

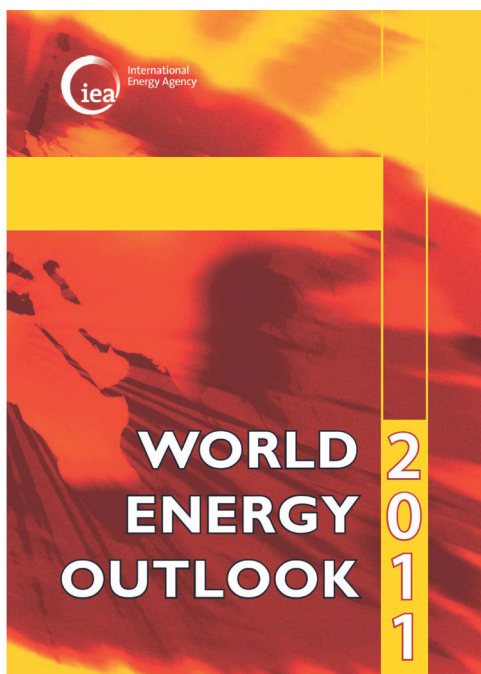
# Globalne prognozy energetyczne do roku 2035

## World energy outlook up to 2035

„Możliwe i konieczne jest prowadzenie zdecydowanych polityk, zapewniających obywatelom pewny i niezawodny dostęp do zrównoważonej energii (...). Rozwój niemal wszystkich podstawowych sektorów energetycznych winien być pobudzony przez rozwój w krajach o wschodzących gospodarkach”.

Maria van der Hoeven – dyrektor wykonawczy IEA,  
wystąpienie na szczycie klimatycznym COP 17  
w Durban (RPA) 2011

Opublikowany w listopadzie 2011 r. doroczny raport „2011 World Energy Outlook” [1] Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA), wyspecjalizowanej agencji krajów OECD, ocenia perspektywy rozwoju energetyki światowej w horyzoncie 25 lat – do roku 2035.



Tezy raportu podkreślają kluczową rolę w tym procesie krajów spoza ugrupowania OECD, zwłaszcza grupy BRIC (Brazylia, Rosja, Indie i Chiny), które mają perspektywy przywództwa światowego w obszarze zrównoważonego bezpieczeństwa energetycznego, zwłaszcza rozwijając technologie niskowęglowe. W swym wystąpieniu na szczycie klimatycznym COP 17 w Durbanie (listopad/grudzień 2011) szefowa IEA podkreśliła, iż świat nie może czekać na uzgodniony tekst porozumienia w sprawie zapobiegania zmianom klimatycznym, lecz kraje muszą działać w trybie natychmiastowym dla pokrycia wzrastającego zapotrzebowania na energię.

Najbliższe ćwierćwiecze będzie okresem rozwoju niemal wszystkich sektorów rynku energii, jednak krytyczne będą technologie jądrowe i bazujące na zasobach odnawialnych (OZE). Rok 2011 upłynął pod znakiem klęski żywiołowej, która dotknęła Japonię w postaci trzęsienia ziemi i następującej fali tsunami, co z kolei spowodowało katastrofę jądrową elektrowni *Dai-ichi* w Fukushima.

Zjawiska te wywołały „falę uderzeniową”, która obiegła glob i sprawiła, że największe i najbardziej wpływowe państwa świata dokonały w trybie natychmiastowym rewizji swych programów energetyki jądrowej. Te kroki, aczkolwiek nie wynikające z pogłębionej analizy ryzyka, zostały jednak podjęte i są odczuwalne w całym sektorze energetycznym. Pierwsze tej skali oceny przyszłości energetyki „po Fukushima” są ważne nie tylko dla samego sektora, ale też dla inwestorów i takich informacji oczekuje się od analityków IEA. Raport „World Energy Outlook” z roku 2011 identyfikuje wiele tendencji, których realizacji oczekiwać można w najbliższych dziesięcioleciach, ale też zawiera pewne zaskakujące wnioski, szczególnie ważące na politycznych decyzjach o losach energetyki jądrowej i OZE. Raport IEA rozważa przyszłość energetyki świata do 2035 roku z perspektywy trzech scenariuszy.

**Scenariusz Nowych Polityk** (The New Policies Scenario) opisuje wariant podstawowy i zakłada uzgodnienie polityki energetycznej krajów świata.

**Scenariusz Polityk Bieżących** (The Current Policies Scenario) kreśli wizję świata opartego na kontynuacji aktualnych polityk i środków ich realizacji.

**Scenariusz 450** (The 450 Scenario), jako stosowany model, wprowadza plan działań („mapę drogową”) w sektorze energii, zapewniający ograniczenie przyrostu średniej globalnej temperatury do 2°C, co zgodnie z przyjętymi założeniami oznaczać ma ograniczenie długoterminowego stężenia gazów cieplarnianych (GHG) w atmosferze do ok 450 ppm (części na milion) równoważnika dwutlenku węgla (CO<sub>2eq</sub>).

Scenariusz Nowych Polityk traktowany jest przez IEA jako najbardziej prawdopodobny i kształtowany w zasadniczej mierze przez kraje spoza OECD. Dotyczy to wszystkich sektorów i technologii energetycznych.

## Perspektywy węgla

Globalna produkcja energii elektrycznej w źródłach węglowych na wzrosnąć z nieco ponad 8100 TWh w 2009 r. do ok. 12 000 TWh w roku 2035. Produkcja z węgla podwoi się dla krajów spoza OECD (z największym przyrostem w Chinach i Indiach – np. w Indiach w analizowanym przedziale czasowym wykorzystanie węgla ulegnie niemal potrojeniu, co oznacza wyprzedzenie USA). W Europie zużycie węgla spadnie na skutek wprowadzenia systemu obrotu uprawnieniami do emisji EU ETS, wpływającego na konkurencyjność technologii węglowych. W USA, przy znacząco mniej restrykcyjnych regulacjach, wykorzystanie węgla pozostanie względnie stałe, obniżając się w okresie 2009–2035 o ok. 3%. Struktura udziału poszczególnych technologii węglowych ulegać będzie zmianom w następnych piętnastu latach z uwagi na efekt „zmian pokoleniowych” – technologie starsze będą wycofywane i zastępowane źródłami bardziej efektywnymi, pracującymi na parametrach nadkrytycznych (łącznie z ultra-nadkrytycznymi) i wykorzystującymi obieg gazowo-parowy i zintegrowany proces gazyfikacji węgla. W wyniku tych zmian średnia światowa sprawność elektrowni węglowych wzrośnie z 38% (2009) do 42% w roku 2035.

## Perspektywy gazu ziemnego

Pozycja tego paliwa ulegnie wzmocnieniu, co dobitnie określił główny ekonomista IEA – Fatih Birol: „wkraczamy w złotą epokę gazu”. Zapotrzebowanie na gaz rośnie we wszystkich trzech scenariuszach i jest to zjawisko wyjątkowe dla paliw kopalnych. W scenariuszu nowych polityk globalne zużycie gazu konkuruje z pozycją węgla, co wynika ze wzrostu ekonomiki i polityk krajów spoza OECD. Zasadnicza jest rola Chin, dla których zapotrzebowanie krajowe gazu z 110 mld m<sup>3</sup> w 2009 r. wzrośnie do ponad 500 mld m<sup>3</sup> w roku 2035. Ważne jest stwierdzenie, iż światowe zasoby gazu są wyraźnie wyższe od projekcji zapotrzebowania i stan ten będzie się utrzymywać daleko poza horyzont prognozy WEO. Gaz ze złóż niekonwencjonalnych zwiększy udział z 13% (2009 r.) do 20% (2035 r.), ale wartości te będą znacznie zróżnicowane w regionach. Podczas gdy gaz łupkowy wykazuje znaczącą ekspansję w USA, inne kraje wysuwają zastrzeżenia odnośnie do środowiskowych konsekwencji procesów wierceń. WEO przewiduje, że do roku 2035 największym producentem gazu będzie Rosja, Chiny będą dominującym producentem azjatyckim, a szybki wzrost wydobywania odnotują kraje Bliskiego Wschodu i Afryki. Europa pozostanie największym importerem na rynku gazu z zapotrzebowaniem 540 mld m<sup>3</sup> w roku 2035.

## Perspektywy energetyki jądrowej

Długi cień Fukushima pada na przyszłość energetyki jądrowej. Po marcowej katastrofie IEA stwierdziła, że trudniej będzie o finansowanie nowych reaktorów, a koszty nowych projektów wzrosną o 10%. Mimo to wzrost sektora jądrowego utrzyma się

zarówno w krajach spoza OECD jak i w krajach tej organizacji. W skali globalnej moc zainstalowana w elektrowniach jądrowych wzrośnie z 393 GW w 2009 r. do 630 GW w roku 2035, a przyrost energii wytworzonej w tym okresie wyniesie ma 2000 TWh, co oznacza wartość większą niż łączna produkcja USA i Europy OECD w roku 2010.

Jednak IEA rozważyła również sytuację, gdy znacząca liczba krajów pójdzie w ślady Niemiec, Włoch oraz Szwajcarii i wycofa się z opcji jądrowej. Jeżeli to nastąpi, skutki będą znaczące. Głównymi zwycięzcami w tych zmaganiach będzie węgiel i gaz ziemny, co jest złym rozwiązaniem z punktu widzenia ekonomiki, bezpieczeństwa energetycznego i zmian klimatycznych. Znaczące ograniczenie produkcji w elektrowniach jądrowych oznaczać będzie wzrost opłat za importowaną energię, gdyż większy import węgla i gazu spowoduje wzrost cen paliw na rynkach międzynarodowych. Eliminacja źródeł jądrowych z globalnej sieci szczególnie dotknie kraje o ograniczonych zasobach własnych, które zdecydowały się wcześniej na rozwój energetyki jądrowej, tak jak to można zaobserwować w przypadku Belgii, Francji, Japonii i Korei. Podobnie spowolnienie rozwoju źródeł jądrowych będzie wyzwaniem dla ekonomik Chin i Indii, wymagających pokrycia szybko rosnących wartości zapotrzebowania na energię elektryczną. Sytuację tę opisała obrazowo dyrektor ekonomiczny IEA – Maria van der Hoeven: „Jeżeli wycofasz się z opcji jądrowej, będziesz mieć mniej „jajek w koszyku”, gdy będziesz musiał zadbać o bezpieczeństwo energetyczne. Jeżeli zadecydujesz o wycofaniu, musisz zadać sobie pytanie: jak zapewnić powstałą lukę? Ile to będzie kosztować? I co zrobić z bezpieczeństwem?”

## Perspektywy OZE

Tak jak można się było spodziewać, wzrost źródeł bazujących na zasobach odnawialnych jest silny dla wszystkich trzech scenariuszy. W scenariuszu nowych polityk strategii rządowe – w szczególności subsydiowanie – są czynnikiem napędzającym generację energii elektrycznej na bazie paliw odnawialnych. Wzrost wartości wyprodukowanej energii z 9300 TWh w 2009 r. do 11 100 TWh w roku 2030 oznacza potrojenie udziału OZE w „energy-mix”. Zasadnicza część tego przyrostu pochodzi z wiatru i wody (po 1/3), 1/6 pochodzi z biomasy i 1/10 ze Słońca. W scenariuszu nowych polityk ponad 3/4 przyrostu mocy zainstalowanej, przypadająca na źródła wiatrowe i znakomita większość przyrostu mocy zainstalowanej w źródłach solarnych, wystąpi w USA, UE, Chinach i Indiach. Szybka ekspansja w Chinach miała miejsce za sprawą generacji wiatrowej w lokalizacjach lądowych (z 2 TWh w 2005 r. do 27 TWh w roku 2009). Przewiduje się, że produkcja ta osiągnie niemal 590 TWh w roku 2035, wysuwając Chiny na pozycję czołowego globalnego producenta energii z wiatru na lądzie. W UE wartość zainstalowana generacji wiatrowej na lądzie wzrośnie niemal trzykrotnie (z 133 TWh w 2009 r. do 480 TWh w roku 2035), a w USA - ponad pięciokrotnie (z 74 TWh w 2009 r. do 390 TWh w roku 2035).

Przewidywana jest także ekspansja elektrowni wiatrowych w lokalizacjach morskich. W Chinach, USA i EU produkcja „offshore” wyniesie w roku 2035 1/4 całkowitej generacji wiatrowej, rosnąc z poniżej 1 TWh w 2009 r. do 670 TWh w roku

2035. Znacząco wzrasta również generacja solarna – z 20 TWh w 2009 r. do 740 TWh w roku 2035, ze średnim rocznym przyrostem 15%. Aktualnie solarna generacja w UE stanowi ok. 3/4 słonecznej generacji globalnej, ale przy utrzymujących się tendencjach na czoło wysuwają się Chiny i Indie. W krajach spoza OECD nastąpił również skokowy przyrost hydroenergetyki: 85% globalnego przyrostu mocy zainstalowanej w źródłach wodnych ma miejsce właśnie w tych krajach, z czego 60% przypada na Chiny i Brazylię.

Produkcja energii elektrycznej z biomasy ma wzrastać ze średnią roczną prędkością 6,5%, co oznacza pięciokrotny przyrost produkcji z 288 TWh w 2009 r. do 1500 TWh w roku 2035. Tu znów zasadnicza część przyrostu pochodzi z krajów spoza OECD, przy czym dla Chin i Indii łącznie przyrost ten wynosi ponad 1/3 przyrostu globalnego.

Jednak kluczowym czynnikiem wzrostu OZE (a w szczególności technologii wiatrowych w lokalizacjach morskich) jest skala subsydiowania. IEA przewiduje, że subsydia dla OZE zwiększą się w przedziale czasowym 2009-2035 czterokrotnie: od 64 mld do 250 mld USD. Ale stwierdzenie to jest w raporcie uzupełnione uwagą, iż niektóre z tych subsydiów mogą być nie do utrzymania w okresie powszechnych problemów finansowych. Rządy raz jeszcze dokładniej przyglądają się subsydiom dla energetyki odnawialnej i jeżeli nastąpią cięcia funduszy, to dla niektórych form OZE może to być równoznaczne z eliminacją z rynku.

## Bierna i czynna strona bilansu energii elektrycznej

Zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie w sposób ciągły, bez względu na wybór scenariusza. W wyniku recesji gospodarczej zapotrzebowanie w 2009 r. obniżyło się o 0,7% i był to pierwszy spadek odnotowany od rozpoczęcia działalności agencji IEA – w początkach lat 70. Jednak już w roku 2010 powrócił wzrost i wyniósł on 6%.

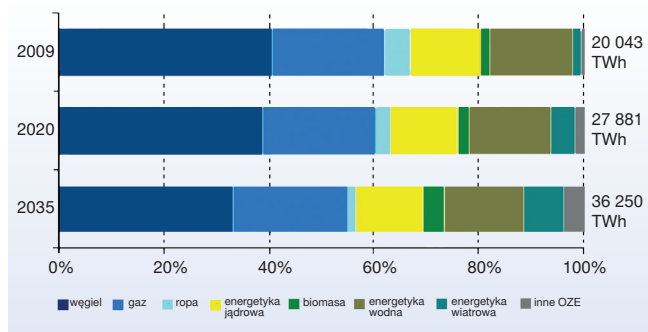
W scenariuszu nowych polityk przewiduje się pomiędzy rokiem 2009 i 2035 wzrost globalnego zapotrzebowania na energię elektryczną o więcej niż 80%: z 17 200 TWh do ponad 31 700 TWh przy średnim przyroście rocznym 2,4%. Podobnie jak w przypadku gazu ziemnego większość wzrostu (ok. 80%) ma miejsce w krajach spoza OECD i jest on pobudzany przez szybki rozwój gospodarczy i wzrost liczby ludności, ale także wynika z szerszego dostępu do energii elektrycznej i wzrastającego zapotrzebowania na mieszkańca. Większość tego 80-procentowego wzrostu (blisko 2/3) znajduje się w Chinach i Indiach. Aczkolwiek roczne zapotrzebowanie „per capita” energii elektrycznej wzrastać będzie dla krajów spoza OECD z 1450 kWh w 2009 r. do 2750 kWh w roku 2035, to osiągnięta za ćwierćwiecze wartość i tak będzie znacząco niższa niż w krajach OECD, dla których średnie roczne zapotrzebowanie wyniosło w 2009 r. do ok. 7500 kWh na mieszkańca.

Po stronie podażowej przewiduje się wzrost globalnej produkcji energii elektrycznej w tempie 2,3%/rok w scenariuszu nowych polityk: z 20 000 TWh w 2009 r. do ponad 36 000 TWh w roku 2035. Dla tego scenariusza węgiel pozostanie z największym udziałem w produkcji energii elektrycznej w całym okresie 2009–2035 przy wzroście zużycia o 48%. Mimo to udział węgla w „energy mix” spadnie z 40 do 33%.

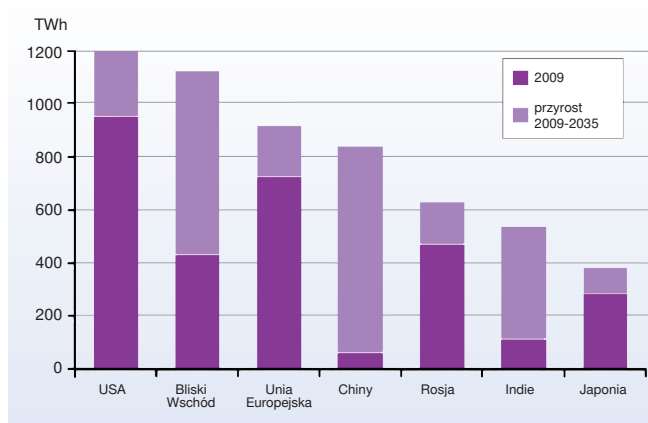
Zwiększenie penetracji rynku przez OZE wypełni lukę po obniżeniu udziału paliwa węglowego. Wytwarzanie z zasobów odnawialnych (poza hydroenergetyką) wyniesie od 3% w 2009 r. do 15% w roku 2035, przy czym niemal 90% tego wzrostu pochodzi z energetyki wiatrowej, słonecznej i biomasy. Zasoby wiatrowe, solarne i biomasa pokryją blisko 90% przyrostu generacji z OZE.

Udział gazu ziemnego, hydroenergetyki i energetyki jądrowej w produkcji elektryczności pozostanie względnie stały w całym analizowanym okresie, wynosząc odpowiednio 22%, 16% oraz 13%. Zmiana struktury stosowanych technologii oraz paliw wykorzystywanych do wytwarzania energii następuje zasadniczo pod wpływem kosztów, na które wpływ mają polityki narodowe. Znacząca jest rola ustanowionych przez rządy celów redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz ograniczenia zanieczyszczeń, pochodzących z lokalnych przedsiębiorstw sektora energii. Dla niektórych krajów istotna jest zależność sektora energii elektrycznej od importowanych paliw. W scenariuszu nowych polityk dla kształtowania struktury mocy wytwórczych najbardziej istotne znaczenie mają dwa czynniki: „podatek węglowy” i subsydiowanie OZE.

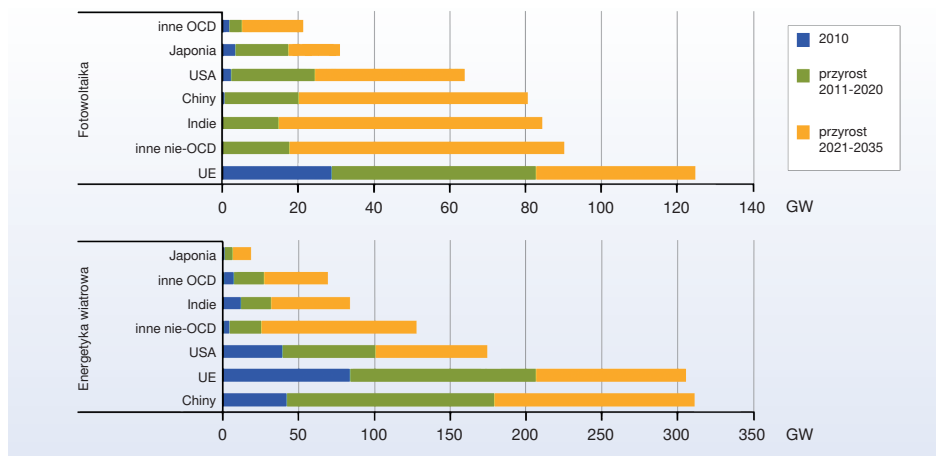
Ilustracją skutków realizacji Scenariusza Nowych Polityk są rysunki, przedstawiające strukturę paliwową technologii wytwarzania energii elektrycznej w latach 2009, 2020 i 2035 (rys. 1), udział gazu w produkcji energii elektrycznej w 2009 r. i przewidywany przyrost w roku 2035 (rys. 2) oraz moce zainstalowane w technologiach solarnych i wiatrowych w 2009 r. i przyrosty tych mocy w okresach 2011–2020 oraz 2021–2035 (rys. 3).



Rys. 1. Struktura paliwowa światowej produkcji energii elektrycznej wg Scenariusza Nowych Polityk. Źródło:IEA



Rys. 2. Produkcja energii elektrycznej w technologiach gazowych wg Scenariusza Nowych Polityk. Źródło:IEA



Rys. 3. Moc zainstalowana w technologiach solarnych (pV) i wiatrowych wg Scenariusza Nowych Polityk. Źródło: IEA

## Projekcje globalne, regionalne i narodowe; uwagi końcowe

Przedstawiony w najogólniejszym zarysie raport IEA przedstawia wizję rozwoju energetyki (ze szczególną rolą elektroenergetyki) i wpisuje się w długi ciąg studiów prognostycznych i foresightowych, dotyczących skali globalnej, regionalnej i narodowej. Stwierdzić można, iż ważną rolę poznawczą i inspirującą odegrały opracowania Światowej Rady Energetycznej (WEC), obejmujące horyzont czasowy pełnego 21. stulecia (np. [2, 3]), Międzynarodowej Rady Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE, np. [4]), amerykańskiego Instytutu Naukowo-Badawczego Elektroenergetyki (EPRI, np. [5]) czy też firm doradczych (np. [6]).

W skali regionalnej (UE) założenia przyszłościowego rozwoju gospodarki (i energetyki) niskoemisyjnej znalazły ważne miejsce w dokumentach KE (np. [7-9]), wspartych m.in. raportami Europejskiej Fundacji Klimatycznej (ECF, [10]) i PwC ([11]) oraz raportem firmy Frost&Sullivan [12].

Projekcje w skali narodowej zawarte są w dokumentach rządowych poszczególnych państw jako narodowe polityki energetyczne. Dla Polski istnieje ustawowy obowiązek sporządzania (Ministerstwo Gospodarki) i przyjmowania (Rada Ministrów) dokumentu, rysującego politykę energetyczną Polski w perspektywie 25 lat z aktualizacją co 5 lat (np. [12]). W istocie wszystkie te opracowania stosują (z wyjątkiem [12]) podejście scenariuszowe, rozpatrując prawdopodobne warianty rozwoju sytuacji. Specyficzną odmianą takiej techniki jest przyjęta w [10] formuła „backcastig” (projekcji wstecznej), w której dla założonego punktu docelowego - wartości ograniczenia emisji GHG - rozważa się ścieżki dojścia do wartości docelowej.

Przedstawione w [1] wyniki analiz w skali globalnej nie mogą przekładać się bezpośrednio na oceny w skali poszczególnych państw, ale pouczające może być porównywanie zasadniczych różnic. Przykładowo można ocenić strukturę paliwową podsektora wytwórczego elektroenergetyki w Polsce w latach 2010 i 2030.

Dane z [12], przewidujące przyrost mocy w latach 2010-2030 o blisko 42%, obrazują założenia (jednowariantowe!) z okresu „sprzed gazu łupkowego”; najnowsze doniesienia prasowe [13] relacjonują spektakularny wzrost znaczenia gazu w strukturze paliw dla energetyki polskiej.

Tabela 1

Struktura mocy zainstalowanych w elektroenergetyce Polski

Paliwo, %	2010 rok	2030 rok
Węgiel	90	58
Gaz	2	7,5
Energia jądrowa	0	9,6
OZE	6	23

Źródło: oprac. własne wg [12]

Wartości w % nie bilansują się na 100% z powodu braku informacji o pozycji „paliwa przemysłowe inne” [12]; nie uwzględniono także pozycji „wodne pompowe”.

## LITERATURA

- [1] International Energy Agency: 2011 Energy Outlook, Paris, Nov. 2011
- [2] Nakicenović N., Grubber A., McDonald A. (eds.): Global Energy Perspectives. WEC – IIASA, Cambr. Univ. Press, Cambridge 1998
- [3] World Energy Council: Energy for Tomorrow's World, WEC, N.Y.-ork 1995
- [4] Conseil International des Grande Reseaux Electriques: Network of the Future, *Electra* No. 256, June 2011
- [5] Electric Power Research Institute: Report on Deployment of Advanced Generation and Energy Technologies. EPRI, Palo Alto (USA), 2007
- [6] Frost & Sullivan, Annual Global Power Generation Forecast 2011
- [7] Komisja Europejska: Komunikat Komisji (...) Europejska polityka energetyczna, KOM (2007) 1, Bruksela, styczeń 2007
- [8] Komisja Europejska: Komunikat Komisji (...) Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 roku, KOM (2011) 885, Bruksela, marz 2011
- [9] European Commission: Communication from the Commission (...) Energy Roadmap 2050, COM (2011) 885, Brussels, Dec. 2011
- [10] European Climatic Foundation: Roadmap 2050 – A practical guide to a prosperous low carbon Europe, ECF, Apr. 2010
- [11] PricewaterhouseCoopers: 100% renewable electricity – A roadmap to 2050 for Europe and N.Africa, PwC, Apr. 2010
- [12] Ministerstwo Gospodarki: Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Dokument przyjęty przez RM. Warszawa, grudzień 2009
- [13] Kublik A., Kokot M., Zasuń R.: Sojusz w łupkach. *GW* z 26 stycznia 2012

