków oraz zmniejszenia łącznej ilości emisji.

Przydatne linki

Europejska Agencja Środowiska publikuje arkusze informacyjne dotyczące zanieczyszczeń powietrza dla 28 krajów Unii Europejskiej; arkusze zawierają informacje o tendencjach w zakresie emisji oraz zestawienie krajowych danych w zakresie jakości powietrza w każdym z państw członkowskich. Można je znaleźć tutaj: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-country-fact-sheets-2014/air-pollution-country-fact-sheets-2014>