

Jan SOLIŃSKI\*

## **Główne tezy raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych i Światowej Rady Energetycznej pt. „Światowa ocena energetyczna – energia i wyzwanie szans rozwojowych”**

SŁOWA KLUCZOWE: energia, zrównoważony rozwój, scenariusze rozwoju energetycznego

### **Wprowadzenie**

We wrześniu 2000 r. Organizacja Narodów Zjednoczonych opublikowała raport pt. „Światowa ocena energetyczna — energia i wyzwanie szans rozwojowych” (ang. tytuł „World Energy Assessment — Energy and Challenge of Sustainability”).

Raport ten został opracowany przez trzy wyspecjalizowane organizacje międzynarodowe, mianowicie:

- ♦ Program Rozwoju Narodów Zjednoczonych (United Nations Development Programme),
- ♦ Departament Spraw Ekonomicznych i Społecznych ONZ (United Nations Department of Economic and Social Affairs),
- ♦ Światowa Radę Energetyczną (World Energy Council).

W przygotowaniu tego raportu uczestniczyło wielu międzynarodowych ekspertów z różnych dziedzin energetyki, środowiska i rozwoju gospodarczego.

---

\* Dr — Sekretarz Polskiego Komitetu Światowej Rady Energetycznej.

Recenzował prof. dr hab. inż. Roman NEY

Raport stanowi bogaty zestaw informacji, danych i aktualnych materiałów dotyczących wszystkich aspektów energii i jej wpływu na rozwój gospodarczy oraz życie ludności. Składa się z czterech części zawierających dwanaście rozdziałów tematycznych oraz aneksu — łącznie ponad 1400<sup>2</sup> stron tekstu oraz blisko 200 tablic, wykresów i rysunków.

Raport ten był przedmiotem obrad 9 Sesji Komisji ONZ ds. Trwałego Rozwoju, które odbyły się w kwietniu bieżącego roku.

Podstawowy cel tego raportu to dostarczenie informacji o fundamentalnych związkach pomiędzy energią a trwałym rozwojem gospodarczym oraz energią jako instrumentem dla osiągnięcia tego rozwoju.

Poniżej przedstawiono główne tezy raportu zawarte w jego syntezie opracowanej przez zespół edytorski pod przewodnictwem prof. Jose Goldenberga — Członka Brazylijskiej Akademii Nauk, wykładowcy wielu uniwersytetów (Sao Paulo, Illinois, Stanford, Saskatchewan, Paris — Orsay), międzynarodowego eksperta w dziedzinie energii<sup>3</sup>.

## 1. Synteza raportu

Energią zapewniającą zdolność trwałego i zrównoważonego rozwoju jest energia produkowana i użytkowana za pomocą metod, które wspierają rozwój ludzkości w jego wszystkich wymiarach społecznych, ekonomicznych i ekologicznych.

Jedną z metod spojrzenia na rozwój ludzkości to spojrzenie w kategoriach wyborów i możliwości dostępnych dla jednostek. Energia może w ogromnym stopniu rozszerzyć możliwości wyboru. Dla przykładu, zaprzęgnięcie wołu zwiększyło siłę pracy człowieka 10-krotnie. Wynalazek koła wodnego pomnożył wydajność działania przez następne 6. Maszyna parowa zwiększyła tę moc o kolejny rząd wielkości. Użytkowanie pojazdów silnikowych ogromnie skróciło czas podróży i rozszerzyło ludzką zdolność do transportu towarów.

Współcześnie pełna dostępność niedrogiej energii pozwala wielu ludziom cieszyć się bezprecedensowym komfortem, mobilnością i produktywnością. W krajach uprzemysłowionych przeciętny człowiek zużywa dziś ponad 100 razy więcej energii niż jego odległy przodek, który nie posiadał jeszcze umiejętności wykorzystania ognia.

Choć energia napędza wzrost gospodarczy i jest w tej sytuacji kluczową sprawą dla wszystkich krajów, dostęp do energii i wielkość jej zużycia różni się bardzo pomiędzy krajami, podobnie jak między bogatymi i biednymi w obrębie każdego kraju. Faktycznie, 2 miliardy ludzi — jedna trzecia światowej populacji — używa niemal wyłącznie tradycyjnych źródeł energii i nie jest w stanie skorzystać z dobrodziejstw oferowanych przez współczesne formy energii (Bank Światowy 1996; WEC-FAO 1999; UNDP 1997). Co więcej, większość obecnych metod produkcji i zużycia energii powoduje tak silne skutki ekologiczne w skali lokalnej, regionalnej lub globalnej, że zagraża to jakości życia ludzkości obecnie i na długi okres w przyszłości.

---

<sup>2</sup> Licząc 1800 znaków na stronę.

<sup>3</sup> W artykule wykorzystano tłumaczenie syntezy raportu wykonane przez mgr Ryszarda Gileckiego z Agencji Rynku Energii.

Organizacja Narodów Zjednoczonych i jej kraje członkowskie silnie podkreśliły w Agendzie 21 główny cel zrównoważonego rozwoju, który polega na zaspokojeniu potrzeb współczesnego pokolenia bez zmniejszenia przyszłym pokoleniom szans na zaspokojenie z kolei ich potrzeb (WCED 1987, s. 8). Znaczenie gospodarki energetycznej jako narzędzia osiągnięcia tego celu było podkreślane na każdej ważniejszej konferencji ONZ w latach dziewięćdziesiątych, zaczynając od Szczytu Ziemi (Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat Środowiska i Rozwoju), który miał miejsce w roku 1992 w Rio de Janeiro, jednakże obecne struktury energetyczne, jak wykazuje niniejszy raport, nie zajmują się podstawowymi potrzebami wszystkich ludzi, a kontynuacja obecnych praktyk może pogorszyć perspektywy życiowe przyszłych pokoleń.

Energia produkowana i użytkowana za pomocą metod, które długofalowo wspierają rozwój ludzkości w jego wszystkich wymiarach społecznych, ekonomicznych i ekologicznych, określana jest w niniejszym raporcie jako energia zapewniająca zdolność trwałego i zrównoważonego rozwoju. Określenie „trwałości” nie odnosi się tu do ciągłości dostaw energii, lecz oznacza produkowanie i użytkowanie zasobów energetycznych sposobami, które promują lub są co najmniej spójne z długofalowym dobrobytem ludzkości i równowagą ekologiczną.

Wiele obecnych działań w dziedzinie energii jest niezgodnych z taką definicją. Jak odnotowano w Agendzie 21, „Duża część światowej energii (...) jest obecnie produkowana i zużywana przy użyciu metod i technologii, które nie mogą być kontynuowane, szczególnie jeśli całkowite zużycie energii ma znacząco wzrosnąć” (ONZ 1992, rozdz. 9.9). Związek zużycia energii z globalnym ociepleniem wskutek emisji gazów cieplarnianych (z których większość jest wytwarzana przy spalaniu paliw kopalnych) był przyczyną zawarcia w 1992 r. Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC). W roku 1997 Specjalna Sesja Zgromadzenia Ogólnego ONZ określiła problemy energii i transportu jako kluczowe dla osiągnięcia trwałej zdolności rozwojowej oraz zdefiniowała główne cele w tych dziedzinach gospodarki.

Przemysł energetyczny rozumie potrzebę rozpatrywania problemów energii w szerokim kontekście. Dla przykładu, wnioski i rekomendacje XVII Kongresu Światowej Rady Energetycznej stwierdzają potrzebę zapewnienia dostaw komercyjnych nośników energii do osób ich pozbawionych i potrzebę oceny wszystkich skutków ekologicznych związanych z energią (WEC 1998).

Choć wydaje się, że światowy rynek energii nie napotka fizycznych ograniczeń podaży przez co najmniej najbliższe 50 lat, to obecne struktury energetyczne są nietrwałe i nierozwojowe na skutek nierówności dostępu do energii, a także na skutek problemów ekologicznych, ekonomicznych i geopolitycznych, których implikacje będą sięgały daleko w przyszłość. Dowody nietrwałego i nierozwojowego charakteru obecnych struktur są następujące:

- ◆ współczesne paliwa i elektryczność nie są powszechnie dostępne, a nierówność ta ma istotne wymiary moralne, polityczne i praktyczne w świecie, który jest coraz silniej wzajemnie powiązany;
- ◆ obecne struktury energetyczne nie są wystarczająco niezawodne ani dostępne, aby zapewnić powszechny wzrost gospodarczy. Produktywność gospodarcza jednej trzeciej ludzkości jest obniżona przez brak dostępu do komercyjnych źródeł energii, a prawdopodobnie następną jedną trzecią przeżywa kłopoty i niepewność gospodarczą na skutek zawodności dostaw energii;
- ◆ negatywne lokalne, regionalne i globalne efekty ekologiczne produkcji i użytkowania energii zagrażają zdrowiu i dobrobytowi obecnego i przyszłych pokoleń.

Bardziej konkretne — i bardziej ilościowe — elementy trwałości rozwojowej zostały zidentyfikowane poniżej w części opisującej scenariusze energetyczne. Jednak przed spojrzeniem w przyszłość zostały opisane pewne podstawowe cechy energii i jej związki z rozwojem gospodarczym, a także powiązania między energią a głównymi wyzwaniami współczesnego świata.

## **1.1. Część 1. Energia a główne światowe wyzwania**

Część 1 analizuje powiązania między energią a gospodarką, problemami społecznymi i zdrowotnymi, ochroną środowiska i bezpieczeństwem oraz określa te aspekty użytkowania energii, które są niezgodne z celem trwałego, zrównoważonego rozwoju. W części tej wykazano, że:

- ◆ na nowoczesne nośniki energii — paliwa gazowe i ciekłe oraz energię elektryczną — a także na efektywne techniki ich użytkowania nie stać 2 miliardów ludzi. Ten fakt ogranicza ich możliwości rozwoju gospodarczego oraz poprawy warunków życia tych ludzi. Kobiety i dzieci są bardziej niż mężczyźni dotknięte zależnością od tradycyjnych paliw. Szerokie nierówności w dostępie do komercyjnych źródeł energii uniemożliwiają tym ludziom rozwój osobisty oraz zagrażają stabilności społecznej;
- ◆ niepewne dostawy są dużym problemem dla wielkiej części światowej populacji. Co więcej, zależność od paliw importowanych naraża wiele krajów na przerwy w dostawach;
- ◆ zdrowie ludzkie jest zagrożone przez duże emisje zanieczyszczeń z użytkowania energii, zarówno na szczeblu gospodarstwa domowego, społeczności, jak i regionu;
- ◆ zanieczyszczenia emitowane w procesach użytkowania energii — w tym zawieszone pyły i związki powodujące kwaśne deszcze — przyczyniają się do degradacji jakości powietrza i ekosystemów;
- ◆ antropogeniczne emisje gazów cieplarnianych, głównie z procesów produkcji i użytkowania energii, zmieniają skład atmosfery w stopniu, który już obecnie ma dostrzegalny wpływ na globalny klimat.

Znalezienie dróg rozszerzenia dostępu do usług energetycznych przy równoczesnym złagodzeniu efektów ekologicznych użytkowania energii stanowi dla ludzkości fundamentalne wyzwanie rozwojowe. Zasoby i opcje potrzebne do sprostania temu wyzwaniu — efektywność energetyczna, źródła odnawialne i zaawansowane technologie energetyczne — zostały przeanalizowane w następnych częściach raportu.

### **Informacje wstępne o energii**

System energetyczny zbudowany jest z sektora dostaw energii i z technik zużycia energii. Celem funkcjonowania systemu energetycznego jest dostarczenie konsumentom korzyści, które energia oferuje. Pojęcie „usługi energetyczne” opisuje te właśnie korzyści, które w gospodarstwie domowym oznaczają między innymi oświetlenie, gotowanie posiłków, odpowiednią temperaturę w pomieszczeniach, chłodzenie żywności i transport. Usługi energetyczne są także niezbędne do niemal każdej działalności gospodarczej i przemysłowej. Dla przykładu, ogrzewanie i chłodzenie

są potrzebne w wielu procesach przemysłowych, siła pociągowa jest niezbędna w rolnictwie, a energia elektryczna w telekomunikacji i elektronice.

Łańcuch energetyczny, który dostarcza te usługi, rozpoczyna się pozyskaniem lub wydobyciem nośników pierwotnych, które mogą być następnie w jednym lub kilku krokach przekształcone na takie nośniki, jak energia elektryczna lub olej napędowy, odpowiednie do zużycia końcowego. Urządzenia takie jak piece, żarówki, pojazdy, maszyny przekształcają energię końcową w energię użytkową, która zapewnia potrzebne korzyści, tj. usługi energetyczne.

Usługi energetyczne są wynikiem działania kombinacji różnych nakładów: technologii, infrastruktury (kapitału), pracy (know-how), materiałów i energii pierwotnej. Każdy z tych nakładów posiada wartość finansową i są one częściowo wzajemnie zastępowalne. Z perspektywy konsumenta ważnymi sprawami są wartość ekonomiczna oraz korzyść odnoszona z usługi. Konsumenty są często nieświadomi działań podażowej części łańcucha, koniecznych do świadczenia usług energetycznych.

Zużycie energii pierwotnej na 1 mieszkańca wyniosło w USA w 1995 roku 330 GJ, ponad 8 razy więcej niż średnia dla Afryki Sub-Saharyjskiej, gdzie zużycie to wyniosło 40 GJ, jeśli policzyć razem nośniki komercyjne i tradycyjne. Wiele osób w najmniej rozwiniętych krajach zużywa znacznie mniej energii.

W większości najmniej rozwiniętych krajów niewielka lepiej sytuowana mniejszość społeczeństwa zużywa różne komercyjne nośniki energii w sposób podobny jak większość ludności świata uprzemysłowionego. Jednak większość populacji krajów biednych ma dostęp tylko do tradycyjnych, niekomercyjnych źródeł energii i do nieefektywnych technologii ich użytkowania, takich jak piece bez instalacji kominowej czy otwarty ogień. Tradycyjne nośniki energii nie są z reguły ujęte w danych statystycznych. Analizy dotyczące wielkości zużycia nośników komercyjnych są powszechne, ponieważ znacznie łatwiej jest zebrać takie dane. Wyniki takich analiz nie odzwierciedlają jednak dokładnie sytuacji energetycznej świata; w niniejszym raporcie w tabeli 1 uwzględnione są oszacowane wielkości zużycia nośników niekomercyjnych. Choć słabiej udokumentowana, niekomercyjna energia jest bardzo ważna w skali globalnej i jest użytkowana w znacznie większej skali niż energia komercyjna na obszarach wiejskich najmniej rozwiniętych krajów świata.

Globalne zużycie energii komercyjnej jest tysiące razy mniejsze niż strumień energii słonecznej docierającej do Ziemi. Pozyskanie energii pierwotnej bazuje na paliwach kopalnych (ropie naftowej, gazie ziemnym i węglu), których całkowity udział w światowej podaży energii pierwotnej sięga 80% (patrz aneks — tab. 1). Wkład energii jądrowej to nieco więcej niż 6%, a udział energii wodnej i nowoczesnych nośników odnawialnych (energii geotermalnej, wiatrowej, słonecznej itp.) wynosi po około 2%.

W skali światowej tradycyjne (zazwyczaj niekomercyjne) nośniki energii stanowią około 10% całkowitej podaży paliw pierwotnych, lecz ich udział jest nierównomierny: energia niekomercyjna stanowi mniej więcej 2% zużycia całkowitego w krajach uprzemysłowionych, a przeciętnie 30% w krajach rozwijających się. W niektórych najbiedniejszych krajach udział samej tylko biomasy w zużyciu całkowitym przekracza nawet 90%.

Jeśli średni roczny wzrost światowego zużycia energii pierwotnej będzie nadal wynosił 2%, to całkowite zużycie energii podwoi się w roku 2035 w stosunku do roku 1998, a potroi

się w roku 2055. W ciągu ostatnich 30 lat tempo wzrostu zużycia nośników komercyjnych było w krajach rozwijających się 3,5-krotnie wyższe niż w krajach OECD, wskutek wzrostu dochodów ludności, większego przyrostu demograficznego i zastępowania energii niekomercyjnej komercyjną. Jednakże na poziomie jednostki ludzkiej znaczny wzrost całkowitego zużycia energii pierwotnej w tych krajach nie przełożył się w żaden odczuwalny sposób na bardziej sprawiedliwy dostęp do usług energetycznych. Niewątpliwie taki przyrost jaki nastąpił jest zbyt niski, aby umożliwić globalny wzrost gospodarczy i dać szanse rozwoju miliardom ludzi w krajach rozwijających się, którzy są pozbawieni dostępu do odpowiednich usług energetycznych.

Jednak w przyszłości ilość dodatkowej energii niezbędnej do zapewnienia tych usług będzie zależeć od efektywności, z którą energia jest produkowana, dostarczana i użytkowana. Ulepszenia sprawności energetycznej mogą pomóc zmniejszyć nakłady finansowe na nowe systemy dostaw energii, tak jak stało się to w ciągu poprzednich 200 lat. Stopień wzajemnej zależności pomiędzy aktywnością gospodarczą a zużyciem energii nie jest statyczny ani w czasie ani w przestrzeni. Energochłonność (relacja zużycia energii do Produktu Krajowego Brutto) często zależy od fazy rozwoju danego kraju. W krajach OECD, które cieszą się powszechną dostępnością usług energetycznych, wzrost zapotrzebowania na energię jest obecnie mniej ściśle związany z produktywnością gospodarczą niż miało to miejsce w przeszłości.

Trend w kierunku zmniejszenia energochłonności wraz z postępami rozwoju gospodarczego może być zauważony w badaniach długoletnich szeregów czasowych. Szczegółowa analiza długoterminowych zmian energochłonności dla szeregu krajów pozwala wykryć wspólny wzorec, umotywowany następującymi czynnikami:

- ◆ odejście od niekomercyjnych na rzecz komercyjnych źródeł energii, uprzemysłowienie i motoryzacja najpierw zwiększają wskaźniki energochłonności PKB (w latach dziewięćdziesiątych wskaźniki te wzrosły również w niektórych krajach przeżywających transformację gospodarczą, głównie z powodu spowolnienia wzrostu gospodarczego);
- ◆ w miarę postępów uprzemysłowienia i wzrostu dochodów pojawiają się efekty nasycenia gospodarki energią, które wraz z ekspansją mniej energochłonnego sektora usług powodują przekroczenie punktu maksymalnej energochłonności PKB, a następnie jej zmniejszanie. Punkt maksymalnej energochłonności został przekroczony przez wiele krajów, ale nie przez biedne kraje rozwijające się;
- ◆ wskutek ogólnoświatowego transferu i upowszechniania technologii, ulepszenia sprawności energetycznej mogą stać się głównym czynnikiem ograniczającym wzrost popytu na energię, pojawiający się na skutek wzrostu liczby ludności, produkcji i dochodów;
- ◆ bardziej efektywne użytkowanie materiałów w lepszych jakościowo, lepiej zaprojektowanych i zminiaturyzowanych produktach, odzyskiwanie energochłonnych materiałów oraz nasycenie rynków krajów rozwiniętych materiałami podstawowymi przyczyniają się do dalszych redukcji energochłonności gospodarek;
- ◆ w krajach rozwijających się szybki postęp techniczny dający możliwość stosowania wysoko-wydajnych urządzeń, maszyn, procesów, pojazdów i systemów transportowych przynosi znaczący potencjał zmniejszenia energochłonności.

Wymienione siły sprawcze mogą doprowadzić do pojawienia się jednakowego wzorca zużycia energii na jednostkę PKB w krajach uprzemysłowionych i rozwijających się.

Ceny energii wpływają na decyzje konsumentów i ich zachowanie oraz mogą wpływać na rozwój i wzrost gospodarczy. Wysokie ceny energii mogą doprowadzić do ujemnych bilansów płatniczych państw importujących, z ujemnymi konsekwencjami dla gospodarki, zatrudnienia i poziomu życia. Jednocześnie wysokie ceny energii mogą być motywacją do poszukiwania i zagospodarowania dodatkowych zasobów, działalności innowacyjnej i usprawnień efektywności.

Niektóre konsekwencje poziomu cen energii są względnie stabilne, inne bardziej zmienne. Przykładowo, trwale wyższe ceny nośników energii w europejskich krajach OECD i Japonii w stosunku do USA i niektórych krajów rozwijających się nie miały istotnego wpływu na proces rozwoju gospodarczego tych krajów. Duży wpływ na procesy gospodarcze we wszystkich krajach importujących paliwa miały natomiast skoki cen w latach siedemdziesiątych. Wydaje się, że gospodarki są bardziej wrażliwe na zmiany cen niż na ich poziom bezwzględny.

Zainwestowanie kapitału jest warunkiem wstępnym rozwoju systemu energetycznego. Rozwój systemu i jego zmiany strukturalne są wynikiem inwestycji w zakłady, urządzenia i infrastrukturę. Trudności w zachęceniu do inwestowania kapitału w energię mogą hamować rozwój gospodarczy, szczególnie w najślabiej rozwiniętych krajach. Trudno dostępne fundusze publiczne są potrzebne w krajach rozwijających się na wiele celów, takich jak rozwój wsi, szkolnictwo, ochrona zdrowia, a także systemy energetyczne. Ponieważ jednak spośród tych celów systemy energetyczne są bardziej niż pozostałe cele postrzegane jako zdolne do przynoszenia szybkich dochodów, inwestycje energetyczne stają się coraz częściej domeną sektora prywatnego. Jednak fundusze prywatne nie płyną do wielu krajów rozwijających się z szeregu powodów, głównie wskutek ryzyka dla inwestorów.

Bezpośrednie inwestycje zagraniczne osiągnęły w skali światowej 400 miliardów USD w roku 1997, w porównaniu z 50 miliardami w 1984, i reprezentują wzrastającą część międzynarodowych przepływów inwestycyjnych. Bezpośrednie inwestycje zagraniczne są w zasadzie umotywowane względami komercyjnymi, a inwestorzy oczekują nie tylko zwrotu kapitału początkowego, ale także konkurencyjnych zysków. Takie efekty nie mogą być zagwarantowane w krajach rozwijających się, w których są słabe rządy lub brak jest gospodarki rynkowej. Faktycznie, bardzo mało bezpośrednich inwestycji zagranicznych trafia do najmniej rozwiniętych krajów.

W przeciwieństwie do bezpośrednich inwestycji zagranicznych, oficjalna pomoc rozwojowa pozostaje na stałym poziomie w stosunku do światowego produktu brutto. W roku 1997 pomoc ta wyniosła 56 miliardów USD, tj. 0,25% PKB krajów OECD, które zasadniczo uzgodniły docelową wysokość pomocy na poziomie 0,7% PKB. Przy takim poziomie pomocy dostępne finansowanie jest nieadekwatne do potrzeb projektów energetycznych w krajach rozwijających się. Jeśli ryzyko gospodarcze dla zagranicznych inwestorów nie będzie zredukowane (na przykład dzięki jasnym i stabilnym regułom na rynkach energii i kapitałowych, lepszej możliwości egzekwowania opłat za energię i uprawnieniom do transferu zysków), większość krajów rozwiniętych będzie musiała finansować swe inwestycje energetyczne tylko z kapitałów krajowych.

Chociaż udział inwestycji energetycznych w całości wydatków inwestycyjnych różni się silnie pomiędzy krajami i w zależności od poziomu rozwoju gospodarczego, to w efekcie na inwestycje w sektorze energii wydawane jest zazwyczaj 1,0—1,5% PKB. Opierając się na takim przybliżeniu, można oszacować obecne światowe inwestycje w sektor dostaw energii na

290—430 miliardów USD rocznie. Nie obejmuje to inwestycji u odbiorców, w tym inwestycji w efektywność użytkowania energii.

### **Energia i aspekty społeczne**

Użytkowanie energii jest blisko związane z gamą aspektów społecznych, w tym potrzebą złagodzenia biedy, wzrostem demograficznym, urbanizacją, brakiem równouprawnienia kobiet. Wymienione względy społeczne wpływają niewątpliwie na wielkość popytu na energię, a wzajemna zależność jest dwukierunkowa: jakość i ilość usług energetycznych oraz sposoby ich zapewnienia mają także wpływ na aspekty społeczne.

Bieda jest najważniejszym czynnikiem społecznym w krajach rozwijających się. Około 1,3 miliarda ludzi w tych krajach ma do dyspozycji mniej niż 1 USD dziennie. Sam wymiar dochodów nie określa też w pełni braku perspektyw i możliwości wyboru, jaki niesie ze sobą bieda. Sposoby użytkowania energii przez biednych — szczególnie fakt dostępności na obszarach wiejskich jedynie tradycyjnych paliw — nie dają szans na wyjście z nędzy.

Dwa miliardy ludzi na świecie nie ma dostępu do elektryczności. Taka sama liczba używa do gotowania posiłków tradycyjnych paliw stałych. Jak wykazano w następnej części raportu, gotowanie przy użyciu pieców nie mających odpowiednich przewodów kominowych ma istotny wpływ na zdrowie. Dodatkowo setki milionów ludzi, głównie kobiet i dzieci, spędza po kilka godzin dziennie na zbieraniu drewna opałowego i przynoszeniu wody, często ze znacznych odległości. Na skutek takiego obciążenia swojego czasu i sił kobiety i dzieci często tracą szansę na edukację i wykonywanie innych, bardziej produktywnych zajęć.

Brak energii elektrycznej zwykle oznacza niewystarczające oświetlenie i brak urządzeń zastępujących ludzką pracę, a także niewielkie szanse na działalność gospodarczą. Lepszy dostęp do elektryczności oraz współczesnych paliw i pieców do przygotowywania posiłków może dać ludziom szansę nie tylko bezpośrednich korzyści z zastosowania takich urządzeń, ale także długoterminowe polepszenie jakości życia. Tabela 2 (patrz aneks) podsumowuje niektóre korzyści życiowe, które mogą wynikać z lepszego dostępu do energii.

Ograniczone dochody mogą zmuszać gospodarstwa domowe do używania tradycyjnych paliw i nieefektywnych technologii. W gospodarstwach o niskich dochodach dominującym paliwem jest drewno. Przy wyższych dochodach drewno jest zastępowane paliwami komercyjnymi i energią elektryczną, które oferują większą wygodę, sprawność i czystość użytkowania. Ponieważ wygodna, dostępna energia może wpływać na produktywność gospodarstwa domowego i jego zdolność do generowania dochodu, pojawienie się dostępu do energii może stać się dźwignią do wydostania się z nędzy.

Choć z pewnością wzrost liczby ludności sprzyja wzrostowi popytu na energię, to mniej powszechnie wiadomo, że dostępność odpowiednich usług energetycznych może obniżyć stopę urodzeń. Dostępność usług energetycznych może wpłynąć na inną ocenę korzyści i kosztów rodzicielstwa. Przyspieszenie transformacji demograficznej w kierunku niższej śmiertelności i niższej stopy urodzeń (co nastąpiło w krajach uprzemysłowionych) zależy od realizacji istotnych celów rozwojowych, takich jak edukacja kobiet i likwidacja ekstremalnej nędzy, która narzuca konieczność pracy dzieci. Te zadania rozwojowe mają powiązania z dostępnością niedrogich usług energetycznych.



Narastająca koncentracja ludności w aglomeracjach miejskich jest następnym kluczowym zjawiskiem demograficznym powiązanim z energią. Choć ogólny trend w kierunku urbanizacji ma wiele przyczyn i może być nieunikniony, to zapewnienie ludności wiejskiej większych możliwości wyboru, również za pomocą zwiększenia dostępu do energii, może potencjalnie spowolnić migrację do szybko rozrastających się miast. Chociaż negatywne aspekty związane z użytkowaniem energii na obszarach miejskich mogą być przykre, to różne strategie rozwoju mogą te efekty łagodzić i promować oszczędność energii. Biorąc pod uwagę wymogi energetyczne już na etapach planowania przestrzennego, projektowania infrastruktury, ustalania standardów budowlanych i projektowania systemów transportu, można uzyskać ograniczenie wzrostu zużycia energii, który zazwyczaj towarzyszy szybkiej urbanizacji.

Systemy transportu są szczególnie ważne w tym kontekście, biorąc pod uwagę szybki wzrost liczby pojazdów samochodowych na świecie. Od roku 1970 światowy park pojazdów wzrasta o około 16 milionów sztuk rocznie, a w roku 2020 jego liczebność osiągnie prawdopodobnie 1 miliard. Większość z tych samochodów będzie użytkowanych w miastach krajów rozwijających się, gdzie zwiększą one zatłoczenie dróg, pogorszą stan powietrza i stan zdrowia ludzi — nawet przy optymistycznych prognozach co do poprawy sprawności silników i zastosowania alternatywnych paliw.

W krajach rozwijających się osiągnięcie postępu w zaspokojeniu potrzeb energetycznych ubogich, którzy stanowią zdecydowaną większość populacji, wymaga z jednej strony poważnych zmian strukturalnych, z drugiej zaś w krajach rozwiniętych odpowiedni dostęp do energii stanowi problem tylko dla mniejszości społeczeństwa i z tego powodu zagadnienie to powinno być rozwiązywane raczej w ramach polityki społecznej, a nie energetycznej. W skali świata jednak ubogie gospodarstwa domowe płacą za energię większy ułamek swych dochodów niż bogate, są zatem bardziej narażone na szybkie podwyżki cen energii. Dla przykładu, znaczny wzrost cen produktów naftowych zimą 1999/2000 stanowił trudność dla wielu ludzi, nawet w niektórych krajach uprzemysłowionych.

Likwidacja biedy jest długofalowym celem rozwoju, ale znacznie wcześniej zanim cel ten zostanie osiągnięty, dostępne i niedrogie usługi energetyczne mogą radykalnie podnieść standard życiowy i zaoferować ludziom więcej możliwości. Obecny stan nierównego dostępu jest nie do utrzymania. Zaspokojenie za pomocą nowoczesnych technologii potrzeb energetycznych ludzi ubogich zapewni znaczny potencjał poprawy standardu życia i zdrowia, a także pojawienie się nowych miejsc pracy i szans gospodarczych. Utrzymywanie stanu, w którym jedna trzecia światowej populacji jest zmuszona ograniczyć swój standard energetyczny tylko do źródeł tradycyjnych, jest nieakceptowalne z humanitarnego i moralnego punktu widzenia. Zwiększenie dostępności komercyjnych źródeł energii jest celowe również z perspektywy politycznej. Fala demokratyzacji przelewająca się przez świat oddaje istotną część władzy politycznej w ręce ludzi pokrzywdzonych gospodarczo. Społeczeństwa o silnym poziomie nierówności są raczej niestabilne, a liczne grupy żyjące poniżej poziomu ubóstwa są płodnym gruntem dla zaburzeń społecznych.

### **Energia, środowisko i zdrowie**

Ekologiczne skutki użytkowania energii nie są zjawiskiem nowym. Przez wieki spalanie drewna doprowadziło do wycięcia lasów na wielu obszarach. Już we wczesnych okresach

uprzemysłowienia odnotowywano duże lokalne zanieczyszczenia powietrza, wody i ziemi. Rzeczą względnie nową jest zrozumienie energetycznych przyczyn regionalnych i globalnych problemów ekologicznych oraz ich implikacji. Choć niekwestionowane jest znaczenie energii dla polepszenia poziomu życia, to jednak konwencjonalne metody produkcji i użytkowania energii są ściśle powiązane z degradacją środowiska. Degradacja ta zagraża ludzkiemu zdrowiu i jakości życia oraz wpływa na równowagę ekologiczną i bioróżnorodność.

Powiązania ekologiczno-energetyczne są zilustrowane w tabeli 3 aneksu, która przedstawia w szczególności udziały gospodarki energetycznej w całkowitej emisji różnych zanieczyszczeń. Przedstawiony w tabeli „wskaźnik emisji antropogenicznej” oznacza stosunek emisji danej substancji (np. dwutlenku siarki) ze źródeł antropogenicznych do emisji naturalnej. W przypadku dwutlenku siarki wskaźnik równy 2,7 oznacza, że antropogeniczna emisja wynosząca 84 miliony ton jest 2,7-krotnie większa od emisji ze źródeł naturalnych wynoszącej 31 milionów ton. Dane z tabeli dowodzą więc, że gospodarka energetyczna wraz z innymi działaniami gospodarki ludzkiej istotnie wpływa na wzrost globalnej zawartości niektórych ważnych substancji chemicznych. Choć wskaźnik emisji antropogenicznej sam w sobie nie określa wielkości negatywnych skutków danego zanieczyszczenia, to rzędy jego wielkości stanowią ostrzeżenie, że efekty ekologiczne tych emisji mogą być znaczące. Niektóre z tych efektów, jak to przedstawiono poniżej, są już obecnie znaczące.

W ciągu ostatnich 100 lat, w czasie których populacja ludzka wzrosła ponad 3-krotnie, zaburzenia ekologiczne będące konsekwencją działalności gospodarczej zmieniły swą skalę z lokalnych perturbacji w zaburzenia globalne. Zaburzenia te — spowodowane ponad 20-krotnym wzrostem zużycia paliw kopalnych i wzmocnione 3-krotnym powiększeniem zużycia także tradycyjnych źródeł energii, takich jak biomasa — są dowodem, że cywilizacja stała się globalną siłą ekologiczną i geochemiczną. Innymi słowy, działalność gospodarcza człowieka w przyspieszonym tempie zmienia świat w jego wymiarze globalnym.

Na każdym szczeblu (lokalnym, regionalnym, globalnym) konsekwencje ekologiczne obecnych metod wytwarzania i zużywania energii stanowią znaczącą część ludzkiego wpływu na środowisko. Na szczeblu gospodarstwa domowego używanie paliw stałych do gotowania i ogrzewania ma istotne efekty zdrowotne. Zła jakość powietrza — w wymiarach pojedynczego gospodarstwa domowego, lokalnym i regionalnym — jest powodem zwiększonej zachorowalności i przedwczesnych zgonów. Szacuje się, że około 2 milionów zgonów (szczególnie dużo kobiet i dzieci) jest corocznie na świecie spowodowanych emisjami toksycznych substancji z palenisk nie posiadających odpowiednich przewodów kominowych. Wzrasta skala zdrowotnej szkodliwości pyłów (które są zarówno emitowane bezpośrednio, jak i formują się w powietrzu na skutek emisji tlenków siarki i azotu) i węglowodorów z takich palenisk. Ten problem jest szczególnie poważny w wielu krajach rozwijających się, gdzie dominują szkodliwe paliwa i brak jest jakichkolwiek urządzeń ochronnych.

Spalanie paliw kopalnych jest problemem w różnych kontekstach (choć emisje ze spalania gazu ziemnego są znacznie mniej szkodliwe niż ze spalania węgla lub paliw ciekłych). Głównymi substancjami emitowanymi ze spalania paliw kopalnych są tlenki siarki, tlenki azotu, tlenek węgla i pył zawieszony. Ozon wytwarzany jest w troposferze na skutek reakcji pomiędzy substancjami węglowodorowymi, tlenkami azotu i światłem słonecznym. W miastach głównym źródłem zanieczyszczeń jest spalanie paliw kopalnych, w tym przez pojazdy. Związki powodujące kwaśne

deszcze mogą być przenoszone w atmosferze na dystansach tysięcy kilometrów, często przekraczając granice państw. Spowodowane tym zakwaszenie powoduje znaczne uszkodzenia ekosystemów, plonów oraz budowli; to zjawisko może po pewnym czasie zmienić skład i funkcje całych ekosystemów. W wielu regionach zakwaszenie obniżyło produktywność lasów, stawów rybnych i ziemi uprawnej. Wielkie elektrownie wodne często powodują problemy ekologiczne związane z powodziami, a w przypadku energetyki jądrowej duże zaniepokojenie budzi szczególnie problem składowania odpadów.

Spalanie paliw kopalnych wytwarza więcej dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) niż jakakolwiek inna ludzka działalność. Spalanie jest największym antropogenicznym źródłem emisji gazów szklarniowych, która zmienia skład atmosfery i może zmienić globalny klimat, w tym wielkość i charakterystykę opadów deszczu. Aby zapobiec dalszemu wzrostowi stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze, należałoby jego światową emisję zmniejszyć co najmniej o połowę. Takie zmniejszenie emisji przez kilka najbliższych dziesięcioleci pozwoliłoby utrzymać obecne stężenie CO<sub>2</sub>. Jednak jeśli obecny trend faktycznego wzrostu emisji będzie trwał, to przed rokiem 2070 poziom dwutlenku węgla w atmosferze podwoi się w stosunku do poziomu naturalnego. Już obecnie zaobserwowano takie cechy zmian klimatu, które są tłumaczone wzrastającą koncentracją gazów szklarniowych. Sugerują to dane zebrane przez Międzyrządowy Panel do spraw Zmian Klimatu (IPCC).

Ponieważ, z definicji, systemy energetyczne zdolne do trwałego rozwoju muszą długofalowo wspierać zdrowie ludzi i ekosystemów, to dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń powinny być w przyszłości obniżane. Cele ekologiczne muszą brać pod uwagę fakt, że wraz ze wzrostem dobrobytu rosną wymagania społeczeństw dotyczące zdrowia i ochrony środowiska.

Choć skala problemów ekologicznych związanych z energią może wydawać się nierozwiązywalna, to liczne możliwe strategie działań mogą przynieść korzyści jednocześnie dla środowiska (na różnych szczeblach), dla gospodarki i dla ludzkiego dobrobytu. Dla przykładu, zastąpienie paliw stałych do gotowania paliwami gazowymi lub ciekłymi może dać znaczne efekty ekologiczne w skali lokalnej, regionalnej i globalnej, przynosząc odpowiednie korzyści zarówno dla zdrowia, jak i dla produktywności działania.

### **Bezpieczeństwo energetyczne**

Bezpieczeństwo energetyczne oznacza ciągłą dostępność energii w różnych jej formach, w wystarczających ilościach i po rozsądnych cenach. Takie warunki muszą być spełnione przez długi okres, jeśli energia ma przyczyniać się do trwałego i zrównoważonego rozwoju.

Znaczenie bezpieczeństwa energetycznego jest fundamentalne z powodu nierównomierniej lokalizacji zasobów paliw kopalnych na świecie. W niezbyt odległym czasie światowe bezpieczeństwo energetyczne może być bardziej narażone na zakłócenia z powodu wzrastającej zależności świata od importu ropy naftowej. Dla przykładu, spodziewany jest wzrost zależności krajów OECD od importowanej ropy (udziału importu netto w zużyciu całkowitym) z 56% w roku 1996 do 72% w 2010. Co więcej, choć bezpieczeństwo energetyczne było wysokie, a nawet poprawiło się w ciągu ostatnich 20 lat, to możliwość wystąpienia konfliktów zbrojnych, sabotażu, zakłóceń w handlu lub zmniejszenia zapasów strategicznych nie może być pomijana. Wymienione potencjalne zagrożenia wskazują na konieczność zwiększania bezpieczeństwa energetycznego w skali

globalnej, regionalnej i krajowej. W celu zwiększenia bezpieczeństwa mogą być zastosowane następujące opcje:

- ◆ unikanie nadmiernej zależności od importu poprzez wzrost efektywności użytkowania energii i zachęcanie do większego korzystania z zasobów lokalnych, szczególnie tych, których wykorzystanie przyniesie inne pozytywne efekty (takie jak tworzenie miejsc pracy, rozwój mocy wytwórczych i zmniejszenie emisji zanieczyszczeń), a nie będzie wymagało nadmiernych nakładów finansowych lub wykorzystania innych trudno dostępnych zasobów;
- ◆ dywersyfikacja źródeł (zarówno w sensie dostawców, jak i form energii);
- ◆ poprawa stabilności politycznej poprzez współpracę międzynarodową i długoletnie umowy pomiędzy krajami-importerami oraz pomiędzy importerami a eksporterami energii. Przykładowo może to być szersze przystąpienie do — i bardziej skuteczne stosowanie — Traktatu Karty Energetycznej, jak również rozwój międzynarodowej infrastruktury przesyłowej gazu ziemnego;
- ◆ promowanie transferu technologii (na przykład poprzez wspólne przedsięwzięcia lub spółki publiczno-prywatne) do krajów rozwijających się, tak aby mogły one lepiej wykorzystać lokalne źródła energii i poprawić efektywność energetyczną;
- ◆ zwiększenie strategicznych rezerw ropy i produktów naftowych poprzez wzrost inwestycji i ulepszenie technik poszukiwań.

Choć rola rynku w zapewnieniu dostaw energii w krajach OECD jest ważna, to odgrywa on jedynie skromną rolę w niektórych krajach rozwijających się i nie odgrywa żadnej w innych. Tam gdzie nie funkcjonuje rynek, bezpieczeństwo dostaw zależy niemal wyłącznie od działań rządów i koncernów ponadnarodowych, które mogą nie działać w interesie konsumentów. W takich sytuacjach bezpieczeństwo energetyczne może być wzmocnione poprzez promowanie rozwoju takich ram, które dopuszczają częściowy wpływ rynku na alokację zasobów energetycznych.

Dzięki niewielkim potrzebom paliwowym energetyka jądrowa przyczynia się do większej dywersyfikacji i poprawy pewności zaopatrzenia w energię. Jednak zaniepokojenie społeczne co do bezpieczeństwa reaktorów oraz transportu i składowania odpadów radioaktywnych, jak również co do ewentualnego rozprzestrzeniania broni jądrowej, ograniczyło rozwój energetyki jądrowej w wielu krajach. Potencjalny wypadek w elektrowni jądrowej gdziekolwiek na świecie mógłby jeszcze bardziej zmniejszyć społeczną akceptację dla programów energetyki jądrowej, a tym samym zredukować przyszły poziom dywersyfikacji bilansu energetycznego. Ale gdyby możliwe było znalezienie powszechnie akceptowanych metod zmniejszających niepokój społeczny związany z wymienionymi kwestiami, to energia jądrowa mogłaby znacząco przyczynić się do poprawy pewności zasilania w energię elektryczną w wielu częściach świata.

Konsumenci indywidualni i przedsiębiorstwa są także narażeni na przerwy w dostawach energii. Choć trend w kierunku liberalizacji rynków energetycznych ogólnie zwiększył bezpieczeństwo energetyczne dzięki konkurencji i zaoferowaniu nowych opcji, to jednak pojawiły się także obawy, że biedni znajdują się poza nawiasem tych procesów i ich sytuacja braku bezpieczeństwa energetycznego nie zmieni się.

## 1.2. Część 2. Zasoby energetyczne i opcje technologiczne

Zasoby energetyczne i możliwości techniczne konieczne w celu sprostania wyzwaniom trwałego, zrównoważonego rozwoju są gotowe lub łatwo mogą zostać udostępnione. Bez zmian polityki gospodarczej różnice kosztów mogą jednak jeszcze przez lata faworyzować paliwa konwencjonalne. Jednocześnie możliwe są następujące opcje mające na celu wsparcie rozwoju zrównoważonego, a tym samym przypisanie większej roli wymaganiom ochrony środowiska:

- ◆ bardziej efektywne użytkowanie energii, szczególnie na etapie zużycia końcowego w budynkach, urządzeniach elektrycznych, pojazdach i procesach produkcyjnych,
- ◆ wzrost zastosowania odnawialnych źródeł energii,
- ◆ przyspieszony rozwój i zastosowanie nowych technologii energetycznych, szczególnie nowych generacji technologii spalania paliw kopalnych, które redukuje szkodliwe emisje niemal do zera, a także technologii jądrowych, jeśli rozwiązane zostaną problemy związane z energią jądrową.

Wszystkie trzy opcje posiadają znaczny potencjał, lecz jego wykorzystanie będzie wymagać usunięcia przeszkód utrudniających ich rozpowszechnianie, stworzenia warunków rynkowych odzwierciedlających koszty ekologiczne oraz promowania innowacji technicznych.

### Zasoby energetyczne

Dokładna analiza długoterminowej dostępności zasobów energetycznych, począwszy od konwencjonalnych i niekonwencjonalnych zasobów ropy i gazu, wskazuje, że zasoby te wystarczą na kolejne 50—100 lat — a możliwe, że na znacznie dłużej — przy znanych technologiach poszukiwań i wydobywania oraz prognozowanym postępie technicznym w działalności wydobywczej. Zasoby węgla i paliw jądrowych są tak potężne, że mogą wystarczyć na stulecia, a w przypadku paliw jądrowych nawet na tysiąclecia. Co więcej, choć ceny paliw kopalnych mogą powoli wzrastać, to nie będą miały miejsca w przewidywalnej przyszłości wielkie podwyżki cen, które prognozowano w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Jak wykazały jednak wzrosty cen ropy zimą 1999/2000, ceny są zjawiskiem ulotnym. Wzrosty mogą zdarzać się na przykład, jeśli kartele będą dyktować ceny niezależne od kosztów produkcji. Pewne fluktuacje cen mogą także być spodziewane w okresie przejścia do powszechnego użytkowania niekonwencjonalnych zasobów ropy i gazu, ponieważ inwestycje w zdolności wydobywcze mogą nie być skoordynowane czasowo z popytem. Inne czynniki motywujące wzrost kosztów mogą wynikać z większych niebezpieczeństw ekologicznych związanych z wydobywaniem niekonwencjonalnych zasobów ropy.

Zasoby energii odnawialnej są bardziej równomiernie rozłożone niż zasoby paliw kopalnych i jądrowych, a fizyczny potencjał zasobów odnawialnych jest o więcej niż trzy rzędy wielkości większy niż obecne całkowite światowe zużycie energii. Jednak potencjał ekonomiczny tych zasobów jest limitowany przez wiele czynników, w tym ograniczenia w użytkowaniu ziemi, rozkład czasowy i przestrzenny promieniowania słonecznego, obawy ekologiczne i rozkład wiatrów.

Choć z bilansowego punktu widzenia przyszła dostępność energii jest niemal nieograniczona, to w praktyce nie jest istotne samo istnienie zasobów bez określenia, jak mogą one być przekształcone w podaż konkretnych usług energetycznych. Kluczowe są w tym kontekście następu-

jące pytania: Czy będą w odpowiednim czasie przygotowane technologie pozyskiwania i przetwarzania tych bogatych zasobów energii? Czy te technologie będą mieć ujemne konsekwencje? Czy usługi energetyczne wytwarzane z tych zasobów nie będą za drogie? Porównania historyczne świadczą, że takie obawy mogą być przynajmniej częściowo bezpodstawne dzięki postępowi technicznemu, ale postęp ten musi być wspierany — przez regulacje usprawniające funkcjonowanie rynku, przez czasowe dotacje, ulgi podatkowe lub inne mechanizmy — jeśli ma on stać się faktem w odpowiednim czasie.

### **Efektywność zużycia energii**

Czterokrotny wzrost cen ropy naftowej w latach siedemdziesiątych, wzrastająca świadomość skutków ekologicznych użytkowania energii oraz ryzyko zmian klimatu — to wszystko przyczyniło się do nowych przemyśleń i decyzji. W ich wyniku nastąpiła poprawa efektywności, z jaką energia jest używana we wszystkich sektorach i kierunkach: w przemyśle, w wytwarzaniu energii elektrycznej, jak również w oświetleniu, urządzeniach domowych, transporcie, ogrzewaniu i klimatyzacji budynków. Bardziej efektywne użytkowanie energii było głównym czynnikiem powodującym spadek energochłonności gospodarek niemal wszystkich krajów OECD, a później także krajów przeżywających transformację gospodarczą i niektórych szybko rozwijających się krajów Trzeciego Świata, takich jak Brazylia i Chiny.

Obecnie średnia światowa sprawność przekształcania energii pierwotnej na użytkową wynosi około jednej trzeciej. Innymi słowy, dwie trzecie energii pierwotnej jest tracone w procesach przemian, głównie w postaci niskotemperaturowego ciepła. Dalsze znaczące straty mają miejsce, gdy energia użytkowa jest narzędziem świadczenia usługi energetycznej. Istnieją liczne i zróżnicowane możliwości poprawy efektywności tych działań, szczególnie na etapie realizacji usługi energetycznej. Wykorzystanie tych szans, którym ostatnio poświęcano niewiele uwagi, daje największe możliwości ekonomicznie opłacalnych usprawnień efektywności. Oznaczałoby to mniej kosztowne usługi energetyczne oraz mniejsze emisje zanieczyszczeń z procesów energetycznych.

W ciągu następujących 20 lat ilość energii pierwotnej koniecznej do wytworzenia ustalonej ilości usług energetycznych może być w krajach uprzemysłowionych zredukowana, w sposób ekonomicznie opłacalny, o 25—35% (osiągnięcie górnej granicy przedziału wymaga bardziej skutecznej polityki energetycznej). Redukcja ta może nastąpić głównie na etapie wytworzenia usługi energetycznej we wszystkich sektorach zużycia: gospodarstwach domowych, przemyśle, transporcie, usługach i sektorze użyteczności publicznej. Redukcja o więcej niż 40% może w sposób opłacalny nastąpić w krajach transformujących gospodarkę. A w większości krajów rozwijających się, w tych które osiągają wysoki wzrost gospodarczy, ale mają wiekowe urządzenia przemysłowe i wiekowy park pojazdów, potencjał ekonomicznie opłacalnych usprawnień wynosi od 30 do ponad 45%.

Poprawa efektywności w tempie około 2% rocznie, wynikająca z wymienionego potencjału ulepszeń, może być wzmocniona przez zmiany strukturalne w krajach uprzemysłowionych i transformujących się, przez przesunięcia w kierunku mniej energochłonnej działalności przemysłowej oraz przez efekty nasycenia w gospodarstwach domowych i transporcie. Efekt sumaryczny osiągnięty dzięki ulepszeniom efektywności i zmianom strukturalnym może pozwolić na

osiągnięcie spadków energochłonności o około 2,5% rocznie. Jak wiele z tego potencjału będzie zrealizowane, zależy od skuteczności działań z zakresu polityki gospodarczej, od zmian w podejściu do tych spraw oraz od zakresu działalności promującej poszanowanie energii.

W ciągu następnych kilku dekad pojawiają się prawdopodobnie nowe procesy, silniki, materiały, pojazdy i budynki zaprojektowane z zamiarem zmniejszenia zapotrzebowania na energię użytkową. Ponieważ w krajach rozwijających się spodziewany jest szybki wzrost popytu na samochody, bardzo ważne będzie osiągnięcie poprawy efektywności w tym obszarze. Kraje podlegające szybkiemu uprzemysłowieniu mogą osiągnąć wielkie korzyści także z wprowadzenia radykalnie nowych i bardziej efektywnych technologii w energochłonnych przemysłach surowcowych. W krajach tych rośnie popyt na podstawowe materiały do budowy urządzeń infrastrukturalnych. To daje szansę działaniom innowacyjnym i poprawiającym efektywność produkcji, szczególnie w krajach przechodzących reformy rynkowe. Możliwość wzrostu efektywności są większe przy nowych inwestycjach, a mniejsze przy modernizacjach.

W długim okresie dodatkowe wielkie zmiany efektywności są możliwe na wszystkich etapach przemian energetycznych, szczególnie w przemianie z energii użytkowej na usługę energetyczną. Analiza wykazuje, że obecne technologie są dalekie od możliwości teoretycznych oraz że w skali całego systemu energetycznego możliwe jest osiągnięcie ulepszeń o rząd wielkości.

Z wielu przyczyn potencjał techniczny i ekonomiczny efektywności energetycznej, jak również jego pozytywny wpływ na trwały i zrównoważony rozwój, nie był nigdy wykorzystywany. Osiągnięcie wyższej efektywności zużycia energii wymaga różnorodnych działań technicznych. Ponieważ działania na etapie zużycia są zdecentralizowane i rozproszone, trudno jest dla nich zorganizować właściwe wsparcie. Efektywność energetyczna nie jest także częstą areną działań polityków, mediów i jednostek szukających popularności, ponieważ efekty działań w tej dziedzinie nie są widowiskowe. Co więcej, znaczące bariery, głównie niedoskonałości rynku, do zniwelowania których potrzebne są konkretne instrumenty polityki, utrudniają wykorzystanie poważniejszych możliwości wzrostu efektywności energetycznej. Do barier tych należą:

- ◆ brak odpowiedniej informacji, wiedzy technicznej i szkoleń,
- ◆ niepewność co do efektów inwestycji w nowe i energooszczędne technologie,
- ◆ brak odpowiedniego kapitału lub możliwości finansowania,
- ◆ wysokie koszty inwestycyjne i instalacyjne bardziej efektywnych technologii,
- ◆ wysokie koszty poszukiwania i weryfikowania informacji oraz szkoleń,
- ◆ brak zachęt do dokładnej konserwacji urządzeń,
- ◆ mniejsze zainteresowanie użytkownika efektami działań w porównaniu z inwestorem (na przykład w przypadku, gdy rachunki za energię płaci najemca, a nie właściciel nieruchomości),
- ◆ zewnętrzne koszty użytkowania energii, nie odzwierciedlone w jej cenach,
- ◆ sposoby postępowania konsumentów, dostawców i decydentów, które mogą być motywowane wieloma czynnikami, włączając w to idee prestiżu społecznego i standardy zawodowe.

Wykorzystanie ekonomicznie opłacalnego potencjału efektywności energetycznej będzie korzystne nie tylko dla pojedynczych konsumentów energii, ale także dla gospodarki jako całości. Dla przykładu, środki zaoszczędzone na wydatkach na energię mogą być wykorzystane na produkcję innych potrzebnych dóbr, a gdy ekonomicznie opłacalny potencjał efektywności zostanie

wykorzystany, pojawiają się dodatkowe możliwości usprawnień jako efekty prac badawczo-rozwojowych oraz wykorzystania ekonomii skali. Oznacza to, że można spodziewać się ciągłego pojawiania się ekonomicznie opłacalnych możliwości ulepszeń efektywności energetycznej.

Działania z zakresu polityki w zakresie efektywności energetycznej, które wykorzystują bezpośrednio lub pośrednio mechanizmy cenowe (takie jak zaniechanie dotacji lub też włączenie kosztów zewnętrznych), skutecznie oddziałują na zmniejszenie wielkości zużycia w takich sektorach i kierunkach użytkowania, które charakteryzują się znaczną elastycznością cenową. Ale nawet bez konkretnego oddziaływania na ceny odpowiednie elementy polityki energetycznej powinny być stosowane, aby zastąpić niedoskonałości rynków. Dla przykładu, normy sprawności, etykietowanie urządzeń i produktów, dobrowolne porozumienia oraz fachowe szkolenia mogą przyspieszyć wzrost PKB dzięki ulepszeniu efektywności ekologicznej i ekonomicznej, przy zużyciu ustalonej ilości energii. Normy prawne, dobrze poinformowani konsumenci, planiści i decydenci oraz odpowiedni system płatności za energię to czynniki kluczowe dla skutecznego wdrożenia ulepszeń efektywności energetycznej.

### **Technologie energii odnawialnej**

Odnawialne źródła energii (w tym biomasa, energia słoneczna, wiatrowa, geotermalna i wodna) posiadają potencjał dostarczania usług energetycznych przy zerowej lub niemal zerowej emisji zarówno zanieczyszczeń powietrza, jak i gazów cieplarnianych. Obecnie źródła odnawialne zaspokajają 14% całkowitego światowego zapotrzebowania na energię. Dominuje w tym tradycyjna biomasa używana do gotowania i ogrzewania pomieszczeń na wiejskich obszarach krajów rozwijających się. Duże elektrownie wodne dostarczają 20% światowej energii elektrycznej. Ich możliwości dalszej rozbudowy są ograniczone w krajach uprzemysłowionych, gdzie niemal osiągnęły one granicę ekonomicznie uzasadnionego rozwoju. W świecie rozwijającym się wciąż istnieje znaczny potencjał rozwojowy energetyki wodnej, choć wielkie projekty mogą napotykać ograniczenia finansowe, ekologiczne i społeczne.

Sumarycznie, nowoczesne źródła odnawialne miały 2-procentowy udział w światowym zużyciu energii w roku 1998. Było w tym 7 EJ nowoczesnej biomasy i 2 EJ wszystkich pozostałych źródeł (geotermalnych, wiatrowych, słonecznych, energii pływów i małej energetyki wodnej). Źródła fotowoltaiczne i przyłączone do sieci turbiny wiatrowe odnotowują rocznie 30-procentowe przyrosty mocy. Ale nawet przy takich przyrostach dopiero po upływie wielu dziesięcioleci źródła te będą mogły osiągnąć znaczący udział w całkowitym zużyciu energii, ponieważ ich obecny punkt startowy jest bliski zera.

Istotne spadki cen w ciągu kilku ostatnich dziesięcioleci uczyniły niektóre źródła odnawialne konkurencyjnymi w stosunku do paliw kopalnych w niektórych zastosowaniach na niektórych rynkach. Współczesne formy biomasy wydają się być szczególnie obiecujące jako źródło zaspokojenia potrzeb obszarów wiejskich, przy zastosowaniu czystych technologii odmiennych od tradycyjnych, nieefektywnych, zanieczyszczających sposobów spalania biomasy. Biomasa może być ekonomicznie wytwarzana w postaci regularnych corocznych plonów, przy minimalnie negatywnych lub nawet pozytywnych efektach ekologicznych. Obiecująca jest także energia wiatrowa, szczególnie na obszarach wybrzeży morskich.



Inaczej niż wodne i konwencjonalne ciepłe źródła wytwarzania energii elektrycznej, źródła wiatrowe i słoneczne mogą funkcjonować jedynie w sposób nieciągły. Mogą one jednak mieć ważne lokalne zastosowania na obszarach wiejskich, gdzie rozbudowa sieci jest droga. Mogą one także funkcjonować w połączeniu z siecią w odpowiednich konfiguracjach hybrydowych. Źródła funkcjonujące w sposób nieciągły mogą bezawaryjnie dostarczać 10—30% całkowitej produkcji energii elektrycznej w układach hybrydowych z elektrowniami wodnymi lub ciepłymi. Potencjalne możliwości magazynowania energii i nowe strategie funkcjonowania sieci sugerują, że rola technologii wytwarzania nieciągłego może być wyraźnie większa.

Na drodze do przyspieszonego rozwoju technologii odnawialnych stoją jednak obecnie istotne bariery, które mogą być ominięte za pomocą odpowiednich ram i działań. Te bariery to: ryzyko ekonomiczne, trudności regulacyjne, ograniczona dostępność urządzeń, luki informacyjne i technologiczne, brak środków na inwestycje. Najpoważniejsza jest bariera finansowa, choć niektóre koszty spadły znacząco w ciągu kilku ostatnich dekad. Tabela 4 (patrz aneks) podsumowuje stan zastosowania różnych technologii odnawialnych oraz przedstawia informację o trendach w zakresie kosztów i mocy wytwórczych.

Wiele technologii odnawialnych, z racji swej małej skali i modularności, jest dobrymi kandydatami do dalszych obniżek kosztów w efekcie praktycznych doświadczeń. Wykresy obniżki kosztów wytwarzania dóbr przemysłowych, która jest z zasady szybka na początku, a następnie wygasa wraz z dojrzałością technologii, są nazywane „wykresami doświadczenia” lub „krzywymi doświadczenia”. Takie krzywe dla produkcji urządzeń energetycznych wykazują obecnie powtarzający się około 20-procentowy spadek kosztów przy każdym podwojeniu wielkości produkcji urządzeń fotowoltaicznych, generatorów wiatrowych i turbin gazowych, dzięki uzyskiwanemu doświadczeniu, usprawnieniom technologicznym oraz ekonomii skali. Podobne obniżki kosztów są spodziewane dla innych urządzeń odnawialnych.

Szybka ekspansja odnawialnych systemów energetycznych będzie możliwa pod warunkiem realizacji działań promujących taki rozwój rynku. Ekspansja taka może być osiągnięta w szczególności pod warunkiem znalezienia sposobów zmniejszania kosztów wdrażania technologii odnawialnych w ich wczesnych fazach rozwoju i komercjalizacji. Włączenie do cen konwencjonalnych form energii ich pełnych kosztów (w tym wycofanie dotacji i internalizacja kosztów zewnętrznych) zwiększy konkurencyjność źródeł odnawialnych. Ponieważ włączenie kosztów zewnętrznych jest obecnie i może być przez pewien czas problemem kontrowersyjnym, „zielone” ceny energii elektrycznej i ciepła (które pozwalają konsumentom dobrowolnie płacić więcej za energię o bardziej ekologicznym pochodzeniu) mogą być tymczasowym rozwiązaniem w krajach uprzemysłowionych.

## **Zaawansowane technologie energetyczne**

### **Paliwa kopalne**

Wyzwanie trwałych i zrównoważonych zdolności rozwojowych wskazuje na ważność ewolucji technologii paliw kopalnych w kierunku długofalowego zredukowania niemal do zera emisji zanieczyszczeń powietrza i gazów cieplarnianych, bez stosowania skomplikowanych technologii

„końca rury” (oczyszczania spalin). Technologie i strategie krótkoterminowe powinny wspierać taki cel długoterminowy.

Obecna rewolucja techniczna w zakresie elektrowni ciepłych, gdzie zaawansowane systemy zastępują turbiny parowe, wspiera wymieniony cel. Gazowy cykl kombinowany oferujący niskie koszty, wysoką sprawność i małe skutki ekologiczne jest obecnie wybierany wszędzie, gdzie łatwo dostępny jest gaz ziemny, w niektórych krajach nawet zamiast nowych wielkich elektrowni wodnych. Wytwarzanie skojarzone jest bardziej opłacalne ekonomicznie i może odgrywać znacznie większą rolę w gospodarce energetycznej, jeśli będzie oparte na turbinach gazowych i cyklu kombinowanym, a nie na turbinach parowych.

Technologie silników odwracalnych, mikroturbin i ogniw paliwowych są również poważnymi kandydatami do wytwarzania skojarzonego na mniejszą skalę, w tym w budynkach usługowych i mieszkalnych. Gazyfikacja węgla przez jego częściowe utlenienie i wytworzenie gazu syntetycznego (złożonego głównie z tlenu węgla i wodoru) pozwala na produkcję energii elektrycznej w elektrowniach o cyklu kombinowanym zintegrowanym ze zgazowaniem węgla (IGCC), przy emisji zanieczyszczeń niemal tak samo niskiej jak przy cyklu kombinowanym spalającym gaz ziemny. Już obecnie energia elektryczna z elektrociepłowni typu IGCC jest często konkurencyjna w stosunku do tradycyjnych węglowych elektrowni lub elektrociepłowni parowych.

Choć syntetyczne paliwa ciekłe produkowane w specjalnie w tym celu działających zakładach jednoproduktowych nie są obecnie konkurencyjne, to wytwarzanie superczystych paliw — pochodnych gazu syntetycznego (takich jak średnie destylaty i eter dwumetylowy) w procesach wieloproduktowych może już wkrótce być opłacalne. Gaz syntetyczny może być wytwarzany z gazu ziemnego metodą reformingu parowego lub z węgla za pomocą gazyfikacji przy zastosowaniu tlenu. Wzrost popytu na czyste paliwa syntetyczne może nastąpić wskutek zaostrożenia norm ochrony powietrza. Paliwa syntetyczne mogą być wytwarzane w procesach wieloproduktowych z gazu ziemnego, jeśli tylko jest on dostępny. Syntetyczne destylaty średnie produkowane tą metodą będą prawdopodobnie konkurencyjne w przypadkach, gdy gaz będzie tani (np. w odległych złożach w krajach rozwijających się); taka technologia może zachęcić do eksploatacji względnie małych odległych złóż gazu ziemnego.

Na obszarach ubogich w gaz ziemny, ale bogatych w węgiel, obiecujące jest wytwarzanie wieloproduktowe oparte na gazyfikacji węgla. Takie systemy mogą zawierać też produkcję dodatkowego gazu syntetycznego w celu dystrybucji sieciowej do niewielkich elektrociepłowni w fabrykach i budynkach, umożliwiając w ten sposób czyste i efektywne zużywanie węgla zarówno na małą, jak i na wielką skalę. W kilku krajach szybko rozwija się już obecnie wytwarzanie wieloproduktowe oparte na gazyfikacji niskojakościowych półproduktów naftowych. Ta działalność przeciera szlak dla przyszłych systemów opartych na węglu.

Bariery dla szerokiego zastosowania zaawansowanych systemów skojarzonych i wieloproduktowych mają charakter głównie instytucjonalny. Większość takich systemów może wyprodukować znacznie więcej elektryczności niż może być zużyte w miejscu wytwarzania, toteż osiągnięcie korzystnych wyników ekonomicznych zależy od możliwości sprzedaży energii elektrycznej do sieci po konkurencyjnych cenach. Polityka przedsiębiorstw sieciowych często utrudniała osiągnięcie takiego celu, ale w warunkach rynków konkurencyjnych, w kierunku których systemy elektroenergetyczne ewoluują w wielu regionach świata, systemy wytwarzania skojarzonego i wieloproduktowego mogą osiągać korzystne wyniki ekonomiczne.

Szybkim efektem prac wdrożeniowych technologii gazu syntetycznego może być otwarcie drogi do szerokiego użytkowania wodoru ( $H_2$ ) jako nośnika energii, ponieważ na wiele dziesięcioleci najtańszą drogą produkcji  $H_2$  będzie uzyskiwanie go z gazu syntetycznego pochodzącego z paliw kopalnych. Sukces we wdrożeniu ogniw paliwowych ułatwiłby wprowadzenie  $H_2$  jako źródła energii. Duża uwaga przywiązywana jest obecnie do ogniw paliwowych, głównie do ich zastosowań transportowych, ponieważ ogniwa te oferują wysoką sprawność i bliską zera emisję zanieczyszczeń powietrza. Producenci samochodów ścigają się w projektowaniu pojazdów z ogniwami paliwowymi, a ich wejście na rynek prognozowane jest na lata 2004—2010. Samochód na ogniwa paliwowe będzie ubiegał się o rolę „samochodu przyszłości” z już wprowadzonym na rynek pojazdem hybrydowym o dualnym napędzie spalinowo-elektrycznym.

Technologie produkcji energii elektrycznej i wodoru oparte na gazie syntetycznym ułatwiają również separację i magazynowanie  $CO_2$  z tradycyjnych systemów opartych na spalaniu paliw kopalnych. Da to możliwość wytwarzania energii użytkowej przy niemal zerowej emisji gazów cieplarnianych, bez dużego wzrostu kosztów wytwarzania. Niedawne badania sugerują, że globalna pojemność bezpiecznego magazynowania  $CO_2$  w formacjach geologicznych może być wystarczająca do pozbycia się  $CO_2$  wytwarzanego przy użytkowaniu paliw kopalnych na setki lat, choć dla potwierdzenia tego wniosku niezbędne są dalsze prace badawcze.

Inne zaawansowane technologie (ultranadkrytyczne bloki parowe, ciśnieniowe spalanie fluidalne, wytwarzanie energii elektrycznej w cyklu kombinowanym ze zintegrowanym zgazowaniem węgla opartym na częściowym utlenieniu w powietrzu, bezpośrednie upłynnianie węgla w celu otrzymywania paliw ciekłych) także oferują pewne korzyści w porównaniu do technologii konwencjonalnych. Jednak inaczej niż w przypadku technologii opartych na gazie syntetycznym, wymienione opcje nie oferują wyraźnych dróg do osiągnięcia długofalowego celu bliskich zera emisji, bez znaczących wzrostów kosztów usług energetycznych.

## **Energia jądrowa**

W skali światowej energia jądrowa to 6% energii ogółem, a 16% energii elektrycznej. Choć energia jądrowa zdominowała wytwarzanie energii elektrycznej w niektórych krajach, to związane z nią początkowe nadzieje nie zostały w szerokiej skali zrealizowane. Większość analityków prognozuje, że udział energii jądrowej w całkowitym bilansie energetycznym świata nie będzie wzrastać, a może nawet zmaleć w pierwszych dekadach XXI stulecia. Energia jądrowa jest droższa niż wcześniej przewidywano, konkurencja innych technologii narasta, energia jądrowa utraciła też zaufanie społeczne na skutek problemów związanych z bezpieczeństwem, składowaniem odpadów radioaktywnych i ryzykiem rozprzestrzenienia technologii militarnych.

Ponieważ jednak technologia jądrowa może dostarczyć energię nie emitując żadnych konwencjonalnych zanieczyszczeń powietrza ani gazów cieplarnianych, warto jest podejmować dalsze badania w celu stwierdzenia, czy zaawansowane technologie mogą zaoferować niższe koszty, poprawić poziom społecznego zaufania co do bezpieczeństwa reaktorów, zapewnić społeczeństwo, że pokojowe techniki jądrowe nie są wykorzystywane do celów wojskowych oraz wdrożyć skuteczne praktyki składowania odpadów nuklearnych. W przeciwieństwie do reaktorów typu czarnobylskiego, reaktory lekkowodne (LWR), które dominują w skali globalnej, mają dobrą kartotekę bezpieczeństwa — choć stan tej kartoteki został osiągnięty dzięki poniesieniu znacznych kosztów w celu zminimalizowania ryzyka wypadków.

Potencjalny związek między pokojowymi i wojskowymi zastosowaniami energii jądrowej został zauważony na początku epoki nuklearnej. Podjęto w związku z tym wysiłki mające na celu rozdzielanie tych dwóch dziedzin zastosowań. Polegały one na zawarciu Traktatu o Nierozprzestrzenianiu Broni Jądrowej i kilku traktatów regionalnych, sprawowaniu pewnych form kontroli nad handlem materiałami jądrowymi oraz produktami i usługami mogącymi mieć zastosowanie przy wytwarzaniu broni jądrowej, a także na odpowiednim zabezpieczeniu materiałów i instalacji jądrowych służących do zastosowań pokojowych. Zabezpieczenia te przyniosły generalnie efekty pozytywne. Jeśli jednak w przyszłości udział energii jądrowej w bilansie energetycznym świata miałby być znacznie wyższy niż obecnie, to w celu jej pełnego oddzielenia od ewentualnych zastosowań militarnych muszą być podjęte silniejsze działania instytucjonalne. Działania te muszą być uzupełnione przez zabezpieczenia techniczne nakierowane na zmniejszenie ryzyka skonstruowania broni jądrowej w ramach instalacji jej pokojowego wykorzystania oraz kradzieży z tych instalacji materiałów nuklearnych mogących posłużyć do budowy takiej broni.

Obecna działalność w zakresie rozwoju reaktorów jądrowych koncentruje się na ewolucji reaktorów lekkowodnych (LWR) oraz na nowych koncepcjach. Dostawcy reaktorów oferują obecnie udoskonalone bloki LWR z ulepszonymi zabezpieczeniami i standaryzowaną konstrukcją, co do której można mieć duży stopień pewności, że spełni ona zakładane wskaźniki wydajności i kosztów. Inny kierunek udoskonaleń reaktorów LWR polega na ich lepszym zabezpieczeniu przed ryzykiem wykorzystania militarnego poprzez pewne modyfikacje cyklu paliwowego uranu lub toru. Jeszcze jeden pomysł to reaktor modułarny, który oferuje gwarancje wysokiego poziomu bezpieczeństwa bez potrzeby stosowania skomplikowanych, kosztownych instalacji kontrolnych. Reaktor modułarny mógłby również funkcjonować z zastosowaniem nie nadającego się do celów wojskowych zmodyfikowanego cyklu uranu lub toru.

Czynnikiem, który może hamować rozwój energetyki jądrowej opartej na reaktorach LWR jest ograniczona dostępność niedrogich zasobów uranu. Wcześniej sądzono, że praktyczną opcją rozwiązania tego problemu będzie zastosowanie reaktora plutonowego powielającego. Jednak koszty energii elektrycznej z takich reaktorów byłyby prawdopodobnie w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat wyższe niż z reaktorów lekkowodnych. Także zabezpieczenie przed rozprzestrzenianiem materiału jądrowego jest znacznie trudniejsze w przypadku reaktora powielającego niż w przypadku reaktora klasycznego stosującego jednoetapowy cykl paliwowy.

Inną opcją biorącą pod uwagę ograniczenia zasobów paliwa jądrowego są alternatywne pomysły reaktorów powielających, w tym reaktorów z napędem akceleratorowym, reaktorów wykorzystujących uran z wody morskiej i reaktorów termojądrowych. Charakterystyki kosztów i bezpieczeństwa takich reaktorów są jeszcze nie zbadane, a wdrożenie takich koncepcji zajęłoby dziesięciolecia. Niedawne badania sugerują, że byłoby możliwe i względnie niedrogi wykorzystywanie uranu z wód morskich, gdzie jego stężenie jest niskie, ale całkowite ilości wysokie. Jeżeli taka technologia mogłaby zostać zastosowana w skali globalnie znaczącej, to niepotrzebne mogłoby okazać się kosztowne zaangażowanie w technologię reaktorów powielających. Synteza jądrowa mogłaby stanowić niemal niewyczerpane źródło energii, ale nie będzie prawdopodobnie możliwe jej praktyczne zastosowanie przed rokiem 2050.

Radioaktywne odpady z energetyki jądrowej muszą być izolowane w taki sposób, aby nigdy nie mogły powrócić do ludzkiego środowiska w stężeniach, które mogłyby spowodować istotne

szkody. Choć długofalowe bezpieczeństwo składowanych odpadów nie zostało udowodnione, środowisko techniczne jest przekonane, że taki cel może zostać zrealizowany, w dużej mierze dzięki temu, że ilości takich odpadów są małe. Ale w większości krajów nie ma społecznej zgody co do standardów unieszkodliwiania odpadów radioaktywnych i co do strategii (zarówno krótko-, jak i długoterminowych) realizacji tych standardów. Problemy do rozwiązania mają tylko w części charakter techniczny. Obecny stan społecznego pata na temat unieszkodliwiania odpadów nie tylko zaciemnia perspektywy energetyki jądrowej. Spowodował on, że w praktyce powtórne przetwarzanie zużytego paliwa stało się krótkoterminową strategią zarządzania tym paliwem w niektórych krajach. Stało się to nawet pomimo faktu, że powtórne przetwarzanie paliwa nie przynosi żadnych korzyści ekonomicznych ani nie rozwiązuje problemu unieszkodliwiania odpadów. Odsuwa to jedynie problem w czasie i tworzy duże zapasy plutonu, który będzie musiał być w przyszłości unieszkodliwiony lub zużyty, z zachowaniem wymogu niskiego ryzyka jego rozprzestrzenienia.

### **1.3. Część 3. Czy możliwy jest trwały zrównoważony rozwój?**

Analiza oparta na scenariuszach wykazuje, że jest możliwe osiągnięcie celów trwałego, zrównoważonego rozwoju wyznaczonych w części 1 za pomocą zasobów i technologii przedstawionych w części 2. Wyniki badań scenariuszowych, opisane poniżej sugerują, że:

- ◆ kontynuacja obecnych trendów rozwoju systemów energetycznych nie jest spójna z celami trwałego zrównoważonego rozwoju. Realizacja takiej strategii rozwoju będzie wymagać znacznie większego oparcia się na udziale trzech czynników: wzrostu efektywności energetycznej, wykorzystania energii odnawialnej oraz zastosowania zaawansowanych technologii energetycznych;
- ◆ warunkiem wstępnym zrealizowania w zakresie energii celów zrównoważonego rozwoju jest znalezienie dróg przyspieszenia rozwoju nowych technologii w całym łańcuchu innowacyjnym, od badań do prototypów, zastosowań i rozpowszechnienia;
- ◆ problem dostarczenia usług energetycznych do obszarów wiejskich jest szczególnym wyzwaniem. Jest to jednak również szczególna okazja ulepszenia życia miliardów ludzi w stosunkowo krótkim czasie. Obiecujące są rozwiązania opierające się na decentralizacji, odpowiednich technologiach, nowatorskich rozwiązaniach kredytowych i lokalnym zaangażowaniu w podejmowanie decyzji.

#### **Scenariusze energetyczne**

Scenariusze energetyczne stanowią ramy badania perspektyw rozwojowych, w tym różnych opcji technologicznych i ich implikacji. Liczne scenariusze przedstawione w literaturze opisują stopień, w jakim rozwój systemów energetycznych będzie wpływał na zagadnienia globalne przeanalizowane w części 1 niniejszego opracowania. Niektóre scenariusze opisują prognozy spójne z celami zrównoważonego rozwoju. Główne cechy scenariuszy zrównoważonych to poprawa efektywności energetycznej i zastosowanie zaawansowanych technologii. Scenariusze zrównoważone

ważonego rozwoju charakteryzują się niskimi skutkami ekologicznymi (lokalnie, regionalnie i globalnie) oraz sprawiedliwą alokacją zasobów i bogactw.

Trzy warianty alternatywnych scenariuszy rozwoju świata przedstawiają przyszły świat w wymiarach wzrostu gospodarczego, trendów demograficznych i użytkowania energii. Związane z tym wyzwanie jest niezwykle. Dla przykładu, do roku 2100 sześć lub nawet osiem miliardów dodatkowych mieszkańców — więcej niż cała obecna populacja Ziemi — potrzebować będzie dostępu do niedrogich, niezawodnych, elastycznych i wygodnych usług energetycznych. Wszystkie 3 badane grupy scenariuszy osiągają ten cel poprzez różne drogi rozwoju systemów energetycznych, przy zróżnicowanym zakresie trwałości i równowagi rozwoju (tab. 5 w aneksie).

Wariant środkowy (odniesienia) (B) zawiera jeden scenariusz szczegółowy i jest oparty na ogólnym kierunku, w jakim świat rozwija się obecnie. Scenariusz ten zakłada kontynuację średniej stopy wzrostu gospodarczego i skromne ulepszenia technologiczne. Jego realizacja prowadzi do poważnych zaburzeń ekologicznych, włączając regionalne zakwaszenia i zmiany klimatu. Chociaż ogólnie środkowy wariant reprezentuje znaczną poprawę w stosunku do sytuacji obecnej, nie stanowi on scenariusza rozwoju zrównoważonego. Dwie pozostałe grupy scenariuszy prowadzą do wyższego wzrostu gospodarczego, z dynamicznym rozwojem technologii energetycznych. Oba warianty, a szczególnie wariant ekologiczny (C), pozwalają na znacznie lepsze spełnienie wymogów rozwoju zrównoważonego (tab. 6 w aneksie).

Dla przykładu, jeden ze scenariuszy (A3) wariantu wysokiego wzrostu osiąga niektóre cele zrównoważonego rozwoju, głównie dzięki szybkiemu wzrostowi gospodarczemu i zmianom w kierunku bardziej przyjaznych ekologicznie technologii i opcji. W tym scenariuszu wyższy poziom zamożności wynika z poważnych osiągnięć rozwojowych, w tym z przypisania ważnej roli czystym technologiom paliw kopalnych oraz technologiom odnawialnym i jądrowym. Zamierzona „odwęglenie” (dekarbonizacja) gospodarki przyczynia się do poprawy równowagi ekologicznej. Dwa pozostałe scenariusze w ramach wariantu wysokiego wzrostu prowadzą do większej zależności od paliw kopalnych, a co za tym idzie, do wysokich emisji ze spalania tych paliw. W konsekwencji są one niezrównoważone z ekologicznego punktu widzenia.

Wariant (C) zawiera dwa scenariusze i jest sterowany przez wymogi ekologiczne, z wysokim wzrostem gospodarczym w krajach rozwijających się (w kierunku osiągnięcia celów gospodarczych i ekologicznych). Różnica pomiędzy scenariuszami C1 i C2 polega na tym, że pierwszy z nich zakłada globalne wycofanie energii jądrowej do roku 2100, a drugi nie. Oba scenariusze zakładają wprowadzenie podatku węglowego (carbon tax) i podatków od energii, z zamiarem promocji źródeł odnawialnych i ulepszeń efektywności energetycznej. Wpływy z podatków węglowego i od energii mają być wykorzystywane w celu umacniania wzrostu gospodarczego oraz promocji źródeł odnawialnych i efektywności energetycznej, a nie w celu obniżania innych podatków w krajach uprzemysłowionych.

Oba scenariusze wariantu C zakładają decentralizację systemów energetycznych i oparcie się na rozwiązaniach lokalnych. Wymagają one znacznie mniejszych inwestycji po stronie podażowej niż scenariusze pozostałych wariantów. Mogą one jednak wymagać znacznych inwestycji u konsumentów energii, które nie są wzięte pod uwagę w scenariuszach. W ramach tych scenariuszy ambitne działania proekologiczne zmniejszają lokalne i regionalne zanieczyszczenia, a globalne traktaty doprowadzają do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Z trzech rozpatrywa-

nych wariantów, wariant C jest najbardziej spójny z celami zrównoważonego rozwoju. W scenariuszu C1 cele te osiągane są przez spadek udziału węgla i ropy w bilansie energii pierwotnej, przy wielkim wzroście udziału energii słonecznej i biomasy do roku 2100.

Dla celów ilustracyjnych przedstawiono również strukturę bilansu energii pierwotnej w scenariuszu C2, w którym dużą rolę może odgrywać energia jądrowa, jeżeli zostaną rozwiązane utrudniające jej rozwój problemy (koszty, bezpieczeństwo, unieszkodliwianie odpadów i ochrona przed rozprzestrzenianiem).

Znaczne zróżnicowanie prognozowanego całkowitego zużycia energii między poszczególnymi scenariuszami odzwierciedla inne sposoby podejścia do konieczności zaspokojenia przyszłych potrzeb energetycznych. Zróżnicowanie to świadczy również o znaczeniu polityki energetycznej. Osiągnięcie celów dwóch scenariuszy charakteryzujących się cechami zrównoważonego rozwoju będzie wymagać istotnego przyrostu nakładów prywatnych i publicznych na badania, wdrożenia i zastosowania, w celu wsparcia nowych technologii energetycznych. W przeciwnym przypadku większość czystych technologii paliw kopalnych i technologii odnawialnych, a także wiele technologii efektywnego zużycia energii, może nie osiągnąć konkurencyjności. (Szczegółowa charakterystyka koniecznych wydatków może różnić się zależnie od stopnia dojrzałości konkretnej technologii.) Niezbędny będzie znaczący postęp techniczny, a także dodatkowe ulepszenia konwencjonalnych technologii energetycznych.

W związku ze spodziewanym dużym wzrostem zapotrzebowania na energię kraje rozwijające się mają dobre warunki do skorzystania z innowacji na polu technologii energetycznych. Ogólnie, scenariusze A3, C1 i C2 wymagają w ciągu kilku najbliższych dziesięcioleci istotnych zmian w sferze polityki gospodarczej oraz zachowań jednostek, aby osiągnąć bardziej trwałe ścieżki rozwojowe. Sumarycznie biorąc, efekty tych zmian, opisane szerzej w części 4, oznaczają wyraźne odejście od kontynuacji dzisiejszych trendów.

Innym ważnym warunkiem wstępnym dla osiągnięcia trwałości i równowagi rozwojowej jest wymóg niemal powszechnego dostępu do odpowiednich, niedrogich usług energetycznych oraz bardziej sprawiedliwa alokacja zasobów. Ochrona środowiska, począwszy od zanieczyszczeń wewnątrzmiastkowych, a skończywszy na problemie zmian klimatu, jest także w omawianych scenariuszach fundamentalną cechą zrównoważonego rozwoju. Podjęcie właściwych decyzji co do przyszłych wyzwań powinno nastąpić do roku 2020. Decyzje podjęte w tym czasie silnie zdeterminują fakt, czy dalsza ewolucja struktur energetycznych będzie raczej kontynuacją dotychczasowych praktyk (według scenariusza B), czy też nastąpi przejście w kierunku bardziej zrównoważonych ścieżek rozwojowych (według scenariuszy A3, C1 lub C2).

Na skutek długich czasów istnienia elektrowni, rafinerii, hut, budynków, infrastruktury transportowej i innych rodzajów środków trwałych związanych z energią, zastępowanie wymienionych urządzeń nowymi nie nastąpi na tyle szybko, aby istotne różnice pomiędzy efektami różnych scenariuszy ujawniły się już przed rokiem 2020. Ale ziarno, które zmieni świat po roku 2020, musi być posiane przed tym rokiem. Tak więc możliwości wyboru co do przyszłych systemów energetycznych świata są względnie szeroko otwarte teraz. Te szanse są szczególnie duże tam, gdzie duży zakres infrastruktury ma być dopiero budowany, co oferuje możliwość szybkiego wprowadzenia nowych, ekologicznie przyjaznych technologii.

Tam gdzie infrastruktura istnieje, inwestycje mają charakter głównie odtworzeniowy. W tej fazie można dokonać wielu zmian, ale potrzeba więcej czasu, aby wpłynęły one na ogólne funk-

cjonowanie systemu. Jeśli mądre decyzje nie będą podjęte w ciągu niewielu następnych dziesięcioleci, to będziemy związani faktem ich braku, a pewne możliwości rozwojowe mogą zostać zaprzepaszczone. Tak więc wytyczenie drogi trwałego i zrównoważonego rozwoju wymaga globalnej perspektywy, bardzo długiego horyzontu czasowego i podjęcia we właściwym czasie decyzji z zakresu polityki gospodarczej.

### **Energia na wsi w krajach rozwijających się**

W latach 1970—1990 zostały na świecie zelektryfikowane wiejskie gospodarstwa domowe obejmujące około 800 milionów osób. Około 500 milionów osiągnęło poprawę warunków życia dzięki zastosowaniu lepszych sposobów gotowania i realizacji innych funkcji energetycznych, głównie w Chinach. Pomimo tych ogromnych wysiłków, mających na celu poprawę warunków użytkowania energii przez populacje wiejskie, dokonanych w ciągu ostatnich 20—30 lat, liczba ludności nie mającej dostępu do współczesnych form energii pozostała niezmienną — są to 2 miliardy ludzi.

Choć brak dostępu do współczesnych form energii na obszarach wiejskich jest prawdopodobnie najpoważniejszym problemem energetycznym stojącym przed ludzkością obecnie i w najbliższej przyszłości, to energia dla wsi znajduje się na niskim miejscu list priorytetów większości planistów w rządach i korporacjach energetycznych, a zwiększone zapotrzebowanie ze strony bardziej wpływowej (i szybko rosnącej) ludności miejskiej będzie utrudniało wejście rozwoju wsi na wyższą pozycję na tej liście.

Skuteczna strategia zaspokajania potrzeb energetycznych ludności wiejskiej to promocja „wspinaczki na drabinę energetyczną”. Oznacza to stopniowe zastępowanie prostych paliw z biomasy (odchodów zwierzęcych, resztek roślinnych, drewna) wygodnymi, efektywnymi formami energii, właściwymi do potrzebnych celów — zazwyczaj paliwem ciekłym lub gazowym do gotowania i ogrzewania oraz energią elektryczną do większości innych zastosowań. Taka „wspinaczka” oznacza zwykle nie tylko zwrot w kierunku współczesnych paliw jako takich, ale także efekt synergiczny w postaci równoczesnego rozpoczęcia użytkowania bardziej nowoczesnych i efektywnych urządzeń, takich jak kuchenki gazowe.

„Wspinaczka na drabinę energetyczną” nie oznacza, że należy kolejno wspiąć się na wszystkie znane szczeble. Dla przykładu, w przypadku gotowania użytkownicy nie muszą przechodzić od drewna przez naftę do gazu ciekłego (LPG) lub energii elektrycznej. Powinni oni dokonać, gdzie tylko jest to możliwe, bezpośredniego skoku od drewna do najbardziej efektywnych i najmniej zanieczyszczających obecnie dostępnych technologii (w tym nowych nośników odnawialnych). Dzięki pojawianiu się nowych technologii możliwe jest także wprowadzanie nowych, najwyższych szczebli na „drabinie energetycznej” i osiąganie dzięki temu jeszcze wyższych sprawności i jeszcze wyższego stopnia akceptowalności ekologicznej.

Cele trwałego, zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich związane z energią są następujące:

- ◆ zaspokojenie podstawowych potrzeb ludzkich przez dostarczenie wszystkim gospodarstwom domowym minimalnych koniecznych ilości energii elektrycznej do zastosowań ta-



kich jak oświetlenie i wentylacja oraz dostarczenie im czystszych paliw do gotowania. W szczególności wszystkie gospodarstwa domowe powinny mieć możliwość zaprzestania użytkowania nieprzetworzonych paliw stałych (biomasy i węgla) do gotowania i ogrzewania oraz zastąpienia ich nowoczesnymi formami energii, które mogą być pozyskiwane ze źródeł odnawialnych (biomasy i energii słonecznej) lub źródeł kopalnych;

- ◆ dostarczenie wystarczająco niedrogiej energii elektrycznej w celu wsparcia działalności gospodarczej na terenach wiejskich, co może dać zatrudnienie i pomoże zmniejszyć migrację do miast.

W wielu przypadkach uboga ludność wiejska może mieć wolę i zdolność płacenia za usługi energetyczne, jeśli otrzyma odpowiednią pomoc w opłaceniu wysokich kosztów początkowych (instalacyjnych). Ekonomika zaopatrzenia wiejskich gospodarstw domowych w energię elektryczną powinna być kalkulowana w sposób porównawczy z kosztami dostarczenia usług energetycznych za pomocą innych technologii. W większości przypadków domowe systemy fotowoltaiczne mogą dostarczyć energię do oświetlenia taniej niż nafta lub akumulatory, które są dla nich alternatywą, i mogą w efekcie być opłacalnym źródłem elektryczności na wsi.

Dostępność niedrogich i odpowiednich usług energetycznych na obszarach wiejskich może prowadzić do znacznej poprawy warunków życia ludności i zaspokojenia podstawowych potrzeb ludzkich w ciągu względnie krótkiego czasu. Ilość energii potrzebnej w tym celu jest stosunkowo mała. Doświadczenie wykazuje, że w celu znalezienia najbardziej odpowiednich rozwiązań w konkretnych przypadkach konieczny jest aktywny udział społeczności wiejskiej.

Wyzwaniem jest znalezienie sposobów, aby na nowoczesne nośniki energii stać było wszystkich mieszkańców wsi, z których część może wymagać dotacji, przynajmniej na pokrycie kosztów początkowych. Kluczem jest tu wprowadzenie pewnego zakresu warunków rynkowych, tak aby osiągnąć cele społeczne przy możliwie najmniejszych dotacjach. Jeśli dotacja jest konieczna, może ona być udostępniona jako integralna część kontraktu społecznego, na zasadzie takiej, że dostawcy energii zaspokajają potrzeby energetyczne wsi, a jednocześnie uzyskują bardzo konkurencyjne warunki swojej działalności w sektorze energii (jest to kluczowy element reform tego sektora). Jedną ze znanych metod finansowania dotacji jest wzajemne powiązanie warunków rynku konkurencyjnego z utworzeniem funduszu pomocy publicznej, zasilanego przez dostawców energii elektrycznej i gazu w ramach opłat za przesył. Tego typu fundusze zostały utworzone lub są projektowane w wielu krajach jako sposób ochrony funkcji użyteczności publicznej w warunkach konkurencyjnych rynków. Inne opcje osiągania takiego celu polegają na precyzyjnie ustalonych zachętach ekonomicznych, na przykład w ramach struktur opodatkowania.

W szczególności, część ulg podatkowych mogłaby być wydana na subsydiowanie najuboższych gospodarstw domowych do momentu, aż będą one w stanie wydobyć się z biedy. Taka strategia może być w pełni spójna z szerszym zastosowaniem sił rynkowych w celu bardziej efektywnej alokacji zasobów. Jeśli dla przykładu, w celu zaspokojenia potrzeb energetycznych pewnego obszaru wiejskiego wybrano podejście oparte na udzieleniu koncesji w trybie przetargowym, przy wymogu przestrzegania ustalonej ceny energii dla odbiorcy, to siły rynkowe doprowadzą do znalezienia najtańszych technik, wymagających najniższych kwot dotacji w celu wykonania ustalonego wymogu koncesyjnego (dostarczenia energii do wszystkich odbiorców po ustalonej cenie).

## 1.4. Część 4. W jakim kierunku idziemy?

Część 4 raportu identyfikuje kluczowe strategie równoczesnego osiągnięcia wzrostu gospodarczego i trwałego, zrównoważonego rozwoju ludzkości. Strategie te obejmują:

- ◆ ustalenie odpowiednich ramowych warunków, w tym kontynuacji reform rynkowych, spójnych regulacji i ukierunkowanych działań politycznych, mających na celu promocję konkurencji na rynkach energii, zmniejszanie kosztów usług energetycznych dla odbiorców końcowych oraz ochronę ważnych interesów publicznych,
- ◆ wysyłanie dokładnych sygnałów cenowych, w tym wycofywanie dotacji do konwencjonalnych nośników energii oraz internalizację kosztów zewnętrznych,
- ◆ usuwanie barier lub wprowadzanie potrzebnych motywacji promujących większą efektywność energetyczną oraz rozwój nowych technologii energetycznych i ich szerokie rozpowszechnianie.

Wyzwanie trwałych, zrównoważonych zdolności rozwojowych będzie wymagać skoordynowanego wysiłku ze strony rządów, społeczności energetycznej, społeczeństwa obywatelskiego, sektora prywatnego, organizacji międzynarodowych i jednostek ludzkich. Wszelkie trudności stojące na drodze do właściwych działań są relatywnie małe w stosunku do szans jakie istnieją. Ponieważ dzisiejszy świat znajduje się w dynamicznym i krytycznym okresie przemian gospodarczych, technicznych, demograficznych i strukturalnych, a zmiany systemów energetycznych wymagają dziesięcioleci, czas na działanie jest teraz!

### **Energia i dobrobyt gospodarczy**

Zapotrzebowanie gospodarek uprzemysłowionych i gospodarek znajdujących się w okresie transformacji na usługi energetyczne będzie prawdopodobnie wzrastać, choć rosnąca sprawność przemian energetycznych i technik użytkowania energii może spowodować stagnację lub nawet zmniejszenie popytu na energię pierwotną. Jednak w krajach rozwijających się prognozowany jest wzrost zapotrzebowania na energię pierwotną o około 2,5% rocznie, wskutek postępów procesu uprzemysłowienia, motoryzacji i poprawy warunków życia.

Uzyskanie takiego prognozowanego przyrostu zużycia energii będzie niezbędne, aby kraje rozwijające się osiągnęły dobrobyt gospodarczy. Będzie to wymagać znacznych nakładów inwestycyjnych — rzędu 2,0—2,5% Produktu Krajowego Brutto krajów rozwijających się w ciągu następnych 20 lat. Taka wartość jest zbliżona do historycznych standardów i przy założeniu właściwej polityki finansowej i ekonomicznej będzie dla tych krajów osiągalna. W przeszłości inwestycje energetyczne w krajach rozwijających się bazowały za silnie — i niepotrzebnie — na dotacjach państwowych, a za słabo na środkach finansowych, które mogą być uzyskiwane poprzez ekonomicznie uzasadniony poziom cen, odpowiednią politykę regulacyjną i sprawne zarządzanie.

W ogólności nie ma powodu, aby sektor energii nie był samowystarczalny finansowo w następującym sensie: odpowiednie kształtowanie cen i polityka regulacyjna mogą przynosić przedsiębiorstwom poziom przychodów pokrywający koszty działalności i generujący zyski wystarczające dla przyciągnięcia na dużą skalę nowych inwestycji prywatnych. Faktycznie, jednym

z głównych celów liberalizacji rynków i nowych form regulacji wprowadzonych w wielu krajach w latach dziewięćdziesiątych było właśnie to — zmniejszenie potrzeby państwowych dotacji i przyciągnięcie kapitału prywatnego do inwestycji w sektorze energii. Pozostałe cele dotyczyły promowania innowacji, rentowności finansowej i sprawności zarządzania.

Tymczasowe dotacje państwowe mogą być potrzebne w celu pomocy ludziom, którzy są wyłączeni z rynku wskutek wyjątkowej biedy. Tak jak w obecnych krajach uprzemysłowionych obszary biedy skorzystały w przeszłości z nierynkowych elementów polityki, działania tego rodzaju mogą być obecnie realizowane, gdy istnieje do tego uzasadnienie, w krajach rozwijających się. Ubogie grupy społeczne mogą też wymagać ochrony przed trudnościami ekonomicznymi spowodowanymi przez zjawiska, na które ludzie ci nie mają wpływu. Dla przykładu, w niektórych krajach rozwijających się wysokie ceny ropy naftowej w latach siedemdziesiątych i wczesnych osiemdziesiątych przyczyniły się do wielkiego wzrostu zadłużenia zewnętrznego — w niektórych przypadkach aż o 50%. Skutki tego zadłużenia — zubożenie kraju i duże bezrobocie — były szczególnie kłopotliwe dla ubogich, nawet jeśli podstawowym używanym przez nich paliwem było i jest drewno, a nie paliwa naftowe. Obciążenie zadłużeniem pochodzące z lat siedemdziesiątych nadal trwa w wielu krajach rozwijających się.

Choć wydaje się, że nie istnieją fizyczne ograniczenia co do całkowitych zasobów energetycznych świata, to poważne problemy mogą potencjalnie wystąpić, jeśli nie będzie prowadzona w odpowiednim czasie odpowiednia polityka gospodarcza, techniczna i ekologiczna. Częścią tej polityki musi być racjonalne kształtowanie cen energii, a także odpowiednie motywowanie rynków do znajdowania rozwiązań technicznych pojawiających się problemów, zanim spowodują one wysokie koszty społeczne i ekologiczne. Znaleźcie dróg zmniejszenia emisji gazów szklarniowych z procesów energetycznych oraz rozwiązywanie innych problemów ekologicznych w warunkach dalszego wzrostu wolumenu usług energetycznych będzie wymagać nowej polityki w zakresie badań, rozwoju i wdrożeń. Wiele zależeć więc będzie od obecnie wprowadzanych działań energetyczno-ekologicznych i od ich związków z siłami globalizacji i liberalizacji (wątek ten przedyskutowano poniżej).

Dzięki postępowi technicznemu i lepszej informacji o skutkach ekologicznych kraje rozwijające się mają warunki, aby rozwiązywać lokalne i regionalne problemy ekologiczne już na początku XXI stulecia, we wcześniejszej fazie rozwoju niż robiły to obecne kraje uprzemysłowione. Dzięki wczesnemu rozwiązywaniu problemów związanych z negatywnymi skutkami ubocznymi wytwarzania i użytkowania energii kraje rozwijające się mogłyby uzyskać poprawę, a nie pogorszenie, ich ogólnego poziomu dobrobytu i perspektyw gospodarczych. Problem globalnych zmian klimatu może jednak okazać się trudniejszy do pogodzenia z wysokim poziomem rozwoju gospodarczego.

W sumie jednak wyniki analiz przedstawione w niniejszym raporcie wskazują, że nie istnieją fundamentalne ograniczenia techniczne, ekonomiczne lub związane z zasobami bogactw naturalnych, które uniemożliwiłyby światu jednoczesne korzystanie zarówno z wysokiego poziomu usług energetycznych, jak i z lepszego środowiska naturalnego. Nie oznacza to, że wymienione korzyści na pewno nastąpią, a jedynie że są one możliwe do osiągnięcia. Jak wskazują wcześniej wymienione scenariusze rozwoju, zrównoważona przyszłość zależy od ambitnych decyzji politycznych i od wsparcia innowacji technicznych.

Przy analizie takich decyzji należy mieć w pamięci istotne cechy otoczenia politycznego i gospodarczego, w którym ewoluować będą nowe systemy energetyczne. Oto one:

- ◆ **Szersza struktura polityki makroekonomicznej i rozwojowej** — szczególnie w kontekście edukacji i szeroko pojętego rozwoju. Poniżej pewnego poziomu dochodu *per capita*, budżet i priorytety gospodarstwa domowego zdominowane są przez potrzebę przeżycia, w której nie ma jeszcze miejsca dla energii. Wzrost dochodów grup ludności nie mających dostępu do komercyjnych nośników energii jest najważniejszym determinantem faktu, czy będą oni mieli możliwość płacenia za usługi energetyczne (a więc również, czy stworzą popyt konieczny do sprawnego funkcjonowania rynku). Te fakty z kolei zależą od elementów polityki znajdujących się poza kontrolą przedsiębiorstw energetycznych.
- ◆ **Powszechna liberalizacja rynków energetycznych i restrukturyzacja sektora energii.** Zmiany te są spowodowane nieefektywnością monopoli, ograniczeniami budżetów państw oraz rozszerzającymi się możliwościami technicznymi, szczególnie w sferze wytwarzania energii elektrycznej. Liberalizacja i restrukturyzacja może obniżyć koszty i wygenerować nadwyżkę finansową konieczną do rozwoju usług (w takim stopniu, w jakim będzie to zyskowe). Ale na zrestrukturyzowanych rynkach energetycznych subsydiowanie skrócone nie będzie możliwe w celu rozwijania usług na obszarach, które nie są atrakcyjne dla inwestorów, chyba że restrukturyzacja uzupełniona będzie działaniami politycznymi, które konkretnie rozwiązują taki problem.
- ◆ **Globalizacja i przemiany wieku informacji.** Z liberalizacją rynków związana jest globalizacja — światowa ekspansja największych korporacji i nabywanie przez nie firm lokalnych lub też tworzenie spółek z lokalnymi partnerami. Powszechne stało się w związku z tym nabywanie materiałów i usług z odległych i zagranicznych źródeł. Nowe technologie są też w tych warunkach rozpowszechniane tak szybko, jak nigdy przedtem, w dużej mierze dzięki wszechświatowemu dostępowi do Internetu i innych technologii informacyjnych. Ekspansja ta może przyspieszyć wzrost świadomości potrzeby wdrażania zrównoważonych opcji rozwojowych i stosowania nowych technologii.

### **Polityka energetyczna na rzecz trwałego rozwoju**

Opisane badania scenariuszowe wykazały, że choć energia może przyczyniać się do trwałości i równowagi rozwojowej, to jej wpływ będzie zależał w tym aspekcie od szeregu czynników. Należą do nich wzorce zachowania, informacja i technologie, dostępność środków finansowych i wspierających instytucji, a szczególnie — decyzje i ramy polityczne motywujące do zmian w pożądanym kierunku. Obecna ścieżka rozwoju gospodarki energetycznej oraz tempo jej zmian nie są spójne z kluczowymi aspektami trwałości i równowagi rozwojowej. Zróżnicowanie cech przyszłości, które staje się dostrzegalne w poszczególnych scenariuszach po około 20 latach, odzwierciedla długofalową naturę systemów energetycznych. Wskazuje to także na fakt, że jeśli rządy, korporacje i instytucje międzynarodowe nie zastosują już teraz odpowiednich działań, to drzwi do szans rozwojowych mogą zostać zamknięte. Zmiana kursu stanie się wówczas jeszcze trudniejsza.

Najbardziej fundamentalnymi zagadnieniami, które muszą być rozpatrzone w ramach strategii zrównoważonego rozwoju i wynikających z nich działań politycznych, są pytania: jak poszerzyć dostęp do niezawodnych i niedrogich nowoczesnych form energii oraz jak zredukować negatywne konsekwencje zdrowotne i ekologiczne użytkowania energii?

Rynki mogą efektywnie zapewnić ekonomiczne warunki trwałego i zrównoważonego rozwoju, jeśli otrzymają odpowiednie ramy prawne, sygnały cenowe i zasady regulacyjne. Ale nie można spodziewać się, że same rynki zaspokoją potrzeby najbardziej wrażliwych grup społecznych i ochronią środowisko naturalne. Tam gdzie rynki nie zrealizują tych i innych ważnych celów publicznych, konieczne będą odpowiednio ukierunkowane działania rządowe i regulacyjne. Problem leży w tym, że interwencjonizm państwowy jest zwykle mniej efektywny niż działania rynku. Interwencje państwa mogą mieć niespodziewane konsekwencje, sprzeczne z oryginalnymi celami. Z tego powodu istnieje potrzeba stosowania różnych sposobów interwencjonizmu i wyciągania wniosków z doświadczeń innych krajów.

Działania i ramy polityczne wspierające zrównoważony rozwój powinny koncentrować się na rozszerzaniu dostępu do energii, wspieraniu efektywności energetycznej, przyspieszaniu rozpowszechniania nowych technologii odnawialnych oraz rozszerzaniu stosowania czystych technologii paliw kopalnych, nie zamykając równocześnie drogi opcji jądrowej. Te aspekty polityki energetycznej, a także związane z nimi decyzje dotyczące wzajemnych relacji prywatnego i publicznego transportu oraz planowania przestrzennego miast, mają najsilniejszy wpływ na efekty ekologiczne i zdrowotne użytkowania paliw konwencjonalnych.

Szersze strategie motywujące do tworzenia zrównoważonych systemów energetycznych są proste i bezpośrednie, ale ich realizacja będzie wymagać pełnego zrozumienia wyzwań przed jakimi stoimy oraz silniejszego zaangażowania w realizację konkretnej polityki. Strategie o których mowa polegają głównie na zaprzęgnięciu sprawności rynku do realizacji celów zrównoważonego rozwoju oraz na zastosowaniu dodatkowych zachęt do przyspieszenia innowacji, ominięcia przeszkód i niedoskonałości rynku oraz do ochrony ważnych interesów publicznych. Wśród podstawowych działań strategicznych za najważniejsze można uznać sześć niżej wymienionych.

### **Usprawnienie działania rynków**

Rynki, napędzane siłami konkurencji, spisują się lepiej w alokowaniu zasobów niż systemy administracyjne. Lecz rynek nie potrafi odpowiednio wziąć pod uwagę społecznych i ekologicznych kosztów dostawy i użytkowania energii. Działania polityczne, które zmniejszą niedoskonałości rynku dadzą zrównoważonej gospodarce energetycznej (źródłom odnawialnym, działaniom na rzecz efektywności energetycznej, nowym technologiom o bliskich zera emisjach) znacznie lepszą pozycję rynkową w stosunku do obecnych praktyk.

Niedoskonałości rynku mogą być zmniejszone przez wycofanie trwałych dotacji do konwencjonalnych źródeł energii (szacowanych na 250—300 miliardów USD rocznie w połowie lat dziewięćdziesiątych) i przez włączenie kosztów społecznych i ekologicznych do cen. Kilka krajów testowało podatki od energii i podatki ekologiczne jako metodę rozwiązywania tego ostatniego problemu. W wielu przypadkach konieczne będą odpowiednie zachęty do pojawienia się lub przyspieszenia zmian. Jedną z możliwości takich zachęt jest ukierunkowana, ograniczona w czasie dotacja celowa. Dodatkowe środki finansowe, włączając w to oficjalną pomoc rozwojową, są konieczne tam, gdzie rynki energii nie mogą funkcjonować sprawnie na skutek wyjątkowej biedy.

Innym aspektem ulepszania działań rynków jest znalezienie sposobów ominięcia trudności stojących na drodze do poprawy efektywności zużycia energii. Nawet przy braku dotacji do konwencjonalnych nośników energii bariery rynkowe — takie jak brak wiedzy technicznej, odmienne interesy inwestorów i użytkowników, wysokie koszty dodatkowe w przypadku inwestorów indywidualnych — uniemożliwiają działaniom na rzecz efektywności energetycznej osiągnięcie pełnego ekonomicznie uzasadnionego zakresu. Możliwości ominięcia takich barier to: skuteczne stosowanie dobrowolnych lub obowiązkowych norm technicznych dla urządzeń, pojazdów i budynków, etykietowanie urządzeń w celu lepszego informowania konsumentów, procedury zakupów promujące wyższy standard i ekonomię skali, szkolenia techniczne w zakresie nowych technologii efektywności energetycznej oraz mechanizmy kredytowe pomagające konsumentom w poniesieniu wyższych kosztów początkowych.

### **Uzupełnienie restrukturyzacji sektora energii o mechanizmy promujące trwałość rozwojową**

Obecna powszechna restrukturyzacja przemysłu energetycznego — umotywowana w dużym stopniu wzrastającą globalizacją gospodarki — doprowadzi do większej efektywności ekonomicznej rynków energii. Restrukturyzacja ta niesie ze sobą szansę zagwarantowania, że związane z energią cele społeczne niezbędne dla trwałości i równowagi rozwojowej będą prawidłowo realizowane w ramach tworzonej polityki reform rynkowych. Ten proces mógłby być wzmocniony, gdyby rządy ustanowiły normy określające wymogi odnośnie do technologii spełniających warunki trwałego rozwoju (na przykład przez określenie limitów emisji zanieczyszczeń powietrza lub minimalnych standardów energetycznych dla zakładów przemysłowych, maszyn i pojazdów).

Normy ustalone dla dostawców mogą być uzupełnione przez mechanizmy faworyzujące zrównoważone technologie energetyczne na etapie wyboru produktu przez nabywców. Inne mechanizmy regulacyjne wspierające zrównoważoną energetykę mogą polegać na wprowadzeniu następujących obowiązków: pewien procent energii w obrocie musi pochodzić ze źródeł odnawialnych, niezależni wytwórcy energii mają uzyskać dostęp (TPA) do sieci przesyłowych, ludność wiejska musi mieć zapewnioną dostawę energii. Potrzeba wprowadzenia wymienionych obowiązków może wynikać ze stwierdzenia faktu, że sama w sobie restrukturyzacja sektora energii nie wystarczy do osiągnięcia celów trwałego i zrównoważonego rozwoju.

### **Zachęcanie do dodatkowych inwestycji w sferę równowagi energetycznej**

Rynki energii w wielu krajach szybko stają się coraz bardziej konkurencyjne. Z tego powodu efektywna polityka zrównoważonego rozwoju, obojętnie, czy prowadzona w sferze finansowania, motywowania, ulg podatkowych czy regulacji, musi angażować sektor prywatny i stanowić katalizator dla prywatnych inwestycji na dużą skalę. Ale z powodów politycznych lub instytucjonalnych wiele krajów w okresie transformacji i rozwijających się, które najbardziej potrzebują inwestycji, ma problemy z przyciągnięciem prywatnego kapitału i uzyskaniem dostępu do rynków finansowych. Dające inwestorom pewność przepisy gospodarcze i sądownictwo, jak również pewne zachęty, mogą być potrzebne prywatnym inwestorom do inwestowania w zrównoważoną gospodarkę energetyczną lub do redukcji ryzyka związanego z takim inwestowaniem.

Oficjalna pomoc rozwojowa mogłaby również odegrać większą rolę w najmniej rozwiniętych krajach, szczególnie w tych, gdzie brak jest warunków do przyciągnięcia inwestycji prywatnych.

Dla promowania inwestycji niezbędne są przede wszystkim: stabilność polityczna, stosowanie reguł prawa, unikanie arbitralnych działań oraz istnienie instytucji, które ułatwiają obsługę finansową i obsługę inwestycji. Wspierające formy finansowania i kredytowania (w tym mikrokredyty, jakie istnieją w niektórych krajach) byłyby również potrzebne w celu zapewnienia dostępu do komercyjnych nośników energii ludności wiejskiej pozbawionej dotychczas takiego dostępu.

### **Promocja innowacji technicznych**

Obecnie stosowane technologie energetyczne nie są odpowiednie ani wystarczająco rentowne, aby zapewnić usługi energetyczne, które będą niezbędne w XXI stuleciu, a przy tym równocześnie chronić ludzkie zdrowie i stabilność ekologiczną. Jedną z metod zapewnienia, że nowe opcje techniczne będą gotowe, gdy potrzeba ich zastosowania stanie się ostra, byłoby odpowiednie wsparcie dla wybranego portfela obiecujących nowych technologii. Nowości energetyczne napotykać na bariery wzdłuż całego łańcucha innowacyjnego, od badań poprzez prototypy i obniżkę kosztów aż do szerokiego rozpowszechniania. Niektóre z tych barier spowodowane są niedoskonałościami rynku, inne słabościami sektora publicznego, a jeszcze inne sprzecznymi poglądami na temat potrzeb, priorytetów w ramach korporacji, horyzontów czasowych i rozsądnych poziomów kosztów.

Potrzeba wsparcia publicznego w celu ominięcia wskazanych barier zależeć będzie od rodzaju technologii, głównie od jej dojrzałości technicznej i potencjału rynkowego. Omijaniu przeszkód w rozpowszechnianiu technologii może być na przykład przyznany wyższy priorytet od omijania barier na etapie badań. Bezpośrednie wsparcie rządowe może z kolei być bardziej potrzebne dla radykalnie nowych technologii niż dla względnie niewielkich modernizacji, które sam sektor prywatny zwykle wdraża w sposób względnie efektywny. Metody wspierania innowacji technicznych, z założeniem konkurencyjnego sposobu działania w celu redukcji kosztów, polegają na: ulgach podatkowych, wspólnych prywatno-państwowych przedsięwzięciach badawczych, publicznych lub wspólnych procedurach zakupów, proekologicznych zasadach etykietowania produktów oraz inicjatywach przemian rynkowych.

### **Wspieranie przodownictwa technicznego i rozwój kadr w krajach rozwijających się**

Ponieważ większa część prognozowanego przyrostu zapotrzebowania na energię będzie mieć miejsce w krajach rozwijających się, to innowacyjność i przodownictwo w zakresie technologii energetycznych może być dla tych krajów wysoce efektywne w sensie ekonomicznym, ekologicznym i ludzkim. Kraje rozwijające się potrzebują ulepszać swoje zasoby — ludzkie, naturalne i techniczne — mogą więc tworzyć systemy energetyczne odpowiednie do ich własnych warunków. Potrzebują one jednak wsparcia w zakresie transferu technologii, finansowania i rozwoju fachowych kadr.

Zmniejszanie się oficjalnej pomocy rozwojowej w stosunku do potrzeb inwestycyjnych wskazuje, że większość tych potrzeb będzie musiała być zaspokajana przez sektor prywatny lub wspólne przedsięwzięcia prywatno-publiczne. Międzynarodowa współpraca przemysłowa jest jedną z metod, za pomocą których sektor prywatny może zdobyć rynki. Równocześnie rozwijanie prywatnych instytutów badawczych oraz regionalnych instytutów prowadzących szkolenia oferuje dodatkowe możliwości dalszego rozpowszechniania technologii i rozwoju fachowych kadr.

## **Promocja lepszej współpracy międzynarodowej**

Postępujący proces globalizacji oznacza, że idee, pieniądź i energia przepływają pomiędzy różnymi krajami. Efektywne sposoby współpracy międzynarodowej w zakresie energetyki mogą polegać na przykład na wspólnym zakupie wybranych technologii energii odnawialnej przez grupę krajów. Inne sposoby mogą polegać na międzynarodowej harmonizacji podatków ekologicznych i handlu emisjami (szczególnie pomiędzy krajami uprzemysłowionymi), a także na ustanawianiu wspólnych standardów efektywności energetycznej dla masowo wytwarzanych produktów oraz dla importu używanych maszyn i pojazdów. Potrzeba skoordynowanych działań w dziedzinie energii wynika jasno z Agendy 21, przyjętej na Szczycie Ziemi w roku 1992.

Wyzwanie równowagi energetycznej implikuje ważne role sprawcze dla rządów, organizacji międzynarodowych, światowych instytucji finansowych oraz społeczeństw obywatelskich, w tym organizacji pozarządowych i pojedynczych konsumentów. Niezbędne będzie partnerstwo oparte na bardziej zintegrowanym, zespołowym podejściu i wykorzystujące wnioski z praktycznych doświadczeń. Wspólnym mianownikiem dla wszystkich sektorów i regionów jest ustanowienie odpowiednich ramowych warunków i ukierunkowanie instytucji publicznych na skuteczne i efektywne współdziałanie ze społeczeństwem i aktorami sceny ekonomicznej w celu osiągnięcia wspólnych korzystnych celów.

Z pewnością energia może służyć jako potężne narzędzie trwałego zrównoważonego rozwoju. Jednak ukierunkowanie jej potęgi na działania sprzyjające osiągnięciu tego ogromnie ważnego celu będzie wymagać wielkich zmian polityki w kierunku utworzenia korzystnych, sprawczych ram działania. Bieda, nierówność, nieefektywność, zawodność, pilne priorytety ekologiczne, brak informacji i podstawowych umiejętności, nieobecność potrzebnych instytucji i zasobów — to wielkie wyzwania wymagające zmian. Jeśli zmiany te nie nastąpią w ciągu kilku najbliższych dziesięcioleci, to wiele obecnie otwartych możliwości zostanie straconych, perspektywy rozwojowe przyszłych pokoleń ograniczone, a cel trwałego, zrównoważonego rozwoju zaprzeczony.



## Aneks\*

TABELA 1. Światowe zużycie energii pierwotnej, 1998

TABLE 1. World primary energy consumption, 1998

Source	Primary energy (exajoules)	Primary energy 10 <sup>9</sup> toe	Percentage of total	Static reserve — production ratio (years) <sup>a</sup>	Static resource base-production (years) <sup>b</sup>	Dynamic resource base-production ratio (years) <sup>c</sup>
<b>Fossil fuels</b>	<b>320</b>	<b>7.63</b>	<b>79.6</b>			
Oil	142	3.39	35.3	45	~ 200	95
Natural gas	85	2.02	21.2	69	~ 400	230
Coal	93	2.22	23.1	452	~ 1,500	1,000
<b>Renewables</b>	<b>56</b>	<b>1.33</b>	<b>13.9</b>			
Large hydro	9	0.21	2.2		Renewable	
Traditional biomass	38	0.91	9.5		Renewable	
„New” renewables <sup>d</sup>	9	0.21	2.2		Renewable	
<b>Nuclear</b>	<b>26</b>	<b>0.62</b>	<b>6.5</b>			
Nuclear <sup>e</sup>	26	0.62	6.5	50 <sup>f</sup>	>300 <sup>f</sup>	
<b>Total</b>	<b>402</b>	<b>9.58</b>	<b>100.0</b>			

<sup>a</sup> Based on constant production and static reserves.

<sup>b</sup> Includes both conventional and unconventional reserves and resources.

<sup>c</sup> Data refer to the energy use of a business-as-usual scenario—that is, production is dynamic and a function of demand (see chapter 9). Thus these ratios are subject to change under different scenarios.

<sup>d</sup> Includes modern biomass, small hydropower, geothermal energy, wind energy, solar energy, and marine energy (see chapter 7). Modern biomass accounts for about 7 exajoules, and 2 exajoules comes from all other renewables.

<sup>e</sup> Converted from electricity produced to fuels consumed assuming a 33 percent thermal efficiency of power plants.

<sup>f</sup> Based on once-through uranium fuel cycles excluding thorium and low-concentration uranium from seawater. the uranium resource base is effectively 60 times larger if fast breeder reactors are used.

---

\* Ze względu na aktualną problematykę przedstawioną w artykule, zdecydowano się na zamieszczenie w aneksie tabel w wersji oryginalnej.

TABELA 2. Aspekty społeczne związane z dostępem do energii

TABLE 2. Energy-related options to address social issues

Social challenge	Energy linkages and interventions
Alleviating poverty in developing countries	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Improve health and increase productivity by providing universal access to adequate energy services-particularly for cooking, lighting, and transport-through affordable, high-quality, safe, and environmentally acceptable energy carriers and end-use devices.</li> <li>◆ Make commercial energy available to increase income-generating opportunities.</li> </ul>
Increasing opportunities for women	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Encourage the use of improved stoves and liquid or gaseous fuels to reduce indoor air pollution and improve women's health.</li> <li>◆ Support the use of affordable commercial energy to minimise arduous and time-consuming physical labour at home and at work.</li> <li>◆ Use women's managerial and entrepreneurial skills to develop, run, and profit from decentralised energy systems.</li> </ul>
Speeding the demographic transition (to low mortality and low fertility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Reduce child mortality by introducing cleaner fuels and cooking devices and providing safe, potable water.</li> <li>◆ Use energy initiatives to shift the relative benefits and costs of fertility-for example, adequate energy services can reduce the need for children's physical labour for household chores.</li> <li>◆ Influence attitudes about family size and opportunities for women through communications made accessible through modern energy carriers.</li> </ul>
Mitigating the problems associated with rapid urbanisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Reduce the 'push' factor in rural-urban migration by improving the energy services in rural areas.</li> <li>◆ Exploit the advantages of high-density settlements through land planning.</li> <li>◆ Provide universal access to affordable multi-modal transport services and public transportation.</li> <li>◆ Take advantage of new technologies to avoid energy-intensive, environmentally unsound development paths.</li> </ul>

TABELA 3. Zaburzenia ekologiczne wskutek działań gospodarczych  
 TABLE 3. Environmental insults due to human activities by sector, mid-1990 s

Insult	Natural base-line (tonnes per year)	Human disruption index <sup>a</sup>	Share of human disruption caused by			
			Commercial energy supply	Traditional energy supply	Agriculture	Manufacturing other
Lead emissions to atmosphere <sup>b</sup>	12,000	1.8	41% (fossil fuel burning, including additives)	Negligible	Negligible	59% (metal processing manufacturing, refuse burning)
Oil added to oceans	200,000	10	44% petroleum harvesting, processing and transport)	Negligible	Negligible	56% (disposal of oil wastes, including motor oil changes)
Cadmium emissions to atmosphere	1,400	5.4	13% (fossil fuel burning)	5% (traditional fuel burning)	12% (agricultural burning)	70% (metals processing, manufacturing, refuse burning)
Sulphur emissions to atmosphere	31 million (sulphur)	2.7	85% (fossil fuel burning)	0.5% (traditional fuel burning)	1% (agricultural burning)	13% (smelting, refuse burning)
Methane flow to atmosphere	160 million	2.3	18% (fossil fuel harvesting and processing)	5% (traditional fuel burning)	65% (rice paddies, domestic animals, land clearing)	12% (landfills)
Nitrogen fixation (as nitrogen oxide and ammonium) <sup>c</sup>	140 million (nitrogen)	1.5	30% (fossil fuel burning)	2% (traditional fuel burning)	67% (fertiliser, agricultural burning)	1% (refuse burning)
Mercury emissions to atmosphere	2,500	1.4	20% (fossil fuel burning)	1% (traditional fuel burning)	2% (agricultural burning)	77% (metals processing, manufacturing, refuse burning)
Nitrous oxide flows to atmosphere	33 million <sup>d</sup>	0.5	12% (fossil fuel burning)	8% (traditional fuel burning)	80% (fertiliser, land clearing, aquifer disruption)	Negligible
Particulate emissions to atmosphere	3,100 million	0.12	35% (fossil fuel burning)	10% (traditional fuel burning)	40% (agricultural burning)	15% (smelting, non-agricultural land clearing, refuse)
Non-methane hydrocarbon emissions to atmosphere	1,000 million	0.12	35% (fossil fuel processing and burning)	5% (traditional fuel burning)	40% (agricultural burning)	20% (non-agricultural land clearing, refuse burning)
Carbon dioxide flows to atmosphere	150 billion (carbon)	0.05 <sup>e</sup>	75% (fossil fuel burning)	3% (net deforestation for fuelwood)	15% (net deforestation for land clearing)	7% (net deforestation for lumber, cement manufacturing)

Note. The magnitude of the insult is only one factor determining the size of the actual environmental impact.

<sup>a</sup> The human disruption index is the ratio of human-generated flow to the natural (baseline) flow.

<sup>b</sup> The automotive portion of human-induced lead emissions. In this is assumed to be 50 percent of global automotive emissions in the early 1990s.

<sup>c</sup> Calculated from total nitrogen fixation minus that from nitrous oxide.

<sup>d</sup> Dry mass.

<sup>e</sup> Although seemingly small, because of the long atmospheric lifetime and other characteristics of carbon dioxide. This slight imbalance in natural flows is causing a 0.4 percent annual increase in the global atmospheric concentration of carbon dioxide.

TABELA 4. Stan i przyszłe koszty technologii energii odnawialnych

TABLE 4. Current status and potential future costs of renewable energy technologies

Technology	Increase in installed capacity in past five years (% a year)	Operating capacity, end 1998	Capacity factor (%)	Energy production, 1998	Turnkey investment costs (U.S. \$ per kilowatt)	Current energy cost	Potential future energy cost
Biomass energy	≈ 3	40 GWe		160 TWh (e)			
Electricity	≈ 3	> 200 GWth	25-80	> 700 TWh (th)	900-3000	5-15c/kWh	4-10c/kWh
Heat <sup>a</sup>	≈ 3	18 billion litres	25-80	420 PJ	250-750	1-5 c/kWh	1-5 c/kWh
Ethanol						8-25 \$/GJ	6-10 \$/GJ
Wind electricity	≈ 30	10 GWe	20-30	18 TWh (e)	1100-1700	5-13 c/kWh	3-10c/kWh
Solar photovoltaic electricity	≈ 30	500 MWe	8-20	0.5 TWh (e)	5000-10000	25-125 /kWh	5 or 6-25 c/kWh
Solar thermal electricity	≈ 5	400 MWe	20-35	1 TWh (e)	3000-4000	12-18c/kWh	4-10 c/kWh
Low-temperature solar heat	≈ 8	18 GWh (30 million m <sup>2</sup> )	8-20	14 TWh (e)	500-1700	3-20 c/kWh	2 or 3-10 c/kWh
Hydroelectricity	≈ 2	640 GWe	35-60	2510 TWh (e)	1000-3500	2-8 c/kWh	2-8 c/kWh
Large	≈ 3	23 GWe	20-70	90 TWh (e)	1200-3000	4-10 c/kWh	3-10 c/kWh
Small							
Geothermal energy	≈ 4	8 GWe	45-90	46 TWh (e)	800-3000	2-10 c/kWh	1 or 2-8 c/kWh
Electricity	≈ 6	11 GWe	20-70	40 TWh (th)	200-2000	0.5-5 c/kWh	0.5-5 c/kWh
Heat							
Marine energy	0	300 MWe	20-30	0.6 TWh (e)	1700-2500	8-15 c/kWh	8-15 c/kWh
Tidal	-	exp. phase	20-35	Unclear	1500-3000	8-20 c/kWh	Unclear
Wave	-	exp. phase	25-35	Unclear	2000-3000	8-15 c/kWh	5-7 c/kWh
Current	-	exp. phase	70-80	Unclear	Unclear	Unclear	Unclear
OTEC							

Note: The cost of grid-supplied electricity in urban areas ranges from 2—3 c/kW-h (off peak) to 15—25 c/kW-h (peak)

<sup>a</sup> Heat embodied in steam (or hot water in district heating) often produced by combined heat and power systems using forest residues black liquor or bagasse.

TABELA 5. Synteza trzech scenariuszy rozwoju w latach 2050 i 2100

TABLE 5. Summary of three energy development cases in 2050 and 2100 compared with 1990

		Case A High growth	Case A Middle growth	Case A Ecologically driven
Population (billions)	1990	5.3	5.3	5.3
	2050	10.1	10.1	10.1
	2100	11.7	11.7	11.7
Gross world product (trillions of 1990 dollars)	1990	20	20	20
	2050	100	75	75
	2100	300	200	220
Gross world product (annual percentage change)	1990—2050	High 2.7	Medium 2.2	Medium 2.2
	1990—2100	2.5	2.1	2.2
Primary energy intensity (megajoules per 1990 dollar of gross world product)	1990	19.0	19.0	19.0
	2050	10.4	11.2	8.0
	2100	6.1	7.3	4.0
Primary energy intensity improvement rate (annual percentage change)	1990—2050	Medium -0.9	Low -0.8	High -1.4
	1990—2100	-1.0	-0.8	-1.4
Primary energy consumption (exajoules)	1990	379	379	379
	2050	1,041	837	601
	2100	1,859	1,464	880
Cumulative primary energy consumption, 1990—2100 (thousands of exajoules)	Coal	8.9—30.7	17.5	7.1—7.2
	Oil	27.6—15.7	15.3	10.9
	Natural gas	18.4—28.7	15.8	12.2—12.9
	Nuclear energy	6.2—11.2	10.5	2.1—6.2
	Hydropower	3.7—4.2	3.6	3.6—4.0
	Biomass	7.4—14.3	8.3	9.1—10.1
	Solar energy	1.8—7.7	1.9	6.3—7.4
	Other	3.0—4.7	4.3	1.4—2.2
	Global total	94.0—94.9	77.2	56.9
Energy technology cost reductions (through learning)	Fossil	High	Medium	Low
	Non-fossil	High	Medium	High
Energy technology diffusion rates	Fossil	High	Medium	Medium
	Non-fossil	High	Medium	High
Environmental taxes (excluding carbon dioxide taxes)		No	No	Yes
Sulphur dioxide emissions (millions of tonnes of sulphur)	1990	58.6	58.6	58.6
	2050	44.8—64.2	54.9	22.1
	2100	9.3—55.4	58.3	7.1
Carbon dioxide emission constraints and taxes		No	No	Yes
Net carbon dioxide emissions (gigatonnes of carbon)	1990	6	6	6
	2050	9—15	10	5
	2100	6—20	11	2
Cumulative carbon dioxide emissions (gigatonnes of carbon)	1990—2100	910—1,450	1,000	540
Carbon dioxide concentrations (parts per million by volume)	1990	358	358	358
	2050	460—510	470	430
	2100	530—730	590	430
Carbon intensity (grams of carbon per 1990 dollar of gross world product)	1990	280	280	280
	2050	90—140	130	70
	2100	20—60	60	10
Investments in energy supply sector (trillions of 1990 dollars)	1990—2020	15.7	12.4	9.4
	2020—2050	24.7	22.3	14.1
	2050—2100	93.7	82.3	43.3
Number of scenarios		3	1	2

The three cases unfold into six scenarios of energy system alternatives: three case A scenarios (A1 — ample oil and gas; A2 — return to coal; and A3 — non-fossil future), a single case B scenario (middle course) and two case C scenarios (C1 — new renewables; and C2 — new renewables and new nuclear). Some of the scenario characteristics such as cumulative energy consumption, cumulative carbon dioxide emissions and decarbonisation are shown as ranges for the three case A and two C scenarios.

TABELA 6. Cechy trwałości rozwojowej w scenariuszach energetycznych w latach 2050—2100  
 TABLE 6. Characteristics of sustainability in three energy development scenarios in 2050 and 2100 compared with 1990

Indicator of sustainability	1990	Scenario A3	Scenario B	Scenario C1
Eradicating poverty	Low	Very high	Medium	Very high
Reducing relative income gaps	Low	High	Medium	Very high
Providing universal access to energy	Low	Very high	High	Very high
Increasing affordability of energy	Low	High	Medium	Very high
Reducing adverse health impacts	Medium	Very high	High	Very high
Reducing air pollution	Medium	Very high	High	Very high
Limiting long-lived radionuclides	Medium	Very low	Very low	High
Limiting toxic materials <sup>a</sup>	Medium	High	Low	High
Limiting GHG emissions	Low	High	Low	Very high
Raising indigenous energy use	Medium	High	Low	Very high
Improving supply efficiency	Medium	Very high	High	Very high
Increasing end-use efficiency	Low	High	Medium	Very high
Accelerating technology diffusion	Low	Very high	Medium	Medium

<sup>a</sup> For this row only, the qualitative indicators are not based on quantitative features of the scenarios, but were specified by the authors on the basis of additional assumptions.

## Literatura

- De ALMEIDA E., DE OLIVEIRA A., 1995 — Styl życia i zużycie energii w Brazylii. [W:] Zapotrzebowanie na energię. Zmiany stylu życia i postęp techniczny. Londyn, WEC.
- IEA (Międzynarodowa Agencja Energii), 1999. Bilanse energii krajów OECD. Paryż.
- MORITA T., LEE H.-C., 1998 — Baza danych IPCC SRES, wersja 0.1, Scenariusz emisji. Baza danych przygotowana do Specjalnego Raportu IPCC na temat scenariuszy emisji.  
<http://www.cger.nies.go.jp/cger-e/db/ipcc.html>
- NAKIĆENOVIĆ N., GRUEBLER A., McDONALD A., 1998 — Globalne perspektywy energetyczne. Cambridge, Cambridge University Press.
- NAKIĆENOVIĆ N., VICTOR N., MORITA T., 1998 — Scenariusze emisji. Baza danych i przegląd scenariuszy. Strategie redukcji i adaptacji do globalnych zmian 3 (2—4), 95—120.
- UN (ONZ), 1992 — Szczyt Ziemi, Agenda 21. Program działań Narodów Zjednoczonych. Nowy Jork.
- UNDP (Program Rozwoju Narodów Zjednoczonych), 1997. Energia po Rio. Nowy Jork.
- WCED (Światowa Komisja Środowiska i Rozwoju), 1987 — Nasza wspólna przyszłość. Oxford, Oxford University Press.
- WEC (Światowa Rada Energetyczna), 1998 — Podsumowanie XVII Kongresu Światowej Rady Energetycznej. Londyn.

- WEC, 2000 — Deklaracja 2000: Energia dla jutrzejszego świata – decyzje dzisiaj! Londyn.
- WEC-FAO (Światowa Rada Energetyczna i Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa), 1999 — Wyzwanie ubóstwa energetycznego wsi w krajach rozwijających się. Londyn.
- World Bank (Bank Światowy), 1996 — Energia dla wsi a rozwój: poprawa dostaw energii dla 2 miliardów ludzi. Waszyngton, D.C.
- World Bank, 1997 — Wskaźniki rozwoju świata 1997, Waszyngton, D.C.
- WRI (Światowy Instytut Zasobów), 1998 — Przewodnik po światowym środowisku. Oxford, Oxford University Press.

## Streszczenie

Część 1 zaczyna się informacjami wstępnymi o energii, a szczególnie o jej związkach z rozwojem gospodarczym. Następnie rozważane są powiązania między obecnymi strukturami energetycznymi a największymi wyzwaniami światowymi, takimi jak potrzeba złagodzenia biedy, problemy zdrowotne, ochrona środowiska, bezpieczeństwo energetyczne i równouprawnienie kobiet. W części tej zawarty jest wniosek, że choć energia jest decydująca dla wzrostu gospodarczego i rozwoju społecznego, to jedna trzecia ludzkości nie ma dostępu do komercyjnych nośników energii, a wiele krajów i wielu członków społeczeństw jest narażonych na nieregularność dostępu. Co więcej, produkcja i zużycie energii mają negatywny wpływ na ludzkie zdrowie i równowagę ekologiczną na szczeblach lokalnych, regionalnych i globalnym.

Część 2 bada zasoby energetyczne i opcje technologiczne, które mogą posłużyć do złagodzenia problemów opisanych w części 1. Autorzy dochodzą do wniosku, że zasoby naturalne są wystarczająco bogate do zaspokojenia światowych potrzeb energetycznych w ciągu XXI stulecia, a nawet dłużej, natomiast wykorzystanie tych zasobów może być ograniczone aspektami ekologicznymi lub innymi. Analizowane są więc możliwości zmniejszenia tych ograniczeń — dzięki mniejszej energochłonności, wykorzystaniu źródeł odnawialnych oraz technologiom nowych generacji. Analiza wykazuje, że potencjał techniczny i ekonomiczny redukcji energochłonności jest niedoceniany, a także, że większy wkład źródeł odnawialnych do światowego bilansu energii jest już obecnie uzasadniony ekonomicznie. W perspektywie długoterminowej różne źródła odnawialne i nowoczesne technologie energetyczne mogą zapewnić znaczące ilości energii w sposób bezpieczny, po dostępnych cenach i przy bliskich zera emisjach.

Część 3 syntetyzuje i scala materiał przedstawiony w poprzednich rozdziałach w celu uzyskania odpowiedzi na pytanie, czy zrównoważony rozwój — który złagodziłby problemy opisane w części 1 za pomocą technik określonych w części 2 — jest możliwy. W celu uzyskania takiej odpowiedzi w rozdziale 9 wzięte są pod uwagę trzy scenariusze zawierające różne założenia co do narzędzi polityki gospodarczej i trendów technologicznych. Analiza wykazuje, że scenariusz bazowy (odniesienia), zakładający kontynuację obecnych trendów, nie spełnia niektórych kryteriów trwałości rozwojowej. Dwa pozostałe scenariusze, szczególnie wariant ekologiczny, spełniają te kryteria w większym stopniu. W rozdziale 10 rozpatrywany jest problem zapewnienia dostaw energii do obszarów wiejskich w krajach rozwijających się. Przedstawione są sposoby podejścia do problemu rozszerzenia dostępu do paliw ciekłych i gazowych użytkowanych do przygotowywania posiłków i ogrzewania pomieszczeń oraz dostępu do energii elektrycznej w celu zaspokojenia podstawowych potrzeb życiowych i stymulowania możliwości podejmowania działalności gospodarczej.

Część 4 analizuje aspekty i opcje polityki gospodarczej, które mogłyby przekształcić obecne praktyki niezrównoważonego rozwoju w praktykę trwałych zdolności rozwojowych, używając energii jako instrumentu do osiągnięcia takiego celu. Stworzenie struktur energetycznych, które wspierałyby rozwój zrównoważony, wymagałoby decyzji politycznych wykorzystujących możliwości jakie daje rynek w celu promocji większej efektywności energetycznej, zwiększonego stosowania energii odnawialnej oraz rozwoju i rozprzestrzeniania czystszych form energii należących do nowych generacji. W przypadku otrzymania właści-

wych sygnałów rynek może dostarczyć to, co jest potrzebne. Ale ponieważ siły rynkowe nie są w stanie same zaspokoić potrzeb energetycznych ubogich społeczeństw ani odpowiednio chronić środowiska, wyzwanie trwałych zdolności rozwojowych wymaga odpowiednich ram (w tym spójnych decyzji politycznych i przejrzystych zasad regulacyjnych).

Jan SOLIŃSKI

## **Main theses of the report of United Nations Organisation and World Energy Council on “World Energy Assessment — Energy and Challenge of Sustainability”**

KEY WORDS: energy, sustainable development, energy development scenarios

### **Summary**

Paper presents the main theses of the report on world energy assessment worked out by UNO and WEC and issued in September 2000. The report is composed of four parts and includes comprehensive data, information, present materials and analysis related to all aspects of energy and its impact on economic development and human life.

Part 1 describes current problems of energy development, present energy structures and global energy challenge (like poverty in developing countries, demographic and health problems, women's rights, environment protection, energy safety, etc.). Energy resources and reserves and technological options aiming to mitigate the problems described in part 1, are presented in part 2 (energy intensity, use of renewables, new-generation technology).

Part 3 presents three energy development cases (in 2050 and 2100 compared with 1990) unfold into six scenarios of energy system alternatives and analyses them. Aspects and energy policy options to achieve sustainable development are discussed in Part 4.