

Anna MARZEC\*

## Relacje: redukcja emisji GHG – produkcja energii – wzrost gospodarczy – rozwój społeczny

**STRESZCZENIE.** Wobec postępującego ocieplenia, wynikającego z nadmiernej emisji CO<sub>2</sub>, konieczność jej redukcji stanowi imperatyw w stosunku do sektora produkcji energii. Szybkość wzrostu produkcji energii musi być dostosowana do szybkości wzrostu udziału energii, produkowanej bez emisji CO<sub>2</sub>. Dla wielu krajów oznaczać to będzie konieczność ostrego zahamowania wzrostu produkcji energii. Dane zawarte w raporcie Programu ONZ ds. Rozwoju wskazują, że w krajach rozwiniętych, uzyskiwano różne wartości PKB z takiej samej ilości energii (różne wartości PKB/toe). Dowodzi to, że rozwój gospodarczy może być w pewnym stopniu realizowany bez wzrostu produkcji/konsumpcji energii.

W krajach o wysokim stopniu rozwoju (PKB per capita > 20 000 PPP US\$) także rozwój społeczny (wskaźnik HDI) staje się niezależny od ilości konsumowanej energii per capita. Odrębne studium dla EU-27 (Saikku et al. 2008) wskazuje, że osiągnięcie 20-procentowej redukcji emisji GHG do 2020 roku wymaga (i) dwukrotnie szybszej niż dotąd dekarbonizacji produkcji energii (t CO<sub>2</sub>/toe) i (ii) ograniczenia wzrostu gospodarczego (PKB/capita) do conajwyżej + 1,5 %/rok (średnia dla Unii).

**SŁOWA KLUCZOWE:** emisja GHG, produkcja energii, szybkość wzrostu, Program ONZ ds. Rozwoju, wzrost gospodarczy – PKB/capita, intensywność energetyczna – PKB/toe, wskaźnik rozwoju społecznego

---

\* Prof. dr hab. inż. — były pracownik Zakładu Karbochemii PAN.

## Wprowadzenie

Światowa emisja dwutlenku węgla, wynikająca ze spalania paliw kopalnych, wynosiła [1]:

- ✧ 21,4 miliarda ton w 1990 roku,
- ✧ 27,2 miliarda ton w 2004 roku,
- ✧ 28,2 miliarda ton w 2005 roku.

Krótko okresowa prognoza, zakładająca tempo wzrostu emisji takie jak w ostatnich latach, to 31 miliardów ton w 2010 roku.

Obecna koncentracja CO<sub>2</sub> w atmosferze wynosi nieco ponad 380 ppm. Natomiast sumaryczna koncentracja wszystkich gazów cieplarnianych, łącznie z CO<sub>2</sub>, wynosi 433 ppm [2a i 2b]. Niezbędna jest stabilizacja koncentracji GHG na poziomie 450–550 ppm – w przeciwnym wypadku nie da się uniknąć ocieplenia w stopniu niebezpiecznym. Z uwagi na fakt, iż obecne stężenie GHG (433 ppm) jest bardzo bliskie poziomowi uważanemu za względnie bezpieczny (450–550 ppm), nie wiele czasu pozostaje na redukcję dotychczasowej emisji.

### 1. Związek pomiędzy wzrostem produkcji energii a emisją CO<sub>2</sub>

Światowa produkcja energii oparta jest głównie o surowce kopalne. Przykładowo w 2004 roku 81% energii produkowano z paliw kopalnych, a 84% gazów cieplarnianych emitowanych do atmosfery pochodziło z sektora produkcji energii [3]. Na podstawie obserwacji dotychczasowych trendów (scenariusz „*business as usual*”), International Energy Agency [4] przewiduje, że te proporcje nie ulegną zmianie w najbliższym 20-leciu (przewidywany wzrost produkcji energii o 52%; udział paliw kopalnych w tej produkcji dalej na poziomie 80 %; w konsekwencji – dalszy wzrost emisji CO<sub>2</sub>). W skali globalnej, nie wielkie znaczenie ma fakt, iż w EU-27 w 2005 roku nastąpił spadek emisji GHG [2a] o 38 milionów t, czyli o 0,7 % w porównaniu z rokiem 2004, zresztą głównie dzięki Niemcom (–23 miliony t) i Finlandii (–12 milionów t).

**Nie ma zatem innego rozwiązania, jak tylko uznanie konieczności redukcji emisji GHG za imperatyw w stosunku do sektora produkcji energii.** Wzrost produkowanej i konsumowanej energii może mieć miejsce jedynie wówczas, kiedy znajdzie on pokrycie w odpowiednim wzroście produkcji czystej energii. A czystą energię można otrzymać z surowców odnawialnych lub produkując ją, tak jak dotąd z surowców kopalnych, ale w nowy, bezemisyjny sposób. Fraza „odpowiedni wzrost” wiąże się z następnym problemem. Ta czysta energia musi w pierwszym rzędzie substytuować znaczną część dotychczasowej ilości energii, produkowanej wraz z wysoką emisją dwutlenku węgla. Jeśli ten pierwszy etap – substytucja – nie zostanie zrealizowany, to nie będzie żadnej możliwości realizacji niezbędnej redukcji emisji CO<sub>2</sub>. Dopiero w następnym etapie wzrost produkcji czystej energii może być wykorzystany na pokrycie wzrostu zapotrzebowania na energię. Realizacja pierwszego i drugiego etapu na pewno nie jest zadaniem łatwym. Wymaga bowiem czasu, dużych nakładów na inwestycje oraz – trudnego w wielu przypadkach – wdrożenia nowych technologii w dużej skali przemysłowej. Stąd wynikają dwa wnioski: (1) wzrost produkcji energii musi być dostosowany, tj. hamowany przez tempo rewolucyjnych, ale niezbędnych zmian w sektorze energetycznym

opartym o surowce kopalne oraz (2) procesy rozwoju społeczno-gospodarczego wymagają uniezależnienia od wzrostu produkcji energii.

Pojawia się pytanie, czy realizacja tego drugiego postulatu jest możliwa. Często bowiem wyrażany jest pogląd, iż społeczny rozwój kraju jest ściśle uzależniony od wzrostu gospodarczego (wzrost PKB lub wzrost PKB/capita), a ten z kolei wymaga, aby rosło zużycie energii. Ta rzekomo ścisła korelacja: wzrost zużycia energii – wzrost gospodarczy – rozwój społeczny, winna być obecnie poddana krytycznemu oglądowi.

## 2. Czy możliwy jest wzrost dochodu PKB bez wzrostu produkcji energii?

Odpowiedź na to pytanie jest zawarta w danych raportu Programu ONZ ds. Rozwoju [5]. Zawiera on m.in., dla ponad 150 krajów, wartości dochodu PKB przypadającego na tę samą jednostkę zużytej energii (dane dla 2004 r.). Innymi słowy, informuje o tym, jaką ilość PKB produkuje się w różnych krajach z takiej samej ilości energii. Są to wartości bardzo różne (podano je w tabelicy 22 wymienionego raportu w jednostkach 2000 PPP US\$/Kgoe). Na pewno nie ma sensu ich porównywanie dla krajów położonych w różnych strefach klimatycznych lub dla krajów eksportujących surowce energetyczne względem tych, które je importują. Ale wybór krajów nadających się do porównania jest duży; kilka przykładów z obszaru krajów rozwiniętych:

Hiszpania (6,9), Grecja (7,4), Włochy (8,2) – czyli Włochy z takiej samej ilości energii produkują o 19% więcej PKB od Hiszpanii.

Albo przykład Anglii (7,3) i Irlandii (9,5); a zatem w tej ostatniej produkuje się z tej samej ilości energii o 30% więcej PKB niż w Anglii.

Inny przykład: Bułgaria (3,0), Słowacja (3,9) Litwa (4,5), Polska (5,1), Węgry (5,9),

Następny przykład to Holandia (5,8) i Niemcy (6,2).

Już z tej ograniczonej ilości przykładów wynika, że istnieje możliwość osiągnięcia wyższego poziomu wzrostu gospodarczego bez wyższego zużycia energii.

## 3. Czy możliwy jest rozwój społeczny bez wzrostu produkcji energii

Odpowiedź na to pytanie również można znaleźć we wspomnianym raporcie [5]. Konieczne będzie przy tym zaznajomienie się z powszechnie obecnie stosowanym miernikiem poziomu rozwoju społecznego, jakim jest wskaźnik HDI.

**Wskaźnik rozwoju społecznego** (HDI – *Human Development Index*) stanowi syntetyczny miernik, stosowany do porównania rozwoju różnych krajów. Do obliczenia HDI pod uwagę bierze się następujące dane: (1) przeciętny wiek przeżycia, (2) udział populacji objętej nauczaniem w szkołach podstawowych, średnich i studiującej na wyższych uczelniach, (3) udział

populacji umiejącej pisać i czytać oraz (4) średni dochód PKB na jednego mieszkańca (USD/capita). Wskaźnik HDI stosowany jest od 1993 r. przez ONZ. Szczegółowe dane HDI (dla 2005 r.) są zawarte w tablicy 1 raportu [5]; opis sposobu obliczania HDI jest również zamieszczony w raporcie.

Jego wartości zostały zastosowane do kategoryzacji wszystkich krajów świata; wyróżniono trzy grupy. HDI w przedziale 0,35 do 0,5 charakteryzuje kraje bardzo słabo rozwinięte. Kraje o średnim stopniu rozwoju mają HDI w przedziale 0,5 do 0,8, natomiast wysoko rozwinięte mieszczą się w przedziale od 0,8 do 1.

Według wspomnianego raportu Polska znajduje się co prawda w grupie państw wysoko rozwiniętych, ale na 37. miejscu. Jej HDI wynosi 0,870. Poszczególne czynniki wchodzące w skład HDI dla Polski to: przewidywany wiek przeżycia – 75 lat; udział populacji uczącej się oraz umiejącej czytać i pisać – 87%; oraz średni dochód PKB – 13 850 USD rocznie na jednego mieszkańca.

W skali HDI, w najbliższym sąsiedztwie Polski znajdują się Węgry (HDI = 0,874) oraz Argentyna (HDI = 0,869).

W artykule (Martinez 2008), poddano analizie następujące dane dla 120 krajów: (a) całkowita konsumpcja energii na jednego mieszkańca (kgoe/capita) oraz (b) wskaźnik HDI. Zależność (pomiędzy czynnikami (a) oraz (b)), jest wyraźnie widoczna i ma charakter krzywej logarytmicznej. Z przebiegu tej zależności wynikają następujące wnioski.

W krajach o niskim rocznym zużyciu energii, przypadającym na jednego mieszkańca (od 400 do 800 kgoe/capita), HDI ma niskie i średnie wartości (w zakresie od 0,35 do 0,7). Dla tej grupy państw, charakterystyczna jest bardzo silna więź pomiędzy oboma wskaźnikami. Niewiele większa konsumpcja energii prowadzi do znacząco wyższego wskaźnika HDI.

W tej grupie, wzrost produkcji i konsumpcji energii, nie pochodzącej jak dotąd z prymitywnego spalania biomasy w ogniskach, lecz przede wszystkim w formie energii elektrycznej, jest niezbędny dla dalszego rozwoju (opieka medyczna, warunki sanitarne, dostęp do czystej wody). Kraje tej grupy są zamieszkałe przez około 25% światowej populacji.

Następna grupa obejmuje kraje o konsumpcji energii do około 3000 kgoe/capita i wskaźniku HDI od 0,7 do 0,9. Wśród krajów tej grupy także istnieje korelacja pomiędzy oboma wskaźnikami, ale ma ona inny charakter w porównaniu z grupą poprzednią. Wskaźnik HDI słabiej reaguje na wzrost zużycia energii. Najwidoczniej wszystkie – lub tylko niektóre – elementy, tworzące HDI (długość życia; wykształcenie; rozwój gospodarczy – PKB/capita) nie są już tak silnie uzależnione od poziomu konsumpcji energii.

Polska, ze wskaźnikiem HDI = 0,870 należy do tej grupy.

Ostatnia grupa to kraje, które charakteryzuje wysoki, lecz nie wiele zróżnicowany wskaźnik HDI (od 0,9 do 0,968) i wysokie, ale silnie zróżnicowane zużycie energii – od około 3000 do 12 000 kgoe/capita. A zatem, konsumpcja energii przypadająca na jednego mieszkańca, jest bardzo wysoka i ostro zróżnicowana, lecz ma ona nikły wpływ na HDI.

Do tej grupy należy większość krajów europejskich a ponadto USA, Kanada, Australia, Nowa Zelandia i Japonia.

Najwidoczniej występuje tu zjawisko „nasylenia” energią i wzrost poziomu produkcji/konsumpcji energii stracił swój decydujący (jak w pierwszej grupie) lub umiarkowany (jak w drugiej grupie) wpływ na podstawowe zjawiska społeczne. Można zatem sformułować tezę,

że tej grupie państw nie jest potrzebny wzrost produkcji/spożycia energii do realizacji rozwoju społecznego, znajdującego wyraz w długości życia (wynik odpowiedniej opieki medycznej i poziomu sanitarnego) oraz w poziomie wykształcenia społeczeństwa. Dalszym dowodem jest następujący przykład.

Osiem państw tej grupy ma taki sam wskaźnik HDI = 0,95 [5]. Charakteryzuje je jednak różna konsumpcja energii [7]: od 3230 Kgoe/capita w Hiszpanii do 7795 Kgoe/capita w USA. Zwraca również uwagę fakt, iż mimo tak silnie zróżnicowanego zużycia energii (ponad 200 %), długość życia w tych ośmiu krajach zawiera się w stosunkowo wąskim przedziale od 79 do 80,5 lat (z wyjątkiem Japonii: 82 lata).

Z uwagi na wspomniany różny przebieg [6] zależności wskaźnika HDI od poziomu konsumpcji energii/capita, w pełni uzasadniony jest podział państw na w/w trzy grupy, z których w pierwszej grupie konieczny jest wzrost konsumpcji energii (o kilkaset Kgoe/capita) do osiągnięcia rozwoju społecznego (HDI do ~0,7), a w trzeciej – nie widać potrzeby zwiększenia dotychczasowej – bardzo wysokiej – konsumpcji energii do osiągania wyższego poziomu rozwoju społecznego (HDI > 0,9). Jest to bardzo istotne spostrzeżenie z punktu widzenia globalnej polityki klimatycznej i energetycznej.

## 4. W jaki sposób ograniczyć wzrost produkcji energii i zredukować emisję GHG w EU-27?

### 4.1. Zobowiązania Unii Europejskiej do redukcji emisji CO<sub>2</sub>

W 1990 r. łączna europejska emisja GHG wynosiła nieco ponad 5,6 miliarda t, a w roku 2005 było to 5,2 miliarda t, czyli nastąpił spadek o 7,9% w okresie 1990–2005 [2a]. Jest to wynik, który budzi nadzieje, zachęcające do podejmowania dalszych wysiłków.

W marcu 2007, premierzy EU-27 zobowiązali się do ograniczenia do 2020 r., emisji GHG o 20% w stosunku do poziomu z 1990 r. Oznacza to, że w ciągu 12 lat (2008–2020) emisja w EU-27 będzie musiała ulec redukcji do około 4,5 miliarda ton CO<sub>2</sub>. Winna ona zatem maleć o około 60 milionów t rocznie (przy założeniu, że w latach 2006–2007 nie nastąpił duży wzrost emisji).

Dla nowych krajów-członków EU-27 dobrym prognostykiem jest fakt, iż kraje „starej piętnastki” już w 2005 r. osiągnęły niskie wskaźniki emisji GHG w stosunku do ich dochodu narodowego [8]. Kilka nowych krajów członkowskich – Czechy, Rumunia, Polska, Estonia i Bułgaria – wykazują co prawda ponad dwukrotnie większą emisję GHG przypadającą na jednostkę PKB. Ale przykład starej piętnastki dowodzi, że można obniżyć emisyjność gospodarki bez uszczerbku dla niej.

Niestety, udana realizacja zapowiedzianych zamierzeń EU-27 nie będzie miała istotnego wpływu na globalną emisję, bowiem udział EU-27 w światowej emisji stanowi zaledwie 17% [1]. Byłby to jednak przykład sprawnego, solidarnego rozwiązywania problemu. Przykład niezwykle istotny dla całej ludzkości.

## 4.2. Sposoby realizacji unijnego celu

Zespół autorów z Finlandii [Saikku 2008] przedstawił dogłębne studium różnorodnych uwarunkowań, od których zależy osiągnięcie wspomnianej redukcji emisji w EU-27, poprzedzając je analizą sytuacji w latach 1993–2004 w każdym kraju, który obecnie wchodzi w skład EU-27.

Zbiorcze dane z przeszłości przedstawiają się następująco. W latach 1993–2004 w krajach, które tworzą obecnie EU-27, nastąpił wzrost gospodarczy PKB/capita: wynosił średniorocznie 2,22%. Okolicznością korzystną był niewielki roczny wzrost zaludnienia (0,23%). Spadała intensywność zużycia energii (toe/PKB) oraz intensywność emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>/toe); wynosiły one średnio – 1,46% i – 0,67% rocznie. A zatem sytuacja „startowa” EU-27 przedstawia się korzystnie z punktu widzenia zamierzeń dalszej redukcji emisji.

Szansę zrealizowania celu zależeć będą od następujących czterech wskaźników (wrażonych w % corocznej zmiany):

- 1) rocznego spadku zużycia energii (toe/capita);
- 2) rocznego spadku intensywności emisji (emisja CO<sub>2</sub>/toe);
- 3) ograniczonego wzrostu zaludnienia oraz
- 4) ograniczonego wzrostu PKB/capita

Według autorów, spowodowanie spadków wskaźników (1) oraz (2) nie będzie łatwym zadaniem. Oba zależą od technologii produkcji energii – w tym także od udziału energii produkowanej z surowców odnawialnych – oraz od efektywności użytkowania energii. Są to obszary technologii i ekonomii, które nie ulegną z łatwością zmianom w krótkim 12-letnim okresie. Jeśli jednak cel zasadniczy (20-procentowy spadek emisji CO<sub>2</sub>) ma być zrealizowany, to m.in., wskaźnik (2) musi dwukrotnie szybciej spadać w latach 2008–2020 w porównaniu z minionym okresem (1993–2004). Ewentualny jeszcze szybszy spadek, autorzy oceniają jako nierealny. Ograniczeniu musi ulec także rozwój gospodarczy (PKB/capita) do conajwyżej +1,5%/rok (średnia dla EU-27), jeśli wzrost dochodu narodowego będzie tak jak dotąd, związany w głównej mierze ze wzrostem produkcji energii z emisją CO<sub>2</sub>.

Ograniczeniu muszą również podlegać dwa pozostałe wskaźniki – zużycie energii (toe/capita) oraz wzrost zaludnienia. Najbardziej korzystne (z punktu widzenia realizacji celu) jest utrzymanie zaludnienia w EU-27 na dotychczasowym poziomie (489 milionów w 2006 r.) lub niewielki wzrost, co najwyżej o 7 milionów do 2020 r.

Zasadniczy wniosek, wynikający ze studium wspomnianych autorów [9]: nie ma innego wyjścia jak tylko dostosowanie rozwoju gospodarczego (wzrost PKB/capita) do realnej redukcji zużycia paliw kopalnych i redukcji emisji GHG.

Wspomniane trudności w realizowaniu redukcji emisji, wynikają w niemałej mierze z uporczywie rosnącej emisji z sektora transportu.

Rozwój zrównoważony (*sustainable development*) można zdefiniować w kategoriach wymienionych czterech wskaźników w sposób następujący: wzrost PKB/capita musi być uzależniony od szybkości redukcji zużycia paliw kopalnych na jednego mieszkańca (toe/capita) oraz od malejącej emisji GHG w sektorze produkcji energii (CO<sub>2</sub>/toe). Muszą one maleć w taki sposób, aby kompensowały negatywne skutki, wywierane na klimat i środowisko przez wzrost

zaludnienia i ewentualny wzrost dochodu PKB. Nie ma tu miejsca na dowolne kształtowanie tych wskaźników, bowiem są one wzajem powiązane. Niewątpliwie korzystne efekty redukcji wymienionych wskaźników, zależeć będą od umiejętności wprowadzania szybkich zmian technologicznych oraz od podatności systemu ekonomicznego na finansowanie tych zmian.

## Podsumowanie

1. Batalia o ograniczenie ocieplenia klimatu będzie nieuchronnie związana ze spowolnieniem procesów wzrostu produkcji/konsumpcji energii.
2. Jak na to wskazują przykłady w grupie państw europejskich, które charakteryzuje zróżnicowany wskaźnik PKB/toe, wzrost gospodarczy PKB można uwolnić od konieczności wzrostu produkcji energii.
3. Jeśli poziom życia społecznego mierzyć wskaźnikiem HDI, to okazuje się, że w grupie państw wysoko rozwiniętych jest on w znacznym stopniu niezależny od poziomu produkcji energii.

## Literatura

- [1] US Energy Information Administration, International Carbon Dioxide Emissions 1985–2005. <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/carbondioxide.html>
- [2] European Environment Agency (EEA); Greenhouse gas emission trends – Assessments published /a/ Feb 2008 and /b/ Apr 2008.
- [3] QUADRELLI R., 2007 — The energy-climate challenge. *Energy Policy*, vol 35, no 11, pp. 5938–5952.
- [4] International Energy Agency (IEA). CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 1971–2004. OECD/IEA. Paris, France.
- [5] UNDP Human Development Report 2007/2008
- [6] MARTINEZ D.M., EBENHACK B.N., 2008 — Understanding the role of energy consumption in human development. *Energy Policy*, vol. 36, no 4, pp. 1430–1435.
- [7] World Resources Institute /WRI/ <http://earthtrends.wri.org/text/energy-resources>
- [8] EEA Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2007.
- [9] SAIKKU L., et al., 2008 — The sustainability challenge of meeting carbon dioxide targets in Europe by 2020. *Energy Policy*, vol. 36, pp. 730–740.

Anna MARZEC

## Relationships: reducing GHG emission – energy production – economic growth – human development

### Abstract

In the face of progressive warming, resulting from excessive CO<sub>2</sub> emission, a reduction of CO<sub>2</sub> emission is imperative toward the energy producing sector. The rate of energy production increase has to be subordinated to the rate increase of carbon-free energy share. In numerous countries, it would force to make a stop of total energy production increase.

Comparison of data included in UN Development Program Report indicates that in a number of developed countries, various GDP values have been obtained from the same amount of energy (different GDP/kgoe values). It indicates that economic growth (GDP increase) may be to some extent achieved, with no energy use increase.

In highly developed countries (GDP per capita > 20 000 PPP US\$), also human development measured by HDI index, does not depend on energy use increase.

In a separate study of EU-27 (Saikku et al. 2008) it is concluded that the 20% GHG emission reduction target till 2020, requires: (1) decarbonization of energy production (t CO<sub>2</sub>/toe) twice as fast as yet, and (2) economic growth (GDP/capita) not higher than +1,5/year.

**KEY WORDS:** GHG emission; energy production; limits of increase; UN Development Program Report; economic growth GDP/capita; energy intensity GDP/toe; human development index