

Marcin Purta\*, Wojciech Bogdan\*\*

## Potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce – konsekwencje dla sektora energetycznego

**Potential for the greenhouse gas emissions reduction in Poland and its implications for the energy sector:** The article assesses the possible extent of the reduction of the greenhouse gas emission in the Polish energy sector. The authors claim that a 31 per cent cut in the carbon dioxide emissions by 2030 is possible to achieve. The article also presents the authors' insights about improving the energy efficiency in the Polish economy, its potential for further reductions in the greenhouse gas emissions, low-emission energy production and CCS technologies.

\* Młodszy partner w biurze McKinsey & Company w Warszawie. Ukończył Wydział Finansów i Bankowości oraz Zarządzania i Marketingu w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie, uzyskał tytuł MBA z Insead.

\*\* Partner w warszawskim biurze McKinsey & Company. Ukończył Wydział Marketingu i Zarządzania Zasobami Ludzkimi na Uniwersytecie Gdańskim, e-mail: wa\_contact@mckinsey.com.

---

### Wstęp

W nadchodzących latach poziom emisji gazów cieplarnianych w Polsce będzie zależał w dużej mierze od rozstrzygnięć i decyzji podejmowanych w ramach polityki energetycznej państwa. Zakładana struktura źródeł paliw, poziom wykorzystania instalacji CCS czy tempo poprawy efektywności energetycznej w znaczący sposób wpłyną na poziom emisji. Dlatego też nie można dziś dyskutować o energetyce, pomijając konsekwencje światowej debaty klimatycznej.

Redukcja emisji gazów cieplarnianych to dziś rzeczywistość, z którą każdy kraj musi się zmierzyć. Relatywnie wysoka emisyjność polskiej gospodarki wynika w znacznej mierze z faktu, że sektor energetyczny bazuje

na elektrowniach węglowych (mających około 95% udziału w wytwarzaniu energii w kraju).

Podstawowym pytaniem dla Polski będzie: jak zrealizować zobowiązania dotyczące redukcji, jednocześnie nie ograniczając konkurencyjności i wzrostu gospodarki oraz zapewniając niezbędny rozwój sektora energetycznego. Aby dostarczyć niezbędnych faktów do dyskusji na ten temat, firma McKinsey & Company opracowała krzywą kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Niniejszy artykuł opiera się na wynikach badania „Ocena potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski do roku 2030” przeprowadzonego przez McKinsey & Company, współfinansowanego przez Bank Światowy, Europejską Fundację Klimatyczną, Polski Komitet Energii Elektrycznej (Enea SA, Energa SA, Polska Grupa Energetyczna SA, Tauron Polska Energia SA), Vattenfall Poland. Honorowy patronat nad badaniem objął Waldemar Pawlak, wiceprezes Rady Ministrów i Minister Gospodarki<sup>1</sup>.

Badanie powstało na podstawie metodologii wykorzystywanej przez McKinsey & Company w 22 krajach świata (m.in.: Niemcy, Czechy, Szwecja, USA, Indie, Chiny). Prace nad „Oceną potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski” trwały 5 miesięcy. Odbyło się ponad 80 spotkań, w których uczestniczyło blisko 150 ekspertów branżowych z ponad 30 instytucji zajmujących się szeroko pojętą ochroną klimatu i 11 firm z głównych sektorów gospodarki (energetyka, paliwa, chemia, hutnictwo, cementownie itp.).

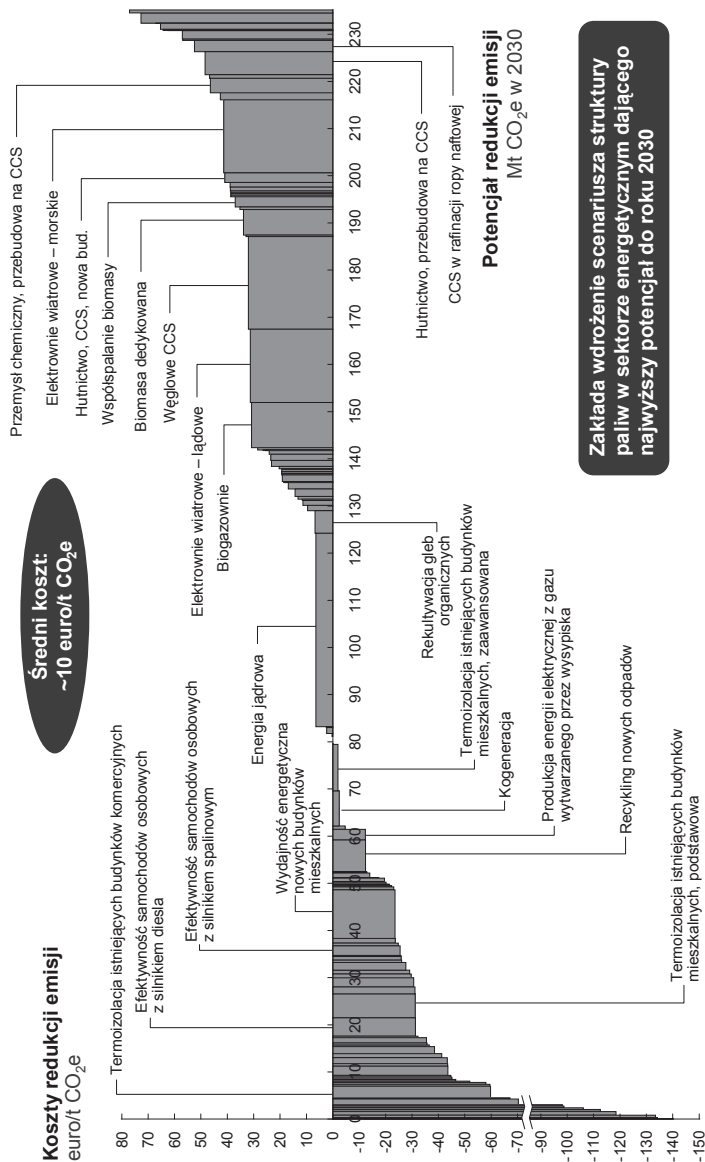
Stworzona krzywa kosztów zapewnia spójny obraz dostępnych sposobów redukcji emisji, a także kosztów związanych z ich zastosowaniem, stanowi więc kompleksową mapę możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych w głównych sektorach gospodarki (wykres 1)<sup>2</sup>. Co za tym idzie,

---

<sup>1</sup> Pełną wersję badania „Ocena potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2030” można znaleźć na stronie [www.mckinsey.pl](http://www.mckinsey.pl). Analizowaliśmy główne gazy cieplarniane obejmujące: dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>), podtlenek azotu (N<sub>2</sub>O) i metan (CH<sub>4</sub>). Opracowanie koncentruje się na metodach stanowiących techniczne możliwości redukcji emisji i nie zakłada żadnych znaczących zmian w stylu życia społeczeństwa (np. zmniejszenie ruchu samochodowego czy obniżenie średniej temperatury w domach). Nie braliśmy także pod uwagę technologii znajdujących się w bardzo wczesnej fazie rozwoju, takich jak produkcja paliwa typu biodiesel z alg morskich czy wykorzystanie energii pływów morskich. Choć technologie te mogą oferować znaczny potencjał redukcji emisji w przyszłości, ich rozwój nie jest pewny i nie wydaje się prawdopodobne, aby miały one znaczący wpływ na obniżkę emisji do roku 2030.

<sup>2</sup> Przeanalizowaliśmy szczegółowo 10 sektorów gospodarki, będących łącznie źródłem 86% emisji w Polsce w roku 2005 (elektroenergetyka, budynki, transport drogowy,

Wykres 1. Krzywa kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski w 2030 r.\*



\* Wymieniono nazwy tylko metod redukcji emisji o największym potencjale.  
Źródło: Krzywa McKinsey redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce, www.mckinsey.pl.

### Jak czytać krzywą redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski?

Opracowana przez McKinsey krzywa kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych podsumowuje techniczne sposoby (tj. niemające znaczącego wpływu na styl życia konsumentów) obniżania emisji po koszcie nieprzekraczającym 80 euro za tCO<sub>2</sub>e<sup>\*</sup> redukcji. Krzywa kosztów pokazuje działania, które są możliwe przy zastosowaniu technologii albo już dostępnych, albo takich, co do których istnieje duży stopień pewności, że w perspektywie do roku 2030 dadzą możliwość redukcji emisji.

Szerokość każdego słupka odpowiada rocznemu potencjałowi redukcji z wykorzystaniem danej metody w stosunku do poziomu odniesienia (wykres 1 na s. 111). Przy określaniu potencjału metod założono, że od roku 2010 podjęto by intensywne działania dla wykorzystania pełni ich potencjału. Tym samym, podany potencjał nie stanowi prognozy przyszłego rozwoju danej metody redukcji emisji. Wysokość poszczególnych słupków odpowiada natomiast średniemu kosztowi redukcji emisji o 1 tonę CO<sub>2</sub>e do roku 2030 z użyciem danej metody. Wszystkie koszty podano w euro, w ujęciu realnym na rok 2005. Na wykresie metody uszeregowano od lewej do prawej (od najtańszej – oferującej największą faktyczną korzyść netto – do najdroższej). Poszczególne sposoby redukcji emisji, zwłaszcza nowe technologie, mogą być obciążone dużym marginesem niepewności, zarówno pod względem szacowanych ilości redukcji emisji, jak i kosztów wdrożenia danej metody.

Podczas prowadzonych analiz przyglądaliśmy się możliwościom redukcji emisji, używając jednej spójnej metodologii. Krzywa nie prognozuje rozwoju poszczególnych technologii, natomiast ma służyć porównaniu ilości redukcji emisji i kosztów poszczególnych metod, znaczenia określonych sektorów dla redukcji oraz ogólnego potencjału redukcji emisji. Model można także wykorzystywać jako narzędzie symulacji, testowania różnych scenariuszy wdrożeniowych, cen energii, stóp procentowych i zmian technologicznych.

Czytelnik powinien także pamiętać, że koszty redukcji emisji obliczono z perspektywy społecznej (tj. nie uwzględniając podatków, dotacji oraz przy kosztach kapitału zbliżonych do wolnych od ryzyka, wynoszących realnie 4%). Obliczone koszty różnią się od tych, które zobaczą konsumenci czy firmy, gdyż zostaną do nich doliczone podatki, subsydia i różne stopy procentowe. Dlatego też krzywej kosztów nie można wykorzystywać do ustalania ekonomiki poszczególnych inwestycji i podejmowania stosownych decyzji ani do prognozowania cen CO<sub>2</sub>. Koszty zastosowania każdej z metod nie obejmują kosztów transakcji i programów realizowanych na szeroką skalę, gdyż koszty takie odzwierciedlają indywidualne sposoby wdrożenia wybierane przez decydentów.

\* Kalkulując wpływ wszystkich gazów cieplarnianych, wartości wyrażono w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>e) – jednostka emisji, która przy danym składzie i ilości gazów cieplarnianych miałaby ten sam wpływ na wzrost globalnej temperatury co określona ilość CO<sub>2</sub>.

może być podstawą dalszych analiz i wniosków dotyczących efektywności energetycznej czy możliwego podejścia do struktury źródeł paliw. Pierwsza część niniejszego artykułu to krótkie omówienie naszego podejścia i wyników analiz dotyczących potencjału redukcji emisji. W dalszych częściach skupiliśmy się na elementach, które bezpośrednio odnoszą się do sektora energetycznego i dylematów, przed którymi dziś stoi.

---

przemysł chemiczny, hutnictwo żelaza i stali, przemysł naftowy i gazownictwo, przemysł cementowy, rolnictwo, gospodarka odpadami i leśnictwo).

## Całkowity potencjał redukcji

**Potencjał redukcji emisji w Polsce jest znaczny, a 85% całego potencjału redukcji emisji pochodzi z poprawy efektywności energetycznej, wykorzystania niskoemisyjnych źródeł energii i wdrożenia technologii CCS.**

Krzywa kosztów wskazuje na istnienie potencjału redukcji emisji o 236 MtCO<sub>2</sub>e do roku 2030 (wykres 2), co stanowi 31% obniżkę emisji w stosunku do jej poziomu z roku 2005 lub też 47% w stosunku do teoretycznie możliwego poziomu emisji w roku 2030, który Polska osiągnęłaby przy założeniu, że nie podejmie większych działań na rzecz redukcji obecnej i przyszłej emisji (tzw. poziom odniesienia)<sup>3</sup>. Tempo redukcji znacząco rośnie dopiero po roku 2020, gdy zaczynają być wdrażane duże projekty elektroenergetyczne (takie jak morskie elektrownie wiatrowe na dużą skalę, elektrownie atomowe czy instalacje sekwestrujące dwutlenek węgla CCS). Stąd potencjał redukcji na rok 2020 wynosi 87 MtCO<sub>2</sub>e, czyli dwuipółkrotnie mniej niż cały potencjał redukcji skalkulowany na rok 2030 (236 MtCO<sub>2</sub>e).

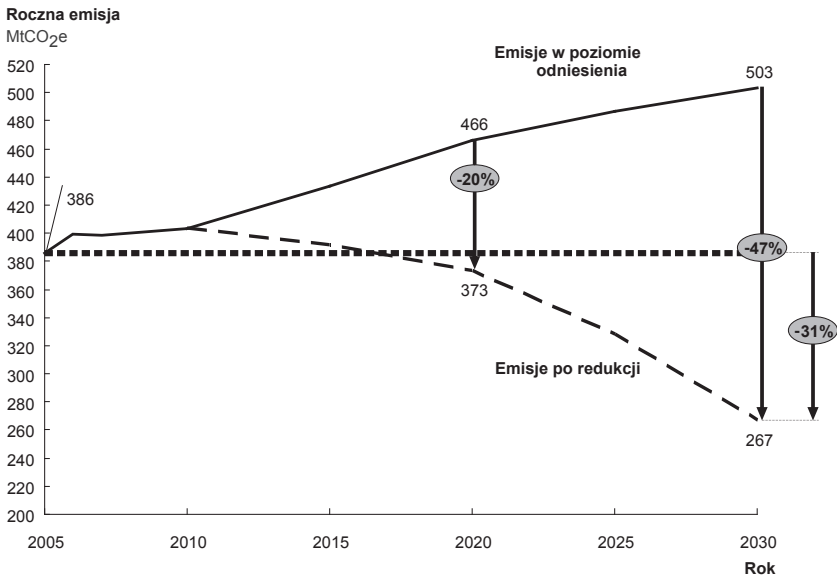
Polska ma potencjał do głębokiej redukcji emisji gazów cieplarnianych, ale wykorzystanie tych możliwości wymaga skoordynowanych i celowych działań po stronie rządu, przedsiębiorców i całego społeczeństwa. Potrzebna byłaby znaczna poprawa energooszczędności budynków i transportu, a udział niskoemisyjnych źródeł energii musiałby wzrosnąć do ponad 50% łącznej podaży energii elektrycznej w roku 2030 (z mniej niż 2% w 2005 r.)<sup>4</sup>.

Po przeprowadzeniu analiz sądzimy, że takie zmiany byłyby wykonalne, choć pełne zastosowanie wszystkich metod redukcji CO<sub>2</sub>e, zawartych w krzywej kosztów, stanowi duże wyzwanie. Patrząc na emisyjność PKB (czyli ilość dwutlenku węgla emitowanej na 1000 euro produktu krajowego brutto), Polska musiałaby ją obniżyć o niemal 70% w stosunku do jej obecnego poziomu i o ponad 40% w stosunku do opisanego tu poziomu odniesienia.

<sup>3</sup> Poziom odniesienia emisji pokazuje teoretyczny rozwój emisji, który miałby miejsce przy zachowaniu obecnych tendencji i bez poważniejszych działań na rzecz redukcji. Prognoza powstała na podstawie prognoz produkcji przemysłowej i z założeniem naturalnej poprawy wydajności technologicznej. Emisje w poziomie odniesienia nie uwzględniają bieżących regulacji klimatycznych i docelowych poziomów redukcji.

<sup>4</sup> Dokładny udział niskoemisyjnych technologii zależy od struktury źródeł paliw dla sektora elektroenergetycznego. Przeanalizowaliśmy kilka potencjalnych scenariuszy, patrz s. 131–135.

**Wykres 2. Potencjał redukcji emisji w stosunku do scenariusza referencyjnego**

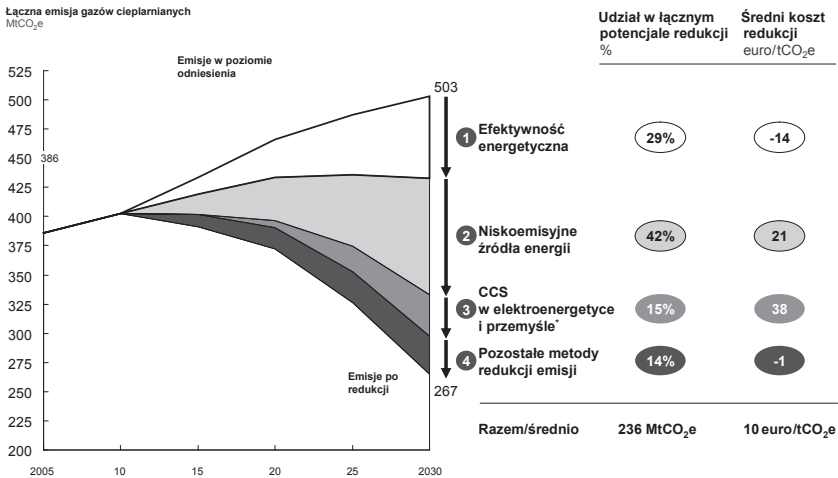


Źródło: jak pod wykresem 1.

Jak ilustruje wykres 1, w analizach przyjęliśmy około 125 różnych metod redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2030. Średni koszt redukcji oszacowany został na około 10 euro/ tCO<sub>2</sub>e. Jeśli Polska ma skutecznie stawić czoła wyzwaniom związanym z redukcją emisji gazów cieplarnianych, potrzebne będzie szybkie i zdecydowane działanie w czterech szeroko zdefiniowanych kategoriach redukcji emisji: poprawie efektywności energetycznej, zapewnieniu niskoemisyjnych źródeł energii, sekwestracji dwutlenku węgla oraz w innych obszarach (w przemyśle, zarządzaniu odpadami i rolnictwie) (wykres 3).

Jak ilustruje wykres 3, podzieliliśmy całkowity potencjał redukcji emisji na cztery kategorie metod. W niniejszym artykule omawiamy trzy pierwsze: efektywność energetyczną, strukturę źródeł paliw i wykorzystanie CCS, ponieważ polityka energetyczna ma na nie zasadniczy wpływ. Szczegółowe omówienie czwartej kategorii oraz poszerzone informacje na temat przyjętych przez nas założeń znajdują się w opracowaniu „Ocena potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2030”.

**Wykres 3. Potencjał redukcji emisji w poszczególnych kategoriach**



\* CCS w przemyśle ma potencjał redukcji ~16 MtCO<sub>2</sub>e o koszcie ~46 euro/tCO<sub>2</sub>e; CCS w sektorze energetycznym ma potencjał ~20 MtCO<sub>2</sub>e o średnim koszcie ~32 MtCO<sub>2</sub>e.

Źródło: Krzywa McKinsey redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce; KASHUE; Krajowa inwentaryzacja emisji.

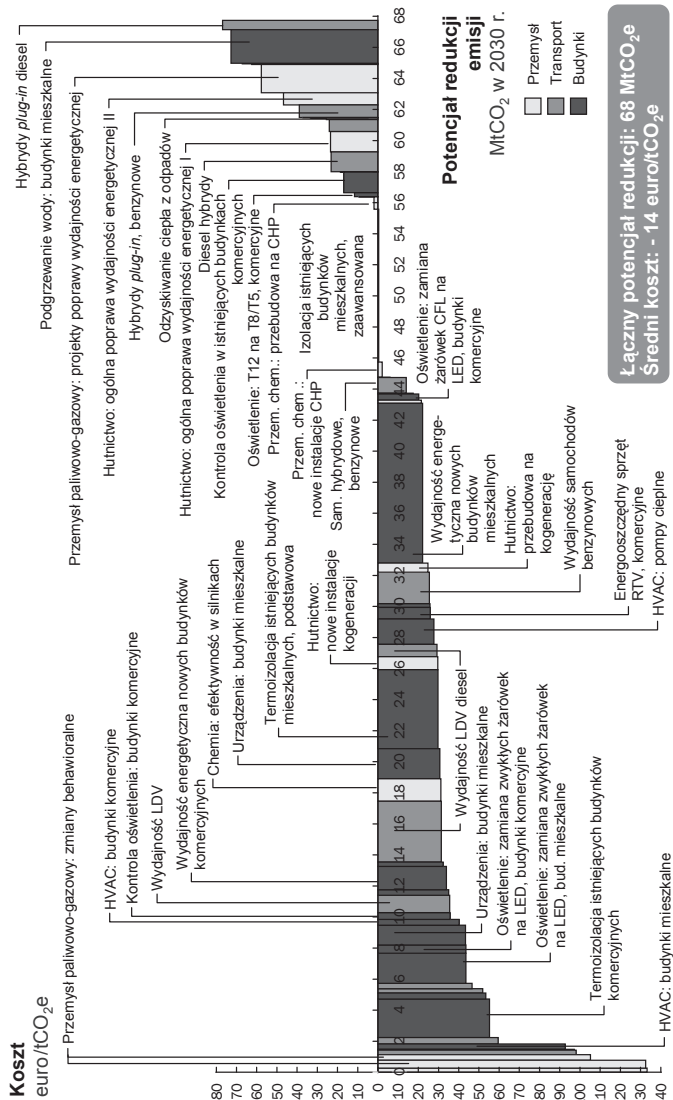
## Poprawa efektywności energetycznej

**Metody poprawy efektywności energetycznej z czasem przynoszą zysk, lecz ich realizacja wymaga usunięcia istotnych barier wdrożeniowych.**

Metody poprawy efektywności energetycznej odpowiadają za około 30% łącznego potencjału redukcji emisji do roku 2030. Ich zastosowanie generalnie obniża emisyjność gospodarki, a tym samym zmniejsza zużycie paliw kopalnych i obniża poziom związanych z nimi emisji, potrzebnych do osiągnięcia wzrostu ekonomicznego. Poprawa efektywności energetycznej może istotnie przyspieszyć „oddzielanie” rozwoju gospodarczego od poziomu emisji gazów cieplarnianych, jednocześnie minimalizując odpowiednie ryzyka i zapewniając zrównoważony wzrost gospodarki<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Jako członek Unii Europejskiej Polska jest zobowiązana dyrektywą Komisji Europejskiej 2006/32/EC do poprawy energooszczędności budynków. Rząd przyjął wyznaczony przez tę dyrektywę cel w postaci ograniczenia zużycia energii o 9% do roku 2016 wraz z celem przejściowym w postaci 2% do roku 2010.

**Wykres 4. Krzywa kosztów poprawy efektywności energetycznej dla Polski w 2030 r.**



UWAGA: Krzywa prezentuje szacunek maksymalnego technicznego potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych o koszcie poniżej 80 euro/tCO<sub>2</sub>, jeżeli każda metoda byłaby agresywnie implementowana. Nie jest ona prognozą, jaką rolę poszczególne metody i technologie będą odgrywać. Źródło: jak pod wykresem 1.



Wykres 4 przedstawia krzywą kosztów poprawy efektywności energetycznej w Polsce w roku 2030. W ramach łącznego potencjału poprawy efektywności energetycznej około 65% (44 MtCO<sub>2</sub>e) przypada na sektor budynków i jest możliwe do zrealizowania poprzez lepszą termoizolację, stosowanie bardziej energooszczędnych urządzeń, podgrzewaczy wody i systemów oświetleniowych. Około 20% redukcji emisji (15 MtCO<sub>2</sub>e) przypada na sektor transportu i jest związane z dodatkową paliwooszczędnością pojazdów. Pozostałe 15% redukcji emisji (10 MtCO<sub>2</sub>e) można uzyskać w przemyśle, dzięki doskonaleniu systemów napędowych w zakładach chemicznych i projektom poprawy efektywności energetycznej w przemyśle naftowym i gazownictwie.

Pod względem kosztów omawiane metody stanowią z punktu widzenia społecznego zysk netto i warto je wdrażać bez względu na dyskusje dotyczące zmian klimatu. We wszystkich sektorach z czasem inwestycje w poprawę efektywności energetycznej przyniosłyby oszczędności netto w wysokości około 14 euro na tCO<sub>2</sub>e. Poziom tych oszczędności różni się w zależności od sektora. I tak, redukcja emisji gazów cieplarnianych w budynkach, transporcie i przemyśle dałaby odpowiednio: 18, 8 i 6 euro na tCO<sub>2</sub>e.

Biorąc pod uwagę oszczędności netto oraz względnie niskie ryzyko związane z zastosowaniem tych metod, ważne jest, aby ustalić, dlaczego nie zostały dotąd wdrożone i dlaczego nie zakłada się ich naturalnego wystąpienia w poziomie odniesienia.

Poniżej omawiamy pokrótce metody poprawy efektywności energetycznej o najwyższym potencjale redukcji emisji, niektóre z typowych dla ich zastosowania barier oraz mechanizmy umożliwiające ich usuwanie.

## Potencjał redukcji emisji

**Budynki.** Osiem z jedenastu najważniejszych metod redukcji emisji przypada na sektor budynków. Największy potencjał oferuje poprawa energooszczędności budynków mieszkalnych, na którą składają się takie metody, jak podstawowa poprawa szczelności budynków oraz izolacja strychów i przestrzeni w ścianach, po bardziej zaawansowane wyposażanie istniejących budynków w instalacje doprowadzające je do standardu „pasywnego budynku”. Szacuje się, że pełne wdrożenie tych środków obniży zużycie energii w celach grzewczych/klimatyzacyjnych do około 30 kWh na m<sup>2</sup>, przekładając się na redukcję emisji o około 15 MtCO<sub>2</sub>e do roku 2030.

Kolejną pod względem ważności metodą redukcji emisji jest egzekwowanie rygorystycznych przepisów regulujących energooszczędność nowych budynków, co może obniżyć łączną emisję o około 12 MtCO<sub>2</sub>e. Realizacja

tego potencjału zależeć będzie niemal wyłącznie od możliwości uzgodnienia i wyegzekwowania określonych standardów budowlanych, a odpowiednio szybkie przystąpienie do działania ze strony regulatorów wywrze tu zasadnicze znaczenie.

Pozostałe środki: wymiana żarówek i świetlówek CFL na świetlówki LED, instalacja systemów kontroli oświetlenia w budynkach komercyjnych oraz zastępowanie urządzeń i sprzętu bardziej energooszczędnymi modelami mogą w sumie do roku 2030 obniżyć emisję gazów cieplarnianych o około 9 MtCO<sub>2</sub>e. Przebudowa systemów grzewczo-wentylacyjnych, stosowanie pomp ciepłych, jak również zastępowanie elektrycznych systemów grzewczych systemami gazowymi i słonecznymi tworzy potencjał redukcji o około 4 MtCO<sub>2</sub>e.

Nakłady poniesione w związku z zastosowaniem wszystkich tych środków – z wyjątkiem przebudowy kontroli oświetlenia oraz wymiany systemów podgrzewania wody – zwracają się z czasem.

**Transport.** W sektorze transportowym poprawa efektywności paliwa samochodowego umożliwi powstrzymanie wzrostu emisji w takim samym tempie jak prognozowane nasilenie ruchu drogowego w Polsce (3% rocznie).

Istnieją środki techniczne umożliwiające poprawę wydajności silników spalinowych. Należą do nich: redukcja wagi pojazdu, poprawa aerodynamiki i wydajności silników spalinowych czy automatyczne monitorowanie ciśnienia opon. Ponadto redukcję zużywanego paliwa, a tym samym redukcję emisji gazów cieplarnianych, można uzyskać dzięki dodaniu baterii elektrycznej do samochodowego układu napędowego (pojazdów hybrydowych typu *full* i *plug-in*).

Pierwszy ze sposobów – poprawa wydajności silników spalinowych – zawiera największy potencjał redukcji emisji w Polsce w roku 2030 (10 MtCO<sub>2</sub>e). Potencjał ten dzieli się nierówno pomiędzy samochody osobowe oraz pojazdy ciężarowe o średniej i dużej ładowności. Poprawa wydajności silników spalinowych w samochodach osobowych stanowi 8 z 10 MtCO<sub>2</sub>e i przekłada się na korzyści ekonomiczne – koszt netto redukcji emisji wynosi – 35 euro/tCO<sub>2</sub>e. Dalsza redukcja emisji możliwa jest dzięki poprawie wydajności pojazdów ciężarowych o średniej i dużej ładowności. Dodatkowe sposoby poprawy efektywności w tym obszarze byłyby znacznie kosztowniejsze, ponieważ ciężarówki i samochody dostawcze już w chwili obecnej są wydajniejsze niż przeciętne samochody osobowe.

Pojazdy hybrydowe dają obecnie możliwość redukcji emisji na poziomie około 4 MtCO<sub>2</sub>e przy średnim ważonym koszcie wynoszącym około 25 euro/tCO<sub>2</sub>e. Chociaż ich zużycie paliwa jest prawie o połowę mniejsze

niż w przypadku pojazdów spalinowych, oszczędności na kosztach nie równoważą znacznego dodatkowego kapitału, jaki konsument musi zainwestować.

**Przemysł.** Potencjał redukcji wynikający z poprawy efektywności energetycznej w przemyśle dzieli się pomiędzy trzy sektory: redukcja na poziomie 3,4 MtCO<sub>2</sub>e możliwa jest dzięki wprowadzeniu metod energooszczędnych oraz zwiększeniu kogeneracji w zakładach chemicznych; poprawa ogólnej wydajności i kogeneracji w zakładach hutniczych może zredukować emisję o 3,5 MtCO<sub>2</sub>e; firmy paliwowo-gazowe mogą zredukować około 3 MtCO<sub>2</sub>e dzięki wdrożeniu projektów poprawy efektywności oraz usprawnieniu procesów i praktyk w utrzymaniu.

## Bariery wdrożeniowe

Chociaż większość z powyższych metod przynosi oszczędności i w sposób oczywisty leży w interesie konsumentów i przedsiębiorstw, realizacja tego potencjału może stanowić duże wyzwanie. Na przeszkodzie w uzyskaniu poprawy efektywności energetycznej stoją trzy podstawowe bariery, omówione poniżej.

### Wysokie nakłady na start

**Budynki.** Mimo że nakłady poniesione na zastosowanie tych metod z czasem zwracają się, realizacja oszczędności wymaga, aby właściciele budynków z góry wykładali środki na inwestycje. Ponadto gospodarstwa domowe często oczekiwałyby zwrotu dokonanych inwestycji w perspektywie 3–4 lat. Jednak w przypadku wielu metod ujętych na krzywej kosztów całkowity okres zwrotu wynosi od 5 do 10 lat, w zależności od danej metody i zastosowanej stopy procentowej. Nawet przy dostatecznie krótkim okresie zwrotu ograniczenia kapitałowe mogą powstrzymać gospodarstwa domowe od zastosowania metod poprawy energooszczędności budynków.

**Transport.** Dla konsumenta koszty dodatkowe, wynikające z kupna bardziej energooszczędnego modelu pojazdu, wynoszą aż 3000–4000 euro. Chociaż inwestycja ta zwraca się w całym okresie użytkowania pojazdu, przy podejmowaniu decyzji o zakupie konsumenci zazwyczaj nie polegają na czystej analizie kosztów do korzyści. Dlatego też, nawet jeżeli konsument jest w stanie zapłacić więcej, wybiera raczej zakup dodatkowych elementów wyposażenia.

**Przemysł.** Przedsiębiorstwa przemysłowe wymagają zazwyczaj stosunkowo krótkiego okresu zwrotu z inwestycji w polepszenie efektywności energetycznej i wydajności procesów. W porównaniu z innymi projektami

inwestycyjnymi projekty poprawy efektywności energetycznej są często niezrealizowane z powodu niskiej oczekiwanej stopy zwrotu i ograniczeń kapitałowych przedsięwzięć. Dzieje się tak szczególnie dlatego, że wahania cen dostawy energii zwiększają ryzyko braku zwrotu ze strony projektów poprawy efektywności. Także wiele banków uważa, że projekty poprawiające efektywność energetyczną są bardziej ryzykowne, co może powodować wzrost kosztów finansowania takich przedsięwzięć.

### **Kwestia „pryncypał-agent”**

**Budynki.** Właściciel, administrator, lokator i płatnik rachunków (tj. beneficjent poprawy energooszczędności) danego budynku mogą być różnymi osobami i nie muszą być zaangażowani w jego użytkowanie przez cały okres potrzebny do uzyskania zwrotu z inwestycji. W rezultacie ich zainteresowanie wspieraniem poprawy efektywności energetycznej i redukcji emisji gazów cieplarnianych może być różne. Na przykład: właściciele nieruchomości nie będą istotnie zainteresowani ociepleniem posiadanych budynków, jeśli płynące z tego oszczędności będą inkasowane przez lokatorów.

**Transport.** Ze względu na nieracjonalną ekonomikę konsumenta, producenci nie mają pewności co do tego, czy kupujący gotowi będą zapłacić więcej za technologie dające oszczędności paliwa, nawet jeżeli są one dla nich korzystne. Dlatego też powyższe możliwości redukcji paliwa mogą nie znaleźć się w ofercie.

### **Brak informacji/świadomości**

**Budynki.** Choć oznaczenia energetyczne są obowiązkowe dla urządzeń i staną się obowiązkowe także dla budynków, brak świadomości i dostępu do odpowiednich informacji wciąż prowadzi do zbędnej utraty energii. Na przykład: na skutek niewłaściwej instalacji i konserwacji grzejniki i urządzenia klimatyzacyjne mogą działać dużo poniżej swej nominalnej wydajności. Konsumenty często nie rozumieją prawdziwego, dodatkowego kosztu instalacji kolejnych urządzeń czy też łącznych korzyści wynikających z zakupu bardziej energooszczędnych ich modeli.

**Przemysł.** „Im więcej szukasz, tym więcej znajdziesz” to często powtarzane i empirycznie potwierdzone spostrzeżenie liderów biznesu, którym udało się osiągnąć znaczące korzyści dzięki poprawie efektywności energetycznej i usprawnieniom w procesach. Wskazanie możliwości takich usprawnień oraz ich realizacja nie są jednak oczywiste.

## Mechanizmy usuwania istniejących barier

Wprowadzenie odpowiednich mechanizmów wspierających wdrażanie metod poprawy efektywności energetycznej w jak najefektywniejszy kosztowo sposób jest dużym wyzwaniem, ponieważ wymaga znalezienia sposobów obejścia kilku niedoskonałości działania mechanizmów rynkowych. Aby pomóc uzyskać tę oszczędność i usunąć wyżej wymienione bariery, skonstruowano odpowiednie mechanizmy<sup>6</sup>.

**Białe certyfikaty.** System białych certyfikatów to mechanizm rynkowy, mający zachęcać do inwestowania w poprawę efektywności energetycznej. Niektóre kraje UE, m.in. Francja, Wielka Brytania i Włochy, skutecznie wdrożyły takie systemy. Mechanizm zachęca do inwestowania w poprawę efektywności energetycznej poprzez określanie obowiązkowych certyfikatów dla krajowych dostawców energii. Certyfikaty te mogą być denominowane w MWh lub innej jednostce energii i każdy projekt wg definicji krajowych przepisów, który prowadzi do oszczędności energii, jest uprawniony do otrzymania białego certyfikatu. Następnie są one sprzedawane za pośrednictwem krajowej platformy lub na aukcji. Dostawcy energii, którzy na koniec danego okresu nie przedstawią wymaganej liczby białych certyfikatów, podlegają karom finansowym określanym przez przepisy krajowe.

Właściwie wdrożony mechanizm ten może pomóc w usunięciu wszystkich trzech barier jednocześnie, gdyż inwestorzy otrzymują proporcjonalną rekompensatę poczynionych wydatków (oprócz lub zamiast korzyści płynących z obniżenia rachunków za energię), zwiększa się ogólna wiedza zaangażowanych stron na temat zużycia energii oraz rozwiązuje kwestia „pryncypał-agent”.

**Narodowy Fundusz Termomodernizacyjny.** Zadaniem funduszu jest wsparcie wysokich, wstępnych inwestycji w poprawę termoizolacji budynków w postaci finansowania do 25% wartości kredytów zaciąganych na ten cel. Właściciele i administratorzy budynków w Polsce mogą korzystać z tych środków od 1998 r., a fundusz sfinansował do tej pory ponad 13 tys. projektów.

**Europejski system handlu emisjami (ETS).** System ten oferuje zakładom znaczne zachęty finansowe do redukcji emisji, szczególnie biorąc pod uwagę planowane zwiększenie udziału w handlu emisjami do roku 2020. Dodatkowy koszt uprawnień do emisji może drastycznie zmienić ekonomikę podejmowanych środków i skrócić okres zwrotu z inwestycji.

---

<sup>6</sup> Naszym celem jest prezentacja tylko wybranych mechanizmów, które bezpośrednio wpływają na usuwanie wymienionych przez nas barier wdrożeniowych.

**Programy edukacyjne i wymiana najlepszych praktyk.** Jednym ze sposobów pokonania trzeciej bariery wdrożeniowej jest wprowadzenie programów edukacyjnych, umożliwiających poszczególnym sektorom przemysłu realizację usprawnień w zakładach i procesach produkcyjnych. Inne sposoby to organizowanie seminariów i konferencji poświęconych wymianie najlepszych praktyk i umożliwiających rozpowszechnianie innowacji oraz wiedzy i doświadczenia w danym sektorze. Jest to szczególnie ważne w małych i średnich firmach, którym często brakuje odpowiedniej skali do tworzenia własnych programów poprawy efektywności energetycznej.

**Inne środki.** W tej grupie mechanizmów likwidowania barier znajdują się m.in. pobudzanie podaży i popytu na energooszczędne budynki poprzez udostępnianie dodatkowej powierzchni deweloperom lub obniżanie podatku VAT na budynki z certyfikatami ekologiczności. Bardzo skuteczne może być także wyraźne znakowanie urzędzeń oraz kampanie informacyjne skierowane do konsumentów.

W transporcie stopień, w jakim powyższe bariery zostaną uwzględnione, zależy w znacznej mierze od decyzji podejmowanych w innych krajach, ponieważ Polska nie jest wystarczająco duża, aby stymulować zmiany na rynku samochodowym. Dostępność wydajniejszych pojazdów na benzynę i olej napędowy będzie prawdopodobnie regulowana przepisami UE o maksymalnie dopuszczalnym średnim poziomie emisji CO<sub>2</sub> na jeden kilometr, ustalonym w wysokości 130 g/km.

Jeżeli jednak rządy podejmą decyzję, aby wspierać wdrożenie, mogą one wypracować własne metody. Na przykład Wielka Brytania łączy podatek od sprzedaży pojazdu i roczne opłaty licencyjne z poziomem emisji CO<sub>2</sub>, Stany Zjednoczone oferują upusty podatkowe dochodzące do 3 tys. dolarów za zakup pojazdu hybrydowego, stan Kalifornia płaci użytkownikom za wycofanie z użycia starszych, bardziej zanieczyszczających pojazdów.

## **Niskoemisyjne wytwarzanie energii**

**Decyzje dotyczące struktury mocy wytwórczych w Polsce będą miały największy wpływ na redukcję emisji gazów cieplarnianych, ale potencjał tej redukcji zależy od szybkości działań, z uwagi na długi czas potrzebny na ich wdrożenie.**

Sektor elektroenergetyki odgrywa wyjątkową rolę w dyskusji o zmianach klimatu, gdyż jest największym źródłem zarówno emisji gazów cieplarnianych, jak i możliwości jej ograniczenia. W 2005 r. emisja w polskim sektorze elektroenergetyki wyniosła 146 MtCO<sub>2</sub>e (bez

uwzględnienia ciepła), czyli 38% łącznych emisji całego kraju. W naszym poziomie odniesienia emisje z tego sektora w roku 2030 wzrosną do 178 MtCO<sub>2</sub>e, co oznaczałoby udział w łącznej emisji gazów cieplarnianych na obecnym poziomie. Wzrost emisji wynika z większego zapotrzebowania na energię elektryczną oraz zakładanej preferencji dla jej wytwarzania na bazie węgla kamiennego. Istnieje wiele możliwości ograniczenia tej emisji. Można je pogrupować w dwie kategorie: poprawa efektywności energetycznej oraz decyzje dotyczące wyboru struktury źródeł paliw dla sektora (bloki węglowe czy energia odnawialna, CCS i energia atomowa). Jeśli zrealizowany byłby pełen potencjał obu tych kategorii, emisja mogłaby spaść o 120 MtCO<sub>2</sub>e, co byłoby równoważne obniżeniu emisji o prawie 60% w stosunku do jej poziomu z roku 2005. Jednak istniejące bariery dla wdrożenia metod redukcji emisji mają charakter nie tylko technologiczny (np. CCS). Wymagają złożonych decyzji, w których trzeba brać pod uwagę elementy niezwiązane z kwestią zmian klimatu, takie jak bezpieczeństwo dostaw energii, potencjalne ryzyka związane z energią atomową oraz znaczenie wydobycia węgla kamiennego dla całej polskiej gospodarki.

W poziomie odniesienia oczekujemy, że produkcja energii elektrycznej brutto wzrośnie do około 227 TWh, czyli o 45% w stosunku do jej poziomu z roku 2005<sup>7</sup>. Wzrost ten będzie głównie wynikał ze wzrostu PKB wraz z obniżką energochłonności tego wskaźnika. Zakładamy, że gospodarka Polski będzie rosła w średnim realnym tempie około 3,4%<sup>8</sup>. Jednocześnie energochłonność PKB będzie spadać o około 1,7% rocznie, głównie dzięki zmianie struktury gospodarki<sup>9</sup> (większy wzrost sektora usług) oraz naturalnej poprawie efektywności energetycznej przemysłu.

Nasz poziom odniesienia zakłada również lekki spadek emisyjności, wynikający z bardziej efektywnego działania elektrowni węglowych oraz powolnej zmiany struktury źródeł paliw w kierunku pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Zakładamy, że wytwarzanie energii elektrycznej będzie wciąż w przeważającej mierze bazować na węglu, sprawiając, że około 80% mocy zainstalowanych będzie przypadać na elektrownie węglowe.

Dodatkowa poprawa efektywności energetycznej (omawiana szczegółowo we wcześniejszej części tego artykułu) w sektorach zużywających energię elektryczną prowadzi do dalszego zmniejszenia zapotrzebowania na jej wy-

<sup>7</sup> Szacunki te zakładają także zmniejszenie strat w przesyłce i dystrybucji z obecnych około 9,5% do 8,5% (zgodnie z założeniami „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku”).

<sup>8</sup> Za: Global Insight.

<sup>9</sup> Dane historyczne bazują na energochłonności PKB z ARE; prognozy do 2020 oparte są na tendencjach z World Resource Institute (WRI) dla Europy.

tworzenie w stosunku do poziomu odniesienia. Zgodnie z naszym modelem zamiast 1,5% rocznego wzrostu produkcji energii w poziomie odniesienia można osiągnąć 1% rocznie, jeśli inne sektory wdrożą wszystkie metody oszczędzania energii elektrycznej. Łączny spadek emisji netto dzięki zastosowaniu tych środków wynosi około 29 MtCO<sub>2</sub>e rocznie do roku 2030.

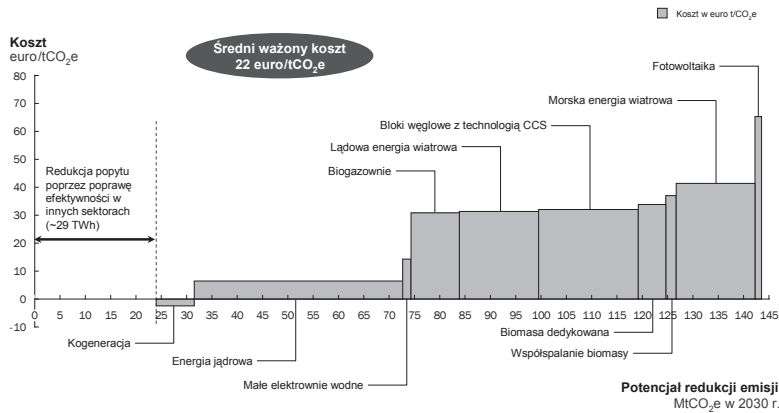
Oszacowanie wpływu każdej z niskoemisyjnych technologii na potencjalny rozwój struktury paliw i ich kosztów to skomplikowana kwestia, która zależy od tempa nauki w przypadku poszczególnych technologii, rozwoju cen paliw, naturalnych ograniczeń (np. dostępności miejsc do składowania sekwestrowanego CO<sub>2</sub>), organizacji i mocy sieci przesyłowych oraz wielu innych czynników. Nie staramy się tu objąć pełnej złożoności rynku elektroenergetycznego ani prognozować przyszłej struktury sektora wytwarzania energii elektrycznej. Zamiast tego stworzyliśmy pięć możliwych scenariuszy redukcji emisji w tym sektorze, aby zilustrować wpływ różnych technologii na potencjał redukcji emisji. Zaznaczamy, że proponowane przez nas scenariusze nie stanowią prognoz faktycznego rozwoju sektora do roku 2030.

**Minimalizacja emisji gazów cieplarnianych.** (Potencjał redukcji 120 MtCO<sub>2</sub>e, średni koszt redukcji 22 euro/t CO<sub>2</sub>e). W scenariuszu tym zakładamy maksymalne skupienie się na niskoemisyjnej produkcji energii elektrycznej. Elektrownie węglowe są zamykane na koniec swojego normalnego okresu użytkowania (jednak pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną i wypełnienie luki po starzejących się blokach wciąż będzie wymagać budowy nowych elektrowni węglowych do roku 2020). Powstała luka w podaży energii elektrycznej oraz wzrost zapotrzebowania na nią zostają pokryte przez energię atomową i odnawialną. Jest to scenariusz zakładający najbardziej dynamiczną zmianę w strukturze źródeł energii elektrycznej w Polsce. Wynikający z nich układ mocy zainstalowanych w przypadku wybranych technologii niskoemisyjnych będzie wyglądał następująco: energia wiatrowa – 16 GW, energia atomowa – 6 GW, gaz – 3,61 GW, biomasa – 0,89 GW. Choć sądzimy, że taka zmiana jest technicznie możliwa, jej ekonomiczne i społeczne konsekwencje wymagają dalszych analiz. Wykres 5 przedstawia krzywą kosztów redukcji emisji w tym scenariuszu. Należy zauważyć, że koszty każdej z tych technologii (ale nie średnie koszty scenariusza) są bardzo podobne do kosztów w pozostałych scenariuszach, a główna różnica polega na wielkości potencjału.

**Skupienie się na energetyce jądrowej.** (Potencjał redukcji 93 MtCO<sub>2</sub>e, średni koszt redukcji 18 euro/t CO<sub>2</sub>e). W tym scenariuszu zakładamy, że wytwarzanie energii elektrycznej z węgla utrzyma się na podobnym do dzisiejszego poziomie (tj. zamykane elektrownie będą zastępowane nowymi blokami węglowymi), a niedobór powstały wskutek wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną jest niwelowany przez elektrownie atomowe.



**Wykres 5. Krzywa kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych w energetyce w roku 2030: Scenariusz minimalizacji emisji gazów cieplarnianych**



UWAGA: Krzywa prezentuje szacunek maksymalnego technicznego potencjału redukcji wszystkich metod redukcji emisji gazów cieplarnianych o koszcie poniżej 80 euro/tCO<sub>2</sub>e jeżeli każda metoda byłaby agresywnie implementowana. Nie jest ona prognozą jaką rolę poszczególne metody i technologie będą odgrywać

Źródło: jak pod wykresem 1.

Założyliśmy następujący układ mocy zainstalowanych dla poszczególnych niskoemisyjnych technologii: energia wiatrowa – 3 GW, energia atomowa – 6 GW, gaz – 3,61 GW i biomasa – 0,89 GW.

**Skupienie się na energetyce odnawialnej.** (Potencjał redukcji 81 MtCO<sub>2</sub>e, średni koszt redukcji 32 euro/t MtCO<sub>2</sub>e). W tym scenariuszu rozbudowa mocy wytwórczych skupia się na energetyce odnawialnej – bez rozwoju energetyki jądrowej. Podobnie do scenariusza maksymalnego skupienia na energetyce jądrowej wytwarzanie energii elektrycznej z węgla pozostaje na poziomie podobnym do dzisiejszego. Założono 16 GW przypadające na energię wiatrową, 3,61 GW na gaz, 0,89 GW na biomasę i zero na energię atomową.

**Skupienie się na energetyce gazowej.** (Potencjał redukcji 68 MtCO<sub>2</sub>e, średni koszt redukcji 24 euro/t CO<sub>2</sub>e). Scenariusz ten zakłada rozbudowę mocy wytwórczych niezbędnych do pokrycia rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną na bazie gazu (do 7,2 GW) i energii jądrowej (do 2 GW), podczas gdy elektrownie wiatrowe i opalane biomasą wytwarzać będą odpowiednio 3 GW i 0,89 GW. Moce wytwórcze elektrowni węglowych pozostaną na poziomie z roku 2005.

**Polityka energetyczna 2030.** (Potencjał redukcji 97 MtCO<sub>2</sub>e, średni koszt redukcji 21 euro/t CO<sub>2</sub>e). W scenariuszu tym obliczyliśmy koszty i wielkość redukcji emisji osiąganą według obecnych planów, polegających

na skupieniu się na energetyce odnawialnej i jądrowej. Wskaźniki operacyjne (np. czas pracy, wydajność energetyczna) pozostawiono na dokładnie tym samym poziomie, co zawarte w dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”. Podobnie do niego nasz scenariusz zakłada następujący układ mocy wytwórczych w wybranych technologiach niskoemisyjnych: energetyka jądrowa – 4,8 GW, energetyka wiatrowa – 7,9 GW, gaz – 3,61 GW i biomasa – 1,2 GW.

Każdemu ze scenariuszy towarzyszą inne koszty, korzyści i ryzyka. Na wykresie 6 znajdują się podsumowane koszty, nakłady inwestycyjne i redukcja emisji CO<sub>2</sub> w każdym z nich. Brak jest jednoznacznego „zwycięzcy”, gdyż poszczególne scenariusze wypadają lepiej lub gorzej, w zależności od przyjętego kryterium oceny.

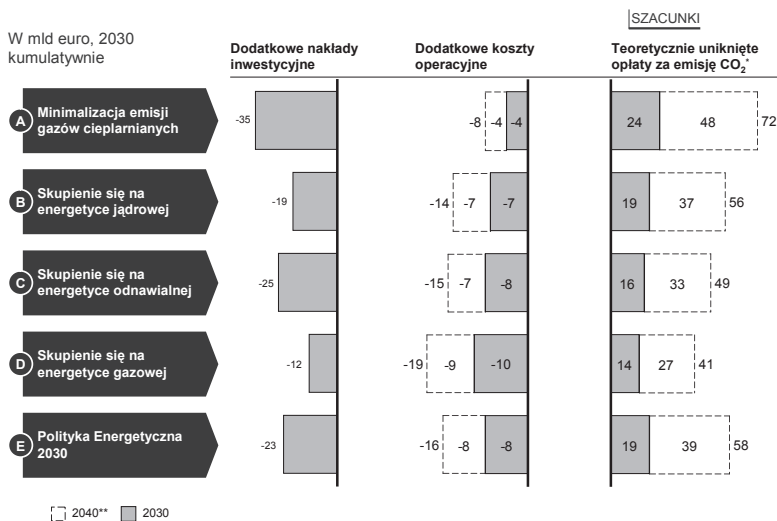
**Niezbędne nakłady inwestycyjne.** Różnice w tym względzie między poszczególnymi scenariuszami są znaczne (wykres 6). Niemniej wyższym kosztem inwestycji zazwyczaj towarzyszą niższe koszty operacyjne i wyższe potencjalne oszczędności na prawach do emisji CO<sub>2</sub>. Dlatego mimo że scenariusz „minimalizacji emisji gazów cieplarnianych” wiąże się z największymi dodatkowymi inwestycjami, potrzebnymi do realizacji jego pełnego potencjału (około 35 mld euro), może się również okazać najbardziej opłacalny ekonomicznie w długim terminie (uwzględniając tylko koszty operacyjne i cenę praw do emisji CO<sub>2</sub>). Z drugiej strony, scenariusz „skupienie się na energetyce gazowej” charakteryzuje się wprawdzie najniższymi nakładami inwestycyjnymi wśród wszystkich propozycji (około 12 mld euro), lecz jest także obciążony najwyższymi kosztami operacyjnymi i stwarza najmniejsze możliwości uzyskania oszczędności na prawach do emisji CO<sub>2</sub>. W rezultacie wybór preferowanego scenariusza wymaga od decydentów zrozumienia bilansu bieżących inwestycji i długofalowych oszczędności.

**Ryzyko wdrożeniowe.** Ryzyko wdrożeniowe to istotna kwestia w przypadku elektrowni węglowych z instalacjami CCS, gdyż polega na rozwoju nowych technologii, których jeszcze nie sprawdzono na szeroką skalę. Dodatkowe ryzyko w przypadku energetyki jądrowej stwarzają ograniczone dotychczasowe doświadczenie z budową elektrowni jądrowych oraz niewielka liczba uczestników na tym rynku.

**Redukcja emisji gazów cieplarnianych.** Każdy ze scenariuszy prowadzi do dużej obniżki emisji w stosunku do poziomu odniesienia, lecz dla scenariuszy „minimalizacji emisji gazów cieplarnianych” i „skupienia się na energetyce jądrowej” jest ona największa, ze względu na większą możliwość zastępowania zainstalowanych mocy węglowych.

**Zapewnienie dostaw energii.** Węgiel i biomasa wydają się raczej bezpiecznym źródłem paliwa w średnim horyzoncie czasowym, biorąc pod

**Wykres 6. Nakłady inwestycyjne, koszty operacyjne i uniknięte opłaty za emisję CO<sub>2</sub>**



\* Przy założeniu ceny 40 euro za tonę wyemitowanego CO<sub>2</sub>.

\*\* Zakładając niezmienną strukturę mocy produkcyjnych z 2030 r., a co za tym idzie liniowy wzrost potencjału redukcji i kosztów operacyjnych.

Źródło: jak pod wykresem 1.

uwagę ich znaczną dostępność w kraju. Energetyka atomowa prawdopodobnie wymagałaby importowania uranu, lecz również jego dostawy z kilku krajów powinny być raczej pewne.

**Akceptacja społeczna.** Niektóre z omawianych technologii wciąż muszą pokonać znaczny opór ze strony części społeczeństwa. Energetyka atomowa może cierpieć na syndrom „byłe nie na moim podwórku”, tj. niechęci społeczności lokalnych do budowy elektrowni atomowych lub składowisk odpadów promieniotwórczych na ich terenie. Część społeczeństwa nie akceptuje również turbin wiatrowych ze względu na ich wpływ na krajobraz.

Choć potencjał dekarbonizacji polskiej energetyki jest oczywisty, możliwe ścieżki i konkretne kroki zmierzające do realizacji tego celu wciąż wymagają dalszej dyskusji decydentów i przedstawicieli właściwych środowisk. Główne wyzwanie dla Polski polega na zbilansowaniu politycznego i makroekonomicznego znaczenia energetyki węglowej z potrzebą redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Aby usunąć najpoważniejsze bariery dla wdrożenia – czy to technologiczne, czy finansowe – powinny zostać stworzone atrakcyjne warunki

finansowe, regulacyjne i polityczne dla firm. Wysokie koszty inwestycji w nowe technologie wytwórcze można obniżyć poprzez systemy zachęt finansowych, które promowałyby szybszy rozwój tych technologii. Potrzebne będą też działania regulacyjne, umożliwiające sprawny przebieg procesu licencjonowania i wdrażania różnych technologii (np. w energetyce jądrowej). Również przepisy dotyczące sieci przesyłowych wymagałyby zmian uwzględniających specyfikę nowych technologii. Natychmiastowe określenie jasnego kierunku działań ma podstawowe znaczenie, bo w sektorze elektroenergetyki okres użytkowania instalacji liczy się w dekadach.

## **Technologia wychwytywania i sekwestracji węgla**

**Technologia CCS może stać się ważną metodą redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski, jeżeli bariery technologiczne i regulacyjne zostaną przezwyciężone.**

Sekwestracja dwutlenku węgla to obiecująca technologia, która oferuje znaczny potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorach elektroenergetyki i przemysłu. Nawet, jeśli od roku 2010 Polska wkroczy na ścieżkę „niskoemisyjną”, w roku 2030 wciąż 38% energii elektrycznej będzie wytwarzana przez elektrownie węglowe.

Technologia CCS jest jeszcze na wczesnym etapie rozwoju, a możliwość jej komercjalizacji pozostaje niepewna ze względu na konkurencję z innymi niskoemisyjnymi technologiami, kwestie regulacyjne i prawne oraz możliwość ograniczonej akceptacji społecznej. Potencjał zastosowania technologii CCS zależy od takich czynników, jak: koszty, tempo wdrażania i maksymalne zdolności składowania dwutlenku węgla.

Mimo że istnieją badania określające potencjał geologiczny jako znaczny i sięgający miliardów ton, to zdolność do jego wykorzystania nie jest ostatecznie potwierdzona. Jednym z celów sponsorowanych przez UE instalacji CCS jest właśnie potwierdzenie dostępności miejsc składowania i możliwości długoterminowej eksploatacji.

Ponieważ jest jeszcze sporo niepewności w tym obszarze, w naszej analizie ograniczyliśmy potencjał dla Polski do poziomu 30–40 MtCO<sub>2</sub> w 2030 r. Oznaczałoby to, że na terenie naszego kraju może powstać 5–6 dużych elektrowni z instalacjami CCS sekwestrującymi około 20 MtCO<sub>2</sub> rocznie (pozostałe dostępne miejsca składowania mogłyby być wykorzystywane przez przemysł). Jednak jeśli technologia ta rozwinie się szybciej, a trudności techniczne związane ze składowaniem i transportem gazu zostaną do tego czasu rozwiązane, możliwości składowania

CO<sub>2</sub> w Polsce mogłyby być o wiele większe, co podniosłoby potencjał redukcji emisji z około 20 do blisko 60 MtCO<sub>2</sub> w 2030 r.

## Nakłady inwestycyjne

**Wymagane dodatkowe inwestycje związane z redukcją emisji do roku 2030 szacuje się w sumie na 92 mld euro, co odpowiadałoby średnio 0,9% PKB rocznie, przy średnim koszcie redukcji emisji około 10 euro/tCO<sub>2</sub>e.**

Jeśli Polsce udałoby się skutecznie wdrożyć wszystkie metody redukcji emisji ujęte w krzywej kosztów, teoretyczny średni koszt redukcji emisji wynosiłby około 10 euro za tCO<sub>2</sub>e w 2030 r. Koszty transakcyjne oraz wdrożenia programów, które nie są zawarte w naszej krzywej, szacuje się średnio na od 1 do 5 euro za tCO<sub>2</sub>e redukcji emisji i musiałyby zostać dodane do kosztów wdrożenia niektórych metod.

Szacunki te należy traktować z dużą ostrożnością z dwóch powodów. Po pierwsze, założenie skutecznego wdrożenia poszczególnych metod od lewej do prawej strony modelu jest założeniem wysoce optymistycznym. Po drugie, program o tak wielkiej skali miałby w rzeczywistości znaczne skutki dla dynamiki gospodarki, co mogłoby albo podnieść, albo obniżyć jego koszty, w zależności od sposobu wdrażania poszczególnych metod. Tego wpływu nie uwzględniliśmy w naszej analizie.

Znaczna część metod redukcji emisji (np. wszystkie metody poprawy efektywności energetycznej) wymaga zainwestowania z góry, a następnie daje możliwość odzyskania części inwestycji w postaci niższych wydatków na energię czy paliwa. Choć z ekonomicznego punktu widzenia zastosowanie tych metod jest sensowne, w rzeczywistości ich rozpowszechnienie może stanowić duże wyzwanie. Wysokość niezbędnych początkowych inwestycji może często zniechęcać konsumentów do wyboru bardziej energooszczędnego produktu, nawet jeśli w dłuższym okresie oznacza to dla nich oszczędność.

W analizie niezbędnych nakładów inwestycyjnych oraz możliwych do uzyskania oszczędności na kosztach operacyjnych szacujemy, że konieczne dodatkowe inwestycje w skali roku rosną w czasie wraz z wdrażaniem kolejnych metod redukcji emisji. W czasie rosną także oszczędności na kosztach operacyjnych wraz z realizacją potencjału poprawy efektywności energetycznej<sup>10</sup>. Dodatkowe niezbędne inwestycje w latach 2011–2030 szacuje się

<sup>10</sup> Wielkość oszczędności w dużym stopniu zależy od zakładanych cen paliw. Przyjeliśmy, że obecne ceny (obecnie płacone przez firmy energetyczne w Polsce) zachowywałyby się zgodnie z trendami nakreślonymi przez *Global Energy Outlook 2007*, IEA.

łącznie na 92 mld euro, co wymagałoby nakładów na poziomie około 0,9% PKB rocznie w tym okresie<sup>11</sup>. Dla porównania, stopa inwestycji w gospodarce narodowej w Polsce wyniosła w 2008 r. około 22% PKB.

Rozkład tych kosztów oraz niezbędnego kapitału na poszczególne sektory gospodarki jest nierówny i z czasem także będzie się zmieniał. Zdecydowana większość inwestycji koncentruje się w sektorze energetycznym (dodatkowo 35 mld euro do 2030 r.), budynkach (24 mld euro) oraz transporcie (22 mld euro).

Trzeba wziąć pod uwagę również fakt, że za każdą zaoszczędzoną MWh energii inwestor zaoszczędza także należne od niej podatki. Jednocześnie – ponieważ te „zaoszczędzone” opłaty stanowią też przychody państwa – obniżenie zapotrzebowania na energię zmniejszy odpowiednie wpływy do budżetu państwa. I tak, choć łączne oszczędności dla konsumentów w latach 2026–2030 wyniosłyby około 5,6 mld euro rocznie, oszczędności dla całej gospodarki wyniosłyby już tylko około 2,9 mld euro rocznie.

Koszty redukcji emisji w znacznym stopniu zależą od cen paliw, kosztów poszczególnych technologii oraz kosztów finansowania.

Jest wiele niepewności, co do przyjętych założeń dotyczących cen paliw czy kosztów i możliwości wdrożenia technologii, które obecnie znajdują się we wczesnym stadium rozwoju (np. CCS czy energetyka wiatrowa na morzu), oraz dodatkowo, koszty redukcji w znacznym stopniu zależą też od kosztów finansowania.

Wzrost ceny paliw wpływa przede wszystkim na obniżenie kosztów metod poprawy efektywności energetycznej. Jeżeli przyjmiemy, że cena ropy naftowej wzrośnie o 50% (a ceny innych paliw wzrosną proporcjonalnie), to średni koszt redukcji emisji gazów cieplarnianych spadnie z 10 euro/tCO<sub>2</sub>e do 4 euro/tCO<sub>2</sub>e. W uproszczeniu można przyjąć, że wzrost ceny ropy naftowej o 10 dolarów/bbl obniża koszt redukcji o 2 euro.

Na koszty redukcji znacząco wpływa też rodzaj założeń przyjętych dla niezbędnych nakładów inwestycyjnych, koniecznych do wdrożenia poszczególnych technologii. Na przykład zwiększenie nakładów o 500 mln euro na GW mocy jądrowej zwiększy koszt tej technologii o około 4 euro/tCO<sub>2</sub>e, a w przypadku technologii wiatrowej na morzu – o około 15 euro/tCO<sub>2</sub>e.

W dotychczasowych analizach zakładaliśmy wolną od ryzyka stopę procentową dla niezbędnych inwestycji i nie uwzględniliśmy mechanizmów, które mogą wpływać na decyzje inwestycyjne, np. podatków lub dotacji energetycznych, taryf gwarantowanych, a także mechanizmów, takich jak certyfikaty

---

Stąd ceny paliw w ujęciu realnym w 2030 r. wynosiłyby: węgiel kamienny – 101 dolarów/tona, ropa naftowa – 62 dolary/bbl, gaz ziemny 13 dolarów/mbtu.

<sup>11</sup> Założono stały kurs wymiany euro (1,50 dolara) w całym okresie.

i uprawnienia do emisji CO<sub>2</sub>e. Instrumenty te mogą być stosowane do promowania inwestycji w redukcję emisji i obniżania związanego z nimi ryzyka. Przy zastosowaniu wyższej realnej stopy procentowej (8%) kapitałochłonne technologie o względnie krótszym okresie użytkowania, takie jak elektrownie wiatrowe czy silniki hybrydowe, staną się droższe ze względu na wyższy koszt kapitału, podnosząc w sumie średni koszt redukcji z 10 do 19 euro/tCO<sub>2</sub>e.

## Ścieżka i scenariusze wdrożenia metod redukcji emisji

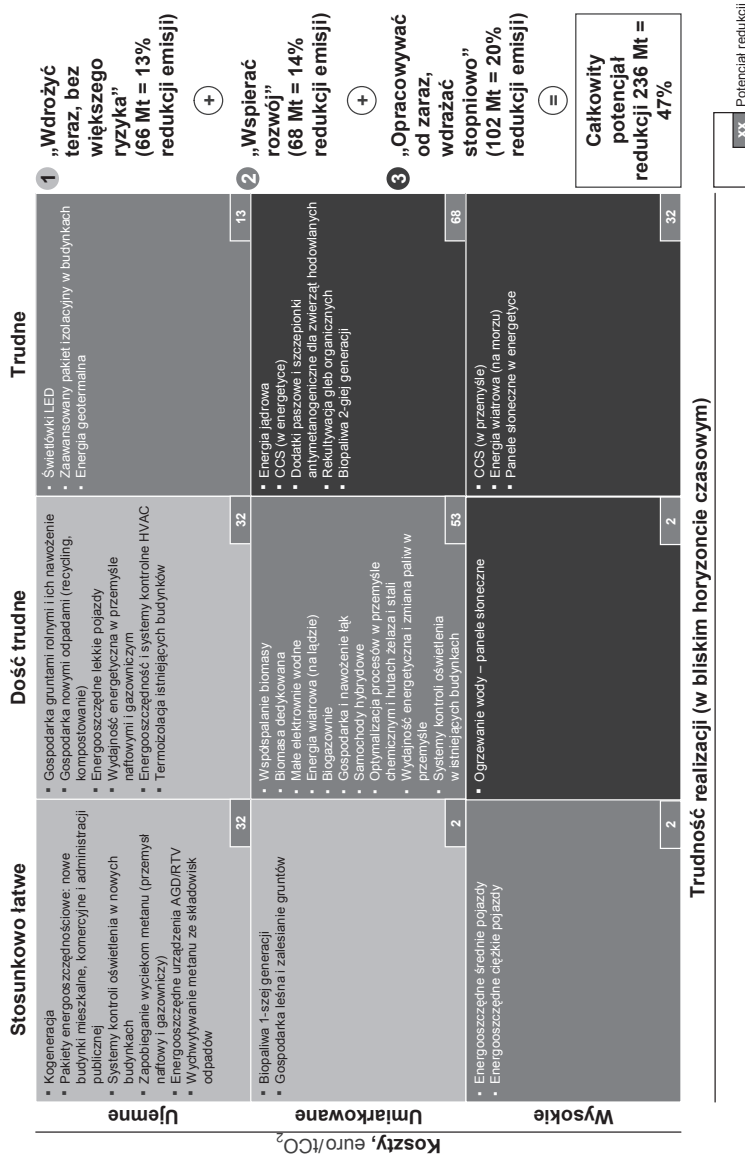
### Szybkie i zdecydowane działanie zmaksymalizuje szansę redukcji emisji.

Polska gospodarka może wejść na ścieżkę niskoemisyjnego rozwoju, lecz wymaga to myślenia od zaraz o wdrażaniu poszczególnych metod redukcji emisji. Kolejność i skuteczność tych działań zależą od dwóch czynników: praktycznego harmonogramu i podejścia do wdrożenia.

Praktyczny harmonogram zastosowania poszczególnych metod zależy od obecnych kosztów danej metody redukcji emisji oraz „łatwości” jej wdrożenia. Operując tymi dwoma wymiarami, podzieliliśmy zgrupowane metody redukcji emisji na trzy grupy wdrożeniowe (wykres 7).

Do pierwszej grupy zaliczyliśmy metody stosunkowo łatwe do zastosowania i przynoszące korzyść netto lub też obciążone umiarkowanymi kosztami (do 40 euro na tCO<sub>2</sub>e). Na przykład, zwiększenie udziału przetwarzanych wtórnie odpadów obniża zarówno emisję gazów cieplarnianych, jak i koszty dla społeczeństwa, a potrzebne w tym celu mechanizmy są dostępne i sprawdzone. Metody ujęte w drugiej grupie to takie, które albo mają wyższe koszty redukcji emisji, albo ich wdrożenie wymaga pewnego rozwoju regulacji lub potencjału instytucjonalnego. Wymagają one na przykład zastosowania nowatorskich technologii, takich jak silniki hybrydowe, lub też innowacyjnych procesów i technik, szczególnie w przypadku rolnictwa i poprawy efektywności energetycznej przemysłu. Wykorzystanie możliwości redukcji emisji ujętych w tej grupie powinno być wsparte działaniami promującymi szybkie wdrażanie nowych technologii i stwarzającymi warunki sprzyjające ich bardzo szybkiemu upowszechnianiu w przyszłości. Trzecia grupa składa się z metod, którym towarzyszą znaczne bariery, zarówno kosztowe, jak i dotyczące mechanizmów zapewniających ich skuteczne wdrożenie. Zawarte w niej metody redukcji emisji albo wymagają znacznego rozwoju danej technologii, tak jak w przypadku CCS lub morskich elektrowni wiatrowych, albo bardzo wysokich nakładów i zmian w regulacjach, tak jak w przypadku energii atomowej. W Polsce metody zawarte w trzeciej grupie nie tylko mają duży udział w łącznym potencja-

Wykres 7. Trzy grupy wdrożeniowe



Źródło: jak pod wykresem 1.



le redukcji emisji, lecz także wyznaczają kierunek dalszego rozwoju kraju w kontekście emisyjności. Podjęcie koniecznych kroków już teraz stwarza możliwość wykorzystania tego potencjału w przyszłości.

Drugi rozważany przez nas czynnik dotyczy czasu i zakresu wdrożenia każdej z omawianych metod redukcji emisji. Choć skuteczne wdrożenie wszystkich środków, począwszy od roku 2010, zapewniłoby najwyższy poziom redukcji, przeanalizowaliśmy także różne opcje opóźnień w ich wdrażaniu. Rozpatrywane wspólnie wszystkie przedstawione poniżej scenariusze wdrożenia sugerują, że Polska nie może sobie pozwolić na opóźnianie działań ani na odkładanie kontrowersyjnych decyzji klimatycznych, jeśli chce dokonać znacznych postępów w dekarbonizacji gospodarki kraju. Przejściowe zobowiązanie się do wdrożenia nawet niedoskonałego planu redukcji emisji jest warunkiem koniecznym wkroczenia Polski na ścieżkę niskoemisyjnego rozwoju.

**Pełne wdrożenie.** Scenariusz ten charakteryzuje się najbardziej kompleksowym podejściem do redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Według jego założeń walka ze zmianami klimatu staje się nadrzędnym priorytetem polskiego społeczeństwa, administracji i środowiska biznesu. Począwszy od roku 2010 podejmowane są przekrojowe działania we wszystkich sektorach gospodarki, a wszelkie metody redukcji emisji o koszcie poniżej euro 80/tCO<sub>2</sub>e są realizowane w pełni swego potencjału. Ten wysoce optymistyczny i ambitny scenariusz najlepiej przygotowałby gospodarkę Polski do wykorzystywania niskoemisyjnych możliwości wzrostu w przyszłości.

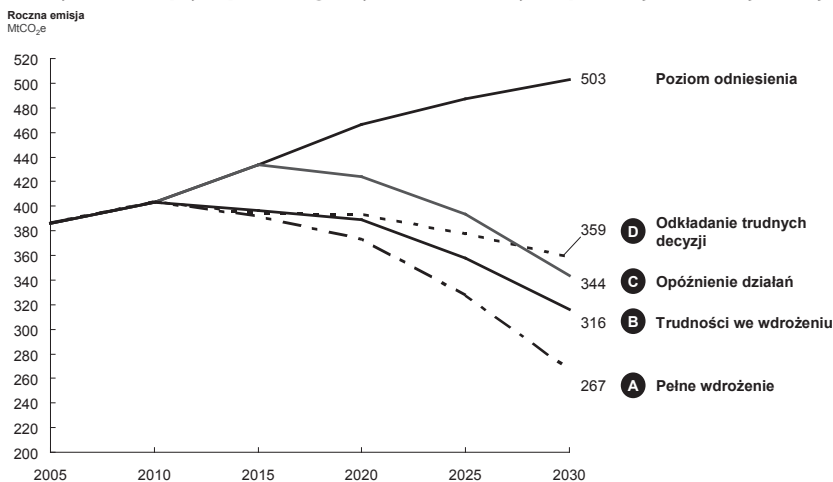
**Trudności we wdrożeniu.** Ten scenariusz zakłada silne zaangażowanie społeczeństwa, administracji i biznesu w ograniczanie emisji gazów cieplarnianych w Polsce. Jednak niektóre z metod nie osiągną swego pełnego potencjału lub będą wdrażane z opóźnieniem powodowanym przez utrzymujące się bariery systemowe (np. brak świadomości klimatycznej wśród konsumentów, tradycyjny styl życia). W scenariuszu tym realizowane jest tylko 90% potencjału oferowanego przez środki zawarte w grupie 1, tylko 75% potencjału trudniejszych metod redukcji emisji w grupie 2 (takich jak poprawa efektywności energetycznej przemysłu), a w grupie 3 tylko dwie trzecie maksymalnego potencjału redukcji emisji przez sekwestrację, morskie elektrownie wodne i bloki elektrowni jądrowych zainstalowane do roku 2030. Emisja w tym scenariuszu jest w 2030 r. o 18% niższa niż w roku 2005.

**Opóźnienie działań.** Scenariusz ten zakłada przyjęcie przez społeczeństwo, administrację i biznes postawy „poczekamy, zobaczymy” i opóźnienie działań o pięć lat. Potem jednak podejmowane są skoordynowane kroki zmierzające do obniżenia emisji, które przynoszą około 11% redukcję w latach 2005–2030 (co stanowi poziom o około 30% wyższy niż w scenariu-

szu A – Niskoemisyjnej Polski). Opóźnienie działań klimatycznych o pięć lat oznaczałoby powstanie w tym okresie wysokoemisyjnej infrastruktury dla wytwarzania energii elektrycznej, co sprawiłoby, że dalsza redukcja emisji stałaby się dużo droższa i trudniejsza.

**Odkładanie trudnych decyzji.** Scenariusz ten zakłada zdecydowane działania po stronie Polski na rzecz zapobiegania zmianom klimatycznym, lecz bez podejmowania trudnych decyzji. Nie wykonuje się więc żadnych kroków w kierunku budowy na terenie Polski elektrowni atomowych i morskich elektrowni wiatrowych ani instalacji CCS. Wszystkie pozostałe metody są realizowane w pełni swego potencjału i bez opóźnień. W scenariuszu tym emisja w 2030 r. jest tylko o 7% niższa niż w 2005, choć wciąż oznacza to jej redukcję do roku 2030. Przy takich założeniach Polsce będzie niezwykle trudno uzyskać trwały, niskoemisyjny wzrost gospodarczy. Ponieważ potencjał wszystkich innych metod zostanie do roku 2030 wyczerpany, niezapewnienie niskoemisyjnych źródeł energii do tego czasu spowoduje ponowny wzrost emisji gazów cieplarnianych w tempie wzrostu gospodarczego.

**Wykres 8. Wpływ poszczególnych scenariuszy na potencjał redukcji emisji**



Źródło: jak pod wykresem 1.

Z naszej analizy wynika, że jeśli Polska o pięć lat opóźni kluczowe decyzje dotyczące struktury źródeł paliw w energetyce, zdolność kraju do zrealizowania pełnego potencjału redukcji emisji znacznie się obniży (wykres 8). Opóźnienie decyzji dotyczącej CCS, energii atomowej i morskich elektrow-

ni wiatrowych znacznie ograniczyłyby potencjał redukcji emisji do roku 2020 i 2030, lecz także na wiele lat związałyby Polskę z wysokoemisyjną infrastrukturą. Opóźnienie podjęcia działań o zaledwie pięć lat obniżyłoby potencjał redukcji emisji o przeszło 30%.

Nie zajmujemy stanowiska odnośnie do potencjalnych decyzji politycznych, niemniej warto tu wyróżnić trzy główne obszary regulacji i polityki, które można uznać za najważniejsze w osiągnięciu redukcji emisji jak najbardziej efektywnie kosztowo:

1. Stworzenie warunków dla stosowania metod podnoszących efektywność energetyczną i innych metod dających korzyść netto (np. recykling odpadów), np. poprzez wprowadzenie odpowiednich norm i standardów technicznych.
2. Wprowadzenie stabilnych i długofalowych bodźców zachęcających producentów energii elektrycznej oraz firmy przemysłowe do rozwoju i stosowania niskoemisyjnych technologii, np. w formie opłat za emisję CO<sub>2</sub>e lub podatków od niej.
3. Zapewnienie dostatecznych zachęt i wsparcia dla wprowadzania nowych technologii, takich jak silniki hybrydowe, biopaliwa drugiej generacji czy świetłówki LED.

## Słownik

**CAGR** – składana roczna stopa wzrostu (ang. *compound annual growth rate*).

**CCS** – wychwyt i przechowywanie CO<sub>2</sub> – technologie wychwyty i przechowywania CO<sub>2</sub> (ang. *carbon capture and storage*).

**CHP** – (elektrownia) wytwarzająca energię elektryczną i ciepło (ang.).

**CNG** – sprężony gaz ziemny.

**CO<sub>2</sub>** – dwutlenek węgla.

**CO<sub>2</sub>e** – ekwiwalent dwutlenku węgla, tzn. konkretna wartość emisyjności gazów cieplarnianych, wyrażona efektem cieplarnianym dwutlenku węgla, np. 21 dla CH<sub>4</sub> (metan), 310 dla N<sub>2</sub>O (tlenek azotu).

**Decydent** – strona decydująca o podjęciu inwestycji, tzn. firma (np. właściciel instalacji przemysłowej) lub osoba prywatna (np. właściciel samochodu lub domu).

**ETS** – europejski system handlu emisjami (ang. *emission trading system*).

**Gaz cieplarniany** – gaz cieplarniany w kontekście Protokołu z Kyoto, tzn. CO<sub>2</sub> (dwutlenek węgla), CH<sub>4</sub> (metan), N<sub>2</sub>O (tlenek azotu), HFC/PFC (fluorowęglowodory) i SF<sub>6</sub> (sześćfluorek siarki).

**Gt** – gigatona(y), tj. miliard (10<sup>9</sup>) ton.

IGCC – technologia bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa.

**Koszty redukcji emisji gazów cieplarnianych (euro/tCO<sub>2</sub>e)** – dodatkowe koszty (lub oszczędności) wynikające z zastosowania technologii o niskiej emisyjności gazów cieplarnianych w porównaniu z obecną emisyjnością (wyłączając wtórne efekty z socjoekonomicznej perspektywy). W niniejszej pracy koszty te oceniane są z uwzględnieniem konkretnych stóp dyskontowych i okresów amortyzacji.

**Krzywa kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych** – zestawienie potencjału i kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych dla danego sektora.

**kWh** – kilowatogodzina(y).

**Metoda (redukcji emisji gazów cieplarnianych)** – technologiczne podejście do redukcji emisji gazów cieplarnianych, np. zastosowanie bardziej wydajnych procesów bądź materiałów.

**Metoda redukcji emisji gazów cieplarnianych o korzyściach ekonomicznych netto** – metoda redukcji emisji gazów cieplarnianych przynosząca oszczędności dla decydenta, uwzględniająca konkretne okresy amortyzacji i stopy dyskontowe.

**Mt** – megatona, tj. jeden milion (1 000 000) ton metrycznych.

**MWh** – megawatogodzina, tj. jeden tysiąc (1000) kWh.

**Obecna technologia** – średnia efektywność energetyczna/emisyjność według stanu na 2005 r. w zakresie struktury sprzedaży energii według różnych metod wytwarzania oraz poziomu wykonanych inwestycji.

**PJ** – petadżul, tj. jeden kwadrylion (10<sup>15</sup>) dżuli.

**Pojazdy ciężkie (HDV)** – pojazdy o dużej ładowności – pojazd o łącznej masie > 16 t (ang. *heavy duty vehicle*).

**Pojazdy lekkie (LDV)** – samochody osobowe i lekkie samochody dostawcze o łącznej masie do 3,5 t (ang. *light duty vehicle*).

**Pojazdy średnie (MDV)** – samochody dostawcze i ciężarówki o łącznej masie 3,5 t do 16 t (ang. *medium duty vehicle*).

**Potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych (MtCO<sub>2</sub>e)** – potencjał redukcji emisji gazów cieplarnianych poprzez zastosowanie metody redukcji emisji zakładającej wskaźnik penetracji, który jest ambitny, ale jednocześnie realny w praktyce.

**Poziom odniesienia** – prognozowana emisja gazów cieplarnianych w scenariuszu zakładającym niewprowadzanie dalszych zmian w regulacjach klimatycznych. Prognoza ta zakłada brak znaczących inwestycji w rozwiązania niskoemisyjne i kontynuację historycznego tempa poprawy efektywności energetycznej w każdym z sektorów.

**Referencyjny** – patrz „poziom odniesienia”.

**Rok bazowy** – rok bazowy do pomiaru osiągniętej redukcji emisji gazów cieplarnianych w kontekście Protokołu z Kioto (1988 – dla emisji CO<sub>2</sub>; 1995 – dla innych gazów cieplarnianych).

**Rozwój na bazie dzisiejszej technologii** – prognoza tendencji w emisji gazów cieplarnianych w Polsce na podstawie obecnych prognoz rozwoju gospodarczego oraz stopniowy rozwój przy wykorzystaniu obecnych źródeł/zasobów przemysłowych oraz dzisiejszego poziomu rozwoju technologicznego.

**Sektor** – grupy działalności gospodarczej objętej niniejszym raportem, a mianowicie:

- energetyka – emisja z wytwarzania energii elektrycznej (elektrownie centralne, lokalne, przemysłowe) oraz z produkcji ciepła dla lokalnych i okręgowych sieci ciepłowniczych,
- przemysł – emisja bezpośrednia i pośrednia we wszystkich gałęziach przemysłu z wyjątkiem elektroenergetyki i transportu; obejmuje ciepłownie przemysłowe,
- budynki – emisja bezpośrednia i pośrednia z gospodarstw domowych i sektora usług (budynki komercyjne, publiczne, rolnicze),
- transport – emisja z ruchu drogowego (samochody pasażerskie: małe, średnie i duże; ciężarówki: lekkie, średnie i ciężkie),
- gospodarka odpadami – emisja ze składowania odpadów i oczyszczania ścieków,
- rolnictwo – emisja z hodowli zwierząt i kultywacji gleb,
- leśnictwo – emisja z gospodarki gruntami, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (ang. *Emissions from Land Use, Land Use Change and Forestry*, LULUCF), głównie z deforestacji, procesów gnilnych i torfowisk.

**T** – tona metryczna, tj. 1000 kg.

**TWh** – terawatogodzina, tj. jeden miliard (10<sup>9</sup>) kWh.

## **Materiały i publikacje wykorzystane przy sporządzeniu artykułu**

### **Ogólne**

IPCC, „Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”, 2007.

Krajowy Administrator Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji, „Krajowa inwentaryzacja emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych za rok 2009”, 2009.

„Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”, Ministerstwo Gospodarki, 2009.

Polski Komitet Energii Elektrycznej, „Raport 2030”, 2009.

Międzynarodowa Agencja Energetyki (*International Energy Agency*), *World Energy Outlook 2008*, 2008.

Ministerstwo Środowiska, *Prognoza zrównoważonego rozwoju sektorów przemysłowych w Polsce w związku z Krajowym Planem Alokacji II*, 2008.

Bazy danych Eurostatu.

### **Rolnictwo**

Główny Urząd Statystyczny, *Rocznik statystyczny rolnictwa i obszarów wiejskich 2006*, 2006.

Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, *Zmiany klimatu a rolnictwo i obszary wiejskie*, 2008.

„Zarys kierunków rozwoju obszarów wiejskich”, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2009.

US EPA, *Global Anthropogenic Non-CO<sub>2</sub> Emissions*, 2006.

### **Budynki**

Główny Urząd Statystyczny, *Budownictwo: Wyniki działalności w 2006 r.*, 2007.

Główny Urząd Statystyczny, *Efektywność energetyczna w Polsce w latach 1996–2006*, 2008.

Krajowa Agencja Poszanowania Energii, *Proponowane zmiany funkcjonowania programu wsparcia przedsięwzięć termo-modernizacyjnych*, 2007.

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, *Oszacowanie potencjału zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych w Polsce*, 2006.

M. Gorczyca, *Potrzeby mieszkaniowe oraz środki do ich zaspokojenia w okresie do 2025 roku*, 2007.

### **Cement**

Europejska Akademia Badań Cementu (*European Cement Research Academy*), „Development of State-of-the-Art Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead”, 2009,

Stowarzyszenie Producentów Cementu, *Statystyki roczne, 2005–2008*,

Stowarzyszenie Producentów Cementu, „Roczny Biuletyn Informacyjny”, 2009.

Stowarzyszenie Producentów Cementu, *Cement i CO<sub>2</sub>: Perspektywa na program ETS Unii Europejskiej w latach 2013–2020*.

## Leśnictwo

Główny Urząd Statystyczny, *Leśnictwo 2006*, 2006.

Państwowe Gospodarstwo Leśne, *Las wobec efektu cieplarnianego*, 2008.

Państwowe Gospodarstwo Leśne, *Raport 2007 o stanie lasów w Polsce*, 2008.

## Hutnictwo

Główny Urząd Statystyczny, *Produkcja wyrobów przemysłowych 2006*, 2006.

Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, *Polski przemysł stalowy*, 2009.

## Rafinacja i gaz

DM BRE Bank, *Raport analityczny: PGNiG*, 2009.

Grupa LOTOS, *Raport środowiskowy 2006*, 2007.

PKN Orlen, *Raport środowiskowy 2006*, 2007.

## Energetyka

EC Baltic Renewable Energy Centre (EC BREC).

Międzynarodowa Agencja Energetyki (*International Energy Agency*), *Energy Technology Essentials*, 2006–2008.

Międzynarodowa Agencja Energetyki (*International Energy Agency*), *World Energy Outlook*, 2007–2009.

Główny Urząd Statystyczny, *Efektywność wykorzystania energii w latach 1997–2007*, 2009.

Główny Urząd Statystyczny, *Energia ze źródeł odnawialnych w 2007 r.*, 2009.

Główny Urząd Statystyczny, *Zużycie paliw i nośników energii w 2007 r.*, 2009.

*Raport McKinsey, Carbon Capture and Storage: Assessing the Economics*, 2008.

Sprawozdania roczne PGE, 2007–2008.

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej, *Ocena możliwości rozwoju i potencjału energetyki wiatrowej w Polsce do 2020 r.*, 2007.

*Platforma „zeroemisyjna” (Zero Emissions Platform)*, EC, 2005–2009.

## Transport

Rada Doradcza ds. Badań nad Biopaliwami (*EU Biofuels Research Advisory Council*), KE, „*Biofuels in the European Union: A Vision for 2030 and Beyond*”, 2006.

J. Burnewicz, *Wizja struktury transportu oraz rozwoju sieci transportowych do roku 2033*, 2006.

Generalny Dyrektoriat Energetyki i Transportu UE (*EU Directorate-General of Energy and Transport*), KE, *European Energy and Transport – Trends to 2030*, 2008.

Główny Urząd Statystyczny, *Transport: Wyniki działalności*, 2006.

Międzynarodowa Agencja Energetyki (*International Energy Agency*) i Światowa Rada Biznesu ds. Zrównoważonego Wzrostu (*World Business Council for Sustainable Development*), *Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability*, 2004.

Polska Organizacja Gazu Płynnego, *Rynek gazu skroplonego LPG w Polsce 2008 roku*, 2009.

### Zarządzanie odpadami

Fundacja Clintonów (*The Clinton Foundation*), „Innovative System Design and Financing Solutions in Waste Management”, 2008.

Europejskie Centrum Tematyczne ds. Zarządzania Odpadami i Zasobami (*European Topic Centre on Waste and Resource Management*), *Municipal Waste Management and Greenhouse Gases*, 2008.

EUROSTAT, *Statistical Report: Generation and Treatment of Waste in the EU*, 2009.

„Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2010”, Ministerstwo Środowiska, 2006.

Główny Urząd Statystyczny, *Ochrona środowiska, 2005–2007*.

PGGO SA, *Utylizacja odpadów na wysypiskach śmieci*, (raport przygotowany przez ERM Polska), 2002.

Chcemy zwrócić uwagę, że niniejsze opracowanie nie zajmuje stanowiska w sprawie istniejących wyjaśnień naukowych dla przyczyn zmian klimatu, lecz skupia się na dostarczeniu obiektywnych i spójnych danych na temat pewnej liczby sposobów redukcji emisji gazów cieplarnianych do atmosfery oraz prawdopodobnych kosztów i inwestycji związanych z ich zastosowaniem. Celem tego opracowania jest stworzenie punktu wyjścia do dyskusji na temat najlepszego możliwego sposobu zarządzania przejściem do gospodarki o charakterze niskoemisyjnym\*.

\* McKinsey & Company, Inc. jest międzynarodową firmą doradztwa strategicznego, świadczącą usługi dla dużych przedsiębiorstw i instytucji, wspierającą je w osiągnięciu znaczącej i trwałej poprawy efektywności. W ciągu ostatnich 80 lat główny cel firmy pozostał niezmienny: służyć jako najbardziej zaufany zewnętrzny doradca w naj-



ważniejszych kwestiach rozstrzyganych przez zarządy. McKinsey ma ponad 90 biur w 50 krajach i doradza przedsiębiorstwom w rozwiązywaniu problemów strategicznych, operacyjnych, organizacyjnych i technologicznych. Pracownicy firmy dysponują szerokim doświadczeniem we wszystkich głównych branżach gospodarki i obszarach działania przedsiębiorstw oraz dogłębną wiedzą na temat najistotniejszych problemów współczesnego biznesu. McKinsey & Company jest jedną z największych i najbardziej doświadczonych firm doradztwa strategicznego w Polsce, gdzie działa od 1993 r. i systematycznie buduje lokalną bazę konsultantów. Polscy konsultanci McKinsey pracują w międzynarodowych zespołach, doradzając zarówno klientom w Polsce, jak i za granicą, począwszy od Czech, poprzez Niemcy, Francję, USA, Australię, RPA po Dubaj. We wszystkich tych krajach McKinsey doradza liderom gospodarki, w tym operatorom telekomunikacyjnym, przedsiębiorstwom energetycznym, naftowym, firmom ubezpieczeniowym i bankom, producentom dóbr konsumpcyjnych oraz sektorowi publicznemu.