

Efekt cieplarniany



Analiza klimatu w ciągu ostatnich kilkunastu tysięcy lat, czyli po ustąpieniu lądolodu z umiarkowanej strefy klimatycznej Europy, wykazała niewielkie fluktuacje temperatury. Jednak w XX stuleciu wyraźnie zaznaczył się wzrostowy trend temperatury na świecie. Przyczyną tego coraz bardziej niepokojącego zjawiska są niewidzialne gazy, które w związku z procesami cywilizacyjnymi zaczęły się w zbyt dużych ilościach przedostawać do atmosfery.

Każdy, kto w pogodny dzień wszedł do szklarni, natychmiast musiał zauważyć, że w środku jest znacznie cieplej niż na zewnątrz, pomimo że nie ma tam żadnego dodatkowego ogrzewania. Widzialne promienie słoneczne, padając na szyby szklarni, przenikają do środka i nagrzewają ziemię, na której rosną rośliny. Rozgrzana ziemia zaczyna wysyłać promieniowanie podczerwone (o większej długości fali niż padające na szyby promieniowanie widzialne), dla którego szkło stanowi barierę nie do przebycia. Zatrzymane promieniowanie podczerwone podnosi temperaturę wnętrza szklarni.



Szyby szklarni selektywnie przepuszczają promieniowanie elektromagnetyczne, co powoduje wzrost temperatury wewnątrz budynku

Aby jednak takie zjawisko mogło zaistnieć w skali globalnej na Ziemi, musiałoby się znaleźć jakieś ciało, które na ogromnej powierzchni pełniłoby funkcję gigantycznej szyby. Okazało się, że jest to możliwe.



Dzięki bąblom powietrza uwięzionym w lodach Antarktydy udało się określić stężenie dwutlenku węgla w powietrzu pochodzącym sprzed setek i tysięcy lat

W roku 1896 szwedzki fizykochemik Svante August Arrhenius wysunął hipotezę, że przyjazne dla życia temperatury na naszej planecie są wynikiem obecności dwutlenku węgla. Gdyby nie ten gaz (a powietrze zawiera go bardzo mało, zaledwie trochę ponad 0,03 proc.), klimat na Ziemi byłby znacznie surowszy. Obliczono, że średnia temperatura zamiast $+15^{\circ}\text{C}$, wynosiłaby -18°C .

Ta minimalna (w porównaniu z gazami składającymi się na ponad 99,9 proc. powietrza) zawartość dwutlenku węgla jest przyczyną tego, co określa się jako "efekt cieplarniany" lub "efekt szklarniowy". Korelację między wzrostem stężenia dwutlenku węgla w powietrzu a wzrostem średniej temperatury globalnej udowodniono doświadczalnie.



Efekt cieplarniany:

1. Słońce
2. Zatrzymane promieniowanie podczerwone
3. Gazy cieplarniane
4. Ulatniające się promieniowanie

W lodach Antarktydy i Grenlandii znaleziono bąble gazowe z powietrzem uwieczonym w lodzie przed wiekami, a nawet tysiącletni. Wiek takiego powietrza można było stosunkowo łatwo obliczyć metodami izotopowymi. Precyzyjne badania wykazały, że w powietrzu pochodzącym sprzed około 15 000 lat ilość dwutlenku węgla

wynosiła około 200 ppm (ppm to jednostka określająca zawartość w częściach na milion; jej nazwa pochodzi od angielskich słów parts per million - zatem 1 proc. = 10 000 ppm). Na początku XVII wieku zawartość CO₂ wzrosła do 278 ppm, w połowie XX stulecia osiągnęła 310 ppm, a obecnie przekracza 350 ppm. Należy przy tym zaznaczyć, że punkty pomiarowe zakłada się w terenach nieskażonych, odległych od rejonów wysoce uprzemysłowionych. Oczywiście, możliwe są wahania związane z porami roku. Zimą stężenie CO₂; zwiększa się, ponieważ spala się więcej paliwa w celach grzewczych, a jednocześnie spada asymilacja tego gazu przez rośliny tracące liście. Niezależnie jednak od fluktuacji sezonowych krzywa zawartości dwutlenku węgla w atmosferze nieustannie pnie się do góry.

Przyczyna wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze jest związana z działalnością człowieka. Rozwój przemysłu wymuszony przez wymagania cywilizacyjne nieuchronnie wiąże się ze spalaniem ogromnej ilości paliw. Paliwa te (węgiel kamienny, ropa naftowa, gaz ziemny) jako główny produkt spalania dają CO₂. Ale nie tylko

spalanie paliw dostarcza nadmiernych ilości tego gazu. Rabunkowa i nieprzemysłana gospodarka człowieka prowadzi do systematycznego wylesiania dużych obszarów. Mniejsza powierzchnia lasów to mniej dwutlenku węgla pochłoniętego w procesie fotosyntezy. Dochodzi do tego wreszcie efekt zwiększonej intensywności gnicia odpadów w rozszerzających się agrocenozach.

Nowsze badania wykazały, że w atmosferze ziemskiej pojawiły się gazy, które jeszcze silniej niż dwutlenek węgla pochłaniają niewidzialne dla oka promieniowanie podczerwone, odprowadzające w przestrzeń kosmiczną nadmiar ciepła ziemskiego. Do tych gazów cieplarnianych należą: metan, tlenki azotu, ozon i freony. Metan "zasila" powietrze głównie w wyniku mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej na wysypiskach śmieci, w kolektorach ścieków komunalnych, na zalanych wodą polach ryżowych, a także powstaje podczas spalania drewna i w jelitach hodowanego w coraz większych ilościach bydła domowego. Tlenki azotu pochodzą głównie ze spalin samochodowych oraz z nawozów sztucznych. Wzrost zawartości tlenków

azotu jest sprzężony ze wzrostem ozonu, który tworzy się w procesach fotochemicznych katalizowanych przez połączenia azotu z tlenem. Ozon stratosferyczny chroni powierzchnię naszej planety przed zgubnymi skutkami słonecznego promieniowania ultrafioletowego, jednak ozon troposferyczny przyczynia się w dużym stopniu do efektu cieplarnianego. Głównym dostarczycielem freonów do atmosfery był przez lata przemysł chłodzarski i kosmetyczny. Zgodnie z porozumieniami międzynarodowymi obecne aerozole nie zawierają już freonów.

Pomimo dużej emisji wymienionych gazów cieplarnianych ich ilości w powietrzu mierzone w procentach lub ppm są śladowe. Jednak gazy te pochłaniają promieniowanie podczerwone znacznie silniej niż dwutlenek węgla. Do tego freony pochłaniają pasma promieniowania ciepłego o długościach fali nieabsorbowanych przez pozostałe gazy cieplarniane. Z tego powodu mimo bardzo małych ilości bezwzględnych łączny skutek gazów cieplarnianych już prawie dorównuje, a niedługo pewnie przewyższy efekt dwutlenku węgla.



Rozwój przemysłu i intensywne wycinanie lasów stanowią główne przyczyny zwiększania się zawartości dwutlenku węgla w atmosferze

Prawdopodobnie w ciągu najbliższych lat nie uda się powstrzymać wzrostu stężenia gazów cieplarnianych w powietrzu. Produkcja przemysłowa zwiększy się, ludzie w poszukiwaniu terenów uprawnych i cennych gatunków

drewna będą nadal wycinać lasy. Jakich zatem należy się spodziewać skutków takiego zjawiska i czy może być ono groźne dla człowieka? Jak zawsze w wypadku prognoz, tak i tym razem nie ma całkowitej pewności co do przebiegu zdarzeń, jednak uczeni spróbowali stworzyć prawdopodobny scenariusz.

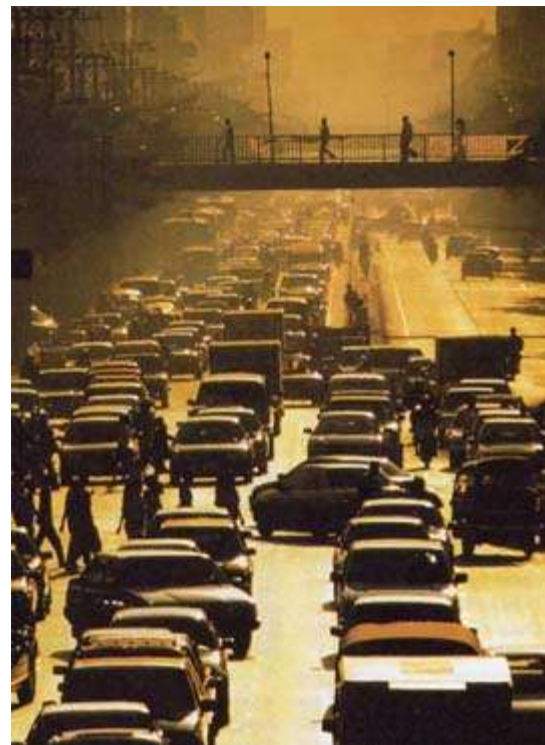
Najoczywistszym skutkiem globalnego ocieplenia wydaje się kurczenie czapy lodowej na biegunach. Topnienie lodowców spowoduje podniesienie się poziomu mórz i oceanów. Wiele nizin nadmorskich, nie mówiąc już o przybrzeżnych depresjach, zostanie zalanych. Dla wielu wysp na Oceanie Indyjskim i na Karaibach będzie to nieodwołalny wyrok śmierci. Dla Polaków bardziej spektakularne są wyliczenia wskazujące, że ilość wody uwięziona w lodach okołobiegunowych wystarczy do całkowitego zniszczenia takich miast, jak: Szczecin, Koszalin, Słupsk, Malbork i Elbląg oraz niżej położonych rejonów Gdyni i Gdańska.

Warto też pamiętać, że na północnych krańcach Eurazji oraz Ameryki Północnej znajdują się ogromne obszary wiecznej marzłoci, czyli bagien, które nie zdążyły jeszcze rozmarznąć od czasu ostatniego zlodowacenia. Jeżeli gleba na tych obszarach zacznie rozmarzać, to z bagien uwolnią się ogromne ilości metanu i gwałtownie spotęgują efekt cieplarniany, a wtedy skutki takiego sprzężenia zwrotnego mogą być naprawdę katastrofalne.

Mniej oczywiste i wywołujące więcej sporów wśród uczonych są prognozy dotyczące wpływu ocieplenia klimatu na rośliny i zwierzęta. Przede wszystkim najprawdopodobniej zwiększy się ilość opadów, ponieważ cieplejsze powietrze oznacza wzmożone parowanie mórz i oceanów. Wzrost temperatury i opadów będzie równoznaczny z przesuwaniem się rejonów roślinności i upraw na północ (na półkuli południowej na południe, ale tam w rejonach umiarkowanych prawie nie ma łądów, więc globalnie będzie się liczyła tylko półkula północna). Zbyt szybkie przesuwanie się zasięgów roślin i zwierząt może zaburzyć równowagę ekologiczną. Niektóre arktyczne zwierzęta stracą możliwość migracji ze względu na zanik pokrywy lodowej między wyspami. Prawdopodobnie zwiększą się obszary pustyń i stepów.

Jedyny radykalny sposób zatrzymania tego niekorzystnego dla ludzkości pędu ku ciepłu stanowiłby cywilizacyjny powrót do okresu przedprzemysłowego i czekanie na to, aż przyroda wyrówna bilans dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych. To jednak jest zupełnie niewykonalne. Dlatego też powinno się zrobić wszystko, by wyraźnie spowolnić narastanie efektu cieplarnianego. Podstawowe znaczenie ma

zmniejszenie zużycia paliw kopalnych i wykorzystanie alternatywnych źródeł energii, takich jak wodór, energia słoneczna lub wiatrowa. Należałoby natychmiast ograniczyć wycinanie lasów. Wymaga to jednak zdecydowanych działań finansowych organizacji międzynarodowych. Trzeba pamiętać, że w ubogich krajach Afryki, Azji i Ameryki Południowej wycinanie lasów ma głównie podłoże ekonomiczne - biedna ludność wszelkimi sposobami próbuje znaleźć środki do życia.



Podwyższenie zawartości takich gazów cieplarnianych jak tlenki azotu i ozon następuje przede wszystkim na skutek gwałtownego rozwoju motoryzacji

Z kolei udoskonalenie technologii spowoduje oszczędności energetyczne i mniejsze spalanie paliw. Wzrost energochłonności procesów przemysłowych pociąga za sobą zwiększenie emisji CO₂ na jednostkę dochodu narodowego.

Efekt cieplarniany

- **Globalne ocieplenie klimatu**
- **Gazy cieplarniane**
- **Zagrożenia**

GLOBALNE OCIEPLENIE KLIMATU

Przez ostatnie 3,5 miliarda lat, czyli od czasu kiedy na Ziemi pojawiło się życie, klimat kuli ziemskiej ulegał wielkim zmianom. W ciągu tego okresu Słońce wysyłało w kierunku naszej planety coraz większe ilości ciepła. Mimo to, panujące warunki sprzyjały rozwojowi życia roślin i zwierząt. Być może działał tutaj jakiś czynnik samoregulujący, ale zanim ludzie zdążyli go odkryć, rozpoczęli własne "eksperymenty" ze zmianą klimatu.

Obecnie na Ziemi obserwuje się wzrost temperatury w skali globalnej. Krótko mówiąc z roku na rok klimat ziemski staje się cieplejszy. Jeśli ten proces będzie trwał nadal, to po upływie jakiegoś czasu życie na Ziemi teoretycznie może stać się niemożliwe. Każda gwałtowna zmiana klimatu wiąże się ze zmianami w przyrodzie, a co za tym idzie także w naturalnym łańcuchu pokarmowym. Wyginięcie jakiegoś gatunku roślin lub zwierząt na skutek nieprzystosowania się do nowych warunków klimatycznych może powodować wymieranie następnych gatunków. Dla ludzi oznacza to ogromne zmiany w rolnictwie i rybołówstwie, nie mówiąc już o topnieniu lodów na biegunach Ziemi i zagrożeniu zalaniem ogromnych obszarów lądów na skutek podwyższenia się poziomu wód oceanicznych.

O klimacie Ziemi decyduje w dużej mierze ilość energii otrzymanej od Słońca, a dokładniej równowaga pomiędzy energią otrzymaną i magazynowaną, a energią która zostaje odbita z powrotem w kosmos. Gazy atmosferyczne, chmury, oceany i lądy magazynują energię otrzymaną od Słońca i przekształcają ją w ciepło, które ogrzewa planetę, reguluje wiatry i opady deszczu.

Głównym czynnikiem regulującym temperaturę na naszej planecie jest ilość ciepła jaką może w każdej chwili zmagazynować atmosfera ziemiska. Obecne w niej tzw. "gazy cieplarniane" odgrywają znaczącą rolę w procesie magazynowania energii cieplnej. Pozwalają na przenikanie światła do Ziemi, ale zatrzymują ciepło, tak jak dzieje się to w szklarniach - szklane tafle przepuszczają światło słoneczne, ale tylko część uzyskanego w ten sposób ciepła zostaje odprowadzona na zewnątrz. Większość zostaje zmagazynowana pod szklaną powłoką. W przyrodzie taką szklaną taflą są właśnie gazy cieplarniane, a właściwie ich odpowiednia ilość w atmosferze. Bez nich nasza planeta byłaby dużo bardziej chłodna, ale kiedy jest ich zbyt wiele, klimat zaczyna się ocieplać, co może mieć katastrofalne następstwa.

GAZY CIEPLARNIANE

W atmosferze ziemskiej występuje pięć związków chemicznych odpowiedzialnych za efekt cieplarniany. Nazywamy je "gazami cieplarnianymi" lub "szklarniowymi". Są to:

- **dwutlenek węgla CO₂** - jego udział w postępowaniu efektu cieplarnianego wynosi 50%. Przyczyny wzrostu jego ilości w atmosferze to m.in. spalanie paliw kopalnych (ok. 75% emisji do atmosfery) oraz wyrąb drzew które pochłaniają znaczne ilości dwutlenku węgla (ok. 23% emisji);

- **metan CH₄** - 18% udziału w efekcie cieplarnianym. Jego wzrost powodowany jest przez bakterie żyjące na podmokłych terenach bagiennych, wysypiskach śmieci i szczątkach zwierząt. Źródłem tego gazu mogą być też wycieki z rurociągów gazowych i zasypywanie nierówności terenu odpadkami;
- **freony** - udział w efekcie cieplarnianym około 14%. Początkowo stały się przebojem i zrewolucjonizowały chemię gospodarstwa domowego. Szeroko stosowane we wszelkiego rodzaju aerozolach i urządzeniach chłodniczych. Niestety okazało się, że freony niszczą warstwę ozonową atmosfery ziemskiej i narażają nas na działanie promieniowania słonecznego. W 1995 roku całkowicie zaprzestano ich produkcji i zaczęto wycofywać z przemysłu. Freony podobnie jak tlenek azotu są bardzo żywotne i mogą pozostawać w atmosferze nawet przez 130 lat powodując niszczenie warstwy ozonowej.
- **ozon O₃** - jego udział w efekcie cieplarnianym wynosi 12%. Mowa tutaj o ozonie występującym w przyziemnych warstwach atmosfery. Duże stężenie ozonu jest szkodliwe. Występowanie przyziemnej warstwy ozonu jest spowodowane wtórnym zanieczyszczeniem powietrza;
- **tlenek azotu N₂O** - znany także jako "gaz rozweselający". Pochodzi ze źródeł naturalnych, głównie z roślin, ale wzrost jego ilości powodują samochody, elektrownie węglowe oraz stosowanie nawozów sztucznych. Może pozostawać w atmosferze przez 150 lat i niszczy ozon. Udział tlenku azotu w efekcie cieplarnianym wynosi około 6%.

ZAGROŻENIA

Najważniejszym z gazów cieplarnianych jest dwutlenek węgla. To właśnie z powodu wzrostu jego ilości w atmosferze średnia temperatura klimatu naszej planety będzie w połowie XXI wieku o 2-3 stopnie wyższa. Ogólne ocieplenie może spowodować zmiany w klimacie całych regionów kuli ziemskiej. Zmieni się układ deszczów i rozmieszczenie najlepszych obszarów rolniczych. W najważniejszych rejonach uprawy pszenicy i kukurydzy gleby mogą stać się suche i w efekcie dawać niższe plony. Światowy rynek żywności jest praktycznie uzależniony od nadwyżek pochodzących z tych właśnie regionów. Dla państw rozwijających się, będących importerami żywności pochodzącej z nadwyżek produkcyjnych skutki mogą być katastrofalne. Przeżycie milionów ludzi z państw Trzeciego Świata może zależeć od tego, czy rolnicy w krajach rozwiniętych zdołają utrzymać poziom produkcji przy mniej sprzyjających warunkach.

Globalne ocieplenie powoduje także wzrost poziomu wód oceanicznych. Górne warstwy oceanów rozszerzają się pod wpływem ciepła, a efekt ten może zostać spotęgowany przez topnienie czap lodowych na biegunach i topnienie lodowców górskich. Niewielkie ocieplenie - około 0,5 C w ciągu ostatniego stulecia - już spowodowało wzrost poziomu wód w oceanach o 15 cm. Gdyby na skutek topnienia lodów na biegunach Ziemi poziom oceanu podniósł się o 1 metr, spowodowało by to zalanie niektórych wielkich miast. Nowy Jork, Londyn czy Tokio znalazły by się pod wodą. Niektóre obszary, takie jak atole na Oceanie Indyjskim zupełnie znikłyby pod wodą. Oczywiście dla obszarów gdzie obecnie nie ma sprzyjających warunków dla upraw rolniczych ocieplenie miałoby skutki pozytywne, ale nie pokryło by to strat związanych z wysychaniem terenów żyznych, o dużej wydajności produkcyjnej.