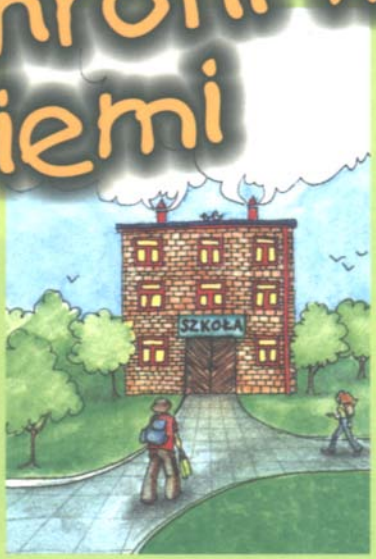
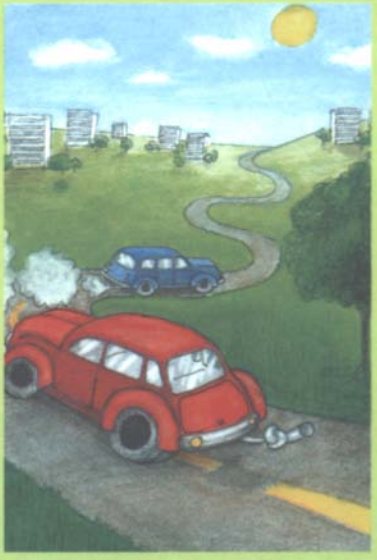
Bartłomiej Grygiel Sławomir Pasierb
Jerzy Wojtulewicz Piotr Kukla

Moja szkoła chroni klimat Ziemi





Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii
Katowice 2002

Moja szkoła chroni klimat Ziemi

Wydano w ramach realizacji projektu pilotowego programu pt. „Moja szkoła chroni klimat Ziemi" finanasowanego przez:

- Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- Południowy Koncern Energetyczny SA,
- Fundację „Energetyka na rzecz Polski Południowej",
- Fundację na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii,
- UM Katowice,
- UM Tychy,
- UM Czeladź,
- UM Gliwice.

Bartłomiej Grygiel
Sławomir Pasierb
Jerzy Wojtulewicz
Piotr Kukla

Moja szkoła chroni klimat Ziemi

FEWE
FUNDACJA NA RZECZ EFEKTYWNEGO WYKORZYSTANIA ENERGII

Katowice 2002

Copyright by Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii
Katowice 2002

Podręcznik opracowano w Fundacji na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii
w Katowicach

Ilustracje:
Barbara Lepacka

Projekt graficzny, przygotowanie do druku:
AWR Edytor, Katowice

Druk:
TRIADA PRESS, Katowice

Recenzja:
dr Bożena Zyznawska

Wydawca:

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii
ul. Wierzbowa 11, 40-169 Katowice
tel./fax: (+32) 203 51 14
e-mail: office@fewe.pl
www.fewe.pl

Wydanie I, nakład 1000 egz.

ISBN 83-907727-4-4

„Moja szkoła chroni klimat Ziemi" - co to takiego?

„Moja szkoła chroni klimat Ziemi" jest to ekologiczny program edukacyjny skierowany do młodzieży na poziomie gimnazjum i szkoły średniej. Jego celem jest propagowanie wiedzy o zagrożeniu związanym ze zmianami klimatycznymi oraz możliwościach podjęcia samodzielnych działań w celu jego zmniejszania. Program pozwala młodzieży dotknąć ulotnego często związku pomiędzy korzystaniem z energii elektrycznej, paliw, ciepła czy wody a niekorzystnymi i niebezpicznymi zjawiskami zachodzącymi w środowisku naturalnym.

Program w szkole rozpoczyna się od zorganizowania Klimatycznej Grupy Ekologicznej, która we współpracy z opiekującym się nią nauczycielem będzie wykonywać kolejne zadania. W grupie powinien zostać wyłoniony lider, który będzie odpowiedzialny za organizację pracy i złożenie raportu końcowego. Konieczne jest, aby przed podjęciem decyzji o wzięciu udziału w programie grupa postarała się o objęcie przez dyrektora szkoły patronatu nad jego realizacją. Jeżeli się to nie uda, może okazać się, że nie będzie możliwości dotarcia do szkolnej dokumentacji: rachunków, projektów budowlanych, nie uzyska się również dostępu do liczników mierzących zużycie energii elektrycznej, ciepła czy wody.

Zadania stawiane przed Klimatyczną Grupą Ekologiczną

Kiedy Klimatyczna Grupa Ekologiczna uzyska już poparcie dyrektora szkoły, może zgłosić chęć udziału w programie Fundacji na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii (FEWE). Otrzyma wówczas materiały oraz szczegółowe wytyczne o stawianych jej zadaniach. Będzie miała również możliwość wzięcia udziału w krótkim szkoleniu. Zadania tej grupy to przede wszystkim:

- *zorganizowanie i prowadzenie w szkole punktu informacyjnego o zagrożeniu związanym ze zmianami klimatycznymi,*
- *prowadzenie cotygodniowych odczytów liczników energii elektrycznej i wody, obliczanie tygodniowego zużycia tych mediów oraz emisji gazów cieplarnianych, przesyłanie tych informacji pocztą elektroniczną do biura FEWE,*
- *przeprowadzenie uproszczonych audytów: elektrycznego i cieplnego,*
- *przeprowadzenie analizy rocznego oddziaływania szkoły na środowisko na podstawie archiwalnych faktur lub udokumentowanych odczytów liczników,*
- *zorganizowanie konkursu na plakat ekologiczny,*
- *zaproponowanie przedsięwzięć zmniejszających oddziaływanie szkoły na środowisko,*
- *podjęcie jak największej liczby samodzielnych inicjatyw poszerzających wiedzę o zagrożeniu związanym ze zmianami klimatycznymi oraz możliwości podjęcia samodzielnych działań w celu jego ograniczania.*

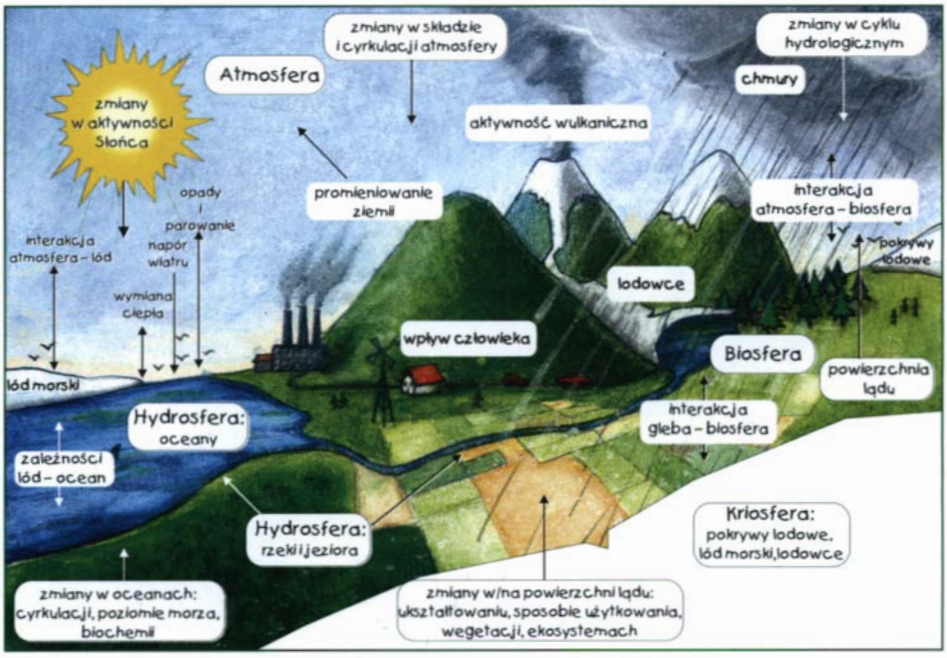
Wszystkie gupy ekologiczne uczestniczą w konkursie międzyszkolnym, a zwyciężają te, które najlepiej wywiązały się ze stawianych im zadań.

Słowo wstępne

Na początku swojego rozwoju człowiek był całkowicie zależny od otaczającej go przyrody i zachodzących w niej zjawisk. Wraz z rozwojem cywilizacji sytuacja zmieniała się. Poprawiając warunki życia i zaspokajając coraz to bardziej wyszukane potrzeby, zaczęliśmy znacząco oddziaływać na środowisko. Wielokrotnie w historii Ziemi człowiek dokonał zmian, których skutkiem było wyginięcie wielu gatunków roślin i zwierząt, a nawet zniszczenie całych ekosystemów. Dziś zadajemy sobie pytanie, gdzie jest granica ludzkiego wpływu na środowisko. Odpowiedź nie jest prosta. Z całą pewnością warto się zastanowić, czy nasza troska o stan Ziemi jest wystarczająca, czy nasze dzisiejsze zaniedbania nie odbiją się w dramatyczny sposób na przyszłych pokoleniach. Stawianie tych pytań doprowad ziło do narodzin idei ekorozwoju. Koncepcja ta zakłada zaspokajanie potrzeb cywilizacyjnych społeczeństw oraz kierowanie rozwojem gospodarczym w sposób pozwalający na „zachowanie dla obecnych i przyszłych pokoleń bogactwa przyrody i trwałych wartości kultury". Do dziś większość państw świata zobowiązała się do przestrzegania tej zasady w prowadzeniu polityki gospodarczej i społecznej. Nie należy się jednak łudzić, że oficjalne uzgodnienia międzynarodowe rozwiążą wszystkie problemy ekologiczne. Potrzebne jest zaangażowanie każdego z nas...

Klimat Ziemi
1

Pogoda i klimat mają głęboki wpływ na życie na Ziemi, są nieodłączną częścią naszej codzienności. O ile jednak zmienność pogody każe nam ją dostrzegać na każdym niemal kroku, to otaczający nas klimat pozostaje niejako w ukryciu. Klimatem nazywa się wieloletni układ charakterystycznych dla danego obszaru stanów pogody obserwowanych w ich naturalnym następstwie przez odpowiednio długi okres. Układ taki jest wynikiem oddziaływania promieniowania słonecznego, cyrkulacji atmosferycznej, obiegu wody (cyklu hydrologicznego) i czynników geograficznych. Do czynników geograficznych należą: szerokość geograficzna, rozkład lądów i mórz, wysokość nad poziomem morza, ukształtowanie terenu i jego ekspozycja, prądy morskie, szata roślinna i występowanie pokrywy śnieżnej. Czynnik dodatkowy stanowi działalność człowieka i wycinanie lasów, zabiegi melioracyjne, budowa wielkich ośrodków miejskich i przemysłowych.



Rys. 1. Schematyczny przegląd komponentów globalnego systemu klimatycznego, zachodzących między nimi procesów i interakcji. [Na podstawie: IPCC]

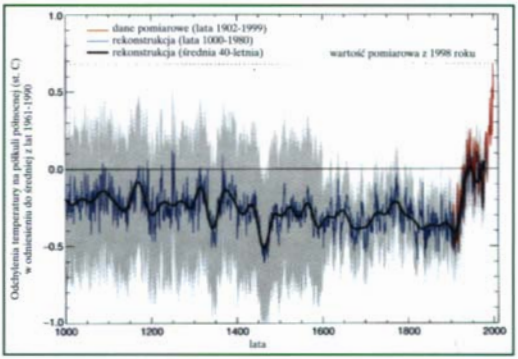
Warunki klimatyczne przejawiają się w elementach klimatu, do których należą: usłonecznienie, średnia temperatura, wilgotność, zachmurzenie, opady, ciśnienie atmosferyczne itp. Klimaty kuli ziemskiej mają układ strefowy, w przybliżeniu równoleżnikowy. Wyróżnia się następujące strefy klimatyczne: równikową, podrównikową, zwrotnikową, podzwrotnikową, umiarkowaną, subarktyczną i arktyczną lub antarktyczną. W każdej ze stref istnieją różne typy klimatów lokalnych uwarunkowane położeniem w stosunku do mórz i oceanów oraz wznie-

sieniem terenu. Należą tutaj klimaty: morski, śródziemnomorski, monsunowy, kontynentalny, pustynny, górski. Aby opisać układ współzależności pomiędzy czynnikami tworzącymi klimat w skali całej planety, mówimy również o systemie klimatycznym Ziemi.

Klimat Ziemi nie jest stały

Klimat Ziemi zmienia się w sposób naturalny, a każdy z czynników tworzących ten skomplikowany system posiada własną skalę czasu, w której zmiany zachodzą. Stan atmosfery zmienia się z godziny na godzinę, a szczegółowe przewidzenie jej zachowania na kilka dni do przodu jest niemożliwe. Powierzchniowe warstwy oceanów dopasowują się do zmieniających się warunków w kilka miesięcy, podczas gdy wody głębinowe potrzebują na to setek lat. Życie zwierząt i roślin w biosferze (wpływające na opady i temperaturę) z reguły zmienia się przez dziesięciolecia. Zmiany w kriosferze, czyli pokrywach lodowych i śnieżnych, są znacznie wolniejsze i trwają zwykle setki lat. Litosfera zmienia się najwolniej - wypiętrzanie się gór i ruchy kontynentów, mające wpływ na wiatry i prądy oceaniczne, dostrzegalne są po milionach lat.

Z przyczyn naturalnych w historii Ziemi następowały po sobie okresy cieplejsze i chłodniejsze, a strefy klimatyczne przesuwały się. Przeważnie zmiany te zachodziły powoli, rozciągając się na tysiące i miliony lat. Pozwalało to na powolne adaptowanie się życia na Ziemi do nowych warunków, co i tak nie uchroniło wielu gatunków przed wyginięciem. Oczywiście zdarzały się również zmiany nagłe. Historia życia na Ziemi naznaczona jest krótkimi okresami, podczas których znaczna część gatunków całkowicie wymierała. Wspomnijmy tu choćby nagłe i całkowite wyginięcia dinozaurów czy mamutów. Możliwych jest wiele przyczyn, jednakże liczne ślady wskazują, że zniknięcie tych gatunków zbiegło się w czasie ze zmianami klimatycznymi na dużą skalę. Tłumaczeniem tych zmian zajmuje się dział nauki nazywany paleoklimatologią. Na podstawie badań naukowcy odtwarzają historię zmian klimatu na Ziemi i starają się odkrywać ich przyczyny. Ważnych informacji dostarczają słoje drzew, stare pokrywy lodowe czy osady oceaniczne. Analiza bąbelków „prehistorycznego" powietrza uwięzionych w lodach Antarktydy i Grenlandii pozwoliła między innymi poznać skład atmosfery z ostatniej Epoki Lodowcowej sprzed 18 000 lat. Zawierała ona znacznie mniejsze ilości dwutlenku węgla i metanu, natomiast większe ilości pyłów. Uważa się, że w znacznym stopniu przyczyniło się to do występowa-

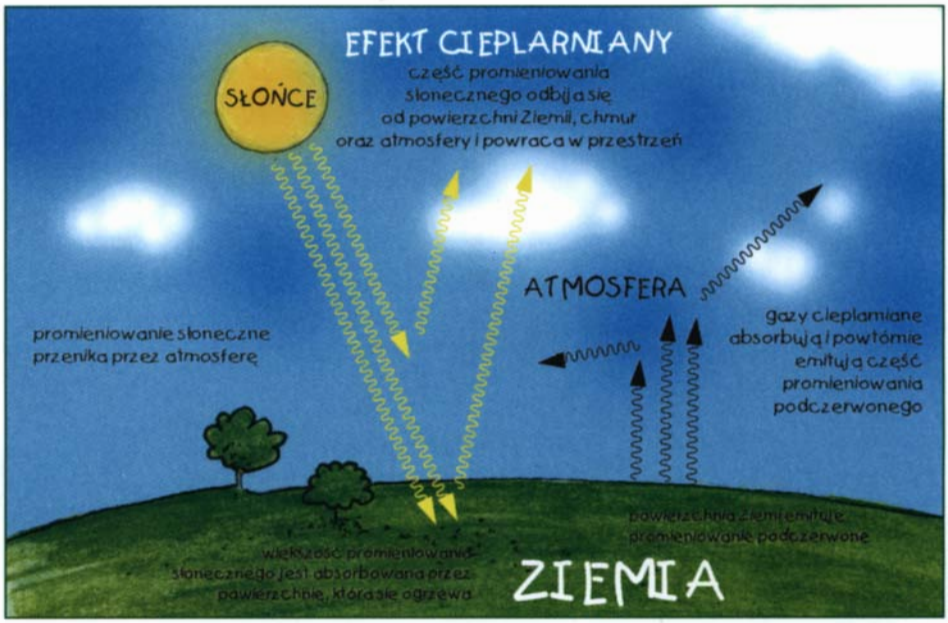


Wykres 1. Rekonstrukcja przebiegu zmian temperatury w ostatnim tysiącleciu: niebieski - odtworzona na podstawie badań słojów drzew, raf koralowych, pokryw lodowych i zapisów historycznych; czerwony - dane z pomiarów; czarny - średnia 40-letnia; szare tło - margines błędu. [Źródło: IPCC]

nia średniej temperatury Ziemi około 5°C niższej niż obserwowana obecnie. Lodowce pokrywały wówczas Kanadę i znaczną część Europy, a rozkład stref klimatycznych był całkowicie inny. Nawet linie wybrzeży wyglądały inaczej, ponieważ poziom morza był około 100 metrów niższy niż obecnie.

Stan klimatu waha się chaotycznie wokół pewnego punktu równowagi. Reaguje również na pewne dodatkowe czynniki wymuszające zmiany. Jeżeli do Ziemi zaczyna docierać więcej promieniowania słonecznego, np. w wyniku zwiększenia się jego aktywności, klimat staje się cieplejszy. Kiedy natomiast zdarza się potężny wybuch wulkanu i do stratosfery dostają się gigantyczne ilości drobnego pyłu odbijającego światło słoneczne, Ziemia ochładza się. Od około 200 lat, kiedy to rozpoczęła się rewolucja przemysłowa, czynnikiem będącym w stanie wymuszać zmiany klimatyczne w skali całej planety stała się również działalność człowieka.

Efekt cieplarniany



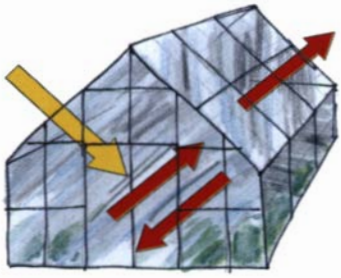
Rys.2. Schemat funkcjonowania efektu cieplarnianego.

Atmosfera Ziemi jest mieszaniną gazów, której obecność oraz charakter pozwoliły na rozwinięcie się życia w znanych nam postaciach. Podstawowymi gazami wchodzącymi w skład atmosfery są: azot, tlen, argon oraz para wodna. Przeważnie myśli się o atmosferze

jako o źródle tlenu niezbędnego do oddychania. Gdy przyjrzeć się jej bliżej, okaże się, że jest również środowiskiem, w którym zachodzą zjawiska pogodowe. Na tym jednak nie kończy się jej znaczenie dla życia na Ziemi. Obok tych podstawowych, w skład atmosfery wchodzi znaczna liczba gazów śladowych, pośród których na szczególną uwagę zasługują gazy cieplarniane, nazywane również szklarniowymi, które są odpowiedzialne za występowanie efektu cieplarnianego.

Efekt cieplarniany jest to zjawisko naturalnie występujące na Ziemi. Aby je dobrze zrozumieć, przyjrzyjmy się bliżej, w jaki sposób Słońce ogrzewa Ziemię i jak to się dzieje, że na jej powierzchni panują temperatury sprzyjające rozwojowi życia.

Promieniowanie słoneczne docierające do najwyższych partii ziemskiej atmosfery składa się z fal o różnych długościach, z których większość stanowi światło widzialne. Już na początku część tego promieniowania składająca się ze szkodliwych dla organizmów żywych krótkich fal ultrafioletowych (UV) zostaje pochłonięta przez warstwę ozonową znajdującą się w stratosferze. Pozostałe promieniowanie dociera do górnych warstw troposfery, gdzie zostaje częściowo odbite od warstwy chmur. Kolejnym etapem jest przeniknięcie do powierzchni Ziemi. Tutaj promieniowanie słoneczne napotyka na swojej drodze gazy cieplarniane. Posiadają one tę szczególną właściwość, że z mieszaniny fal, z jakich składa się promieniowanie słoneczne, wychwytują te najdłuższe - promieniowanie podczerwone. W ten sposób do Ziemi dociera niemal wyłącznie promieniowanie widzialne (światło), które nagrzewa jej powierzchnię. Naturalną właściwością Ziemi jest emitowanie własnych fal w postaci promieniowania podczerwonego. Właśnie to promieniowanie jest przede wszystkim wychwytywane przez gazy cieplarniane znajdujące się w atmosferze, co zapobiega zbyt szybkiej ucieczce energii w kosmos. Działanie gazów cieplarnianych polega na wychwytywaniu promieniowania podczerwonego i powtórnym wypromieniowywaniu go we wszystkich kierunkach. Fale są w ten sposób rozpraszane, pochłaniane i znów emitowane przez kolejne cząsteczki gazów szklarniowych. Tak oto promieniowanie wpada w rodzaj pułapki w atmosferze i potrzebuje znacznie więcej czasu zanim zostanie w końcu wysłane w przestrzeń kosmiczną. W tym czasie część energii promieniowania zmieniana jest w ciepło. Gdyby zjawisko to nie występowało, promieniowanie słoneczne ogrzewałoby wyłącznie powierzchnię, a promieniowanie Ziemi byłoby natychmiast wysyłane poza atmosferę. W efekcie średnia temperatura byłaby o 33°C niższa, niż obserwujemy obecnie! Zamiast umiarkowanych 14°C, średnia temperatura powietrza przy powierzchni Ziemi wynosiłaby zaledwie -19°C.



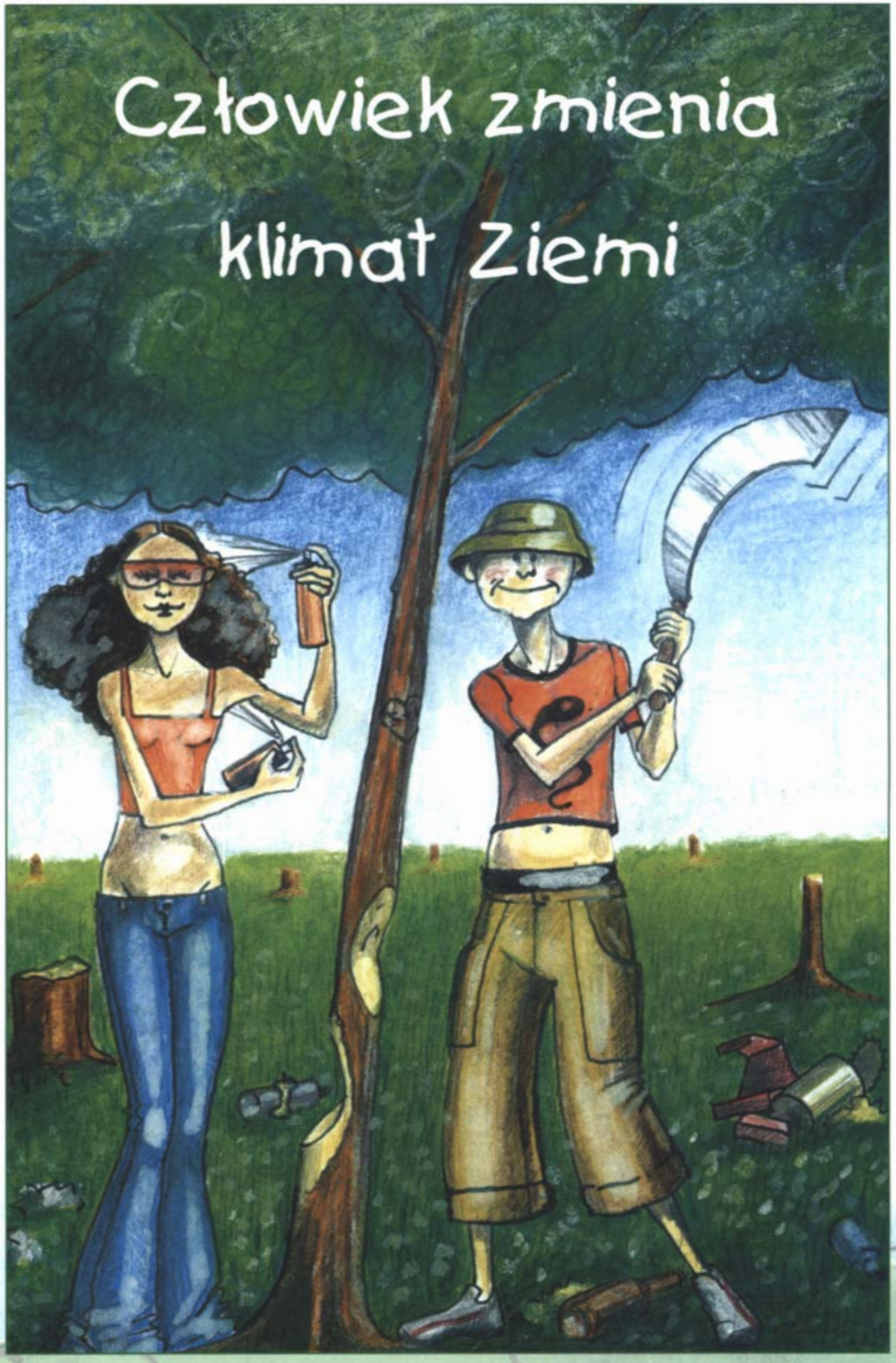
Rys.3. Gazy cieplarniane w atmosferze działają podobnie jak szklarnia.

Nazwa „gazy szklarniowe" pochodzi od analogii do szklarni służącej do hodowli roślin. Szkło, podobnie jak gazy cieplarniane, przepuszcza widzialne promieniowanie słoneczne, natomiast zatrzymuje część odbitego przez Ziemię promieniowania podczerwonego. Pozwala to na utrzymanie w szklarni podwyższonej temperatury i wilgotności, a więc warunków dogodnych do hodowli roślin.

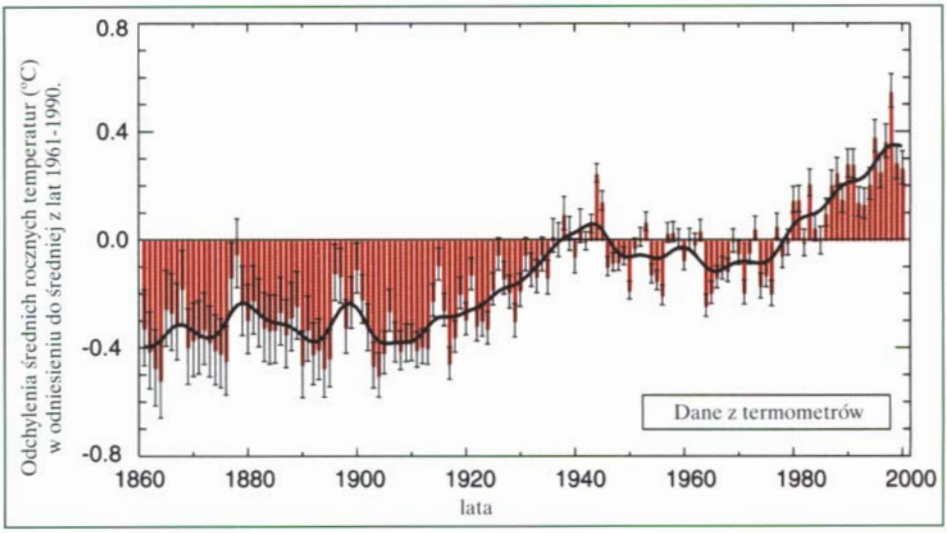
Należy tutaj wspomnieć, że również chmury mają pewien wkład w funkcjonowanie naturalnego efektu cieplarnianego. Podobnie jak gazy cieplarniane, chmury absorbują i emitują promieniowanie podczerwone, przyczyniając się w ten sposób do ogrzewania powierzchni Ziemi. Z drugiej strony przyczyniają się do jej ochładzania, ponieważ większość z nich odbija światło słoneczne. W efekcie wpływ chmur na średnią temperaturę na Ziemi jest nieznaczny.

Średnia temperatura powierzchni oraz bezpośrednio przylegającej do niej warstwy atmosfery jest czynnikiem bezpośrednio wpływającym na życie na Ziemi. Aby średnia temperatura Ziemi nie wzrastała, musi zostać zachowana równowaga w globalnym bilansie energetycznym. Mówiąc prościej, nasza planeta musi wypromieniowywać tyle samo energii, ile w tym samym czasie otrzymuje jej ze Słońca. W przeciwnym razie średnia temperatura będzie się zmieniać, aż do momentu osiągnięcia nowego stanu równowagi energetycznej. Wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze jest przyczyną wzrostu temperatury, a to w konsekwencji może prowadzić do zmian klimatycznych w skali całego świata.

Człowiek zmienia klimat Ziemi



Od początku XIX wieku, kiedy rozpoczęła się rewolucja przemysłowa, przez kominy fabryk zaczęliśmy pompować w powietrze gigantyczne ilości spalin i pyłów. Do gazów pochodzących ze spalania paliw wkrótce dołączyły nowe, pochodzące z przemysłowej produkcji rolnej oraz gazy syntetyczne - produkty rozwijającej się inżynierii chemicznej. Uważa się, że wzrost stężenia gazów cieplarnianych spowodował nasilenie się efektu cieplarnianego, a w konsekwencji zatrzymywanie zwiększonej ilości promieniowania podczerwonego w atmosferze. Doprowadziło to do zachwianie równowagi w globalnym bilansie energetycznym i średnia temperatura na Ziemi zaczęła wzrastać. W minionym stuleciu wzrost ten wyniósł około 0,6°C, a ostatnie dziesięciolecie było prawdopodobnie najcieplejszym okresem od początku istnienia cywilizacji. W porównaniu z codziennymi wahaniami temperatury wydaje się to niewiele, jednakże wzrost o dalsze 1,4-5,8°C, który przewidywany jest w XXI wieku, może mieć już bardzo poważne konsekwencje.



Wykres 2. Wzrost średniej temperatury Ziemi obserwowany od połowy XIX wieku.[Źródło:IPCC]

Gazy cieplarniane

Gazem cieplarnianym jest każdy gaz znajdujący się w atmosferze, który potrafi absorbować i emitować promieniowanie podczerwone. W praktyce są to wszystkie gazy, których cząsteczki składają się z trzech i więcej atomów. Najważniejszymi gazami wpływającymi na średnią temperaturę na Ziemi są:

- para wodna,
- dwutlenek węgla (CO_2),
- metan (CH_4),
- podtlenek azotu (N_2O),
- ozon (O_3),
- gazy syntetyczne.

Za wyjątkiem tych ostatnich wszystkie wymienione gazy naturalnie występują w atmosferze. Stężenie każdego z nich stanowi punkt równowagi pomiędzy szybkością, z jaką jest on wprowadzany do atmosfery, a czasem, po jakim jest z niej usuwany przez naturalnie zachodzące procesy rozpadu, wiązania, strącania czy pochłaniania.

Różny jest wkład poszczególnych gazów szklarniowych w efekt cieplarniany. Każdy z nich posiada własny charakterystyczny średni okres, po jakim jego cząsteczka znika z atmosfery. Co więcej, różna jest zdolność poszczególnych gazów do absorbowania promieniowania podczerwonego (GWP - z ang.: global warming potential). Informacje te zestawione są w tabeli 1. Warto zwrócić uwagę, że zdolność kolejnych gazów do wychwytywania fal podczerwonych jest odnoszona do dwutlenku węgla, dla którego ma ona wartość 1. Pozwala to na określanie zdolności mieszaniny gazów cieplarnianych do absorbowania promieniowania podczerwonego za pomocą ilości dwutlenku węgla (można np. powiedzieć, że wyemitowanie do atmosfery 1 kilograma metanu będzie miało taki sam wpływ na zwiększenie ilości wychwytywanego promieniowania podczerwonego jak wyemitowanie 21 kg dwutlenku węgla). Jest to tak zwana emisja ekwiwalentna. Używa się często sformułowań typu „wyemitowano 10 gigaton gazów cieplarnianych w przeliczeniu na dwutlenek węgla" - oznacza to, że do atmosfery dostała się dowolna mieszanina gazów cieplarnianych, która ma taką samą zdolność do zatrzymywania promieniowania jak 10 gigaton dwutlenku węgla.

Gaz	Średnia trwałość w atmosferze	GWP	Stężenie ok. 1750 r.	Stężenie w 1998 r.	Wzrost stężenia	Udział we wzmocnieniu efektu cieplarnianego
Dwutlenek węgla	120 lat	1	~ 280 ppm	365 ppm	31%	~60%
Metan	12 lat	21	~700 ppb	1745 ppb	150%	~20%
Podtlenek azotu	114 lat	310	~270 ppb	314 ppb	16%	~6%
Ozon	tygodnie/ miesiące	-	-	-	35%	*)
Halony i inne gazy sztuczne	2-50 000 lat	do ~15 000	0	**)		~14%

*) *Ozon nie jest wliczany ze względu na jego nierównomierne wymieszanie w atmosferze.*
**) *Stężenia tych gazów są bardzo zróżnicowane.*

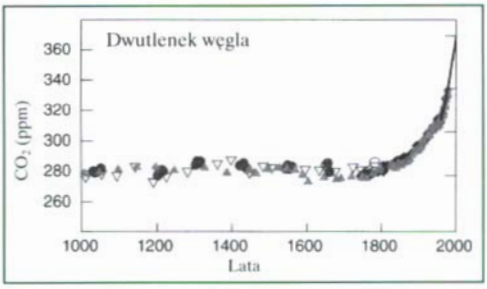
Tabela 1. Zmiany stężeń gazów cieplarnianych od początku rewolucji przemysłowej, ich udział w obecnym wzmocnieniu efektu cieplarnianego oraz zdolność do pochłaniania promieniowania podczerwonego (GWP – global warming potential); ppm - part per milion (jedna cząstka na milion) , ppb - part per bilion (jedna cząstka na miliard).

Gazy cieplarniane uwalniane są do atmosfery podczas najważniejszych działań człowieka. Emisje zaczęły wzrastać w sposób dramatyczny w XIX wieku, a związane to było z nadejściem rewolucji przemysłowej oraz zmianami w sposobie użytkowania ziemi. Wiele z procesów wytwa-

rzających największe ilości gazów cieplarnianych jest obecnie podstawą światowej gospodarki i stanowi istotny element nowoczesnego stylu życia.

Dwutlenek węgla

Dwutlenek węgla jest obecnie odpowiedzialny za ponad 60% obserwowanego nasilenia się efektu cieplarnianego. Skład izotopowy dwutlenku węgla w atmosferze oraz obserwowane zmniejszanie się ilości tlenu wskazują, że wzrost stężenia tego pierwszego jest związany głównie z utlenianiem węgla pochodzenia organicznego. Oznacza to, że przyczynami są przede wszystkim spalanie paliw kopalnych oraz zmniejszanie się obszarów zalesionych na całym świecie. Ważnych informacji o wpływie dwutlenku węgla na klimat Ziemi dostarczają paleoklimatologiczne badania powietrza uwięzionego w lodowcach przed tysiącami lat. Wskazują one, że stężenie dwutlenku węgla w atmosferze nie było równie wysokie jak obecnie od co najmniej 420 tysięcy lat, a prawdopodobnie nawet 20 milionów lat!



Wykres 3. Wzrost stężenia dwutlenku węgla (CO_2) w atmosferze w minionym tysiącleciu.[Źródło: IPCC]

Miliardy ton węgla są każdego roku wymieniane pomiędzy atmosferą, oceanami a życiem lądowym. Jeszcze do niedawna pomimo rozmiaru i skomplikowania tego naturalnego systemu wymiany te były idealnie zrównoważone. Dzięki temu przez 10 tysięcy lat poprzedzających okres industrializacji stężenie dwutlenku węgla w atmosferze nie wahało się o więcej niż 10%.

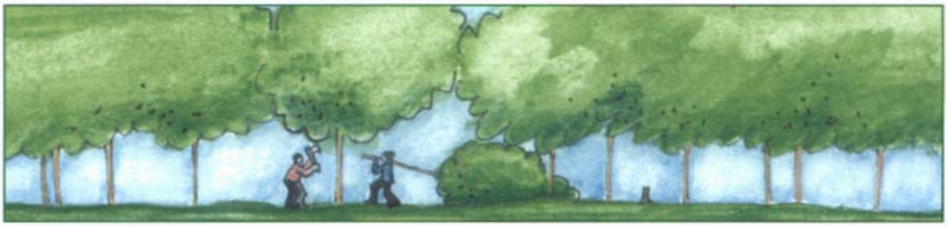
Gwałtowny wzrost stężenia dwutlenku węgla rozpoczął się wraz z wybuchem rewolucji przemysłowej. W minionych 200 latach zawartość tego gazu w atmosferze wzrosła o 33%. Pomimo faktu, że połowa emisji dwutlenku węgla powodowanej przez człowieka jest absorbowana przez oceany i rośliny, stężenie rośnie obecnie o 10% na każde 20 lat. Zmianę stężenia tego gazu w ostatnim tysiącu lat przedstawia wykres 3.

Największe źródło - paliwa kopalne

Największym źródłem emisji gazów cieplarnianych są procesy spalania paliw kopalnych, podczas których powstaje przede wszystkim dwutlenek węgla. Ropa, gaz ziemny oraz węgiel (z którego powstają największe ilości dwutlenku węgla na jednostkę wyprodukowanej

energii) stosowane są do produkcji energii elektrycznej, napędu samochodów czy ogrzewania domów. Wydobywanie i wykorzystywanie paliw kopalnych jest przyczyną trzech czwartych antropogenicznej emisji dwutlenku węgla, jednej piątej metanu oraz znacznych ilości podtlenku azotu. Łącznie człowiek pompuje do atmosfery około 25 miliardów ton gazów cieplarnianych rocznie. Podczas spalania powstają również inne szkodliwe dla zdrowia substancje, jak tlenki azotu (NO_x), węglowodory oraz tlenek węgla (CO). Tlenek węgla, który, pomimo iż sam nie jest gazem cieplarnianym, wpływa na przebieg reakcji chemicznych w atmosferze, w wyniku których powstają między innymi gazy szklarniowe. Reakcje fotochemiczne, w których biorą udział tlenki azotu (NO_x), prowadzą do powstawania ozonu troposferycznego w znacznym stopniu przyczyniającego się do powstawania smogu. Z drugiej strony, cząsteczki związków siarki oraz aerozole pochodzące ze spalania paliw ze względu na swoje właściwości chwilowo maskują część efektu cieplarnianego.

Niszczenie lasów



Niszczenie lasów jest drugim co do wielkości źródłem emisji dwutlenku węgla. Kiedy lasy są wycinane pod uprawę roli, dla rozwoju miast czy przemysłu, większość węgla z wypalanych lub rozkładających się drzew dostaje się ostatecznie do atmosfery w postaci dwutlenku węgla. Najwięcej lasów niszczonych jest na obszarach tropikalnych. Kiedy sadzi się nowe lasy, drzewa absorbują dodatkowe ilości dwutlenku węgla, usuwając go z atmosfery.

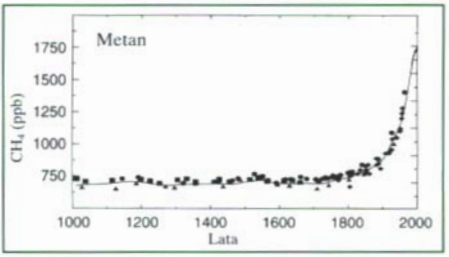
Wypalanie wapna

Wypalanie wapna (CaO) podczas produkcji cementu jest przyczyną 2,5% emisji dwutlenku węgla ze źródeł przemysłowych. Wapno produkowane jest ze skał pochodzenia organicznego - wapieni. Można powiedzieć, że również te emisje mają pochodzenie kopalne - wapienie powstały głównie z muszli morskich i innej skamieniałej biomasy uwięzionej w osadach dennych dawnych oceanów.

Dwutlenek węgla usuwany jest z atmosfery przez procesy naturalne. Rośliny absorbują go w procesie fotosyntezy, pochłaniany jest również przez żywe organizmy w oceanach i wiązany ostatecznie w postaci wapieni osadzających się na dnie. Niestety dzieje się to zbyt wolno, aby nadążyć za coraz większą ilością dwutlenku węgla wprowadzanego do środowiska przez człowieka, w związku z tym jego stężenie w atmosferze wciąż rośnie, już dzisiaj osiągając bardzo niebezpieczny poziom.

Metan

Metan (CH_4) jest silnym gazem cieplarnianym, a jego stężenie wzrosło już o 150% od początku rewolucji przemysłowej! Więcej niż połowa metanu dostającego się do atmosfery jest pochodzenia antropogenicznego - uwalnia się on podczas wydobywania paliw kopalnych, hodowli zwierząt, uprawy ryżu oraz ze składowisk odpadów. Wzrost stężenia tego gazu w atmosferze w ostatnim tysiącleciu obrazuje wykres 4.



Wykres 4. Wzrost stężenia metanu (CH_4) w atmosferze w minionym tysiącleciu.[Źródło: IPCC]

Hodowla zwierząt

Metan powstaje podczas hodowli bydła mięsnego, krów mlecznych, owiec, kóz, świń, wielbłądów i koni. Przyczyną jego powstawania jest wewnętrzna beztlenowa fermentacja powodowana działaniem bakterii znajdujących się w żołądkach zwierząt oraz rozkład odchodów. Powstaje w ten sposób około 25% emisji metanu powodowanej działalnością człowieka.

Uprawa ryżu

Kolejne 20% antropogenicznej emisji metanu pochodzi z mokrej uprawy ryżu. Około 90% jego produkcji odbywa się na polach, które są zalewane na niemal cały okres wzrostu. Emisja powodowana jest działaniem bakterii i innych mikroorganizmów prowadzących beztlenowy rozkład materii organicznej.

Składowanie odpadów

Kiedy odpady organiczne gromadzone są w ziemi, prędzej czy później podlegają rozkładowi beztlenowemu i powstaje metan (oraz pewna ilość dwutlenku węgla). Jeżeli gaz ten nie jest odbierany i wykorzystywany jako paliwo, ucieka w końcu do atmosfery. Jest to źródło emisji charakterystyczne dla okolic wielkich miast, gdzie śmieci z wielu domów przywożone są w jedno miejsce - wysypisko śmieci - i tam składowane.

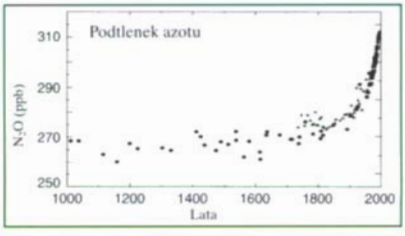
Emisje metanu mogą się również pojawić w wyniku niewłaściwego utrzymania i wycieków z rurociągów transportujących gaz ziemny. Metan pojawiający się naturalnie w pokładach węgla w postaci pęcherzy lub w formie rozpuszczonej ucieka samoczynnie, gdy węgiel jest wydobywany i rozdrabniany. Inne węglowodory gazowe będące również gazami cieplarnianymi dostają się do atmosfery z powodu wycieków z tankowców, a nawet rutynowego napełniania baku samochodu.

Podstawowym mechanizmem usuwającym metan z atmosfery są reakcje chemiczne z innymi gazami. Naukowcy oceniają, że metan wprowadzony dotychczas do atmosfery w wyniku działalności człowieka ma około 20-procentowy wkład w nasilenie się efektu cieplarnianego.

Przeciętny okres, po jakim cząsteczka metanu ulega rozpadowi w atmosferze, wynosi 12 lat. Wydaje się on niedługi w porównaniu ze średnim okresem 120 lat, po którym z atmosfery znika cząsteczka dwutlenku węgla. Z drugiej jednak strony, pamiętajmy, że zdolność tego gazu do absorbowania promieniowania podczerwonego jest 21 razy większa!

Podtlenek azotu

Ocenia się, że stężenie podtlenku azotu (N_2O) w atmosferze wzrosło o około 16% głównie dzięki intensywnej uprawie rolnej. Azot zawarty w wielu nawozach rolniczych wspomaga naturalne procesy nitryfikacji i denitryfikacji, które zachodzą w glebie dzięki bakteriom. Procesy te prowadzą do zamiany części azotu w podtlenek. Ilość podtlenku azotu emitowanego z uprawianej gleby zależy od typu i rodzaju nawozu, właściwości



Wykres 5. Wzrost stężenia podtlenku azotu (N_2O) w atmosferze w minionym tysiącleciu.[Źródło: IPCC]

gleby oraz panującego klimatu, niemniej jednak zależności te nie są jeszcze dobrze poznane. Wykres 5. przedstawia, jak wzrastało stężenie podtlenku azotu w atmosferze Ziemi w minionym tysiącleciu.

Ozon

Ozon (O_3) naturalnie występuje w atmosferze. O ile jednak, występując na dużych wysokościach (w stratosferze) i tworząc tzw. warstwę ozonową, chroni życie na Ziemi przed promieniami UV, to pojawienie się go w troposferze (dolnej warstwie atmosfery) jest dla organizmów szkodliwe. Gaz ten nie jest bezpośrednio emitowany z żadnych źródeł. Jego pojawienie się jest związane z reakcjami fotochemicznymi często inicjowanymi przez cząsteczki gazów pochodzenia antropogenicznego (np. tlenki azotu ze spalania paliw - NO_x). Jego okres przebywania w atmosferze jest stosunkowo krótki - od kilku tygodni do kilku miesięcy. Stężenie ozonu nie jest równomierne w całej atmosferze i zmienia się lokalnie oraz wraz z wysokością, co powoduje trudności z oceną jego udziału we wzmacnianiu efektu cieplarnianego. Uważa się jednak, że jest trzecim co do siły oddziaływania na średnią temperaturę Ziemi gazem szklarniowym. Jego stężenie w atmosferze wzrosło o około 35% w stosunku do okresu sprzed rewolucji przemysłowej.

Gazy syntetyczne

Przemysł stworzył wiele trwałych gazów syntetycznych do specjalnych zastosowań, które również są gazami cieplarnianymi. Wynalezione w latach dwudziestych XX wieku chlorowcopochodne fluorowodorów (CFC) wykorzystywane były jako wypełnienie puszek z aerozolami, do produkcji gąbek na materace, w spiralach chłodniczych lodówek i urządzeń klimatyzacyjnych, w gaśnicach oraz jako rozpuszczalniki. Bardzo długo uważano, że gazy te nie mają żadnego negatywnego wpływu na środowisko i zdrowie ludzi. Okazało się jednak, że reagują ze znajdującym się na dużych wysokościach ozonem tworzącym warstwę chroniącą życie na Ziemi przed niekorzystnym wpływem ultrakrótkiego promieniowania docierającego z przestrzeni kosmicznej. Dzięki przyjęciu w 1987 roku Protokołu montrealskiego w sprawie substancji niszczących warstwę ozonową stężenie wielu CFC przestało wzrastać. Niestety, szkodliwe dla warstwy ozonowej CFC są zastępowane innymi sztucznymi związkami (HFC i PFC), które nie niszczą co prawda ozonu, jednakże przyczyniają się do globalnego ocieplenia. Powstały już umowy międzynarodowe (Protokół z Kyoto - patrz str. 34) wymierzone również przeciw tym gazom.

Gazy syntetyczne nie występują samoistnie w przyrodzie. Średni okres przebywania wielu z nich w atmosferze sięga tysięcy lat, przy czym ich zdolność do absorbcji promieniowania podczerwonego jest nieporównywalnie wielka w stosunku do gazów naturalnych.

Para wodna

Spośród gazów cieplarnianych para wodna ma największy wpływ na klimat Ziemi. Uważa się, że jej stężenie w atmosferze uwarunkowane jest przede wszystkim naturalnym cyklem parowanie-opady, na który działalność człowieka nie ma większego wpływu. Można sobie co prawda wyobrazić, że jeżeli zwiększać się będzie temperatura powierzchni Ziemi, to zwiększy się parowanie, a tym samym efekt cieplarniany będzie się nasilać z powodu większego stężenia pary wodnej w atmosferze. Jest to jednak mało prawdopodobne, ponieważ wzmożone parowanie prowadzić będzie do powstawania większej ilości chmur, a tym samym do odbijania większej ilości promieniowania słonecznego zanim dotrze ono do powierzchni Ziemi. W efekcie zwiększona ilość pary wodnej w atmosferze nie będzie miała istotnego wpływu na kształtowanie się średniej temperatury, jakkolwiek może się przyczynić do zmian w obiegu wody w przyrodzie.

Aerozole

Aerozole są to bardzo drobne stałe cząsteczki zawieszone w atmosferze. Niektóre z nich, powstające na przykład w efekcie działania związków siarki uwalnianych podczas spalania węgla i oleju, są białe i rozpraszają światło słoneczne. Powoduje to ochładzanie się Ziemi z powodu zmniejszenia ilości promieniowania słonecznego docierającego do jej powierzchni. Sadza - produkt niecałkowitego spalania węgla i oleju napędowego - absorbuje światło słoneczne, a tym samym ogrzewa planetę. Aerozole powodują zwiększanie się liczby kropelek w chmurach, czyniąc je tym samym bardziej trwałymi i jaśniejszymi. Prowadzi to do odbijania większej ilości promieniowania Słońca zanim dotrze ono do Ziemi. Uważa się, że łączne oddziaływanie wszystkich aerozoli pochodzenia antropogenicznego ma chłodzący wpływ na klimat Ziemi.

Efekty zmian klimatu, ich przyczyny i skutki

Informacje o dawnych zmianach, zrozumienie ich przyczyn i skutków pozwalają na tworzenie komputerowych modeli służących do przewidywania stanu klimatu w przyszłości. Dzięki nim mamy dzisiaj możliwość prognozowania tego, w jaki sposób działalność człowieka może wpłynąć na klimat w przyszłości i jakie przyniesie to skutki.

Zmiany klimatyczne, jeżeli nastąpią, przyniosą efekty zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej. W istotny sposób wpłyną na różne aspekty życia ludzi, zmuszając wiele społeczności do zmiany sposobu życia, a nawet do opuszczenia zamieszkiwanych dotychczas obszarów. Wyróżnić można cztery podstawowe efekty podniesienia się średniej temperatury Ziemi będącego bezpośrednią przyczyną zmian klimatycznych:

- topnienie lodowców oraz podniesienie się poziomów mórz i oceanów,
- przesuwanie się stref klimatycznych,
- częstsze występowanie katastrof klimatycznych i ekstremalnych zjawisk pogodowych,
- zmniejszenie się zasobów wody pitnej.

Każdy z nich może okazać się dramatyczny w skutkach.

Topnienie lodowców oraz podnoszenie się poziomu mórz i oceanów

W ostatnich stu latach poziom mórz i oceanów podniósł się o 10-25 centymetrów. Modele komputerowe przewidują, że do roku 2100 nastąpi wzrost o dalsze 10-90 centymetrów. Zjawisko to ma dwie przyczyny:

- zwiększanie się objętości wody w oceanach w skutek wzrostu temperatur (ekspansja termiczna),
- zwiększanie się ilości wody w skutek topnienia lodowców górskich i czap polarnych (w XX wieku ich powierzchnia zmniejszyła się o około 10%).

Przewiduje się, że tempo podnoszenia się poziomu mórz i oceanów w obecnym stuleciu będzie znacznie większe niż w ubiegłym. Szybkość i kierunek zmian (w niektórych rejonach świata poziom morza prawdopodobnie się obniży!) będą różne w poszczególnych częściach świata, zależnie od charakteru wybrzeża, zmian w przebiegu prądów oceanicznych, różnic w cyklu pływów i gęstości wody oraz pionowych ruchów skorupy ziemskiej. Ponieważ zmiany w hydrosferze zachodzą bardzo powoli, należy się spodziewać, że poziom mórz będzie wzrastał przez setki lat po ustabilizowaniu się stężeń gazów cieplarnianych w atmosferze.

Podniesieniem się poziomu mórz najbardziej zagrożone są małe państwa wyspiarskie (np. Malediwy), w których wysokość najwyższych wzniesień nie przekracza kilku metrów. Grozi im fizyczna zagłada jeszcze przed końcem XXI wieku! W niebezpieczeństwie znajdą się również inne kraje nadmorskie, zwłaszcza te położone na depresjach.

Jeżeli poziom oceanów będzie wyższy, znacznie poważniejsze mogą być skutki pojawiania się niektórych ekstremalnych zjawisk pogodowych, jak wysokich przypływów, cyklonów czy tsunami. Już obecnie powodzie powodowane przez sztormy dotykają każdego roku 46 milionów ludzi, z czego większość w ubogich krajach rozwijających się. Wzrost poziomu oceanu o 50 centymetrów spowodowałby wzrost tej liczby do 92 milionów, a wzrost o 1 metr do 118 milionów!

Wzrastający poziom wody to również zagrożenie dla takich działów gospodarki, jak rolnictwo, rybołówstwo czy turystyka. Wiele gęsto zaludnionych i żyznych obszarów rolniczych znajduje się w ujściach wielkich rzek (Nil, Brahmaputra, Ganges). Są to obszary nisko położone (również depresje: Holandia, w Polsce Żuławy Wiślane), gdzie już nieznaczne podniesienie się poziomu morza doprowadzi do zalewania oraz podniesienia się poziomu słonych wód gruntowych. Znieczyszczona solą gleba nie będzie się już nadawała pod uprawę, więc ludzie stracą źródło utrzymania i będą zmuszeni do przeniesienia się na inne obszary.

Można spodziewać się, że tempo globalnego ocieplenia spowodowane pojawiającymi się sprzężeniami zwrotnymi będzie wzrastać. Zmniejszające się powierzchnie lodowców i lądolodów będą odbijać mniejszą ilość promieniowania słonecznego, co spowoduje większe kumulowanie energii przez powierzchnię Ziemi i oceanów. Ocieplanie się oceanów oznacza równocześnie zmniejszoną rozpuszczalność gazów w wodzie, a więc prowadzi do ograniczenia ilości pochłanianego dwutlenku węgla. I tak dalej - w podobny sposób jedne zjawiska mogą wzbudzać kilka kolejnych, a wówczas globalne ocieplenie przyjmie formę reakcji łańcuchowej, będzie przyspieszało i stanie się całkowicie nieodwracalne.

Przesuwanie się stref klimatycznych

Przesuwanie się obszarów rolniczych

Wraz ze wzrostem średniej temperatury Ziemi strefy klimatyczne, a z nimi obszary rolnicze, przesuną się prawdopodobnie w stronę biegunów. Ponieważ oczekuje się większego wzrostu temperatur w rejonach polarnych niż równikowych, przesunięcia stref klimatycznych będą wyraźniejsze na wyższych szerokościach geograficznych. Do końca XXI wieku strefa klimatów umiarkowanych (45-60°C) może się przesunąć o 150-500 km w stronę biegunów.

Znaczna część regionów rolniczych świata będzie zagrożona zmianami klimatu, jednakże na niektórych obszarach mogą się one okazać korzystne. W rejonach tropikalnych i subtropikalnych, czyli tam, gdzie przewidywane jest pojawienie się wzmożonych upałów prowadzących do wysychania gleb, plony będą się zmniejszać. Przeciwnie, wydłużenie się okresu wegetacyjnego w Europie czy północnej Kanadzie umożliwiłoby produkowanie tam znacznie większej ilości żywności. Inny problem wynika z faktu, że gatunki roślin uprawiane na poszczególnych obszarach są obecnie optymalnie dobrane do panujących warunków klimatycznych. Przesunięcie upraw poszczególnych gatunków na inne obszary może być trudne, ponieważ gleby w nowych strefach klimatycznych mogą okazać się niezdatne do tak intensywnej uprawy, jak ma to miejsce obecnie w większości krajów. Same gleby również znajdą się pod wpływem zmieniającego się klimatu. Modele klimatyczne przewidują wzrost parowania i opadów oraz częściej pojawiające się ulewy. Na niektórych obszarach przyśpieszenie cyklu hydrologicznego będzie powodować wysychanie gleb, na innych wzrost ich wilgotności.

Wydłużony okres wegetacyjny oraz rzadziej występujące mrozy z pewnością poprawiłyby warunki wzrostu roślin, przede wszystkim na wyższych szerokościach geograficznych.

Niektóre gatunki mogą jednak zostać zagrożone, zwłaszcza jeżeli wzrost temperatury zbiegnie się z wystąpieniem niedoboru wody. Pośród innych niekorzystnych zjawisk w szczególny sposób na rolnictwie może odbić się intensywne rozprzestrzenianie się niektórych gatunków insektów, chwastów i chorób roślin w kierunku biegunów, które spowodowołyby poważne straty plonów.

W efekcie zmian w rolnictwie w niektórych rejonach świata może pojawić się niebezpieczeństwo braku wystarczającej ilości żywności. Jeżeli wierzyć prognozom, to przez najbliższe sto lat w skali świata produkcja rolnicza będzie pokrywać zapotrzebowanie. Mimo to, w niektórych regionach może pojawić się zagrożenie głodem. Dotyczy to przede wszystkim społeczności posiadających mało ziemi uprawnej, biednych i odizolowanych, które są całkowicie zależne od własnych systemów rolniczych. Większość z nich zamieszkuje pustynne i półpustynne obszary Afryki, południowej i południowo-wschodniej Azji, tropikalne rejony Ameryki Łacińskiej oraz wyspy na Pacyfiku i już dzisiaj napotyka na poważne problemy.

Wymieranie gatunków i zmiany w ekosystemach

Szybkie zmiany klimatu mogą prowadzić do zmniejszania się liczby gatunków występujących w poszczególnych ekosystemach. Gatunki, które nie są w stanie szybko przystosować się do nowych warunków, będą zagrożone całkowitym wyginięciem.

Lasy

Lasy odgrywają istotną rolę w funkcjonowaniu systemu klimatycznego. Są głównym „rezerwuarem" węgla na Ziemi, zawierając około 80% węgla związanego w życiu roślinnym oraz około 40% węgla związanego w glebie. Lasy północne bardziej odczują zmiany klimatyczne niż lasy równikowe, ponieważ wzrost temperatury będzie bardziej znaczący na wyższych szerokościach geograficznych.

Lasy dość wolno adaptują się do zmian. Obserwacje i eksperymenty potwierdzają przewidywania modeli, że wzrost średniej temperatury Ziemi o zaledwie 1°C może mieć istotny wpływ na funkcjonowanie i skład gatunkowy ekosystemów leśnych. Najbardziej prawdopodobne ze scenariuszy zmian klimatycznych w XXI wieku pokazują, że zagrożenie dotyczyć będzie około jednej trzeciej lasów istniejących obecnie na świecie. Lasy niektórych typów mogą całkowicie zniknąć i zostać zastąpione nowymi kombinacjami gatunków, co oznaczałoby powstanie zupełnie no-

wych ekosystemów. Podczas transformowania się lasu z jednego typu w inny do atmosfery uwalniane są znaczne ilości dwutlenku węgla. Jest to spowodowane faktem, że las, umierając, szybciej wydala węgiel, niż jest go w stanie wchłonąć podczas procesów wzrostu. Zjawisko to może znacząco sprzyjać nasilaniu się efektu cieplarnianego i stanowić istotny element jednego ze wspomnianych już sprzężeń zwrotnych.

Równiny

Na obszarach równinnych należy się spodziewać wydłużenia okresu wegetacyjnego. Łąki wykorzystywane są do hodowli około połowy zwierząt na świecie. Są również źródłem pożywienia wielu zwierząt dzikich. Zmiany temperatur i opadów mogą przesuwać granice pomiędzy obszarami trawiastymi, krzewiastymi i leśnymi, powodując zmiany w dotychczasowym występowaniu gatunków roślin i zwierząt na danym obszarze.

Góry

Rejony górskie już obecnie są pod silnym wpływem działalności człowieka. Ocieplanie się klimatu powodować będzie przesuwanie się w górę pięter roślinności, a z nimi całych ekosystemów, których występowanie na danym obszarze jest ściśle związane z wysokością. Kiedy gatunki i ekosystemy są zmuszane do przenoszenia się w wyższe rejony, te, których występowanie ze względu na warunki klimatyczne ogranicza się do wierzchołków gór, nie mają się gdzie przemieścić i wymierają.

Wiążąca około 80% wszystkich zasobów słodkiej wody kriosfera obejmuje wszystkie pokrywy śnieżne i lodowe na Ziemi oraz wieczną zmarzlinę. Zamarznięta woda jest bardzo „czuła" na zmiany temperatury. Jeżeli potwierdzą się przewidywania oparte na modelach klimatycznych, lodowce górskie mogą zmniejszyć się o 30% jeszcze w tym stuleciu. Miałoby to

niewątpliwy wpływ na wszystkie towarzyszące im ekosystemy oraz życie zamieszkujących w ich pobliżu ludzi. Zmieniające się przepływy górskich rzek wpłynęłyby znacząco na pokrycie zapotrzebowania na wodę zarówno do celów rolniczych, jak i do produkcji energii w elektrowniach wodnych. Obraz wielu wysokich szczytów górskich oraz regionów polarnych zmieniłby się dramatycznie. Topnienie wiecznej zmarzliny mogłoby nie tylko zakłócić funkcjonowanie ekosystemów, ale również (podobnie jak w przypadku lasów) uwolnić dodatkowe ilości dwutlenku węgla i metanu do atmosfery.

Morza i oceany

Zmiany klimatyczne doprowadzą do zmniejszenia się powierzchni lodowców i zmian cyrkulacji wody oceanicznej. Może to mieć wpływ na produkcję biologiczną, dostępność pożywienia dla różnych gatunków oraz funkcje, jakie spełniają poszczególne ekosystemy morskie. Zmieniające się temperatury mogą również spowodować przesunięcia geograficzne w występowaniu gatunków na danych obszarach, zwłaszcza w regionach polarnych, gdzie okres wegetacyjny ulegnie wydłużeniu. Ponadto wszelkie zmiany w aktywności planktonu w istotny sposób mogą wpłynąć na zdolność oceanów do absorbowania i magazynowania dwutlenku węgla.

Zdrowie ludzi

Przewiduje się, że zmiany klimatyczne będą miały poważne konsekwencje dla zdrowia ludzi. Warunki zdrowotne zależą od odpowiedniej żywności, dostępu do bezpiecznej wody pitnej, odpowiednich warunków mieszkaniowych oraz właściwej infrastruktury do kontrolowania chorób zakaźnych. Zmiany klimatyczne mogą wpłynąć na każdy z tych elementów.

Zagrożenie stanowić będzie każde zwiększenie się częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych. Fale upałów, powodzie, burze i huragany mogą powodować śmierć i okaleczenia ludzi, głód, emigrowanie całych populacji z zagrożonych terenów, wybuchy epidemii i niepokojów społecznych. Niezwykle trudno przewidzieć, jak ze zmianami klimatycznymi zmieni się częstotliwość występowania tych zagrożeń. Można jednakże określić obszary, które będą szczególnie narażone na występowanie częstszych powodzi i huraganów, zwłaszcza jeżeli nie zastosuje się dodatkowych zabezpieczeń wybrzeży.

Pojawianie się fal upałów zawsze skutkuje zwiększoną liczbą przypadków chorób serca i układu oddechowego. Należy spodziewać się zwiększenia zachorowalności i umieralności na tego typu choroby, zwłaszcza wśród osób starszych. Z drugiej jednak strony, dzięki pojawieniu się łagodniejszych zim w strefach klimatów umiarkowanych w niektórych krajach może zmniejszyć się liczba przypadków śmierci spowodowanych zimnem.

Z powodu zmniejszania się zasobów i dostępności wody pitnej zmiany klimatyczne mogą niekorzystnie wpłynąć na stan higieny. Mniejsza dostępność wody oznaczałaby również pogorszenie się funkcjonowania systemów ściekowych oraz zwiększenie koncentracji bakterii i innych mikroorganizmów w wodach powierzchniowych. Niedobór wody może również zmusić ludzi do wykorzystywania zasobów wody o niższej jakości pochodzącej na przykład z zanieczyszczonych rzek. Skutkiem gorszego dostępu do wody dobrej jakości byłoby przede wszystkim częstsze występowanie różnego rodzaju chorób układu pokarmowego.

Na obszarach, gdzie wyraźnie spadnie ilość produkowanej żywności, mogą pojawić się przypadki niedożywienia i głodu, co zawsze prowadzi do poważnych i długookresowych konsekwencji zdrowotnych, zwłaszcza u dzieci.

Globalne ocieplenie spowodowałoby również poszerzanie się obszarów występowania gatunków przenoszących zarazki chorobotwórcze. Dotyczy to takich zwierząt, jak moskity, kleszcze i gryzonie - każdy z tych gatunków mógłby pojawić się na wyższych szerokościach geograficznych oraz na większych wysokościach nad poziomem morza. Około 45% ludności na świecie zamieszkuje obecnie obszary sprzyjające przenoszeniu się malarii. Modele klimatyczne sugerują, że największe zmiany w potencjale przenoszenia się chorób występują na obecnych peryferiach obszarów zagrożonych tą chorobą, zwłaszcza że zamieszkujący je ludzie nie będą mieli podniesionej odporności na zachorowanie. Według World Watch Institute można oczekiwać, że globalne ocieplenie przyczyni się do miliona dodatkowych śmiertelnych przypadków malarii rocznie jeszcze przed rokiem 2050.

Ocena wpływu, jaki zmiany klimatyczne mogą mieć na zdrowie ludzi, obarczona jest dużą dozą niepewności. Wynika to z faktu, że prognozy muszą uwzględniać wiele czynników nie związanych bezpośrednio z klimatem, na przykład wzrost liczby mieszkańców czy zmianę warunków społecznych i ekonomicznych na danym obszarze.

Częstsze występowanie katastrof klimatycznych i ekstremalnych zjawisk pogodowych

Klimat zmienia się naturalnie we wszystkich skalach czasu. W sposób naturalny zmiany mogą być powodowane przez czynniki zewnętrzne, takie jak erupcje wulkanów lub zmiany w aktywności Słońca. Mogą być również skutkiem wewnętrznych interakcji pomiędzy składnikami systemu klimatycznego: atmosferą, oceanami, biosferą, kriosferą i litosferą. Te wewnętrzne interakcje prowadzą zarówno do występowania dość regularnych fluktuacji, takich jak ENSO (El Niño/Southern Oscilation), jak również do zupeł-

nie przypadkowych zmian klimatycznych. Występowanie ekstremalnych zjawisk i katastrof klimatycznych stanowi zazwyczaj naturalny efekt zmienności klimatu. W skali dni, miesięcy i lat zmienność ta prowadzi do wystąpienia fal upałów lub mrozów, huraganów czy niezwykle silnych sztormów. Ekstremalne zjawisko klimatyczne (pogodowe) jest to znaczne i gwałtowne odejście od przeciętnego stanu, w jakim znajduje się system klimatyczny. Kiedy ekstremalne zjawisko przynosi dramatyczne skutki dla życia ludzi lub funkcjonowania jakiegoś ekosystemu, nazywa się je katastrofą klimatyczną. W niektórych rejonach świata katastrofy klimatyczne pojawiają się tak często, że mogą być niemalże uważane za normę. Możliwe, że zmiany klimatyczne wywołane zwiększającą się ilością gazów cieplarnianych w atmosferze zwiększą częstotliwość występowania, skalę i charakter zarówno ekstremalnych zjawisk, jak i katastrof klimatycznych.

Od czasu do czasu każdy rejon świata doświadcza rekordowych katastrof klimatycznych. W 1995 roku letnie fale upałów dotknęły środkowo-zachodnie stany w Ameryce i subkontynent indyjski. Gdy czerwcowe temperatury przekroczyły 50°C, z powodu przegrzania organizmu w Stanach Zjednoczonych zmarło ponad 700 osób, w północnych Indiach - 500. Wcześniej tego samego roku wylewające rzeki w Holandii były powodem ewakuacji 200 tysięcy osób oraz około miliona sztuk zwierząt hodowlanych. Była to największa powódź w tym kraju od 1953 roku, kiedy to przerwaniu uległy holenderskie wały morskie. Od roku 1970 roczne opady w strefie Sahel w północnej Afryce dziewięciokrotnie spadły o ponad 20% poniżej średniej utrzymującej się od początku XX wieku. W poprzednich 70 latach tylko raz zdarzyła się susza na tak wielką skalę.

Czy coraz częstsze raporty o „rekordowych" w skutkach zjawiskach ekstremalnych oznaczają, że jest ich coraz więcej? Według IPCC „nie ma dostatecznych danych, aby stwierdzić, czy w XX wieku pojawiły się trwałe zmiany w zmienności klimatu lub częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk". Możliwe, że dzięki rewolucji komunikacyjnej informacje o ich występowaniu stały się bardziej dostępne. Można z tego powodu ulec wrażeniu, że pojawiają się częściej, nie jest to jednak dowód na występowanie wyraźnego trendu.

W przyszłości zmiany klimatyczne mogą znacząco wpłynąć na częstotliwość występowania, rozmiar i miejsca pojawiania się ekstremalnych zjawisk klimatycznych. Oczekiwać można przede wszystkim większej ilości fal upałów i częstszych ulew prowadzących na niektórych obszarach do powodzi. Bliższe określenie, w jaki sposób powiązane będą ze sobą zmiany klimatyczne i częstotliwość występowania tych zjawisk, jest niezwykle trudne. Naukowcy nie są w stanie stwierdzić, czy pojawiające się obecnie zjawiska są skutkiem trwałych zmian klimatycznych. Jest to spowodowane przede wszystkim wciąż niepełnym zrozumieniem systemu

klimatycznego i efektów wywoływanych zmianą stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze. Niemniej jednak obserwowanie i studiowanie występujących zjawisk oraz uczenie się ich przewidywania jest niezwykle istotne. Pewne jest, że spośród wszystkich efektów, jakie mogą nam przynieść w najbliższym czasie zmiany klimatyczne, zjawiska ekstremalne mogą okazać się najbardziej uciążliwe i powodować olbrzymie straty.

Zmniejszanie się zasobów wody słodkiej

Ocieplanie się Ziemi spowoduje przyśpieszenie cyklu hydrologicznego. Przyśpieszone parowanie i większa ilość opadów sprawią, że świat stanie się bardziej wilgotny. Jednak czy ta wilgoć będzie opadać tam, gdzie jest potrzebna?

Cykl hydrologiczny jest niezwykle skomplikowany: zmiany w ilości i częstotliwości opadów wpływają na wilgotność gleby, wzrost roślin i powierzchnię lodowców, a więc na ilość odbijanego od powierzchni Ziemi światła słonecznego; czynniki te wpływają z kolei na parowanie i formowanie się chmur, co ponownie wpływa na opady. W tym samym czasie cykl hydrologiczny reaguje również na działalność człowieka - karczowanie lasów, urbanizację czy nadużycia w wykorzystaniu zasobów wody. Złożoność tej sieci zależności sprawia, że wciąż niemożliwe jest przewidzenie regionalnych i lokalnych skutków globalnego ocieplenia.

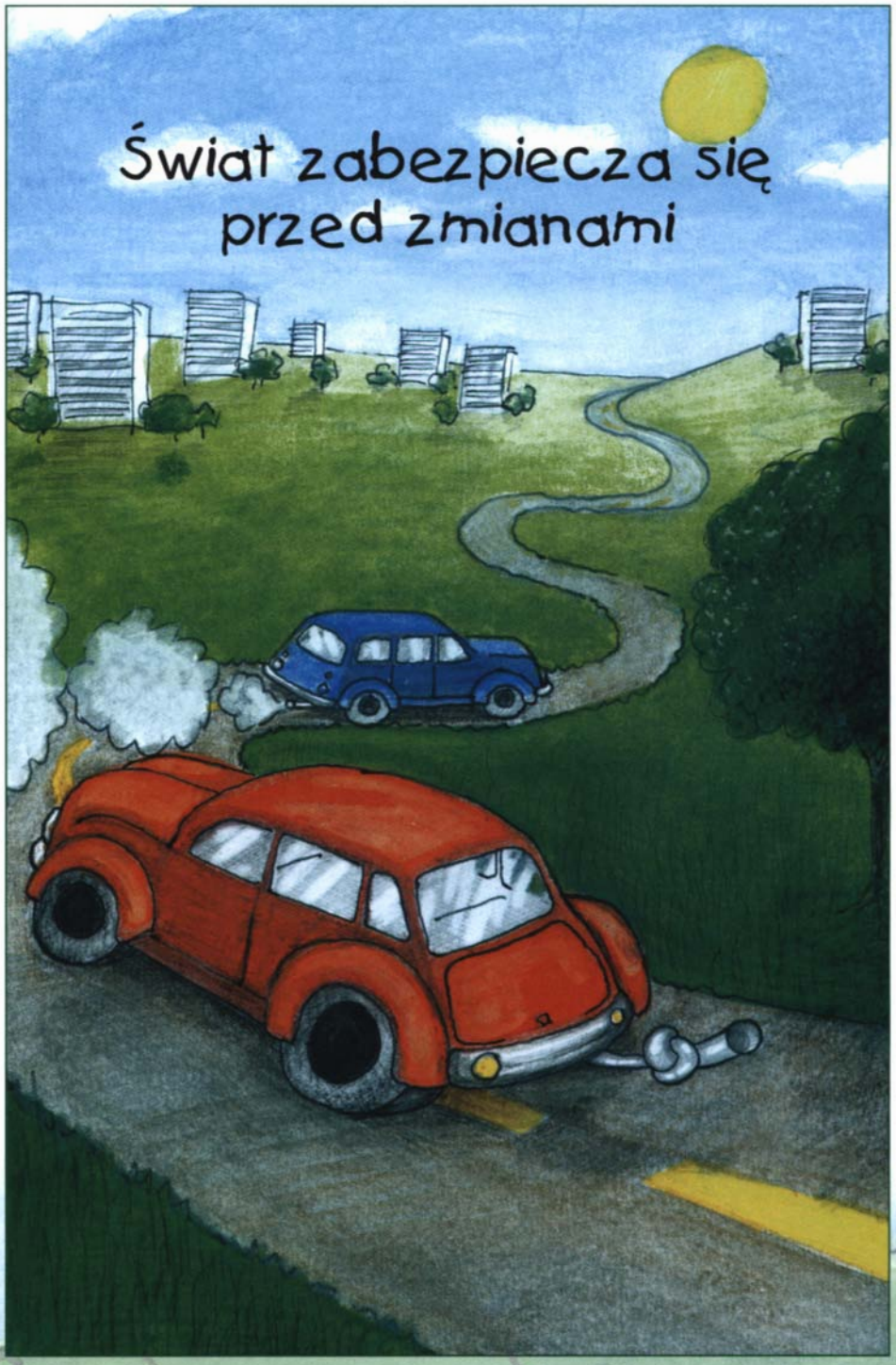
Prawdopodobnie w niektórych regionach świata ilość opadów wzrośnie, natomiast w innych spadnie. Zmieniająca się ilość i częstotliwość występowania opadów na różnych obszarach wpływać będą na ilość wody, którą będziemy mogli pobrać i wykorzystać. Im suchszy klimat, tym lokalny cykl hydrologiczny jest bardziej wrażliwy. Obszary pustynne i półpustynne szczególnie odczują zmniejszoną ilość opadów oraz przyspieszone parowanie wody z gleby i roślin prowadzące do ich dalszego osuszania.

Podnoszenie się poziomu mórz i oceanów może doprowadzić do wymieszania się wody morskiej z przybrzeżnymi zasobami wody słodkiej, tym samym utrudniając lub nawet uniemożliwiając jej wykorzystanie jako wody pitnej i użytkowej. Wtargnięcie „frontu solnego" w ujścia rzek spowodowałoby również wycofywanie się w głąb lądu gatunków lub nawet całych ekosystemów uzależnionych od dostępu do wody słodkiej.

Związków pomiędzy zmianami klimatycznymi, dostępnością wody, produkcją żywności, wzrostem liczby ludności, rozwojem gospodarki jest wiele i są one niezwykle zawiłe. Bardzo prawdopodobne, że zmiany klimatu przyczynią się do narastania napięć politycznych i gospodarczych, zwłaszcza w regionach, które już dziś mają skąpe zasoby wody. Co wiecej, wiele ważnych systemów wodnych jest dzielonych przez dwa lub więcej narodów, co już niejednokrotnie doprowadzało do konfliktów międzynarodowych. Sytuacje takie mogą się zdarzać coraz częściej.

Lepsze zarządzanie zasobami wody może pomóc zmniejszyć zagrożenie. Przede wszystkim należy zacząć efektywniej wykorzystywać zasoby istniejące obecnie oraz poszukiwać nowych. Długoterminowe strategie zarządzania powinny obejmować wprowadzanie regulacji prawnych i technologii do bezpośredniej kontroli sposobu wykorzystania ziemi i wody, sto-

sowanie podatków w celu pośredniego wpływania na zachowania ludzi oraz budowę nowych rezerwuarów i rurociągów w celu zwiększenia dostaw. Inne środki mogą obejmować usuwanie grobli w celu utrzymania rozlewisk, ochronę roślinności wodnej, przywracanie korytom rzek ich pierwotnej formy, zmniejszanie ilości wprowadzanych zanieczyszczeń - wszystko to w celu przywrócenia rzekom możliwości skutecznego samooczyszczania się, a tym samym odzyskania utraconych zasobów wody pitnej.


Świat zabezpiecza się
przed zmianami

Klimat nie reaguje natychmiast na zmiany w składzie atmosfery czy w aktywności słonecznej. Jest to spowodowane głównie długim czasem, jaki zajmuje podgrzanie wód oceanu. Potrzeba kilku dziesięcioleci, aby osiągnąć połowę drogi od momentu zaistnienia przyczyn wzrostu temperatury do osiągnięcia nowego stanu równowagi. Nawet po 100 latach reakcja ta może być zaledwie w 60-90% kompletna. Ten niezwykle długi, przynajmniej w skali ludzkiego życia, czas reakcji klimatu komplikuje problem. Oznacza to bowiem, że możemy dziś wzbudzić zmiany klimatyczne, które pojawią się dopiero za kilka pokoleń. Dlatego tak ważne jest wykrycie i zrozumienie mechanizmów zmian klimatycznych odpowiednio wcześnie, tak aby można było podjąć odpowiednie działania zapobiegawcze i przystosowawcze.

Do końca lat siedemdziesiątych dyskusje nad zagrożeniami związanymi ze zmianami klimatycznymi toczyły się niemal wyłącznie w wąskim gronie naukowców. W 1979 roku w Genewie podczas Pierwszej Światowej Konferencji Klimatycznej naukowcy po raz pierwszy ogłosili, że zmiany klimatyczne powodowane działalnością człowieka mogą w przyszłości stanowić poważny problem. Wydana została deklaracja wzywająca rządy państw na całym świecie do „przewidzenia i zapobiegnięcia potencjalnym zmianom klimatycznym wywołanym przez człowieka, które mogą mieć niekorzystny wpływ na dobrobyt ludzkości". Przez kolejne lata odbywały się międzynarodowe konferencje poświęcone gazom cieplarnianym i ich wpływowi na system klimatyczny Ziemi. W rezultacie zagadnienie to przestało być rozpatrywane wyłącznie przez naukowców, ale stało się również przedmiotem analiz politycznych.

W roku 1988 Program Środowiskowy Narodów Zjednoczonych (UNEP - z ang.:United Nations Environmental Programme) oraz Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO - z ang.:World Meteorological Organization) powołały wspólnie Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatu (IPCC - z ang.: Intergovernmental Panel on Climate Change). Temu międzynarodowemu zespołowi naukowców postawiono zadanie dokonania oceny dostępnych danych naukowych i socjo-ekonomicznych o zmianach klimatu, ich wpływie na warunki życia na Ziemi oraz zaproponowanie sposobów łagodzenia skutków tych zmian i adaptowania się ludzi do nowych warunków życia. Od 1990 roku IPCC opublikował serię raportów i analiz oraz stworzył metodologię oceny oddziaływania człowieka na klimat. Stał się równocześnie najbardziej autorytatywnym ciałem reprezentującym głos nauki w debacie nad globalnym ociepleniem. Przedstawiony na Drugiej Światowej Konferencji Klimatycznej (Genewa 1990 r.) pierwszy raport IPCC stanowił naukową podstawę do przyjęcia w 1992 roku Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC - z ang.: United Nations Frame Convention on Climate Change) zwanej również Konwencją klimatyczną. Najnowszy, trzeci już raport IPCC ukazał się pod koniec 2001 roku.

Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu

Konwencja klimatyczna przyjęta została podczas słynnego Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku. Do dziś przystąpiło do niej ponad 170 państw z całego świata, co sprawia, że jest

ona uważana za najważniejsze międzynarodowe porozumienie w dziedzinie ochrony klimatu. Ponieważ obecne pokolenie nie odczuje jeszcze skutków globalnego ocieplenia konwencja stawia w centrum uwagi dobro przyszłych generacji. Jest to zgodne z ideą ekorozwoju, którą wiele krajów zobowiązało się kierować, prowadząc swoje polityki gospodarcze, społeczne i środowiskowe.

Podstawowym celem Konwencji klimatycznej jest „osiągnięcie stabilizacji stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze na poziomie, który zapobiegnie niebezpiecznym antropogenicznym oddziaływaniom na system klimatyczny. Poziom ten powinien zostać osiągnięty w czasie wystarczającym do naturalnego przystosowania się ekosystemów do zmian klimatu, tak aby zapewnić, że produkcja żywności nie zostanie zagrożona, a rozwój gospodarczy będzie mógł przebiegać w sposób zrównoważony".

Konwencja stanowi deklarację o podjęciu wysiłku całego świata na rzecz przeciwdziałania globalnemu ociepleniu. Przyjęto kilka podstawowych zasad określających powszechnie akceptowany punkt widzenia:

- zasadę ostrożności, według której brak całkowitej pewności nauki nie powinien być wykorzystywany jako powód do odsunięcia w czasie działań mających na celu zapobieganie nieodwracalnym szkodom,
- zasadę wspólnej, lecz różnej odpowiedzialności, która mówi, że kraje rozwinięte (tzw. bogata północ) są w znacznie większym stopniu odpowiedzialne za powstałe zagrożenie i to one powinny przyjąć główną rolę podczas realizacji wyzwań stawianych przez konwencję.

Pozostałe zasady odnoszą się do szczególnych potrzeb krajów rozwijających się oraz konieczności promowania idei zrównoważonego rozwoju. Konwencja klimatyczna nie szuka rozwiązań uniknięcia przyszłej zmiany klimatu wywołanej przez człowieka, lecz sposobów na zminimalizowanie i spowolnienie zmian, tak aby ekosystemy i ludzie zdążyli się przystosować do nowych warunków.

Podpisując Konwencję klimatyczną, strony zobowiązały się do osiągnięcia do roku 2000 poziomu emisji gazów cieplarnianych z roku 1990 oraz do uwzględniania zagrożenia związanego ze zmianami klimatycznymi w prowadzonej przez siebie polityce. Postanowiono również, że przedstawiciele krajów podpisujących konwencję będą co roku spotykać się podczas Konferencji Stron (COP - z ang.: Conference of Parties). Rolą COP jest ustalanie szczegółowych rozwiązań dotyczących wprowadzania w życie postanowień konwencji i planowanie dalszych, bardziej wiążących przedsięwzięć zmierzających do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Konferencje dostarczają również sposobności do prezentacji i oceny narodowych sprawozdań o ochronie klimatu, do których przygotowania zobowiązane są wszystkie strony konwencji.

Podczas Pierwszej Konferencji Stron w Berlinie (COP-1 - 1995 r.) zgodzono się, że należy podjąć nowe zobowiązania na okres po 2000 roku. Postanowiono również, że na Trzeciej Konferencji Stron w 1997 roku przyjęty zostanie dokument, który nałoży na państwa sygnatariu-

szy nowe zobowiązania oraz zaproponuje sposoby ich osiągnięcia. Konwencja weszła w życie 21 marca 1994 r. po ratyfikowaniu jej przez pierwsze 50 państw-sygnatariuszy.

Protokół z Kyoto

COP-3 odbyła się w Kyoto w Japonii i zaowocowała przyjęciem tzw. Protokołu z Kyoto. Po ratyfikacji przez wymaganą liczbę krajów-sygnatariuszy (55 krajów odpowiedzialnych wspólnie za co najmniej 55% światowej emicji gazów cieplarnianych) protokół stanie się prawnie wiążącą umową, zgodnie z którą kraje uprzemysłowione będą zobowiązane do redukcji ich wspólnej emisji gazów cieplarnianych o 5,2% w latach 2008-2012. Aby pomóc stronom zredukować emisje w sposób efektywny ekonomicznie, promując równocześnie zrównoważony rozwój, protokół wprowadził trzy specjalne mechanizmy: mechanizm czystego rozwoju (CDM - z ang.: Clean Development Mechanism), handel emisjami (ET - z ang.: Emissions Trading) oraz mechanizm wspólnych realizacji (JI - z ang.: Joint Implementation). Dyskusje nad ich wdrożeniem trwają do dziś. Częściowe porozumienie udało się osiągnąć dopiero podczas COP-7 w Marakeszu w 2001 roku, jednakże nie zostało ono zaakceptowane przez wszystkie kraje (m.in. Stany Zjednoczone).

Wczesne podjęcie działań w celu ograniczenia zagrożenia związanego ze zmianami klimatycznymi może przynieść wielorakie korzyści. Wielu badaczy wierzy, że będzie możliwe ograniczenie kosztów szkód i adaptacji przynoszące równocześnie korzyści ekonomiczne, takie jak tworzenie efektywniejszych systemów energetycznych, oraz przyspieszony postęp technologiczny. Niektóre sposoby ochrony klimatu mogą również przynieść lokalne i regionalne korzyści ekologiczne, takie jak redukcję zanieczyszczenia powietrza oraz zwiększoną ochronę lasów i różnorodności gatunkowej.

Trochę o wątpliwościach

Zagrożenie niebezpiecznymi zmianami klimatu pozostaje hipotezą naukową. Opiera się ona na pozornie prostym założeniu, że spowodowany rozwojem cywilizacji wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze może doprowadzić do dramatycznego w skutkach wzrostu średniej temperatury na Ziemi, który z kolei wywoła zmiany klimatyczne. Jednakże system klimatyczny jest tak skomplikowany, że trudno z całą pewnością stwierdzić, jak zmiany te będą wyglądały oraz jakie mogą być ich skutki dla ludzi i życia na Ziemi. Trudno również ocenić, w jakim stopniu przyczyni się do nich człowiek. Zadanie naukowców polega przede wszystkim na obserwowaniu zmian oraz uzasadnianiu ich wystąpienia. Niestety, mogą oni popełniać dwa zasadnicze rodzaje pomyłek:

- przypisywać zachodzącym zjawiskom niewłaściwe przyczyny - w naszym przypadku oznaczałoby to błędne założenie, że powodowany działalnością człowieka wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze (co jest faktem) prowadzi do zmian klimatu,
- błędnie uznawać, że związek pomiędzy wzrostem stężenia gazów cieplarnianych a zmianami klimatu nie istnieje, a ocieplenie wynika wyłącznie z przyczyn naturalnych.

Zastanówmy się, jakie mogą być konsekwencje popełnienia każdego z tych błędów. Popełnienie błędu drugiego rodzaju doprowadziłoby do zaniechania jakichkolwiek działań mających na celu ograniczenie dalszego pogarszania sytuacji przez ludzi. Co więcej nie staralibyśmy się przygotować do nadchodzących zmian i zostalibyśmy przez nie zaskoczeni. Popełnienie błędu pierwszego rodzaju wydaje się mniej niebezpieczne. W najgorszym wypadku podejmiemy działania zapobiegające zagrożeniu, które faktycznie nie istnieje. Ich skutkiem będzie więc, co najwyżej, odciążenie środowiska od wpływu cywilizacji poprzez większą oszczędność zasobów naturalnych i zmniejszenie ilości emitowanych zanieczyszczeń.

Jak zmniejszać emisję gazów cieplarnianych

Gazy cieplarniane emitowane są do atmosfery w wyniku działalności gospodarczej ludzi, a od produkcji odpowiedniej ilości energii i żywności zależy jakość naszego życia. Nie tylko produkując, ale i korzystając z osiągnięć cywilizacji, wspólnie stwarzamy dzisiaj zagrożenie związane niebezpiecznymi zmianami klimatu Ziemi. Rządy wielu państw świata postanowiły doprowadzić do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w swoich krajach. Jednakże umowy międzynarodowe czy inne decyzje polityków same w sobie nie mogą doprowadzić do istotnej poprawy sytuacji. To, czy uda się ograniczyć emisję gazów cieplarnianych, zależy przede wszystkim od wprowadzania nowoczesnych technologii przemysłowych oraz naszego postępowania jako użytkowników dobrodziejstw cywilizacji. Największe możliwości zdają się leżeć w poprawie sposobów wytwarzania i korzystania z energii.

Poprawa sprawności wytwarzania energii z paliw kopalnych

Użyteczna dla nas energia w postaci ciepła lub energii elektrycznej produkowana jest najczęściej z wykorzystaniem procesu spalania paliw kopalnych, takich jak węgiel czy pochodne ropy naftowej. Podczas spalania paliw energia chemiczna zawarta w paliwie zmieniana jest w ciepło, które z kolei może zostać użyte do produkcji energii elektrycznej. Podczas drogi, jaką przebywa energia ze złoża paliwa do miejsca jej ostatecznego wykorzystania (np. do oświetlenia pomieszczeń), pojawiają się znaczne straty. Mogą być one powodowane niedoskonałością zarówno poszczególnych urządzeń, jak i całych technologii przemysłowych. Im większa ilość energii jest podczas danego procesu zmieniana w użyteczną dla nas formę, tym jest on sprawniejszy. Jeżeli udaje nam się podnieść sprawność elektrowni, to do wytworzenia tej samej ilości energii elektrycznej zużyjemy mniej paliwa, a tym samym do atmosfery dostanie się mniej dwutlenku węgla i zanieczyszczeń.

Warto również pamiętać, że paliwa kopalne można podzielić na bardziej i mniej „brudne". Wyprodukowanie tej samej ilości energii elektrycznej przy wykorzystaniu gazu ziemnego jako paliwa spowoduje emisję gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń blisko trzykrotnie mniejszą niż stosowanie do tego celu węgla kamiennego. Więcej o tym piszemy w rozdziale pt. „Twoja szkoła a środowisko".

Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych

Nie tylko paliwa kopalne mogą być wykorzystywane do produkcji energii. Do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej możemy użyć również innych zasobów środowiska, takich jak energia wiatru i rzek, promieniowanie słoneczne, energia wnętrza Ziemi, energia chemiczna zawarta w roślinach (biomasie). Są to odnawialne źródła energii, nazywane tak, ponieważ ich zasoby nigdy (przynajmniej w skali czasu istnienia naszej cywilizacji) nie ulegną wyczerpaniu, są nieograniczone. Najważniejszą ich cechą jest to, że wytwarzanie przy ich pomocy energii nie powoduje emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń. Biomasa (taka jak słoma czy rośliny specjalnie hodowane do celów energetycznych) została zaliczona do źródeł odnawialnych, ponieważ uznano, że podczas jej spalania do atmosfery dostaje się dokładnie tyle samo dwutlenku węgla, ile pochłonęła wcześniej podczas procesu wzrostu. Tym samym korzystanie z niej nie powoduje wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze. Zwiększenie ilości energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych jest dużą szansą na zmniejszenie globalnej emisji gazów cieplarnianych. W obecnym czasie są to niestety technologie drogie. Koszt budowy wiatraka czy zakupu i zainstalowania kolektora słonecznego jest wciąż na tyle wysoki, że produkowana przy ich pomocy energia jest droższa od wytwarzanej tradycyjnie. Stanowi to największą barierę dla szerszego niż obecnie stosowania źródeł odnawialnych.

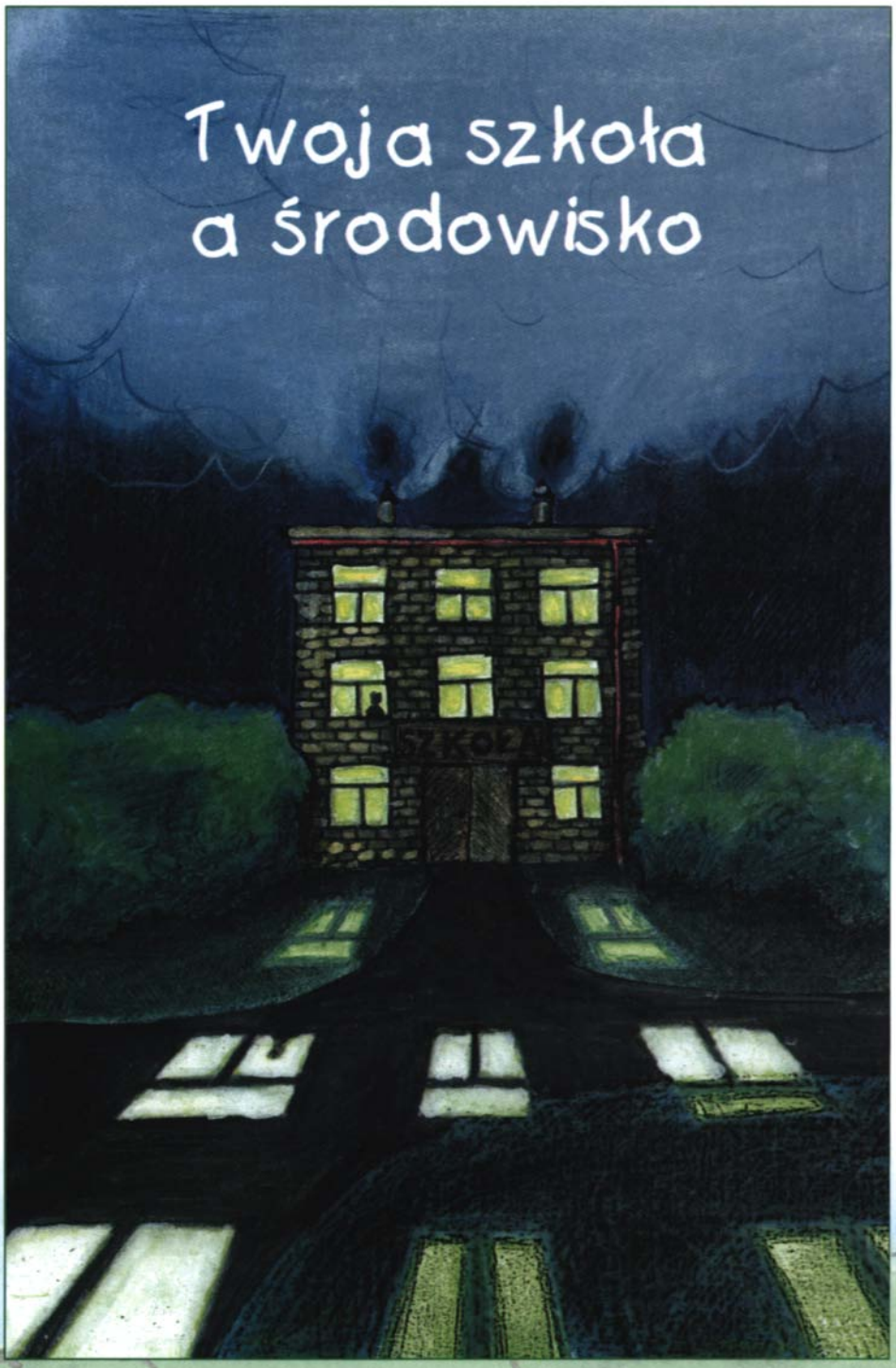
Lepsze korzystanie z energii

Emisję możemy zmniejszać, nie tylko produkując energię z większą sprawnością. Równie duże możliwości kryją się w jej efektywnym wykorzystaniu, ponieważ mniej zużytej energii to również mniej wyemitowanych gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń. W praktyce polega to na:

- korzystaniu z urządzeń potrzebujących mniej energii do wykonania tej samej pracy (pralek, lodówek, silników elektrycznych i samochodowych itd.),
- ograniczaniu strat ciepła w budynkach i instalacjach poprzez stosowanie odpowiednich materiałów izolacyjnych,
- racjonalnym użytkowaniu energii, a więc korzystaniu z niej tylko w czasie, kiedy jest faktycznie potrzebna (wyłączanie odbiorników energii elektrycznej, obniżanie temperatury w okresowo nie użytkowanych pomieszczeniach itd.).

Lepsze, bardziej efektywne i oszczędne korzystanie z energii jest obowiązkiem każdego z nas. Zawsze pamiętajmy, że jest to ten specyficzny sposób ochrony środowiska, który pozwala nam równocześnie zmniejszać wydatki na coraz to droższe paliwa, energię elektryczną i ciepło. Czy może być lepsze rozwiązanie?

Twoja szkoła a środowisko



Po co właściwie nam budynek?

Zacznijmy od postawienia sobie prostego pytania: *Po co właściwie potrzebny nam budynek?* Ludzie od zawsze starali się chronić przed zimnem, upałem, deszczem, śniegiem, burzą i innymi nie zawsze przyjemnymi stanami pogody. Chcąc mieszkać w miejscach, w których brakowało naturalnego schronienia, zaczęto wznosić budynki. Kiedy człowiek nauczył się już budować, chciał w jak najdogodniejszych warunkach wykonywać różne czynności. W budynkach pojawiło się światło, ogrzewanie, a w końcu woda i elektryczność. To dzięki tym udoskonaleniom tak wygodnie możemy z nich dziś korzystać.

Spróbujcie wymienić cechy budynku, w którym czujecie się komfortowo. Prawdopodobnie dojdziecie do wniosku, że, aby budynek spełniał wasze potrzeby, musi być odpowiednio zbudowany, tak żeby chronił przed złą pogodą, a równocześnie docierało do środka światło słoneczne. Muszą być również doprowadzone do niego różne media, tak aby było ciepło, czysto, jasno oraz można było używać różnych urządzeń. Budynek szkolny służy głównie do nauki. Z tego powodu powinny w nim panować szczególnie komfortowe warunki, by jak najbardziej ułatwić zapamiętywanie, czytanie i pisanie. Przede wszystkim w szkole musi być ciepło, jasno i czysto.

By było ciepło

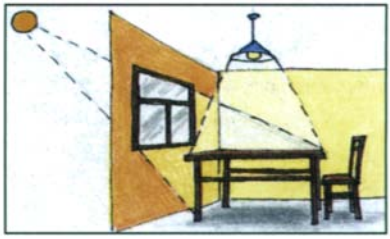
Temperatura w pomieszczeniach służących do nauki powinna wynosić 20°C. Oznacza to, że kiedy na zewnątrz temperatura jest niska (jesień, zima, wiosna), to pomieszczenia szkolne należy ogrzewać. Konieczne jest wówczas dostarczenie paliwa do kotła w szkole lub gorącej wody z ciepłowni za pomocą rurociągu.

Jeżeli na zewnątrz jest bardzo gorąco (późna wiosna, lato) to pomieszczenia należałoby chłodzić (klimatyzacja). W polskich warunkach szkoły głównie ogrzewamy, klimatyzacja klas lekcyjnych w zasadzie nigdzie nie występuje.

Konieczne również bywa ogrzewanie wody w szkolnym basenie. Jej temperatura powinna wynosić 24°C.

By było jasno

Zbyt słabe oświetlenie utrudnia naukę, ma również niekorzystny wpływ na zdrowie oczu, pogarsza zdolność koncentracji i ogólne samopoczucie. Z tego powodu natężenie światła (mierzymy je w luksach) powinno spełniać odpowiednie standardy. W klasach w czasie lekcji natężenie światła na ławkach i stołach powinno wynosić 300 luksów. W dzień często wystarcza światło naturalne wpadające do sal lekcyjnych przez okna. W pochmurne dni lub wieczorem oświetlenie sztuczne staje się koniecznością.



By było czysto

Do utrzymania czystości i higieny w szkole potrzebna jest przede wszystkim woda. Wykorzystujecie ją:

- myjąc ręce i korzystając z pryszniców,
- korzystając z toalet,
- myjąc i sprzątając pomieszczenia oraz naczynia itp.,
- przygotowując posiłki.

Dodatkowo konieczne jest utrzymanie w salach powietrza odpowiedniej jakości. Wymaga to wentylowania powietrza w sposób naturalny lub sztuczny za pomocą wentylatorów.

To jeszcze nie wszystko

Do właściwego funkcjonowania szkoły nie wystarcza doprowadzenie do niej paliw, energii elektrycznej i wody, bo przecież:

- uczniowie, nauczyciele i pracownicy obsługi muszą dojechać do szkoły transportem publicznym lub prywatnym,
- ścieki, śmieci i inne odpady muszą być odtransportowane ze szkoły na wysypisko śmieci, do oczyszczalni ścieków,
- odpady po segregacji muszą zostać przewiezione jako surowce wtórne do przetwarzających je przedsiębiorstw produkcyjnych.

Wszystko to wymaga zużycia pewnej ilości energii. Dociekając głębiej, stwierdzicie, że szkołę zbudowano z przetworzonych materiałów oraz wstawiono do niej wyprodukowane w fabrykach urządzenia, do czego również potrzebna była energia. Będziecie mieli rację.

Ograniczymy się jednak do poznania wpływu szkoły na środowisko naturalne i klimat Ziemi związanego z jej bieżącą eksploatacją. Zrobimy tak dlatego, że codzienne funkcjonowanie szkoły w największym stopniu przyczynia się do powodowania przez nią emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza. Co więcej użytkownicy szkoły - pracownicy i uczniowie - w znacznym stopniu mogą się również przyczynić do poprawy sytuacji.

Szkoła, energia i środowisko, czyli skąd te gazy cieplarniane

Wiecie już, że w szkole potrzebna jest energia. Wiecie również, że dla jej wyprodukowania spala się paliwa kopalne. To z kolei jest przyczyną dostawania się do atmosfery dodatkowej ilości gazów cieplarnianych, czego skutkiem jest nasilanie się efektu cieplarnianego. Gazy „wyrzucane" w powietrze wprost z kominów szkolnych nazywa się emisją bezpośrednią. Emisją pośrednią nazywa się te spaliny, które wydostają się do atmosfery podczas produkcji energii na potrzeby szkoły, jednakże z dala od niej (na przykład w elektrowni lub ciepłowni). Jest teraz całkowicie zrozumiałe, że nawet jeżeli na dachu szkoły nie ma żadnego komina emitującego spaliny to obciążacie środowisko naturalne, zużywając elektryczność lub ciepło dostarczane rurociągiem. Dokładacie tym samym kolejną cegiełkę do ocieplania się klimatu Ziemi.

Większość gazów cieplarnianych miesza się dokładnie z atmosferą i rozprzestrzenia równomiernie w całej objętości powietrza otaczającego Ziemię. Nie ma więc znaczenia, czy zostały wyemitowane na innej półkuli, innym kontynencie, w innym kraju czy mieście. Wszystkie łączą się z emisją gazów cieplarnianych powodowanych przez szkołę. Dlatego wszyscy razem, każdy z użytkowników energii, jesteśmy odpowiedzialni za zmiany klimatu, które już dzisiaj zaczęły zachodzić. Na wszystkich nas spoczywa również obowiązek jego ochrony.

W takim globalnym rozumieniu związku pomiędzy użytkowaniem energii a zagrożeniem zmianami klimatu w skali całej planety szkoła przyczynia się do wzrostu stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze poprzez:

- spalanie paliw (węgla, koksu, gazu ziemnego, drewna, oleju opałowego) w kotłach i innych urządzeniach grzewczych - czyli przez emisję bezpośrednią,
- użytkowanie energii elektrycznej, ciepła sieciowego, wody, które powodują emisję podczas ich wytwarzania w innym miejscu oraz transportu do szkoły,
- wykorzystywanie wody oraz odprowadzanie i oczyszczanie ścieków powstających w szkole - do czego konieczne jest użycie energii; dodatkową emisję stanowią gazy z fermentacji substancji organicznych zawartych w ściekach,
- produkowanie śmieci i innych odpadów stałych, które muszą zostać odtransportowane na składowisko śmieci, co wymaga zużycia paliw; emisja gazów cieplarnianych, głównie metanu, powodowana jest również w procesach rozkładu substancji organicznych zawartych w śmieciach na składowiskach.

Bardziej szczegółowo - jak szkoła przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych

Emisje gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń powietrza powodowane funkcjonowaniem szkoły powstają zarówno bezpośrednio w samym budynku, jak i z dala od niego. Poznając bliżej sposoby wykorzystania paliw, energii elektrycznej oraz wody w szkole, dowiecie się dokładniej, w jaki sposób to przebiega.

Paliwa stałe, ciekłe i gazowe

W kotłach i innych urządzeniach służących do ogrzewania szkoły można spalać węgiel kamienny i brunatny, koks, drewno, gaz ziemny, gaz ciekły, olej opałowy i inne paliwa. Przyjrzyjcie się teraz drodze, jaką paliwa przebywają od wydobycia aż do momentu wykorzystania ich w szkole. Jako przykład posłużył węgiel, który potrzebny jest do ogrzewania (rys. 4.).

Rys.4. Źródła emisji gazów cieplarnianych na drodze węgla kamiennego – od wydobycia go w kopalni do ostatecznego wykorzystania w szkole.

Każde paliwo posiada pewną ilość zmagazynowanej energii nazywanej energią chemiczną. Energię tę można uwolnić na przykład w procesie spalania, który składa się z wielu zachodzących równocześnie reakcji chemicznych. Reakcje te (reakcje utleniania) polegają na łączeniu się z tlenem pierwiastków chemicznych, takich jak węgiel, wodór czy siarka. Związane z tym jest powstawanie nowych wiązań chemicznych, czemu towarzyszy wydzielanie się energii w postaci ciepła (reakcje egzotermiczne). O ile energię chemiczną paliwa samą w sobie trudno wykorzystać, to ciepło jest już całkiem użyteczne. Dokładnie taka sama przemiana energii zachodzi w kotle grzewczym, jaki można znaleźć w szkole.

W każdym kilogramie węgla dostarczanego do szkoły zmagazynowana jest pewna ilość energii, którą nazywamy wartością opałową paliwa i określamy w megadżulach na jednostkę naturalną przyjętą dla danego paliwa [MJ/j.n.]. W przypadku węgla wynosi ona zwykle około 23 MJ/kg. Nie całą energię chemiczną można użytecznie wykorzystać (do ogrzewania pomieszczeń czy wody), ponieważ część z niej jest tracona w samym kotle. Określoną procentowo część energii chemicznej, jaka przekazywana jest wodzie mającej dostarczyć ciepło do grzejników, nazywa się sprawnością cieplną kotła. Im lepszy kocioł, tym jego sprawność cieplna (η_k) jest większa:

$$\eta_k = \frac{\textit{ciepło przekazane wodzie}}{\textit{energia chemiczna paliwa}} * 100\%.$$

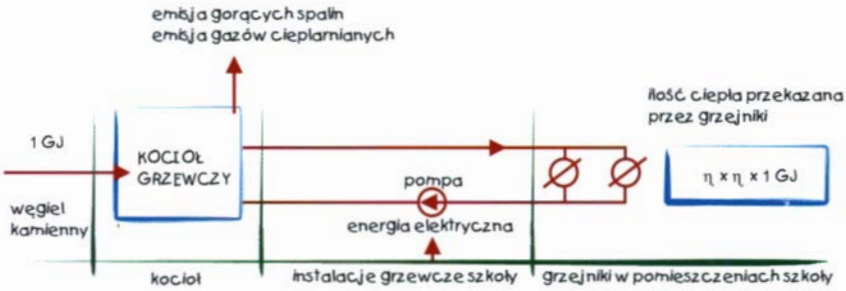
Spalanie węgla w szkolnym kotle powoduje emisję gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń powietrza. Z każdej tony węgla (o zawartości 1% siarki i 20% popiołu) spalonej w starym kotle powstaje:

- 1850 kg dwutlenku węgla (CO_2),
- 16 kg dwutlenku siarki (SO_2),
- 1,5 kg tlenków azotu (NO_x),
- 100 kg tlenku węgla (CO),
- 40 kg pyłu,
- 1 kg sadzy (C),
- 0,02 kg benzo-alfa-pirenów (B-a-P).

Spośród tych substancji na klimat Ziemi najsilniej oddziałuje dwutlenek węgla. Pozostałe są szkodliwe dla środowiska, zdrowia ludzi, roślin i zwierząt.

Zanim węgiel będzie można wykorzystać trzeba go najpierw wydobyć i dowieźć do szkoły. Każdy kolejny etap na drodze z pokładu w kopalni do składu w pobliżu kotła wymaga wykorzystania dodatkowej porcji energii, na przykład do napędu urządzeń w kopalni i silników samochodów dostawczych. W ten sposób zanim 1 GJ (gigadżul) w postaci energii chemicznej węgla (odpowiada to ok. 43,5 kg węgla) zostanie zamieniony w kotle na ciepło, musimy wcześniej zużyć dodatkową energię na jego wydobycie i transport, do wytworzenia których również wykorzystano jakieś paliwa. W ten sposób poza szkołą do atmosfery emitowane jest dodatkowych 7 kg dwutlenku węgla na każdy gigadżul węgla spalanego w szkole!

Na tym jednak nie koniec. Do grzejników w pomieszczeniach ciepło przenoszone jest za pomocą gorącej wody podgrzanej w kotle (rys. 5.).



Rys.5. Schematycznie przedstawiona instalacja wewnętrzna szkoły ogrzewanej za pomocą kotła węglowego.

Aby woda krążyła w instalacjach grzewczych szkoły, potrzebne są pompy napędzane energią elektryczną. Jak już wiecie, przy produkcji energii elektrycznej również korzysta się z paliw, a więc powoduje emisję gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza. Co więcej,

nie cała energia przekazana wodzie w kotle dociera do grzejników. Część ciepła jest tracona w instalacji grzewczej zwykle z powodu braku lub złego stanu izolacji cieplnej rur. Podobnie jak w przypadku kotła mówi się o sprawności instalacji grzewczej (η_p):

$$\eta_p = \frac{\textit{ciepło docierające do grzejników}}{\textit{ciepło przekazane wodzie}} * 100\%.$$

W ten sposób z 1 GJ energii chemicznej węgla dostarczonego do kotła tylko część zostanie ostatecznie przekazana przez grzejniki do pomieszczeń, które chce się ogrzać. Straty energii w kotle oraz instalacji grzewczej można uznać za przyczynę dodatkowej emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń.

Inne paliwa stałe oraz paliwa ciekłe i gazowe odbywają podobną, jednak nie taką samą, drogę od pozyskania ze środowiska do momentu ich wykorzystania. I tak na przykład na drodze oleju opałowego pojawi się proces przeróbki ropy naftowej w rafinerii, a w przypadku koksu - termiczne odgazowanie węgla kamiennego w koksowni. Z tego powodu dostarczenie 1 GJ energii chemicznej różnych paliw powoduje inną wielkość emisji gazów cieplarnianych poza szkołą. Zwróćcie również uwagę, że zużycie 1 GJ energii chemicznej pochodzącej z różnych paliw jest przyczyną wyemitowania różnych ilości gazów cieplarnianych (pamiętajcie, że całą ilość gazów cieplarnianych przeliczamy na dwutlenek węgla). Dla Polski ilustruje to tabela 2.

Lp.	Rodzaj paliwa	Wartość opałowa (energia chemiczna w jednostce naturalnej paliwa)		Emisja ekwiwalentna gazów cieplarnianych [kg CO_2/GJ]		
		jednostka naturalna [j.n.]	wartość opałowa [GJ/j.n.]	powstająca podczas wydobycia i transportu paliw do szkoły	powstająca podczas spalania paliw w szkole	całkowita
1.	Węgiel kamienny	Mg	23,0	7,0	94,5	101,5
2.	Węgiel brunatny	Mg	8,5	4,5	106,1	110,6
3.	Koks	Mg	28,0	17,3	94,7	112,0
4.	Gaz ziemny	1000 m^3	35,5	0,8	54,0	54,8
5.	Biomasa*)	m^3	9,5	0,5	7,3	7,8
6.	Olej opałowy	Mg	43,7	1,2	72,3	73,5

*) *Uwaga: dla biomasy przyjmuje się, że emisja CO_2=0 (!), ponieważ do atmosfery trafia go tyle, ile pobrane zostało w procesie fotosyntezy. Emisja ekwiwalentna pochodzi od CH_4 oraz N_2O.*

Tabela 2. Wartości opałowe różnych paliw stosowanych do ogrzewania oraz powodowane przez nie emisje gazów cieplarnianych. [Źródło: FEWE]

Ciepło sieciowe

Ciepło do ogrzewania pomieszczeń w szkole może również do nich docierać za pomocą gorącej wody dostarczanej rurociągiem. Gorąca woda podgrzana w ciepłowni lub elektrociepłowni krąży w tak zwanym obiegu zewnętrznym, czyli w miejskiej sieci ciepłowniczej. W szkole lub w jej pobliżu znajduje się węzeł cieplny, który pełni tę samą funkcję, co kocioł grzewczy, to znaczy gorąca woda z obiegu zewnętrznego podgrzewa wodę krążąca w instalacji grzewczej wewnątrz budynku (w obiegu wewnętrznym).

Rys.6. Źródła emisji gazów cieplarnianych związane z zasilaniem szkoły w ciepło sieciowe.

Jak widać na rysunku 6., cała emisja gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza spowodowana wytwarzaniem ciepła występuje poza budynkiem szkoły. Również w tym przypadku jest ona powiększana z powodu konieczności wykorzystania dodatkowej energii na:

- wydobycie węgla w kopalni,
- transport węgla z kopalni do ciepłowni lub elektrociepłowni,
- zasilanie urządzeń w ciepłowni lub elektrociepłowni,
- transport ciepła (gorącej wody) do szkoły.

W ten sposób zanim 1 GJ ciepła zawarty w gorącej wodzie dotrze do szkoły, już wcześniej zużyjemy 1,25 GJ energii chemicznej zawartej w paliwach, co będzie związane z emisją około 127 kg gazów cieplarnianych w przeliczeniu na dwutlenek węgla.

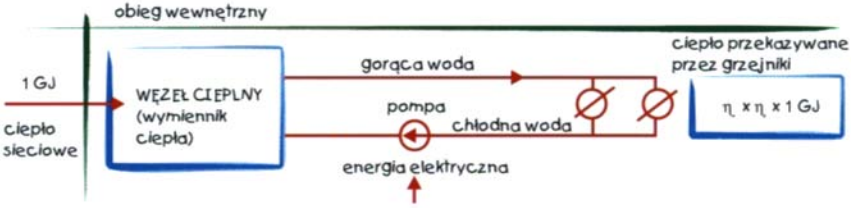
Podobnie jak przy instalacji z kotłem grzewczym, także w przypadku wykorzystywania sieci cieplnej nie całą energię udaje się przekazać do grzejników w pomieszczeniach. O stratach ciepła decyduje tu sprawność węzła cieplnego (η_w):

$$\eta_w = \frac{\textit{ciepło przekazane do instalacji grzewczej}}{\textit{ciepło odebrane z obiegu zewnętrznego}} * 100\%$$

oraz sprawność wewnętrznej instalacji grzewczej w szkole (η_p):

$$\eta_p = \frac{\textit{ciepło docierające do grzejników}}{\textit{ciepło przekazane do instalacji grzewczej}} * 100\%.$$

Dodatkowo konieczne jest zużycie pewnej ilości energii elektrycznej do zasilania pomp powodujących krążenie wody w instalacji wewnętrznej (rys. 7.).



Rys. 7. Schematycznie przedstawiona instalacja wewnętrzna szkoły ogrzewanej za pomocą ciepła sieciowego.

W ten oto sposób funkcjonowanie szkoły może być przyczyną emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza, nawet jeżeli nie spala się w niej żadnych paliw. Tabela 3. pokazuje, ile gazów cieplarnianych (przeliczonych na dwutlenek węgla) powstaje poza szkołą przy dostarczaniu do niej 1 GJ ciepła sieciowego. Ilość tych gazów jest zależna również od rodzaju wykorzystanego paliwa.

Lp.	Rodzaj źródła wytwarzającego ciepło		Emisja ekwiwalentna gazów cieplarnianych powstająca od wydobycia paliwa do dostarczenia ciepła do szkoły [kg CO_2/GJ]
1.	Lokalna ciepłownia węglowa	η=0,7	135,0
2.	Lokalna ciepłownia gazowa	η=0,9	60,1
3.	Lokalna ciepłownia olejowa	η=0,9	80,3
4.	Elektrociepłownia węglowa	η=0,84	112,5
5.	Ciepłownie i elektrociepłownie w Polsce - średnio	η=0,8	135,8

Tabela 3. Typowe sprawności polskich ciepłowni oraz powodowane przez nie emisje gazów cieplarnianych.

Energia elektryczna

Energię elektryczną wytwarza się w elektrowniach lub elektrociepłowniach. W kotle spalany jest węgiel lub inne paliwo i wytwarzana jest para wodna pod dużym ciśnieniem, która następnie rozpręża się, przepływając przez turbinę i obracając ją. W turbinie następuje zamiana energii zawartej w parze wodnej na ruch obrotowy, czyli energię mechaniczną. Obracająca się turbina napędza wirnik generatora i wytwarzany jest prąd elektryczny. Istnieją również turbiny napędzające generatory, które napędzane są bezpośrednio gorącymi spalinami.

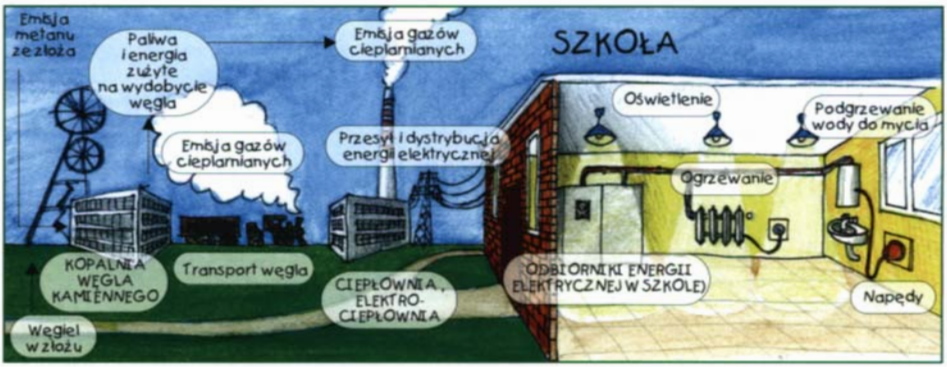
Energia elektryczna jest szlachetną i komfortową w użyciu postacią energii. Zanim jednak dotrze do gniazdka w ścianie musi zostać wytworzona w elektrowni, a następnie odbyć długą drogę siecią przesyłową.

W Polsce paliwem do produkcji energii elektrycznej jest prawie wyłącznie węgiel. Ilość enegii elektrycznej produkowanej ze źródeł odnawialnych jest wciąż znikoma. Skutkiem tego jest duża ilość gazów cieplarnianych emitowana przy produkcji energii elektrycznej. Elektrownie podejmują duże wysiłki w celu zmniejszenia ilości zanieczyszczeń gazowych i pyłów w spalinach, jednakże gazy cieplarniane - głównie dwutlenek węgla - w całości dostają się do atmosfery. W zależności od wykorzystanego paliwa i sposobu produkcji energii elektrycznej zużycie 1 kWh (kilowatogodziny) energii elektrycznej niesie ze sobą wyemitowanie różnych ilości gazów cieplarnianych. Przedstawia to tabela 4.

Lp.	Sposób wytwarzania energii elektrycznej	Emisja ekwiwalentna gazów cieplarnianych powstających podczas produkcji, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej do szkoły [kg CO_2/kWh]
1.	Elektrownia węglowa (węgiel kamienny)	0,978
2.	Elektrownia gazowa wysoko sprawna	0,394
3.	Elektrociepłownia węglowa	0,97
4.	Elektrownia wodna	0
5.	Elektrownia wiatrowa	0
6.	Ogniwa fotowoltaiczne	0
7.	Elektrociepłownie na biomasę	0,323
8.	Średnio elektrownie w Polsce	1,219

Podane wartości są łączną emisją gazów cieplarnianych powstającą na drodze od wydobycia paliwa z kopalni aż do gniazdka w budynku w odniesieniu do 1 kWh energii elektrycznej.

Tabela 4. Typowe sprawności polskich elektrowni oraz powodowane przez nie emisje gazów cieplarnianych



Rys.8. Źródła emisji gazów cieplarnianych związane z zasilaniem szkoły w elektryczność.

Woda

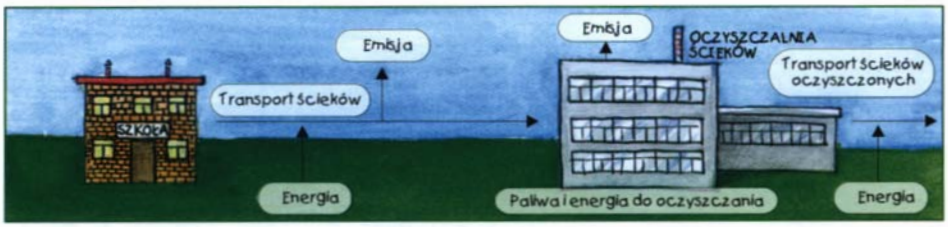
Wodę, która „leci z kranu po odkręceniu kurka" w kuchni, łazience czy toalecie, pozyskuje się ze źródeł powierzchniowych (rzek i jezior) oraz podziemnych poprzez studnie głębinowe. Z reguły wymaga ona oczyszczenia i uzdatnienia, tak aby była bezpieczna dla zdrowia ludzi i smaczna. Stosuje się oczyszczanie za pomocą metod mechanicznych, chemicznych i biologicznych. Dopiero odpowiednio przygotowaną wodę pompuje się rurociągami do odbiorców. Zarówno procesy oczyszczania, jak i pompowanie wody wymagają użycia energii (np. do napędu pomp). Dostarczenie każdego metra sześciennego (m^3 = 1000 litrów) wody do szkoły wiąże się z powstaniem ekwiwalentnej emisji do atmosfery w ilości 0,55 kg dwutlenku węgla (0,55 kg CO_2/m^3).

Rys.9. Źródła emisji gazów cieplarnianych związane z zaopatrzeniem szkoły w wodę.

Ścieki

Ścieki ze szkoły są, a przynajmniej powinny być, dostarczane do oczyszczalni. Tam usuwa się z nich zanieczyszczenia biologiczne i chemiczne, tak aby woda powracająca do rzek i morza nie była zagrożeniem dla zdrowia roślin, zwierząt i ludzi.

Transport ścieków do oczyszczalni odbywa się za pomocą kanałów i rurociągów. Zazwyczaj spływają one samoczynnie (grawitacyjnie) dzięki odpowiedniemu ułożeniu rur (różnica poziomów). Czasami jednak konieczne jest zainstalowanie pomp napędzanych energią elektryczną. Po drodze w kanałach zawarta w ściekach materia organiczna (ładunek biologiczny) ulega częściowemu rozkładowi w procesach fermentacji. Fermentacja jest również jednym z podstawowych procesów wykorzystywanych w oczyszczalni ścieków. Chociaż jest ona tak ważna dla przywrócenia wodzie odpowiedniej jakości, to jest niestety również źródłem gazów cieplarnianych: metanu oraz niewielkich ilości dwutlenku węgla. Co więcej, do prowadzenia procesów oczyszczania zużywa się dużo energii elektrycznej i ciepła, a jak już wiemy jest to powodem dodatkowej emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza.



Rys. 10. Źródła emisji gazów cieplarnianych związane z odprowadzaniem ścieków ze szkoły.

Zakładając, że wszystko odbywa się, jak należy i ścieki w mieście, w którym znajduje się wasza szkoła, są w pełni oczyszczane mechanicznie, biologicznie i chemicznie, to powstanie każdego metra sześciennego (m^3) ścieków jest wówczas związane z emisją ekwiwalentną 0,6 kg gazów cieplarnianych, oczywiście w przeliczeniu na dwutlenek węgla. A ile ścieków powstaje w szkole? Dla uproszczenia przyjmijmy, że dokładnie tyle samo, ile zużytej wody pitnej.

Szkoła wpływa na klimat Ziemi,

czyli jak samodzielnie określić ilość gazów cieplarnianych emitowanych przez szkołę

Przewodnik

Czy szkoła oddziałuje na środowisko? Czy może mieć swój wkład w zmiany klimatyczne zachodzące na Ziemi? Wiecie już, że tak. Waszym zadaniem będzie teraz określenie ilości gazów cieplarnianych emitowanych do atmosfery w wyniku funkcjonowania szkoły. Przewodnik pomoże wam to zrobić.

Określanie ilości zużywanych nośników energii na podstawie rachunków

Paliwa, energia i woda kosztują. Gdy szkoła dokonuje jakiegoś zakupu, otrzymuje od dostawcy rachunek lub fakturę. Oprócz wysokości poniesionego wydatku rachunki i faktury zawierają informacje o ilości zakupionego lub zużytego medium oraz jego cenie jednostkowej. Pozwoli wam to na wykorzystanie ich do określenia rzeczywistych ilości zużytych w szkole paliw, energii i wody. Znając je, określicie z kolei ilość gazów cieplarnianych emitowanych przez rok do atmosfery w wyniku funkcjonowania szkoły. W pierwszym etapie postarajcie się o faktury za:

- paliwa stałe i ciekłe - wystawione przez dostawców węgla, koksu, drewna, gazu ciekłego lub oleju opałowego określające ilość danego paliwa dowiezioną do szkoły,
- gaz - wystawione przez zakład gazowniczy na podstawie odczytów gazomierza,
- ciepło sieciowe - wystawione przez przedsiębiorstwo ciepłownicze na podstawie odczytów licznika ciepła lub według innego sposobu rozliczenia,
- energię elektryczną - wystawione przez zakład elektroenergetyczny na podstawie odczytów licznika,
- wodę i odprowadzanie ścieków - wystawione przez przedsiębiorstwo wodno-kanalizacyjne na podstawie odczytów wodomierza.

Możecie również wykorzystać inne udokumentowane odczyty liczników.

Ważne uwagi

1) Określacie roczne zużycie energii elektrycznej, paliw i wody od 1 stycznia do 31 grudnia 200x roku. Starajcie się przyjąć rok jak najbardziej współczesny.

2) Daty na fakturach nie zawsze pokrywają się dokładnie z rokiem kalendarzowym. Co więcej, niektóre opłaty mogły być regulowane z opóźnieniem. Zbierzcie wówczas faktury, które pokryją cały rok 200x, a następnie oszacujcie zużycie energii elektrycznej, paliw i wody od 1 stycznia do 31 grudnia. Przedstawcie sposób, w jaki dokonaliście oszacowania.

3) Miesięczne zużycie energii elektrycznej, paliw i wody można określać wyłącznie na podstawie regularnych odczytów odpowiednich liczników lub innych pomiarów!

4) Używajcie jednostek zgodnych z Międzynarodowym Układem Miar i Wag (SI), takich jak Mg (1 Mg=1 tona), m^3, GJ itd. Jedynie w przypadku energii elektrycznej użyjcie zwyczajowo stosowanych kilowatogodzin (kWh).

5) Korzystajcie z informacji z rozdziału pt. „Twoja szkoła a środowisko".

Obliczanie emisji powodowanej użytkowaniem paliw

1) Korzystając z faktur i/lub regularnych odczytów liczników określcie zużycie każdego z paliw używanych w szkole w 200x roku. Posiadane informacje umieśćcie w tabelach.

Lp.	Numer faktury	Okres, za który wystawiono fakturę	Ilość	Jednostka*)	Koszt jednostkowy [zł/ jednostkę]	Całkowity koszt zakupu [zł]
1						
2						
3						
4						
...						
	RAZEM 200x rok			---		

**) Jednostka - w przypadku różnych paliw używamy różnych jednostek. W rozdziale pt. „Twoja szkoła a środowisko" sprawdźcie, jakich jednowstek należy używać w przypadku paliwa używanego w szkole.*

Jeżeli posiadacie również udokumentowane odczyty liczników, przedstawcie je w poniższej tabeli.

	Data odczytu	Odczyt	Zużycie [jednostka]
1			
2			
3			
...			
	RAZEM 200x rok		

2) Jeżeli faktury nie pokrywają ściśle całego roku i musicie oszacować zużycie, przedstawcie sposó, w jaki to zrobiliście.

3) Z tabeli w rozdziale pt. „Twoja szkoła a środowisko" odczytajcie wartość opałową paliwa, którym się zajmujecie.

4) Obliczcie ilość energii chemicznej paliwa zużytej w 200x roku:

ilość energii chemicznej [GJ/rok] = roczne zużycie paliwa * wartość opałowa paliwa.

5) Obliczcie roczną emisję gazów cieplarnianych ze spalania paliw w szkole:

emisja z danego paliwa [kg CO_2/rok] = ilość energii chemicznej * wskaźnik emisji,

wskaźnik emisji [kg CO_2/GJ] jest to liczba określająca ilość gazów cieplarnianych (w przeliczeniu na dwutlenek węgla), jaka powstaje podczas wykorzystywania 1 GJ energii chemicznej danego paliwa - wskaźniki znajdziecie w rozdziale pt. „Twoja szkoła a środowisko".

6) Kolejno obliczcie emisję dla wszystkich paliw wykorzystywanych w szkole.

Obliczanie emisji powodowanej użytkowaniem energii elektrycznej i ciepła sieciowego

1) Skorzystajcie z tych samych wzorów tabel jak dla paliw. Zwróćcie uwagę na jednostki, których używacie. Ilość zużytej energii elektrycznej zwyczajowo wyraża się w kilowatogodzinach (kWh), które następnie należy przeliczyć na gigadżule (GJ). W gigadżulach przedstawcie tylko zużycia roczne. Ilość zużytego ciepła mierzy się od razu w gigadżulach.

Zużycie		kWh/rok
Zużycie		GJ/rok
Koszt		zł/rok

1 GJ=278 kWh

2) Jeżeli musieliście szacować roczne zużycie, ponieważ faktury nie pokrywały ściśle roku 200x, przedstawcie, w jaki sposób doszliście do przedstawianej wartości.

3) Obliczcie roczne emisje spowodowane korzystaniem z energii elektrycznej i ciepła w szkole (wskaźniki emisji znajdziecie w rozdziale pt.: „Twoja szkoła a środowisko"):

emisja z energii elektrycznej [kg CO_2/rok] = zużycie w 200x r. [kWh/rok] * wskaźnik emisji,

emisja z ciepła sieciowego [kg CO_2/rok] = zużycie w 200x r. [GJ/rok] * wskaźnik emisji.

Obliczanie emisji związanej z użytkowaniem wody i odprowadzaniem ścieków

W przypadku wody i ścieków wszystkie kroki są identyczne jak dla energii elektrycznej i ciepła sieciowego. Należy oczywiście przyjąć odpowiednie jednostki oraz odczytać wskaźniki emisji gazów cieplarnianych na metr sześcienny zużytej wody oraz odprowadzonych ścieków. Przyjmijcie, że ilość ścieków odprowadzanych ze szkoły jest równa ilości dostarczanej wody. Koszty odprowadzania ścieków odczytajcie z faktur.

Podsumowanie

Jeżeli zebraliście wszystkie informacje i dokonaliście obliczeń, wypełnijcie teraz tabelę podsumowującą waszą pracę.

Tabela emisji gazów cieplarnianych					
Lp.	**Rodzaj paliwa, energii, woda, ścieki**	**Zużycie**	**Koszt**	**Energia bezpośrednio zużyta w szkole**	**Wielkość emisji gazów cieplarnianych (C_2)**
		j.n./rok	**zł/rok**	**GJ/rok**	**Mg CO_2/rok**
1.	Węgiel kamienny				
2.	Koks				
3.	Biomasa				
4.	Energia cieplna z kolektorów słonecznych szkoły				
5.	Gaz ziemny				
6.	Olej opałowy				
7.	Ciepło sieciowe				
8.	Energia elektryczna				
9.	Woda			-	
10.	Ścieki	-		-	
11.	Inne rodzaje paliw i energii - konwencjonalne i odnawialne				
12.	**RAZEM**				

...i jeszcze tylko kilka porównań

Na co i ile szkoła wydaje pieniędzy?

Podczas dotychczasowych obliczeń wykorzystywaliście faktury za zużycie energii elektrycznej, paliw i wody. Zestawiliście je również w tabeli. Waszym zadaniem jest teraz wyznaczenie tak zwanej struktury kosztów, a więc procentowo określonych udziałów wydatków na poszczególne media w całości kosztów za energię elektryczną, paliwa i wodę. Aby obliczyć udziały poszczególnych wydatków, musicie je najpierw dodać, a następnie podzielić każdy z nich przez otrzymaną sumę i pomnożyć przez 100%. Strukturę najlepiej przedstawia się przy pomocy wykresów kołowych lub słupków.

Ile i jakiej energii zużywa się w szkole?

W tabeli zestawiliście również, ile i jakiej energii zużywa się w szkole przez rok (GJ/rok). Przedstawcie teraz strukturę zużycia energii w szkole, analogicznie, jak zrobiliście to, tworząc strukturę kosztów.

Skąd i ile emitowanych jest gazów cieplarnianych?

Ponownie, korzystając z wypełnionej przez was tabeli, przedstawcie strukturę emisji będącą skutkiem użytkowania energii elektrycznej, paliw i wody w szkole. Podobnie jak dotychczas będzie to tak zwana emisja ekwiwalentna (równoważna), a więc przeliczona w całości na dwutlenek węgla.

Wskaźniki jednostkowe

Będziemy chcieli porównywać szkoły ze sobą. Nie możemy jednak tego zrobić, zestawiając po prostu ilości zużytej energii elektrycznej, paliw czy wody. Im większy budynek, tym więcej ciepła potrzeba, aby go ogrzać. Większa ilość sal i uczniów to większa ilość oświetlenia i innych urządzeń, a więc również większe zużycie energii elektrycznej. Aby porównywanie było sprawiedliwe, użyjemy wskaźników jednostkowych, które mówią, ile na przykład zużywanej jest energii elektrycznej na jednego ucznia.

Na początek zbierzcie kilka podstawowych informacji i wypełnijcie w poniższą tabelę.

Liczba uczniów:	
Liczba nauczycieli i innych pracowników:	
Powierzchnia szkoły [m^2]:	
Kubatura szkoły [m^3]:	

Teraz zajmiemy się samymi wskaźnikami.

Wskaźniki kosztów

1) Wskaźnik kosztów energii elektrycznej, paliw, wody i ścieków na 1 ucznia - K_u:

$$K_u = \frac{razem\ koszty\ w\ 200x\ r.}{liczba\ uczniów} \left[\frac{zł}{ucznia*rok} \right].$$

2) Wskaźnik kosztów energii elektrycznej, paliw, wody i ścieków na 1 m^2 - K_p:

$$K_p = \frac{razem\ koszty\ w\ 200x\ r.}{całkowita\ powierzchnia\ szkoły} \left[\frac{zł}{m^2*rok} \right].$$

Wskaźniki zużycia energii

3) Wskaźnik zużycia energii w szkole na 1 ucznia - E_u:

$$E_u = \frac{razem\ energia\ w\ 200x\ r.}{liczba\ uczniów} \left[\frac{GJ}{ucznia*rok} \right].$$

4) Wskaźnik zużycia energii na 1 m^2 - E_p:

$$E_p = \frac{razem\ energia\ w\ 200x\ r.}{całkowita\ powierzchnia\ szkoły} \left[\frac{GJ}{m^2*rok} \right].$$

Wskaźniki zużycia wody (również produkcji ścieków!)

5) Wskaźnik zużycia wody w szkole na 1 ucznia - W_u:

$$W_u = \frac{zużycie\ wody\ w\ 200x\ r.}{liczba\ uczniów} \left[\frac{m^3}{ucznia*rok} \right].$$

6) Wskaźnik zużycia wody w szkole na 1 m^2 - W_p:

$$W_p = \frac{razem\ zużycie\ wody\ w\ 200x\ r.}{całkowita\ powierzchnia\ szkoły} \left[\frac{m^3}{m^2*rok} \right].$$

Wskaźniki emisji gazów cieplarnianych

7) Wskaźnik emisji gazów cieplarnianych z funkcjonowania szkoły na 1 ucznia - G_u:

$$G_u = \frac{emisja\ gazów\ cieplarnianych\ w\ 200x\ r.}{liczba\ uczniów} \left[\frac{Mg\ CO_2}{ucznia*rok} \right].$$

8) Wskaźnik emisji gazów cieplarnianych z funkcjonowania szkoły na 1 m^2 - G_p:

$$G_p = \frac{emisja\ gazów\ cieplarnianych\ w\ 200x\ r.}{całkowita\ powierzchnia\ szkoły} \left[\frac{Mg\ CO_2}{m^2*rok} \right].$$

1 Mg=1 000 000 g=1 000 kg=1 tona

Wskaźniki zestawcie w samodzielnie przygotowanej tabeli. Spróbujcie również przedstawić je za pomocą rysunków i zaprezentować w szkole. Podobnie postąpcie ze strukturami, które wykonaliście wcześniej. Dla wszystkich paliw, z których korzysta się w szkole, przedstawcie drogę paliwa od jego wydobycia do ostatecznego wykorzystania. Nie zapomnijcie przy tym pokazać wszystkich występujących na tej drodze źródeł emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza.

„Moja szkoła chroni klimat Ziemi" - projekt pilotowy

Pierwsza próba realizaji programu „Moja szkoła chroni klimat Ziemi" miała miejsce w roku szkolnym 2001/2002. Wzięły w niej udział grupy ekologiczne z 23 szkół, a 17 z nich udało się ukończyć pracę i złożyć raporty końcowe. Chcielibyśmy podziękować im wszystkim za wytrwałość i jeszcze raz pogratulować nagrodzonym.

Szkoły, które ukończyły projekt pilotowy w roku szkolnym 2001/2002

Pierwsze miejsca

Liceum Ogólnokształcące im. Powstańców Śląskich w Bieruniu
ZSZ „Sztygarka" w Dąbrowie Górniczej

Wyróżnieni

Katolickie Liceum Ogólnokształcące im. ks. Szramka w Katowicach
Śląskie Techniczne Zakłady Naukowe w Katowicach
Liceum Ogólnokształcące Katolickiego Stowarzyszenia Wychowawców w Libiążu
IV Liceum Ogólnokształcące w Sosnowcu
Gimnazjum nr 5 w Tychach

Pozostali

Zespół Szkół Odzieżowo-Włókienniczych w Częstochowie
ZSO nr 2-Gimnazjum nr 6 w Dąbrowie Górniczej
Zespół Szkół Zawodowych nr 1 w Gliwicach
Gimnazjum nr 10 w Sosnowcu
ZSO nr 15-Gimnazjum nr 14 w Katowicach
Zespół Szkół w Czeladzi
Liceum Ogólnokształcące w Czeladzi
ZSZ PKE SA Elektrownia Jaworzno III w Jaworznie
ZSZ im. Mikołaja Kopernika w Rudzie Śląskiej
Zespół Szkół Zawodowych i Ogólnokształcących w Rudzie Śląskiej

Ogranizatorzy projektu pilotowego

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii - FEWE

FEWE
FUNDACJA NA RZECZ EFEKTYWNEGO WYKORZYSTANIA ENERGII

Adres: ul. Wierzbowa 11, 40-169 Katowice, tel./fax: +48 32 203 51 14, 203 51 20

Misja FEWE

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii powstała w 1990 roku jako organizacja niezależna, pozarządowa i nie tworząca zysku. Podjęliśmy misję promowania racjonalnego wykorzystania energii oraz przyjaznego środowisku jej wytwarzania, a od 1999 roku również misję tworzenia nowych miejsc pracy.

Cele i zadania

Jesteśmy uznaną w kraju i za granicą organizacją prowadzącą działalność w szeroko rozumianej gospodarce energetycznej. Tworzymy i doprowadzamy do praktycznego stosowania nowoczesne rozwiązania techniczne, ekonomiczne, finansowe i organizacyjne, stąd swoje działania i pomoc kierujemy zarówno do decydentów politycznych, działaczy społecznych, jak i producentów, dostawców i konsumentów energii. Od ponad 10 lat prowadzimy swoją działalność poprzez:

- znalizy i studia z polityki energetycznej i ochrony środowiska,
- promocję energooszczędnych technologii i urządzeń,
- szkolenie i projekty demonstracyjne,
- edukację społeczeństwa.

W celu zapewnienia sobie stałości finansowania podejmujemy również działalność gospodarczą. Działalność FEWE jest ukierunkowana na realizację takich zadań, jak:

- wspieranie i inspirowanie organizacji społecznych i politycznych, administracji państwowej i samorządu terytorialnego, ruchów ekologicznych oraz innych grup związanych z działalnością gospodarczą,
- kreowanie i popieranie oszczędnego i efektywnego wykorzystania energii w gospodarce,
- przenoszenie doświadczeń innych krajów związanych z oszczędnym i efektywnym wykorzystaniem energii,

- udział w realizacji prac i projektów o charakterze międzynarodowym związanych z rozwiązywaniem globalnych problemów ekologicznych,
- inicjowanie i współtworzenie zasad polityki efektywnego wykorzystania energii,
- nawiązywanie i wspieranie międzynarodowych kontaktów w celu poprawy sytuacji ekologicznej kraju.

Struktura organizacyjna

Organem nadrzędnym fundacji jest Zgromadzenie Fundatorów, w którego skład wchodzą bezpośredni założyciele FEWE: William Upton Chandler, Zbigniew Bochniarz i Andrzej Kassenberg. Fundatorzy powołują członków Rady i Zarządu fundacji. Do kompetencji Zgromadzenia Fundatorów należą najważniejsze decyzje związane z działalnością fundacji, w tym ustalanie jej kierunków i zatwierdzanie uchwał Zarządu. Za bezpośrednie kierowanie fundacją i jej reprezentowanie odpowiedzialny jest Zarząd.

Obecnie w skład Zarządu wchodzą:
- dr inż. Sławomir Pasierb - prezes Zarządu,
- dr Andrzej Kassenberg - członek Zarządu.

Trzecim naczelnym organem fundacji jest Rada. Pełni ona rolę doradczą i opiniotwórczą. Przewodniczącym Rady jest prof. Maciej Nowicki - prezes fundacji Ekofundusz. Nadzór nad fundacją sprawuje minister środowiska.

Polski Klub Ekologiczny Okręg Górnośląski (PKE OG)

Adres: ul. Plebiscytowa 19, 40-035 Katowice, tel. +48 32 251 74 98, 251 75 90

Misja PKE

Polski Klub Ekologiczny jest niezależną, pozarządową, niedochodową organizacją o zasięgu ogólnopolskim. Powstał w 1980 roku w Krakowie, gdzie obecnie mieści się siedziba Zarządu Głównego.

Głównym celem PKE OG jest minimalizacja zagrożeń zdrowia mieszkańców Górnego Śląska, naprawa i ochrona środowiska przyrodniczego oraz stworzenie warunków do zrównoważonego rozwoju gospodarczego poprzez zastosowanie strategii zakładającej pełne poszanowanie wartości ludzkich, przyrodniczych, a także historycznego dziedzictwa regionu. Dla realizacji tych celów klub prowadzi szeroką działalność edukacyjną i informacyjną.

Okręg Górnośląski PKE

- Zrzesza w kołach zarówno młodzież, jak i dorosłych różnych profesji, których łączy zainteresowanie ekologią (istnieje 16 kół miejskich oraz 6 kół szkolnych).
- Działa jako grupa nacisku za pośrednictwem mechanizmów demokratycznych bądź też przez akcje bezpośrednie.
- Oferuje pomoc w rozwiązywaniu konfliktów i identyfikowaniu problemów ekologicznych.
- Prowadzi edukację ekologiczną społeczeństwa i udziela informacji - prowadzi Punkt Poradnictwa Prawnego, udostępnia bibliotekę.
- Realizuje program pozalekcyjnej edukacji dzieci i młodzieży pt. „Rozpal niepokój o Ziemię".
- Wydaje miesięcznik *Biuletyn Ekologiczny* oraz ulotki, broszury i plakaty.
- Organizuje seminaria, warsztaty i spotkania poświęcone ochronie środowiska i zdrowia.
- Współpracuje z polskimi i międzynarodowymi organizacjami ekologicznymi.
- Jest członkiem międzynarodowych organizacji ekologicznych: Friends of the Earth International (FoE-I), The World Conservation Union (IUCN), Environmental Centre International (ELCI).

Władzą PKE OG jest demokratycznie wybrany Zarząd Okręgu, który ustala i nadzoruje politykę organizacji. W biurze pracują osoby koordynujące prowadzone projekty o tematyce ekologicznej oraz wspierające działalność kół i wolontariuszy.

Literatura

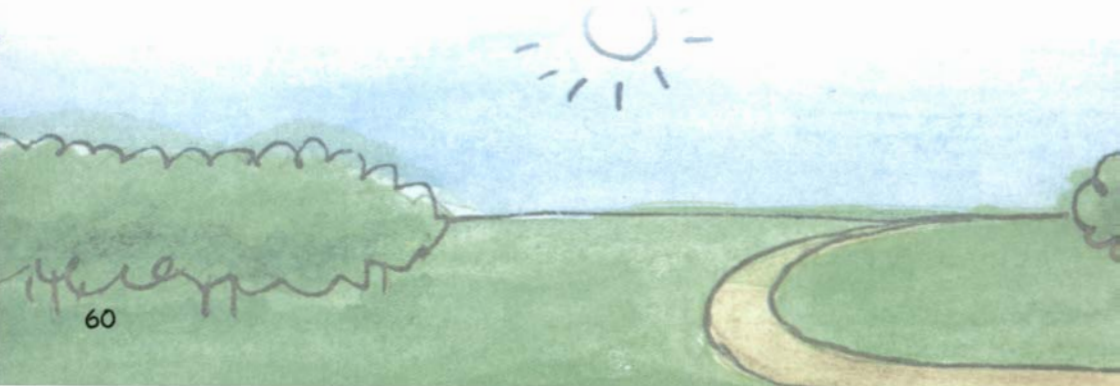
Climate Change 2001: The Scientific Basis, Published by The Press Sindicate of the University of Cambridge, IPCC 2001.

Mirosław Sobolewski, *Przeciwdziałanie skutkom zmian klimatycznych - polityka i współpraca międzynarodowa,* Biuro Studiów i Ekspertyz Kancelarii Sejmu, Raport nr 118, XI/1997, s. 42.

Climate Change Information Kit, Published by UNEP and UNFCCC, October 2001.

Climate Change Guide, By About Guide Patricia A. Michaels (http://environment.about.com).

Popularna Encyklopedia Powszechna, FOGRA Oficyna Wydawnicza, 1999.



Spis treści

„Moja szkoła chroni klimat Ziemi" - co to takiego? ... 5

Słowo wstępne ... 6

Klimat Ziemi ... 7

Klimat Ziemi nie jest stały ... 9

Efekt cieplarniany ... 10

Człowiek zmienia klimat Ziemi ... 13

Gazy cieplarniane ... 14

Dwutlenek węgla ... 16

Największe źródło - paliwa kopalne ... 16

Niszczenie lasów ... 17

Wypalanie wapna ... 17

Metan ... 18

Hodowla zwierząt ... 18

Uprawa ryżu ... 18

Składowanie odpadów ... 19

Podtlenek azotu ... 19

Ozon ... 20

Gazy syntetyczne ... 20

Para wodna ... 21

Aerozole ... 21

Efekty zmian klimatu, ich przyczyny i skutki ... 21

Topnienie lodowców oraz podnoszenie się poziomu mórz i oceanów ... 22

Przesuwanie się stref klimatycznych ... 23

Przesuwanie się obszarów rolniczych ... 23

Wymieranie gatunków i zmiany w ekosystemach ... 24

Zdrowie ludzi ... 26

Częstsze występowanie katastrof klimatycznych
i ekstremalnych zjawisk pogodowych ... 27
Zmniejszanie się zasobów wody słodkiej ... 29

Świat zabezpiecza się przed zmianami ... 31
Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu ... 32
Protokół z Kyoto ... 34
Trochę o wątpliwościach ... 34
Jak zmniejszać emisję gazów cieplarnianych ... 35
Poprawa sprawności wytwarzania energii z paliw kopalnych ... 35
Wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych ... 36
Lepsze korzystanie z energii ... 36

Twoja szkoła a środowisko ... 37
Po co właściwie nam budynek? ... 38
Szkoła, energia i środowisko, czyli skąd te gazy cieplarniane ... 40
Bardziej szczegółowo - jak szkoła przyczynia się
do emisji gazów cieplarnianych ... 40
Paliwa stałe, ciekłe i gazowe ... 41
Ciepło sieciowe ... 44
Energia elektryczna ... 46
Woda ... 47
Ścieki ... 47

**Szkoła wpływa na klimat Ziemi,
czyli jak samodzielnie określić ilość gazów cieplarnianych
emitowanych przez szkołę. Przewodnik** ... 49
Określanie ilości zużywanych nośników energii na podstawie rachunków ... 49
Ważne uwagi ... 50
Obliczanie emisji powodowanej użytkowaniem paliw ... 50

Obliczanie emisji powodowanej użytkowaniem energii elektrycznej i ciepła sieciowego ... 51
Obliczanie emisji związanej z użytkowaniem wody i odprowadzaniem ścieków ... 52
Podsumowanie ... 52
...i jeszcze tylko kilka porównań ... 53
Na co i ile szkoła wydaje pieniędzy? ... 53
Ile i jakiej energii zużywa się w szkole? ... 53
Skąd i ile emitowanych jest gazów cieplarnianych? ... 53
Wskaźniki jednostkowe ... 53
Wskaźniki kosztów ... 54
Wskaźniki zużycia energii ... 54
Wskaźniki zużycia wody (również produkcji ścieków) ... 54
Wskaźniki emisji gazów cieplarnianych ... 55
„Moja szkoła chroni klimat Ziemi" - projekt pilotowy ... 56
Organizatorzy projektu pilotowego ... 57
Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii (FEWE) ... 57
Polski Klub Ekologiczny Okręg Górnośląski (PKE OG) ... 58
Literatura ... 60
Spis treści ... 61

Jak zgłosić się do programu

Wszystkich tych, którzy chcieliby wziąść udział w programie „Moja szkoła chroni klimat Ziemi", zapraszamy do zgłaszania swojego zainteresowania Fundacji na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii (FEWE) pod adresem poczty elektronicznej:

klimat@fewe.pl

Dzięki takiemu zgłoszeniu informacja o otwarciu kolejnej edycji programu dotrze do Was natychmiast po jej opublikowaniu. Kolejne edycje ogłaszane będą również na stronach internetowych FEWE:

www.fewe.pl

oraz w „papierowej" i elektronicznej prasie ekologicznej.

Zapraszamy!!!

Na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych może wpływać każdy z nas, a podejmowanie takich prób świadczy o trosce o stan środowiska. Co więcej, ograniczając zużycie energii, zmniejszamy również ilość wydawanych na nią pieniędzy. Lepsze wykorzystanie energii przynosi więc zarówno korzyści ekologiczne, jak i ekonomiczne.

Program „Moja szkoła chroni klimat Ziemi" pozwala dotknąć, zdawałoby się ulotnego, związku pomiędzy korzystaniem z elektryczności, paliw, ciepła czy wody, a niekorzystnymi i niebezpiecznymi zjawiskami zachodzącymi w środowisku naturalnym. Warto o tym pomyśleć, prawda?

ISBN 83-907727-4-4