

Zanieczyszczenie powietrza - wstęp

Poland-AOD

Czas trwania: 45 minut

Czas obserwacji: brak

Wymagane warunki meteorologiczne: brak

Częstotliwość wykonania:

Poziom szkoły: wszystkie

Materiały i przyrządy: brak

1. Wstęp

Zanieczyszczenia powietrza stanowią jeden z największych problemów obecnego świata. Szacuje się, że w Polsce rocznie z powodu zanieczyszczenia atmosfery umiera przedwcześnie ponad 40 tysięcy osób, zaś na świecie liczba ta sięga 7 milionów. Ze względu na tzw. „niską emisję” [1] największy problem z jakością powietrza występuje w okresie jesienno-zimowym. Niską emisją nazywamy zanieczyszczenia pyłowe i gazowe emitowane przez system komunikacji (np. transport samochodowy) oraz pyły i szkodliwe gazy pochodzące z lokalnych kotłowni węglowych i domowych pieców grzewczych, w których spalanie węgla odbywa się w nieefektywny sposób. Dodatkowym problemem jest zła jakość wykorzystywanego węgla. Emisje przemysłowe nie są obecnie dużym zagrożeniem gdyż zostały w ostatnich latach znacząco zredukowane. Dla przykładu ilość emitowanego do atmosfery dwutlenku siarki (SO_2) wynosi jedynie 20% wartości, jaka była emitowana w latach 70 i 80 ubiegłego wieku. Emisje trujących gazów w tamtych latach spowodowały kwaśne deszcze, które odpowiadały za bardzo silną degradację środowiska naturalnego. Przykładem w tym przypadku są zniszczenia znacznej części lasów w rejonie Karkonoszy. Obecnie drzewostan w tym rejonie w dużej mierze został już odbudowany.

Niska emisja w Polsce dominuje w chłodnej porze roku, gdy wiele domostw jest ogrzewanych przy użyciu węgla kamiennego lub biomasy. Jeśli panują niekorzystne warunki meteorologiczne tj. słaby wiatr, inwersja temperatury powietrza oraz wysoka wilgotność względna powietrza to wówczas dochodzi do rozwoju groźnego smogu zwanego smogiem typu londyńskiego. W tym przypadku wyczuwalny jest charakterystyczny zapach spalenizny unoszący się w

powietrzu, a widzialność spada niejednokrotnie poniżej 1 km. W związku z tym najbardziej narażone miejsca na występowanie smogu to miasta o słabej wentylacji oraz kotliny górskie. W tych ostatnich szczególną rolę odgrywa lokalna cyrkulacja powietrza, która w nocy dodatkowo prowadzi do kumulacji zanieczyszczeń na dnie kotliny [2].

Ze smogiem możemy mieć do czynienia również w ciepłej porze roku. W pewnych warunkach może rozwiać się smog fotochemiczny (smog typu Los Angeles) jako efekt oddziaływania emisji komunikacyjnych z intensywnym promieniowaniem słonecznym. Zanieczyszczenie tego typu stanowi w Polsce jednak mniejsze zagrożenie niż smog rozwijający się w chłodnej porze roku.

2. Oddziaływanie na klimat

Aerozole atmosferyczne (często nazywane pyłem zawieszonym w atmosferze) osłabiają promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni ziemi poprzez jego pochłanianie (aerozole absorbujące) oraz rozpraszanie światła w przestrzeń kosmiczną. Im więcej aerozoli w atmosferze tym mniej promieniowania słonecznego dociera do powierzchni ziemi. Mniej energii słonecznej przekłada się bezpośrednio na niższą temperaturę. Najbardziej spektakularne efekty klimatyczne na ziemi z udziałem aerozoli powstają po wybuchach dużych wulkanów. W czasie erupcji do atmosfery dostają się ogromnie ilości pyłu wulkanicznego oraz dwutlenku siarki, który częściowo przekształca się w aerozol wtórny w postaci bardzo małych kropelek kwasu siarkowego. Wybuch wulkanu Tambora w kwietniu 1815r. w Indonezji spowodował, że rok 1816 został odnotowany w kronikach meteorologicznych, jako okres bez lata. Ostatni duży wybuch wulkanu (Pinatubo) miał miejsce w 1991r. spowodował spadek średniej globalnej temperatury przy powierzchni ziemi o ok. 0,5°C. Obniżenie temperatury miało miejsce do 1995r. Wybuch wulkanu Eyjafjoll na Islandii w kwietniu 2010r. spowodował spektakularne wstrzymanie ruchu w europejskiej przestrzeni powietrznej na kilka dni jednak jego efekty były lokalne i nie przyniosły zmian klimatycznych. Drugi typ oddziaływania aerozoli na klimat jest związany z chmurami. Chmury powstają podczas kondensacji pary wodnej zawartej w atmosferze. Proces ten wymaga obecności aerozoli, które wykazują własności higroskopijne (tzw. jądra kondensacji). Polegają one na tym, że cząsteczki aerozoli obniżają punkt kondensacji paru wodnej. Dla przykładu na kryształkach soli morskiej para

wodna zaczyna kondensować już przy wilgotności względnej ok. 75%. Przy dalszym wzroście wilgotności aerozole zostają otoczone warstewką wody, która w chmurach może osiągać rozmiary sięgające kilku a nawet kilkudziesięciu mikrometrów. Gdyby nie było aerozoli na Ziemi rozwój chmur byłby na tyle utrudniony, że w zasadzie nie obserwowalibyśmy ich. Okazuje się jednak, że emisję aerozolu mogą oddziaływać na chmury w szczególności na wielkości i ilość powstających kropelek wody. Im więcej aerozoli tym chmura składa się z większej liczby mniejszych kropelek. Tym samym taka chmura jest jaśniejsza (odbija więcej światła) niż chmura, która powstała w otoczeniu, gdzie znajduje się mniej aerozoli. W konsekwencji chmury bardziej zanieczyszczone chłodzą klimat bo odbijają w przestrzeń kosmiczną więcej światła niż chmury czyste.

Globalnie, wszystkie aerozole zawarte w atmosferze ochładzają system klimatyczny, ale nie wszystkie aerozole chłodzą klimat w jednakowym stopniu. Dodatkowo, niektóre nawet prowadzą do ogrzewania. Aerozole, które ocieplają powietrze zwane są aerozolami absorbującymi gdyż pochłaniają znaczną część promieniowania słonecznego. Najbardziej absorbującym typem aerozoli jest sadza, która jest emitowana do atmosfery podczas niepełnego spalania związków organicznych. Aerozole absorbujące emitowane są do atmosfery wskutek działalności człowieka, ale również podczas pożarów (naturalnych lub wywoływanych przez człowieka). Niewielkie własności absorbujące wykazują również drobiny pyłu pustynnego oraz aerozol wulkaniczny. Aerozole absorbujące poza tym, że pochłaniają promieniowanie słoneczne w atmosferze, istotnie wpływają na własności śniegu. Osadzające się na powierzchni śniegu drobiny sadzy zmniejszają albedo śniegu przyczyniając się do szybszego topnienia śniegu. Zjawisko to jest szczególnie ważne w obszarach polarnych, gdzie wiosną każdego roku dochodzi do transportu silnie zanieczyszczonych mas powietrza niosących aerozol absorbujący. Opadające na powierzchnię śniegu cząstki zmieniają własności optyczne śniegu przyspieszając jego topnienie wiosną i latem.

Pomiary efektu aerozolowego są dość trudne gdyż w atmosferze zawsze jest obecny aerozol i nie możemy wykonać pomiarów w atmosferze idealnie czystej. Naukowcy w tym celu używają modeli, które służą do wyznaczania promieniowania słonecznego w atmosferze pozbawionej aerozoli. Wyniki te odnoszone są do bezpośrednich pomiarów promieniowania słonecznego wykonywanych dla różnych zawartości aerozoli w atmosferze.

3. Podstawowe procesy fizyko-chemiczne

Aerozole atmosferyczne zawarte w atmosferze pochodzą z emisji naturalnych oraz antropogenicznych. Cząstki w postaci ciekłej bądź stałej dostając się do atmosfery podlegają w niej różnym procesom. Dodatkowo aerozole zwane wtórnymi powstają również podczas przemiany fizykochemicznej gazów takich jak dwutlenek siarki czy azotu. W skutek oddziaływania z parą wodną tworzą się drobne kropelki kwasów. W dalszej fazie życia aerozole mogą być wyniesione w atmosferze na duże wysokości gdzie mogą być transportowane z wiatrem setki a nawet tysiące kilometrów. W tym czasie mogą oddziaływać z chmurami wpływając na nie oraz zmieniając przy tym swoje własności fizykochemiczne. Czas życia aerozolu w atmosferze zmienia się w szerokim zakresie od minut przez dni, a nawet po miesiące. Zależy on od wielkości cząstek, wysokości w atmosferze oraz procesów atmosferycznych. Usuwanie aerozolu z atmosfery odbywa się na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na powolnym opadaniu cząstek związanym z działaniem siły grawitacji. W tym przypadku jedynie duże cząstki, których rozmiary przekraczają 1 mikrometr mogą być efektywnie usuwane z atmosfery. Typowe prędkości opadania aerozoli wynoszą kilka milimetrów na sekundę. Drobne cząstki opadają tak wolno, że praktycznie nie ma to znaczenia. W tym przypadku jedynie opady mogą efektywnie oczyścić powietrze. Usuwanie w ten sposób aerozoli z atmosfery nazywa się wilgotną depozycją lub wymywaniem przez opad.

4. Pojęcie pyłu zawieszonego PM i normy prawne

W literaturze naukowej wyróżnia się takie pojęcia jak PM₁₀, czyli masa wszystkich cząstek stałych lub ciekłych o rozmiarach mniejszych lub równych 10 mikrometrów znajdujących się w metrze sześciennym powietrza. Analogicznie PM_{2,5} określa koncentrację masy cząstek, których rozmiary nie przekraczają 2,5 mikrometra. Typowe cząstki zanieczyszczeń zwane inaczej aerozolem są bardzo małe, dlatego nie są widoczne gołym okiem. Cząstki aerozolu o rozmiarach ok. 1 mikrometra są około 40 razy mniejsze niż średnica włosa ludzkiego. Jednostką PM₁₀ i PM_{2,5} jest masa cząstek wyrażana w mikrogramach w metrze sześciennym powietrza ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Typowe wartości PM₁₀ zmieniają się w zakresie od kilku do kilkuset mikrogramów na metr sześcienny. Wynika z tego, że masa

cząstek zawartych w 1m^3 jest bardzo mała i trudna do zmierzenia. Limity koncentracji PM10 oraz PM2,5 ustalone w polskim prawie wynoszą [3]:

- $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla wartości średniej dobowej i 40 dla średniej rocznej PM10
- próg dla PM10 może być przekroczony 35 razy w ciągu roku
- $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla wartości średniej rocznej PM2.5.

Ponadto próg informowania i próg alarmowy dla społeczeństwa wynosi odpowiednio 200 oraz $300\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. W Polsce wartości średnie dobowe jak i średnie roczne są przekraczane w wielu miastach. Podczas warunków smogowych koncentracje PM10 sięgają kilkuset, co oznacza wielokrotne przekraczanie norm. Z punktu widzenia zdrowia najgroźniejszą grupę stanowią najmniejsze cząstki (PM2,5), które poruszając się jak molekuly powietrza dostają się do pęcherzyków płucnych, a nawet są w stanie przeniknąć do krwiobiegu, co czyni je równo szkodliwymi dla układu oddechowego jak i układu krążenia. Większe cząstki mogą powodować stany zapalne spojówek oraz błony śluzowej nosa i gardła.

5. Monitoring i modelowanie komputerowe pyłu

Monitoring zamieszczeń powietrza prowadzony jest przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska podlegające pod Główny Inspektorat Ochrony Środowiska [1]. W ramach tego programu wykonuje się pomiary koncentracji PM10 i PM2,5 jak również koncentracji zanieczyszczeń gazowych takich jak SO_2 , NO_2 , O_3 . Dodatkowo, prowadzi się niekiedy szczegółowe pomiary składu chemicznego pyłu. Wyniki podstawowych pomiarów są publikowane w Internecie przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska oraz na stronie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (<http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>). Ze względu na dużą zmienność czasoprzestrzenną koncentracji zanieczyszczeń liczba stacji pomiarowych działających na terenie Polski jest niewystarczająca do rzeczywistej oceny stanu jakości powietrza. Dlatego do wyznaczania rozkładu przestrzennego stosuje się modele komputerowe, które są używane do wyznaczania koncentracji podstawowych zanieczyszczeń powietrza. Dodatkowo, zaletą tego typu metod jest przewidywanie przyszłych stanów tzw. pogoda chemiczna. Niestety, jakość tych prognoz nie jest idealna ze względu na szereg procesów fizykochemicznych, które nie są w pełni rozpoznane bądź trudne do odtworzenia w wirtualnej rzeczywistości współczesnych komputerów.

6. Literatura

[1] Pyły drobne w atmosferze Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce

http://www.gios.gov.pl/images/aktualnosci/Pyly_drobne_w_atmosferze.Kompendium_wiedzy.pdf

[2] Markowicz, K., Fizyka smogu, Fizyka w Szkole 4/2014