

Anna LIS, Adam UJMA
Politechnika Częstochowska

EKOLOGICZNE ASPEKTY POPRAWY CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW

W artykule przedstawiono problemy dotyczące zanieczyszczenia środowiska produktami spalania paliw kopalnych przy wytwarzaniu energii do ogrzewania pomieszczeń oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Oszacowano możliwość redukcji emisji w wyniku poprawy charakterystyki energetycznej budynków. Szczególną uwagę zwrócono na ograniczenie efektu cieplarnianego.

Słowa kluczowe: charakterystyka energetyczna budynków, emisja bezpośrednia, emisja równoważna, gazy cieplarniane

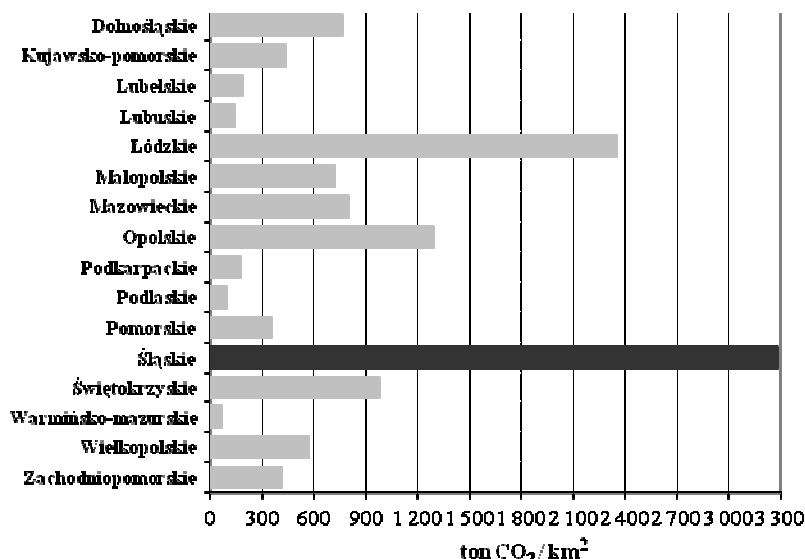
WPROWADZENIE

Szybki wzrost konsumpcji energii w ostatnich latach doprowadził do znacznego uszczuplenia zasobów naturalnych oraz zanieczyszczenia środowiska naturalnego produktami spalania. Utrzymanie obecnego poziomu produkcji i standardu życia, przy jednoczesnej dbałości o środowisko oraz dobrą kondycję zdrowotną społeczeństw, jest możliwe tylko dzięki racjonalnemu gospodarowaniu zasobami, które będzie uwzględniać ekonomiczną i środowiskową efektywność prowadzonych przedsięwzięć. Cel ten może być osiągnięty m.in. dzięki właściwemu kształtowaniu charakterystyki energetycznej wznoszonych budynków oraz poprawie charakterystyki istniejących zasobów budowlanych. Charakterystyka energetyczna budynków to zbiór danych i wskaźników energetycznych, określających całkowite zapotrzebowanie budynku na energię na potrzeby związane z typowym jego użytkowaniem, przy uwzględnieniu warunków klimatycznych oraz parametrów mikroklimatu wewnątrz gwarantujących odpowiednią jakość środowiska w budynkach i zapewnienie prawidłowych warunków higieniczno-sanitarnych. Działania ukierunkowane na zapewnienie odpowiedniej charakterystyki energetycznej budynków to przede wszystkim dążenie do redukcji zapotrzebowania na energię. Wdrażanie zasad poprawiających charakterystykę energetyczną budynków ma także pokaźne znaczenie w procesie ograniczania emisji do atmosfery szkodliwych substancji pochodzących z procesu spalania paliw służących do wytwarzania energii. Szacuje się, że realizacja i eksploatacja budynków w Unii Europejskiej skutkuje 30% emisją gazów cieplarnianych do atmosfery [1]. W chwili przystąpienia Polski do Unii Europejskiej, jakość powietrza odbiegała w istotnym stopniu od standardów europejskich i na przestrzeni ostatnich lat nie poprawiła się w zadowalającym stopniu [2, 3].

1. JAKOŚĆ POWIETRZA W POLSCE

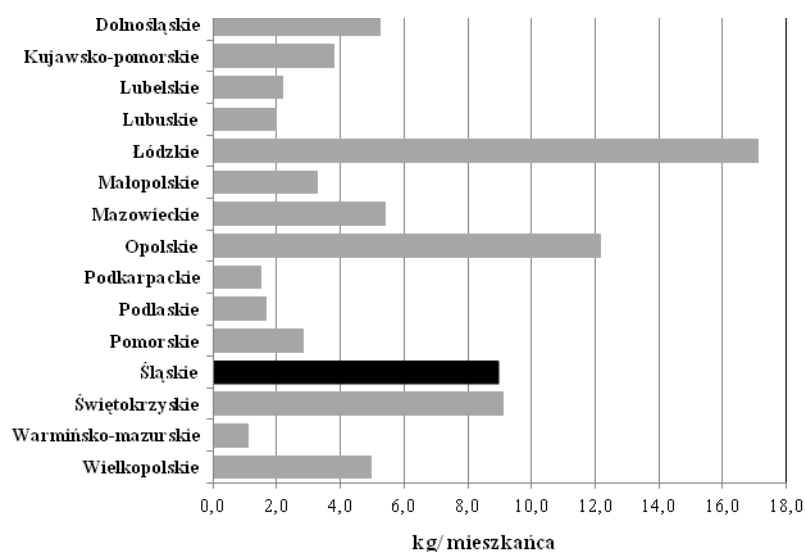
Obecnie największy udział w globalnej produkcji energii mają paliwa nieodnawialne, takie jak węgiel, ropa naftowa czy gaz ziemny [4, 5]. Spalanie paliw nieodnawialnych ma negatywne oddziaływanie na środowisko w związku z emisją szkodliwych substancji do atmosfery. Duże zanieczyszczenie środowiska naturalnego produktami spalania prowadzi do negatywnych zmian klimatu Ziemi. Przyczynę takiego stanu rzeczy upatruje się w działaniu efektu cieplarnianego. Dwutlenkowi węgla, jako jednemu z gazów cieplarnianych przypisuje się blisko 80% wpływu na wzrost efektu cieplarnianego. Według raportów Międzyrządowego Zespołu do spraw Zmian Klimatu, główną przyczyną wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze są procesy spalania paliw kopalnych, jego stężenie w atmosferze na przestrzeni ostatnich 150 lat zwiększyło się z 290 ppm do ponad 375 ppm w 2004 roku [6]. W ramach pakietu klimatyczno-energetycznego Rada Europejska zobowiązała się do zmniejszenia do 2020 r. łącznych emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej o 20% poniżej poziomów z 1990 r. W rezolucji dotyczącej wyników konferencji w sprawie zmian klimatu Parlament Europejski podtrzymał swoje stanowisko, zgodnie z którym państwa uprzemysłowione powinny zobowiązać się do redukcji emisji gazów cieplarnianych, co najmniej o 30% do 2020 r. i o 60÷80% do 2050 r., w porównaniu z poziomami z 1990 r., przy jednoczesnym zwiększaniu wykorzystania zasobów energii odnawialnej [6]. Celem strategicznym polityki państwa polskiego jest zwiększanie wykorzystania zasobów energii odnawialnej tak, aby udział tej energii w finalnym zużyciu osiągnął 15% do 2020 roku.

Region śląski ze względu na swoją specyfikę gospodarczo-ekonomiczną jest szczególnie zanieczyszczony. Emisję CO₂ w poszczególnych województwach w 2013 roku w przeliczeniu na 1 km² powierzchni przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Emisja CO₂ w poszczególnych województwach w tonach/km² w 2013 roku [7, 8]

Według danych GUS [7], w 2013 roku emisja zanieczyszczeń gazowych w kraju wynosiła 217 492,0 tys. ton, w tym na terenie województwa śląskiego 41 222,5 tys. ton, co stanowiło około 19% emisji ogólnopolskiej. Emisja samego CO₂ wynosiła 215 901,3 tys. ton, w tym na terenie województwa śląskiego 40 508 tys. ton. Ogólnie na 1 km² naszego kraju przypada średnio 690,5 tony CO₂, a na 1 km² województwa śląskiego 3284,4 tony CO₂, wyemitowanego na tym obszarze. Na terenie województwa śląskiego jest więc ono około 4,8 razy wyższe niż na pozostałym terenie kraju. Interesującym wskaźnikiem jest również emisja zanieczyszczeń gazowych w przeliczeniu na jednego mieszkańca danego województwa (rys. 2).



Rys. 2. Emisja zanieczyszczeń gazowych w kg/mieszkańca województwa w 2013 roku [7, 8]

Na potrzeby oceny jakości powietrza w Polsce wykonywane są analizy stężeń dwutlenku siarki SO₂, dwutlenku azotu NO₂, tlenków azotu NO_x, ozonu, benzenu, tlenku i dwutlenku węgla CO i CO₂, pyłu zawieszonego PM 10, a także zawartości w pyłe zawieszonym PM 10 ołowiu, arsenu, kadmu, niklu i benzo(a)pirenu BaP. Dodatkowo w wybranych stacjach prowadzi się monitoring wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Przystosowując system pomiarów do wymogów dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystsze powietrze dla Europy wprowadzono od 1 stycznia 2010 r. obowiązek mierzenia pyłu zawieszonego PM 2,5 [7].

Instytut Badań Strukturalnych i Instytut na rzecz Ekorozwoju zainicjowały prace nad przygotowaniem dokumentu analizującego możliwości stworzenia do 2050 roku w Polsce gospodarki niskoemisyjnej [9]. Mapa drogowa niskoemisyjnego rozwoju Polski do roku 2050 zakłada, że poniesione nakłady skompensują się z wydatkami ponoszonymi na poprawę stanu zdrowia społeczeństwa oraz stanu i ochrony środowiska, a redukcja emisji gazów cieplarnianych może osiągnąć nawet 50%.

2. STRUKTURA ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANA BUDYNKU

Do przeprowadzenia oceny wpływu działań poprawiających charakterystykę energetyczną budynku na redukcję emisji, szczególnie gazów cieplarnianych do atmosfery wybrano budynek oświatowy, w którym mieści się szkoła podstawowa i przedszkole, zlokalizowany w gminie Ogrodzieniec na terenie województwa śląskiego. Budynek wzniesiono w 1962 roku w technologii tradycyjnej jako jedno- i dwukondygnacyjny, częściowo podpiwniczony. Ściany wykonano z cegły pełnej, stropy międzykondygnacyjne płyty DZ-3 i DZ-4, stropodach pełny, płyta DZ-4, ocieplenie z mat trzcinowych, pokrycie 2 x papa. Okna stare podwójnie szklone ościeżnicowe, drewniane, nieuszczelne, szacowana wartość współczynnika przenikania ciepła $U = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ i współczynnika infiltracji $a = 3,0 \text{ m}^3/(\text{m h daPa}^{2/3})$, okna nowe (12 sztuk) z PCV, wymienione w 2004 r., o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ i współczynnika infiltracji $a = 1,0 \text{ m}^3/(\text{m h daPa}^{2/3})$. Główne drzwi wejściowe i na elewacji zachodniej drewniane, nieuszczelne, o współczynniku przenikania ciepła szacowanym na $U = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Pozostałe drzwi zewnętrzne o współczynniku przenikania ciepła szacowanym na $U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Budynek jest ogrzewany centralnie z kotłowni własnej, gazowej. Grzejniki żebrowane, Fawiera oraz konwektorowy w kotłowni. Przygotowanie ciepłej wody miejscowe, w węzłach sanitarnych cztery bojery elektryczne 2 kW, w kuchni przepływowy podgrzewacz gazowy. Dwa wodomierze zimnej wody. W oparciu o projekt architektoniczno-budowlany oraz wizję lokalną w tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry architektoniczno-budowlane ocenianego budynku.

Tabela 1. Parametry architektoniczno-budowlane

Wybrane parametry	Jednostka	Wartości
Powierzchnia zabudowy	m^2	1000,7
Kubatura części ogrzewanej	m^3	6470,0
Powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych cz. nadziemnej	m^2	1174,4
Powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych w piwnicy	m^2	365,4
Powierzchnia netto budynku	m^2	1540,8
Powierzchnia ścian	m^2	1062,0
Powierzchnia ścian piwnicy w gruncie	m^2	99,7
Powierzchnia stropodachu	m^2	996,7
Powierzchnia stropu nad piwnicą	m^2	450,6
Powierzchnia podłogi parteru na gruncie	m^2	490,0
Powierzchnia podłogi piwnicy na gruncie	m^2	450,6
Powierzchnia okien	m^2	416,2
Powierzchnia drzwi	m^2	11,2
Współczynnik zwartości budynku A/V_e	1/m	0,55
Liczba osób użytkujących budynek (w tym uczniów)	–	159(132)

3. POPRAWA CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU

W latach 2008-2014 prowadzono monitoring efektów działań związanych z poprawą charakterystyki energetycznej w kilku obiektach oświatowych zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego. Do analizy wybrano budynek, w którym przeprowadzono kompleksowe działania termomodernizacyjne, a uzyskane rezultaty są reprezentatywne dla grupy monitorowanych obiektów. Oceniany budynek szkolno-przedszkolny został poddany termomodernizacji w 2011 roku. W ramach kompleksowej termomodernizacji struktury budowlanej i instalacyjnej wykonano następujące prace:

- 1) docieplenie ścian,
- 2) docieplenie stropodachu,
- 3) wymiana stolarki okiennej,
- 4) wymiana stolarki drzwiowej,
- 5) ulepszenie układu przygotowania ciepłej wody użytkowej przez zastąpienie nieefektywnych podgrzewaczy elektrycznych podgrzewem scentralizowanym z kotłowni własnej,
- 6) modernizacja kotłowni,
- 7) wymiana kotła gazowego na kocioł o wyższej sprawności,
- 8) zastosowanie elementów automatycznej regulacji i sterowania systemem,
- 9) modernizacja systemu centralnego ogrzewania,
- 10) zastosowanie elementów grzejnych o małej bezwładności cieplnej,
- 11) montaż zaworów termostatycznych,
- 12) założenie otuliny na przewodach centralnego ogrzewania,
- 13) zwiększenie przerwy w ogrzewaniu w ciągu dnia.

Parametry charakterystyki energetycznej budynku przed i po termomodernizacji wyznaczone na podstawie przeprowadzonej w 2009 r. pełnej analizy audytingowej przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Parametry charakterystyki energetycznej budynku przed i po wykonaniu termomodernizacji

Parametr	Przed termomodernizacją	Po termomodernizacji
Współczynnik U ścian nadziemna [W/(m ² K)]	1,40	0,22
Współczynnik U ścian piwnicy nad gruntem [W/(m ² K)]	1,14	0,25
Współczynnik U ścian piwnicy w gruncie [W/(m ² K)]	0,79	0,30
Współczynnik U stropodachu [W/(m ² K)]	0,68	0,16
Współczynnik U okien [W/(m ² K)]	3,0	1,4
Współczynnik U drzwi [W/(m ² K)]	6,0/2,5	2,5
Wskaźnik EU [kWh/(m ² rok)]	342,2	133,6
Wskaźnik EK [kWh/(m ² rok)]	413,2	107,3
Wskaźnik EP [kWh/(m ² rok)]	454,5	118,0

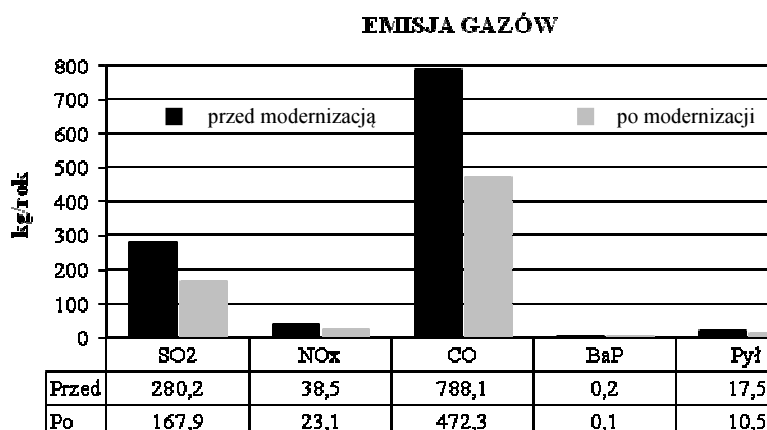
4. EFEKTYWNOŚĆ EKOLOGICZNA POPRAWY CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU

Monitoring działań termomodernizacyjnych wykazał redukcję zużycia energii na potrzeby c.o. i c.w., średnio o około 42%. W analizie pominięto 2011 rok, w którym wykonano prace termomodernizacyjne. Na podstawie zużycia gazu oszacowano redukcję emisji bezpośredniej szkodliwych substancji do atmosfery (tab. 3).

Tabela 3. Emisja bezpośrednia zanieczyszczeń przed i po termomodernizacji

Rodzaj zanieczyszczeń	Ilość zanieczyszczeń		Redukcja zanieczyszczeń	
	Przed	Po	kg/rok	%
	kg/rok			
SO ₂	280,2	167,9	112,1	40,0
NO _x	38,5	23,1	15,4	40,0
CO	788,1	472,3	315,8	40,1
BaP	0,2	0,1	0,1	50,0
Pył	17,5	10,5	7,2	40,7
Razem	1124,5	673,9	450,6	40,1

W wyniku przeprowadzonych działań poprawiających charakterystykę energetyczną budynku uzyskano około 40% redukcję emisji. Roczną emisję gazów do atmosfery przed i po termomodernizacji przedstawiono na rysunku 3.



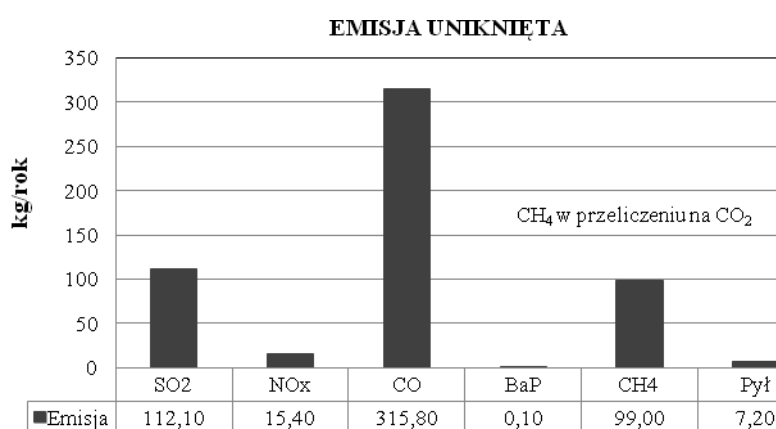
Rys. 3. Roczna emisja gazów do atmosfery przed i po termomodernizacji

W tabeli 4 przedstawiono emisję gazów cieplarnianych CO₂ i CH₄ w przeliczeniu na CO₂ przed i po termomodernizacji. Przy przeliczeniu CH₄ na CO₂ przyjęto współczynnik ekwiwalentny równy 4 kg CO₂ na 1 kg CH₄.

Tabela 4. Emisja CO₂ i CH₄ w przeliczeniu na CO₂ przed i po termomodernizacji

Gaz cieplarniany	Przed modernizacją		Po modernizacji		Redukcja	
	kg CO ₂ /rok	t/m ² /rok	kg CO ₂ /rok	t/m ² /rok	kg CO ₂ /rok	t/m ² /rok
CO ₂	51 775,5	0,03	31 031,9	0,02	20 743,6	0,01
CH ₄	134,6	–	35,6	–	99,0	–

Po termomodernizacji osiągnięto redukcję emisji dwutlenku węgla na poziomie 40%. Zmniejszenie emisji CO₂ na jednego ucznia wynosi 157,1 kg. Obecnie według metodologii obliczania charakterystyki energetycznej [10] istnieje obowiązek podawania w świadectwie charakterystyki energetycznej wielkości emisji CO₂ w t/m²/rok (tab. 4). Wielkość emisji unikniętej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Emisja uniknięta zanieczyszczeń do atmosfery

Emisję równoważną w stosunku do dwutlenku siarki przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Emisja równoważna zanieczyszczeń przed i po termomodernizacji

Rodzaj zanieczyszczeń	Ilość zanieczyszczeń		Redukcja zanieczyszczeń	
	Przed	Po	kg SO ₂ /rok	%
	kg SO ₂ /rok			
SO ₂	280,0	167,9	112,1	40,0
NO _x	25,7	15,4	10,3	40,0
CO	9,9	5,9	4,0	40,1
BaP	4000,0	2000,0	2000,0	50,0
Pył	8,9	5,3	3,6	40,7
Razem	4324,5	2194,5	2130,0	40,1

PODSUMOWANIE

Przeprowadzenie kompleksowych działań poprawiających charakterystykę energetyczną budynku przyczynia się do zwiększenia jego efektywności energetycznej oraz efektywności energetycznej systemów technicznych funkcjonujących w budynku, wykorzystujących ciepło na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody. Kompleksowość tego typu działań wyraża się w potrzebie analizowania wszystkich składowych budynku i procesów eksploatacyjnych, mających istotny wpływ na zużycia energii. Właściwa wartość parametrów charakterystyki energetycznej budynku przekłada się więc bezpośrednio na efektywność energetyczną i ekologiczną. Odpowiednia charakterystyka energetyczna budynku wpływa na redukcję kosztów eksploatacji budynków oraz ograniczenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery. Monitoring efektów termomodernizacji wykazał redukcję zużycia ciepła o około 42%, oraz prądu o około 35%. W wyniku przeprowadzonej termomodernizacji uzyskano około 40% redukcję emisji dwutlenku węgla do atmosfery.

LITERATURA

- [1] Guła A. i in., Strategia modernizacji budynków. Mapa drogowa 2050, Instytut Ekonomii Środowiska, Kraków 2014.
- [2] Raport z realizacji polityki ekologicznej państwa w latach 2009-2012, Fundeko, Warszawa 2013.
- [3] Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami, Informacja o wynikach kontroli, NIK, Warszawa 2014.
- [4] Energia, Informacja i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013.
- [5] Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2012 i 2013, Informacja i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.
- [6] Sokołowski M., Almanach Narodowego Programu Redukcji Emisji, Społeczna Rada Narodowego Programu Redukcji Emisji, Warszawa 2010.
- [7] Ochrona środowiska, Informacje i opracowania statystyczne, GUS, Warszawa 2014.
- [8] Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2014 r., GUS, Warszawa 2014.
- [9] 2050.pl podróż do niskoemisyjnej przyszłości, red: M. Bukowski, Temperówka, Warszawa 2013.
- [10] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku (DzU 2015, poz. 376)

ECOLOGICAL ASPECTS TO IMPROVE THE ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS

The article presents the problems relating to environmental pollution by combustion products of fossil fuels in energy production for heating and preparing domestic hot water. It is estimated possibility to reduce emissions by improving the energy performance of buildings. Special attention was paid to the limitation the greenhouse effect.

Keywords: energy performance of buildings, direct emissions, equivalent emissions, greenhouse gases