

Anna MARZEC\*

## Zmiany klimatu – Nowy raport Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatycznych (IPCC)

**STRESZCZENIE.** Artykuł stanowi skrócony opis informacji zawartych w czwartym Raporcie IPCC na temat zmian klimatu. Przedstawiono dotychczasowe zmiany, m.in. wzrost średniej globalnej temperatury w okresie ostatnich kilku lat o 0,8°C (w porównaniu z latami 1850–1900), wzrost poziomu oceanów i wzrost częstotliwości występowania dni gorących. Zreferowano prognozy dalszych zmian w XXI w., oparte o różne scenariusze rozwoju globalnej sytuacji gospodarczej i postępu technologicznego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** czwarty raport IPCC, zmiany klimatu w XX w., prognozy, zmiany klimatu w XXI w., temperatura, poziom oceanów, opady, ekstremalne zjawiska pogodowe

IPCC powstało w 1988 roku z inicjatywy ONZ i Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO). W jego pracach bierze udział kilkuset specjalistów pochodzących z kilkadziesiąt państw. Raport opublikowany 2 lutego br. jest kolejnym czwartym raportem. Niniejszy artykuł stanowi ekstrakt z tego Raportu.

---

\* Prof. dr hab. inż. — były pracownik Zakładu Karbochemii PAN w Gliwicach; e-mail: marzeca@neostrada.pl

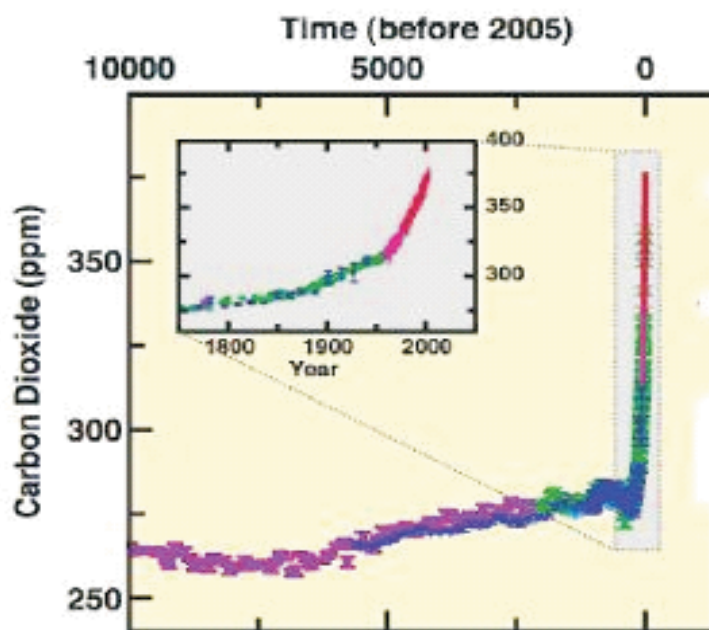
Recenzent: prof. dr hab. inż. Roman NEY

Niemal w tym samym czasie (7 lutego br.) reprezentant Narodowej Rady ds. badań Naukowych oraz konsorcjum zespołów działających na terenie 70 uniwersytetów USA, przedstawił w Senacie USA sprawozdanie, które w części dotyczącej badań klimatologicznych jest całkowicie zbieżne z treścią Raportu IPCC.

## 1. Dotychczasowe zmiany klimatyczne

Koncentracja gazów powodujących efekt cieplarniany wzrosła zdecydowanie po 1750 r. w porównaniu z ich koncentracją w okresie ostatnich 650 tysięcy lat. Dowodzą tego analizy pęcherzyków powietrza, zawartych w rdzeniach lodowych, wydobywanych z odpowiednich głębokości pokrywy lodowej na biegunach. Na rysunku 1 przedstawiono zawartość dwutlenku węgla w okresie minionych 10 tysięcy lat. Gwałtowny wzrost (do 380 ppm w roku 2005) w porównaniu z całym wymienionym okresem, rozpoczyna się dopiero w początkowym okresie rewolucji przemysłowej (ok. 1750 roku).

Nie ma w tym nic zaskakującego, skoro globalna emisja dwutlenku węgla pochodząca ze spalania paliw kopalnych (węgiel, ropa i gaz ziemny) wzrasta z każdym rokiem. Tak np.



Rys. 1. Zmiana koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze w okresie ostatnich 10 000 lat (duży wykres) i w okresie od 1750 roku (mały wykres)

Lewa pionowa skala: koncentracja CO<sub>2</sub> podana w jednostkach ppm; jest to ilość cząsteczek dwutlenku przypadająca na milion cząsteczek suchego powietrza

Fig. 1. Atmospheric concentration of carbon dioxide over the last 10,000 years (large panel) and since 1750 (inset panel). Carbon dioxide concentrations are in ppm that is number of CO<sub>2</sub> molecules in one million of molecules of dry air

w 1990 r. wynosiła ona 23,5 miliarda ton CO<sub>2</sub>, a w roku 2005 było to już 26,4 miliardy ton. Wzrasta również w atmosferze zawartość innych gazów cieplarnianych (metan, tlenki azotu i ozon), pochodzących w głównej mierze z intensyfikacji uprawy rolnej i hodowli zwierząt, a także ze spalania paliw ciekłych w samochodach. Z uwagi na to, że ich zawartość w atmosferze jest kilkaset razy niższa w porównaniu z dwutlenkiem węgla, także ich wpływ na efekt cieplarniany jest mniejszy.

Sumaryczny efekt działania wzrostu stężenia wszystkich tych gazów prowadzi do wzrostu ilości energii docierającej do każdego metra kwadratowego powierzchni globu w porównaniu z ilością jaka wraca z powrotem do przestrzeni kosmicznej. Zjawisko to można opisać w sposób następujący: glob ziemski został otoczony jakby folią, która przepuszcza promieniowanie słoneczne, natomiast zatrzymuje promieniowanie odbijane zarówno przez lądy jak i morza.

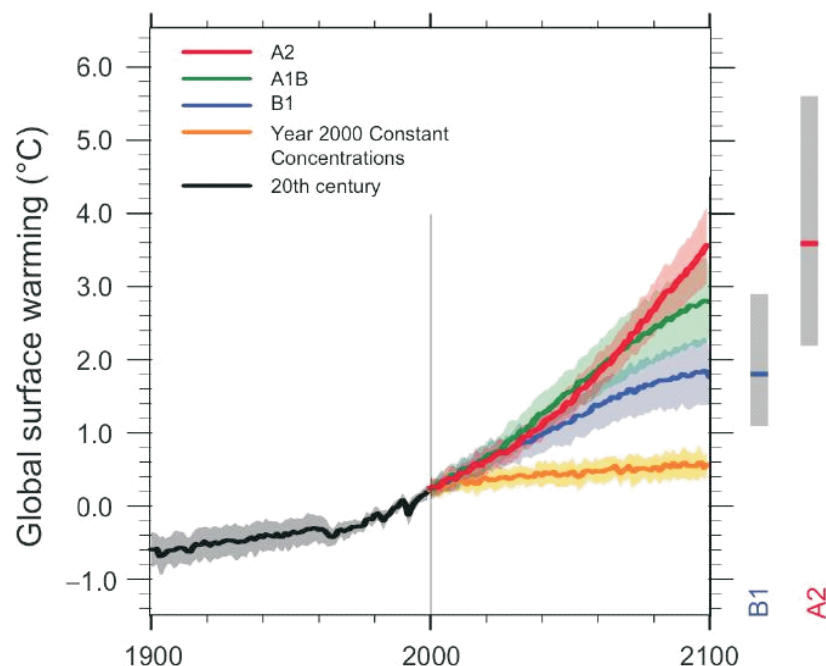
Raport opisuje wiele już zaobserwowanych zmian. Niektóre z nich to:

- ✧ wzrost temperatury w ostatnich kilku latach (w porównaniu z latami 1850–1900) o blisko 0,8°C;
- ✧ poziom powierzchni oceanów w XX wieku wzrósł o 17 cm. Jednak szybkość wzrostu poziomu w ostatnich 10 latach (1993–2003) jest niemal dwukrotnie wyższa od średniej szybkości charakteryzującej XX w. Trzeba tu dodać, że precyzja pomiarów ostatnio wzrosła, są one bowiem teraz dokonywane z dużą dokładnością za pomocą satelitów okołoziemskich;
- ✧ skurczyły się obszary zajmowane przez pokrywy śnieżne i lodowe;
- ✧ wzrosła ilość opadów m.in. nad Północną Europą oraz Północną i Środkową Azją a zmniejszyła się w obszarze Morza Śródziemnego i nad Południową Afryką;
- ✧ zimne czy mroźne dni i noce występują obecnie mniej często, natomiast wzrosła częstotliwość występowania dni gorących;
- ✧ wzrosła zawartość pary wodnej w atmosferze, ponieważ podwyższona temperatura powierzchni globu spowodowała intensywniejsze parowanie wody. Ten wzrost ma szczególne znaczenie z uwagi na to, że para wodna jest silnym gazem cieplarnianym. W związku z tym wzrost jej koncentracji w atmosferze powoduje dodatkowy efekt cieplarniany. Ponadto, kondensacja pary wodnej w następstwie jej przenikania po pewnym czasie do zimniejszych obszarów atmosfery prowadzi do powstawania chmur. Procesowi kondensacji towarzyszy wydzielanie ciepła kondensacji, które to ciepło podnosi temperaturę otaczających warstw powietrza. Nic dziwnego, że to zjawisko nazwano „efektem wzmocnienia” powodowanym przez parę wodną (*water vapor feedback*).

## 2. Prognozowany wzrost temperatury i inne zmiany klimatyczne

Prognozy opracowano w oparciu o różne założenia (scenariusze), dotyczące przebiegu takich procesów społecznych jak tempo wzrostu zaludnienia, rozwoju gospodarczego, wzrostu zużycia energii i szybkość wymiany postępu technologicznego pomiędzy różnymi

regionami świata. Tu nieco bliżej zostaną opisane tylko dwa spośród kilku scenariuszy. Są to te scenariusze, które na rysunku 2 są odpowiedzialne za najwyższy (A2) i najniższy (B1) wzrost temperatury.



Rys. 2. Dotychczasowe i prognozowane zmiany średniej temperatury powierzchni ziemi  
Lewa pionowa skala wskazuje zmianę temperatury w porównaniu ze średnią temperaturą w latach 1980–2000  
Najniższa krzywa, wznosząca się do 0,6°C wzrostu temperatury, jest krzywą hipotetyczną, wynikającą z założenia, że stężenie gazów cieplarnianych w XXI w. pozostanie na poziomie takim jak w roku 2000

Fig. 2. The observed and predicted change of global average temperature The left vertical coordinate indicates temperature change compared to 1980–2000 average temperature. The lowest curve indicating 0.6°C temperature increase by the end of XXI c., presents a hypothetical case assuming constant GHG concentration at 2000 year value

Maksymalny wzrost temperatury przewidywany jest (scenariusz A2) dla następujących okoliczności. Szybkość wzrostu zaludnienia w poszczególnych regionach świata nie ulegnie istotnym zmianom, co oznacza dalszy wzrost globalnej populacji w tempie zbliżonym do obecnego. Rozwój ekonomiczny i zmiany technologiczne będą jak dotąd, wysoce zróżnicowane w różnych rejonach globu. W tym scenariuszu przewiduje się, iż zawartość dwutlenku węgla w atmosferze wzrośnie do 1250 ppm z końcem XXI w.

Minimalny wzrost temperatury może nastąpić pod następującymi warunkami (przyjętymi w scenariuszu B1). Wzrost zaludnienia będzie postępować do połowy XXI wieku, poczym jednak nastąpi powolny spadek. Produkcja czystej energii oraz wprowadzanie technologii oszczędzających energię i surowce będą miały zasięg globalny, a nie ograniczony do najbardziej rozwiniętych krajów. Te korzystne zmiany zachodzą będą m.in.

dzięki intensyfikacji procesów wymiany informacji oraz rozwojowi sektora różnorodnych usług. Przewidywany wzrost zawartości dwutlenku węgla to 600 ppm na koniec XXI w.

Prognozowane zmiany klimatyczne z końcem XXI w. przedstawiają się następująco:

- ✧ wzrost temperatury od 1,8 (dla B1) do 3,6°C (dla A2), w porównaniu z średnią temperaturą końca XX w. (lata 1980–2000). W okresie najbliższych 20 lat wzrost wyniesie 0,4°C. Są to wartości średnie, łączne dla lądów i mórz. Zawsze jednak lądy nagrzewają się bardziej intensywnie od mórz. Wyższe nawet o 2 do 3°C od podanych średnich, przewidywane są m.in., dla krajów nadbałtyckich, Kanady i północnych stanów USA;
- ✧ przewidywany wzrost poziomu oceanów wynosi od około 30 cm (dla B1) do 50 cm (dla A2). Będzie to powodowało przykre, a niekiedy katastrofalne konsekwencje dla miast i osiedli nadmorskich;
- ✧ wzrost ilości opadów o około 20% m.in. na środkowych i północnych obszarach Półkuli Północnej, natomiast spadek ilości opadów w obszarach podzwrotnikowych; zintensyfikuje to susze już tam panujące, a głód zmusi ludność do ucieczki z tych regionów. Zmniejszenie ilości opadów dotknie także rejon Morza Śródziemnego;
- ✧ nie można nie wspomnieć o przewidywanym wzroście kwasowości mórz i oceanów, spowodowanym wzrastającą ilością dwutlenku węgla, które te wody pochłaniają. Spowoduje to zmiany w środowisku żywych morskich organizmów;
- ✧ obszary zajęte przez pokrywy śnieżne i lodowe będą dalej zmniejszać się aż do całkowitego ich zaniku;
- ✧ intensyfikacji podlegać będą wszystkie ekstremalne zjawiska pogody, takie jak huragany, upały, burze itd.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż w tych badaniach nad prognozowanymi zmianami klimatycznymi stosowano tylko takie metody, które w symulacji zmian stwierdzonych w XX w. dostarczały wyniki zgodne z rzeczywistością.

### 3. Udział czynników naturalnych w zmianach klimatu?

Wyniki badań zawartych w Raporcie wyjaśniają rolę takich czynników spoza sfery ludzkiej działalności, które niekiedy są traktowane jako prawdziwe przyczyny obecnych zmian klimatycznych. I tak okazało się, że zmiany aktywności słońca w ostatnim stuleciu, odpowiedzialne są jedynie za około 7% efektu w porównaniu z efektem, który wywołało bezpośrednie działanie dwutlenku węgla. A zatem nie jest tak, że obserwowane ocieplenie klimatu spowodowane jest wzrostem aktywności słońca. Twierdzenie nieprawdziwe, ale za to bardzo wygodne, bo uwalnia od obowiązku podejmowania jakichkolwiek starań o zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.

Nie jest także prawdą, że obecne ocieplenie jest wynikiem innych naturalnych przyczyn, takich jak te, które spowodowały bardzo duże ocieplenie w okresie międzylodowcowym – przed około 125 tysiącami lat. Okazuje się jednak, że ówczesne ocieplenie było wywołane

niewielką zmianą ziemskiej orbity. Ale takie zjawisko nie miało miejsca w okresie ostatnich dwustu lat, ani też nie jest przewidywane w okresie kilku następnych stuleci.

## Wnioski – komentarz autorki

Raport jednoznacznie wskazuje na konieczność realizacji zadań zmierzających do obniżenia – wynikającej z ludzkiej działalności – emisji dwutlenku węgla, a następnie do jej całkowitej likwidacji. Zadania te muszą być równie różnorodne, jak różnorodne są źródła emisji dwutlenku. Są to problemy od wielu lat dobrze znane. Jednak w świetle ostatniego Raportu muszą one być realizowane znacznie szybciej niż dotychczas.

Wśród zadań najważniejszych, a równocześnie dojrzałych do szybkiej realizacji, należy wymienić:

- ✧ wzrost efektywności przemysłowej produkcji energii z paliw kopalnych poprzez zastępowanie starych instalacji instalacjami nowoczesnymi o wyższej sprawności energetycznej;
- ✧ wydzielanie dwutlenku węgla ze spalin produkowanych w instalacjach przemysłowych i jego sekwestracja pod ziemią;
- ✧ w budownictwie rozproszonym musi nastąpić eliminacja paliw węglowodorowych do celów grzewczych; w ich miejsce trzeba wprowadzić energię elektryczną lub energię odnawialną (słoneczna, wiatrowa, biomasa);
- ✧ wzrost efektywności użytkowania energii we wszystkich różnorodnych sposobach jej użytkowania (poczynając od całkowitej eliminacji energochłonnych żarówek na korzyść energooszczędnych, a na ocieplaniu budynków kończąc);
- ✧ częściowa eliminacja produkcji energii z paliw kopalnych poprzez jej produkcję z surowców odnawialnych. Trzeba tu jednak zwrócić uwagę na fakt, iż potencjalna dostępność tych surowców w niektórych regionach świata, w tym w Polsce, jest ograniczona, w związku z czym surowce odnawialne nie mogą stanowić głównego źródła energii.

Wszystkie te zadania mogą być szybko zrealizowane pod jednym wszakże warunkiem, iż odpowiednie resorty rządowe będą w tym zakresie działały w sposób całkowicie spójny.

Należy brać pod uwagę, iż ewentualne zastosowanie wodoru jako paliwa nie oznacza zasadniczego postępu w ograniczeniu emisji dwutlenku węgla, bowiem:

- ✧ w przypadku jego produkcji z surowców kopalnych, produkcja ta musi być skojarzona z wydzielaniem i sekwestracją dwutlenku węgla;
- ✧ w przypadku produkcji wodoru z wody na drodze elektrolizy należy brać pod uwagę to, że elektroliza wody jest wysoce energochłonnym procesem, a w związku z tym pojawia się problem, z jakich surowców energetycznych mają być produkowane te duże ilości energii elektrycznej w sposób bezemisyjny.

Radykalnym zabezpieczeniem atmosfery przed emisją dwutlenku węgla mogłaby się stać energia jądrowa. Jednak na przemysłowe wdrożenie rzeczywiście (a nie – dekla-

ratywnie) bezpiecznych i bezodpadowych technologii trzeba jeszcze długo czekać. W USA, państwie najbardziej zaawansowanym w tej dziedzinie, określono czas wdrożenia nowych technologii jądrowych na 40–50 lat.

Opracowano na podstawie raportu IPCC „Climate Change 2007 – Summary for Policymakers”; opublikowany 2 lutego 2007. Adres internetowy: <http://www.ipcc.ch>, a następnie: download Summary for Policymakers. Wykresy 1 oraz 2 pochodzą z wymienionego Raportu. Obecnie jest dostępna wersja zaktualizowana (maj 2007) ww. Raportu.

Anna MARZEC

## Recent Report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

### Abstract

The paper summarizes information on climate changes presented in the recent IPCC report (“Summary for Policymakers”; February 2007). The changes until now have been described, such as the 0.8°C increase of global average temperature in a few recent years (compared to 1850–2000 years); sea level rise and an increase in frequency of hot days. Next, climate forecasts for XXI century have been reported that were derived from various scenarios of future global economy and technology development.

KEY WORDS: forth IPCC report, climate change in XX century, prognoses, climate change in XXI century, global temperature, sea level rise, precipitation, extreme weather phenomena