

ROZDZIAŁ 5

**BUDOWANIE GOSPODARKI
WODOROWO-SOLARNEJ**

W maju 2001 r. administracja prezydenta George'a W. Busha ogłosiła z fanfarami 20-letni plan energetyczny USA. Plan ten wielu rozczarował, ponieważ nie uwzględniono w nim w dostatecznym stopniu ogromnych możliwości podnoszenia wydajności sektora energetyki. Jego autorzy przeoczyli też gigantyczny potencjał wiatru, który w ciągu 20 lat może przyczynić się do zwiększenia zdolności wytwórczych amerykańskiej energetyki bardziej niż węgiel. Plan pozwalał zorientować się, z jakimi problemami stykają się niektóre rządy przy kształtowaniu polityki energetycznej, która byłaby w zgodzie z ekosystemami¹.

Plan, opracowany pod kierunkiem wiceprezydenta Dicka Cheney'a, koncentrował się na zwiększaniu produkcji paliw kopalnych, co byłoby bardziej na miejscu na początku XX niż u progu XXI w. Podkreślał on znaczenie węgla; autorzy najwidoczniej nie zdawali sobie sprawy, że jego zużycie osiągnęło punkt szczytowy w 1996 r. i od tego czasu zmniejszyło się o około 7%, ponieważ inne kraje zaczęły już odchodzić od tego paliwa kopalnego. Nawet Chiny, które w spalaniu węgla rywalizują o pierwszeństwo ze Stanami Zjednoczonymi, zmniejszyły jego zużycie od 1996 r. w przybliżeniu o 14%².

Przyszłość energetyki rysuje się zupełnie inaczej, niż to nakreśla plan energetyczny Busha. Zakłada on np., że udział produkcji energii z odnawialnych źródeł z wyjątkiem hydroenergetyki w całości produkcji energetycznej USA zwiększy się z 2% obecnie do 2,8% do roku 2020.

Tymczasem na kilka miesięcy przed ogłoszeniem planu energetycznego Busha Amerykańskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (American Wind Energy As-

sociation – AWEA) przewidywało na rok 2001 oszałamiający, 60-procentowy przyrost mocy generatorów wiatrowych. W skali całego świata produkcja energii wiatrowej zwiększyła się w ciągu poprzednich 5 lat prawie czterokrotnie, co stawia ją na równi z przemysłem komputerowym³.

Chociaż plan energetyczny Busha tego nie odzwierciedla, jest faktem, że gospodarka energetyczna świata stoi na progu zasadniczych przekształceń. Patrząc z perspektywy historycznej, XX w. był stuleciem paliw kopalnych. Do węgla, zajmującego już w 1900 r. jako główne paliwo mocną pozycję, dołączyła – wraz z pojawieniem się samochodu – ropa naftowa. Jednak dopiero w 1967 r. zastąpiła ona węgiel w roli konia pociągowego światowej energetyki. Gaz ziemny zyskał na popularności w końcowych dziesięcioleciach XX w., kiedy wzmożło się zaniepokojenie zanieczyszczeniem powietrza w miastach i zmianami klimatycznymi, i w 1999 r. wysunął się przed węgiel⁴.

Z początkiem nowego wieku paliwa kopalne zaczynają być zastępowane przez energię Słońca. Ostatnie dziesięciolecia były okresem systematycznego odchodzenia od węgla, najbrudniejszego z paliw i najgroźniejszego dla klimatu, na rzecz ropy, która jest nieco mniej szkodliwa dla środowiska, a potem na rzecz gazu ziemnego, najczystszej i najmniej zanieczyszczającej atmosferę z tych trzech rodzajów paliw. Właśnie dążenie do pozyskania czystych, nieszkodzących klimatowi paliw, a nie wyczerpywanie się zasobów kopalin, jest siłą napędową transformacji, która wprowadza świat w wiek Słońca i wodoru⁵.

Można oczekiwać, że podobnie jak zużycie węgla osiągnęło w 1996 r. szczytowy poziom również wzrost wydobywania ropy osiągnie granice jeszcze w bieżącym albo w następnym dziesięcioleciu. Zużycie gazu będzie rosło nieco dłużej ze względu na jego bogate złoża i popularność jako paliwa czystego, wydzielającego mniej związków węgla. Gaz jest także paliwem idealnym na okres przechodzenia od energetyki węglowej do energetyki wodorowej. Jeśli jego zużycie będzie rosło po około 2% rocznie jak w ostatnim dziesięcioleciu, będzie to wymagało budowy nowych gazociągów i zbiorników – czyli infrastruktury, która kiedyś będzie mogła być łatwo przystosowana do transportu i magazynowania wodoru⁶.

Nawet towarzystwa naftowe zaczynają uświadamiać sobie, że nadszedł czas transformacji energetyki. Po latach zaprzeczania istnieniu związku między spalaniem paliw kopalnych a zmianami klimatu dyrektor generalny British Petroleum (BP) John Browne ogłosił 19 maja 1997 r. swoje nowe stanowisko w historycznym przemówieniu na Uniwersytecie Stanforda. „Moi koledzy i ja bierzemy zagrożenie globalnym ociepleniem poważnie. Czas na uwzględnienie zmian klimatycznych przy kształtowaniu polityki przychodzi nie wtedy, gdy związek między efektem

cieplarnianym a tymi zmianami zostanie ostatecznie udowodniony, ale wtedy, gdy istnienia takiego związku nie można wykluczyć i zagrożenie takie jest poważnie brane pod uwagę przez społeczeństwo, którego częścią jesteśmy. My w BP znaleźliśmy się w tym punkcie”. W lutym 1999 r. dyrektor generalny ARCO Michael Bowlin powiedział na konferencji energetycznej w Houston, że widać już początek końca ery ropy. Dyskutowaliśmy tam potrzebę przedstawienia gospodarki opartej na energetyce węglowej na gospodarkę zasilaną energią wodorową⁷.

Seth Dunn w magazynie „World Watch” stwierdził, że konsorcjum przedsiębiorstw pod przewodnictwem firm Shell Hydrogen i DaimlerChrysler osiągnęło w 1999 r. porozumienie z rządem Islandii w sprawie przekształcenia jej w pierwszy na świecie kraj o gospodarce opartej na wodorze. Shell jest tym zainteresowany, ponieważ zamierza przystąpić do budowy bazy produkcyjnej i dystrybucyjnej wodoru, a DaimlerChrysler spodziewa się wypuścić na rynek samochód napędzany ogniwem paliwowym. Shell planuje otwarcie w Islandii pierwszej sieci stacji wodorowych⁸.

Postępy w przebudowie światowej gospodarki energetycznej są wyraźnie widoczne. Zmiany postępują o wiele szybciej, niż można się tego było spodziewać jeszcze kilka lat temu. Częściowo są one napędzane mnożącymi się dowodami, że klimat Ziemi rzeczywiście się ociepla i przyczyną tego jest spalanie paliw kopalnych⁹.

PODSTAWY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Kiedy Bush ogłosił nowy plan energetyczny, wielu zaskoczyło to, że położono w nim prawie wyłącznie nacisk na zwiększenie produkcji, poświęcając początkowo mało uwagi możliwościom poprawy efektywności zużycia energii. W odpowiedzi na to Sojusz na rzecz Oszczędzania Energii (Alliance to Save Energy) z siedzibą w Waszyngtonie opublikował kontrpropozycje, których realizacja pozwoliłaby wyeliminować potrzebę budowania większości z 1,3 tys. elektrowni przewidzianych w planie Busha. Byłyby one o wiele mniej kosztowne i mniej szkodliwe dla środowiska¹⁰.

Dyrektor tego stowarzyszenia odpowiedzialny za programy rozwoju Bill Prindle wskazywał, że wprowadzenie norm efektywności urządzeń gospodarstwa domowego, zaaprobowanych przez administrację zarówno Clintona, jak i Busha, wyeliminowałoby potrzebę budowy do 2020 r. 127 elektrowni. Gdyby zastosowano bardziej rygorystyczne normy efektywności instalacji klimatyzacyjnych w domach mieszkalnych niż te, które przyjęła administracja Clintona, pozwoliłoby to zrezygnować z budowy dalszych 43 elektrowni. Surowsze normy dla instalacji przemy-

słowych i komunalnych przyczyniłyby się do rezygnacji z budowy jeszcze 50. Zastosowanie ulg podatkowych i przepisów kodeksu energetycznego pozwoliłoby w ciągu 20 lat na zwiększanie efektywności energetycznej nowych budynków, dzięki czemu odpadłaby konieczność budowy dalszych 170 elektrowni. Wreszcie, poprawa efektywności energetycznej istniejących budynków, łącznie z klimatyzacją, oświetleniem i chłodzeniem obiektów gospodarczych i komunalnych, pozwoliłaby ograniczyć plan budowy o kolejnych 210 elektrowni¹¹.

Lista Prindle'a jest dłuższa, ale tylko tych 5 zaleceń ograniczyłyby plany budowy o 600 siłowni. Koszty przedsięwzięć pozwalających uniknąć ich budowy byłyby o wiele niższe niż koszty budowy. Wszystko, co przedsięwierzemy w celu oszczędzania elektryczności, jest opłacalne; niektóre zabiegi zapewniają nawet 30-procentowe roczne stopy zwrotu¹².

Redaktor działu ekonomicznego tygodnika „Business Week” Peter Coy twierdzi, że wprowadzenie taryfy dziennej za elektryczność, wzrastającej w godzinach szczytu i obniżającej się w nocy, też poważnie zmniejszyłoby zapotrzebowanie na energię. Chociaż nie obliczył on, o ile można by wtedy zmniejszyć liczbę elektrowni, nie ulega wątpliwości, że jakiś potężny blok energetyczny można by dzięki temu zdemontować¹³.

Amory Lovins z Instytutu Rocky Mountain zyskał światową sławę, lansując ideę, że taniej jest oszczędzać energię, niż ją kupować. W odpowiedzi na jego przekonujące wywody, według których inwestycje polegające na zwiększeniu efektywności mogą często przynieść 30-procentowy lub nawet większy zwrot nakładów rocznie, wiele przedsiębiorstw zainwestowało w projekty oszczędnościowe duże sumy. Lovins jest przekonany, że niezależnie od poprawy efektywności, jaka nastąpiła po podwyżkach cen ropy z lat siedemdziesiątych, przedsiębiorcy amerykańscy nadal są w stanie obniżyć wysokość rachunków za energię elektryczną o połowę i jeszcze zarobić na tym¹⁴.

Doświadczenia Europy dostarczają wielu dowodów na to, że możliwości oszczędzania energii w Stanach Zjednoczonych istnieją. Europejczycy zużywają zwykle o 30% mniej energii na jednostkę produktu narodowego brutto niż Amerykanie. Stany Zjednoczone mogłyby z łatwością spełnić do 2010 r. postulat ograniczenia emisji dwutlenku węgla zawarty w protokole z Kioto, zbliżając się do europejskiego poziomu efektywności, który jest znacznie niższy od tego, jaki można osiągnąć, stosując najnowsze osiągnięcia technologii¹⁵.

Chociaż Europa już teraz znacznie wyprzedza Stany Zjednoczone pod względem efektywności zużycia energii, niektóre kraje europejskie nadal notują w tej dziedzinie postęp. Na początku sierpnia 2001 r. Anglicy wprowadzili zmiany po-

datkowe stymulujące inwestycje w urządzenia oszczędzające energię. Wydatki na środki trwałe można obecnie odliczać od zysków podlegających opodatkowaniu, pod warunkiem że nowe urządzenia spełniają efektywnościowe normy zużycia energii. Do kategorii urządzeń, których instalacja upoważnia do ubiegania się o ulgi podatkowe, zaliczono układy kogeneracyjne (produkujące ciepło i elektryczność), bojler, silniki elektryczne, urządzenia oświetleniowe i chłodnicze. Ten system jest wzorowany na podobnych rozwiązaniach z powodzeniem stosowanych w Holandii¹⁶.

W podwyższaniu efektywności energetycznej i zmniejszaniu emisji węgla (pierwiastkowego) przodują obecnie Chiny. Wygląda na to, że w ciągu ostatnich 4 lat udało im się – dzięki ograniczeniu subsydiów dla górnictwa węglowego, wprowadzeniu cen rynkowych na paliwa oraz nowym inicjatywom oszczędnościowym – zmniejszyć emisję CO₂, mimo że ich gospodarka rosła w tempie 7% rocznie. Chiny wkrótce rozpoczną produkcję bardzo oszczędnej lodówki, która będzie zużywała tylko połowę prądu pobieranego przez tradycyjne modele¹⁷.

Wszędzie na świecie możliwości oszczędzenia energii wynikają z zastąpienia tradycyjnych żarówek kompaktowymi lampami fluorescencyjnymi (CFLs), które pobierają o 1/4 mniej prądu niż żarówki żarowe i chociaż są od nich droższe, równocześnie są 13 razy trwalsze. Koszty stosowania lamp fluorescencyjnych przez 3 lata po 4 godz. dziennie, łącznie z ceną samych żarówek, wyniosłyby 19,06 dol., a tych ostatnich 39,54 dol. Nawet odliczając koszty robocizny związane z sześciokrotną wymianą nietrwałych żarówek żarowych, stopa zwrotu zainwestowanych pieniędzy będzie nadal kształtowała się na poziomie prawie 30% rocznie¹⁸.

Jeżdżąc z kraju do kraju na promocje książek i z referatami na konferencje, zawsze sprawdzam, jakie żarówki są w pokojach hotelowych. Niektóre sieci hotelowe stosują prawie wyłącznie kompaktowe lampy fluorescencyjne. Inne korzystają z nich rzadko albo wcale. Możliwości inwestowania w kompaktowe lampy fluorescencyjne i równoczesnego zamykania elektrowni są w globalnej skali nie tylko ogromne, ale bardzo zyskowne.

Inną dziedziną, gdzie możliwości poprawy są też olbrzymie, jest oszczędzanie paliwa samochodowego. W Stanach Zjednoczonych, które mają jeden z najmniej sprawnych parków samochodowych w świecie, nowe modele z 2001 r. przejeżdżały na galonie benzyny (3,785 litra) około 24,5 mili (39,4 km) – mniej niż w 1987 r., kiedy średnia wynosiła 26,2 mili (42 km). Oznacza to, że sprawność silników samochodowych spadła o 6%, mimo że należałoby oczekiwać – zważywszy na postęp techniczny i rosnące zaniepokojenie globalnym ociepleniem – poprawy. Na szczęście ostatnio pojawiły się sygnały, że Kongres zechce przejąć inicjatywę i ustanowi na nadchodzące kilkanaście lat nowe normy zużycia paliwa¹⁹.

Zużycie paliwa w modelach sprzedawanych w Stanach Zjednoczonych w 2001 r. jest bardzo różne, poczynając od hondy Insight z silnikiem elektryczno-benzynowym, która przejeżdża na galonie 68 mil (109,4 km) na autostradzie i 61 mil (98 km) w mieście, a kończąc na ferrari, którego osiągi wynoszą odpowiednio 13 mil (20,9 km) i 8 mil (12,9 km). Niewiele wyżej od ferrari plasują się w tej klasyfikacji niektóre duże sportowe wozy terenowe. Pojawienie się na rynku paliwooszczędnych samochodów, takich jak honda Insight i toyota Prius, stwarza możliwość zmniejszenia zużycia paliwa samochodowego w USA średnio o połowę; daje to wyobrażenie o olbrzymich możliwościach oszczędzania benzyny²⁰.

Starania o stworzenie warunków zmuszających do efektywnego wykorzystania energii, bez względu na jej źródło, są wskazane ze względu na korzyści ekonomiczne i ochronę środowiska. Minimalnym wymogiem powinno być, by świat inwestował w takie przedsięwzięcia oszczędnościowe, które są opłacalne przy obecnych cenach. Tylko to pozwoliłoby znacznie obniżyć światowe zużycie energii.

Niekiedy proste zabiegi dają duży efekt. W Bangkoku władze miejskie zdecydowały, że o godzinie 21 określonego dnia tygodnia główne stacje telewizyjne mają wyświetlić licznik wskazujący aktualną wielkość poboru prądu elektrycznego w mieście. Wraz z pojawieniem się licznika na ekranach wzywano wszystkich do wyłączenia niepotrzebnego oświetlenia i urządzeń. W odpowiedzi wskazówka licznika na oczach widzów opadała; pobór prądu zmniejszył się o 735 megawatów – wystarczająco, aby można było wyłączyć dwie elektrownie węglowe średniej mocy. Ten wizualny eksperyment na trwałe zmienił zachowania widzów, przekonując ich, że mają wpływ na sytuację, a działając wspólnie mogą przyczyniać się do zamykania elektrowni²¹.

Celem tego rozdziału jest uświadomienie, jak wielkie mamy możliwości oszczędzania energii. Podjęcie skutecznych działań w tym kierunku w skali globalnej umożliwiłoby – dzięki pojawieniu się nowych źródeł energii – zmniejszenie wydatków na energię, ograniczenie zanieczyszczenia powietrza oraz stabilizację klimatu. Rozwój silników napędzanych wodorem równocześnie zmniejszyłby zagrożenie nowymi skokowymi podwyżkami cen ropy naftowej, będące źródłem niepokoju wielu rządów.

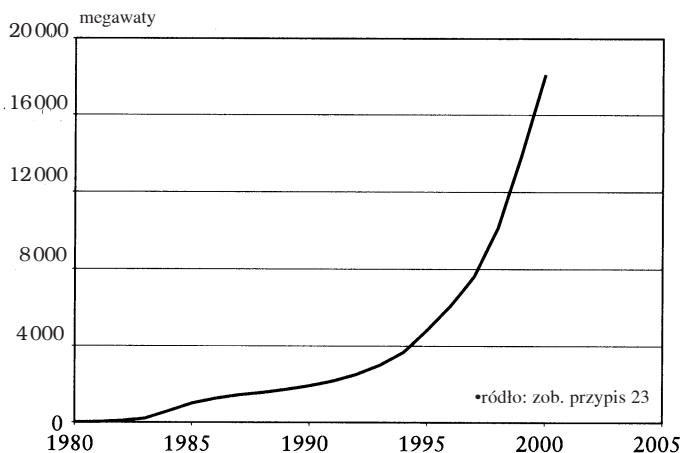
UJARZMIANIE SIŁY WIATRU

Nowoczesny przemysł związany w wykorzystywaniem siły wiatru powstał w Kalifornii na początku lat osiemdziesiątych w związku z gwałtownymi podwyżkami cen ropy naftowej w latach 1973 i 1979. Z inicjatywy gubernatora Jerry'ego

Browna stan wprowadził własne, obok federalnych, zachęty podatkowe do inwestowania w odnawialne źródła energii. Dzięki temu na jego terytorium powstały moce wytwórcze wystarczające do zaspokojenia zapotrzebowania na energię elektryczną gospodarstw domowych w San Francisco. Jednak po pierwszym zrywie w Kalifornii zainteresowanie wykorzystaniem energii wiatru w USA osłabło i w kolejnym dziesięcioleciu prawie zamarło²².

Podczas gdy w Stanach Zjednoczonych rozwój energetyki wiatrowej zwalniał, w Europie zaczął nabierać rozmachu, w czym początkowo przewodziła Dania, gdzie wyprodukowano dużą część turbin wiatrowych zainstalowanych w Kalifornii. Jak już wspomniano, w latach 1995–2000 produkcja energii z wiatru zwiększyła się czterokrotnie, dorównując tempu rozwoju przemysłu komputerowego (zob. wykres 5.1). Stany Zjednoczone ponownie włączyły się do współzawodnictwa. Według przewidywań Europejskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej (European Wind Energy Association – EWEA), zainstalowana w USA moc turbin wiatrowych miała zwiększyć się do 2001 r. o 60%²³.

Dzisiaj w Danii 15% elektryczności pochodzi z wykorzystania siły wiatru. Dla Szlezwiku-Holsztyna na północy Niemiec odsetek ten wynosi 19%, a w niektórych innych landach aż 75%. Uprzemysłowiona prowincja Hiszpanii Nawarra, zaczynając przed zaledwie 6 laty, otrzymuje teraz 22% elektryczności z wiatru. Jednak pod względem wielkości zainstalowanej mocy przodownictwo na świecie objęły Niemcy przed Stanami Zjednoczonymi (zob. tablica 5.1). Kolejne na tej liście są Hiszpania, Dania i Indie²⁴.



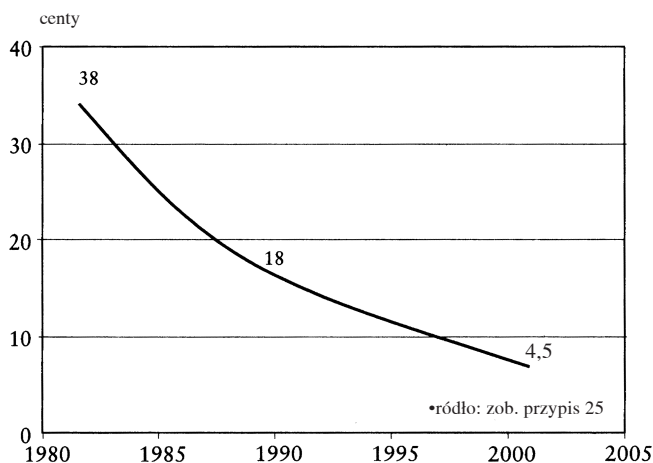
Wykres 5.1. Moc zainstalowana elektrowni wiatrowych na świecie w latach 1980–2000

Tablica 5.1. Moc zainstalowana elektrowni wiatrowych w wybranych krajach w 2000 r.

Kraj	Moc zainstalowana (w megawatach)
Niemcy	6113
Stany Zjednoczone	2554
Hiszpania	2250
Dania	2140
Indie	1167

• r ó d ł o: *Global Wind Energy Market Report 2000*, AWEA, <www.awea.org/faq/global2000.html> (25 czerwca 2001 r.).

Postęp w technologii produkcji turbin, opierający się w dużej mierze na osiągnięciach przemysłu lotniczego, doprowadził do obniżenia kosztów generowania prądu siłą wiatru z 38 centów za kWh na początku lat osiemdziesiątych do poniżej 4 centów za kWh w głównych ośrodkach energetyki wiatrowej w 2001 r. (zob. wykres 5.2). W niektórych miejscowościach prąd generowany siłą wiatru jest już tańszy niż prąd z elektrowni opalanych ropą i gazem. Zważywszy, że wielkie korporacje, jak ABB, Royal Dutch Shell i Enron* przeznaczają na rozwój tej dziedziny wielkie środki, można się spodziewać dalszej obniżki kosztów²⁵.



Wykres 5.2. Średni koszt wytworzenia 1 kWh energii w elektrowniach wiatrowych w Stanach Zjednoczonych w latach 1982, 1990 i 2001

* Enron zbankrutował w 2002 r. [przyp. tłum.].

Wiatr jest obfitym, dostępnym na całym świecie źródłem energii. Amerykańskie Wielkie Równiny są Arabią Saudyjską energetyki wiatrowej. Trzy najbardziej wietrzne stany – Północna Dakota, Kansas i Teksas – są nawiedzane przez wiatry, które można ujarzmić, tak aby zaspokoić krajowe zapotrzebowanie na energię elektryczną. Chiny mogą podwoić moc swoich elektrowni, wykorzystując jedynie siłę wiatru. Gęsto zaludniona Europa Zachodnia może pokryć całe swoje zapotrzebowanie na elektryczność dzięki wiatrom wiejącym nad morzami, korzystając z instalacji wysuniętych do 30 km w głąb morza²⁶.

W miarę, jak obniżają się koszty produkcji energii z wykorzystaniem turbin wiatrowych i wzrasta obawa przed zmianami klimatycznymi, coraz więcej krajów przyłącza się do grupy państw stawiających na energetykę wiatrową. W grudniu 2000 r. rozwój energetyki wiatrowej na świecie wkroczył w nową fazę. Na początku tego miesiąca Francja zapowiedziała, że do roku 2010 zainstaluje generatory wiatrowe o łącznej mocy 5 tys. megawatów. Zaraz po tym Argentyna ogłosiła plan zwiększenia do 2010 r. mocy generatorów wiatrowych w Patagonii o 3 tys. megawatów. W kwietniu 2001 r. Wielka Brytania przyjęła ofertę budowy przybrzeżnych instalacji wiatrowych o mocy 1,5 tys. megawatów. W maju doniesienia z Pekinu mówiły o planach zainstalowania do 2005 r. turbin wiatrowych o mocy około 2,5 tys. megawatów²⁷.

Notowane obecnie tempo rozwoju energetyki wiatrowej jest systematycznie wyższe niż wcześniejsze przewidywania. EWEA, która w 1996 r. postawiła sobie za cel wybudowanie do 2010 r. turbin wiatrowych o mocy 40 tys. megawatów, ostatnio podwyższyła swój plan do 60 tys. megawatów²⁸.

W Stanach Zjednoczonych rozwój energetyki wiatrowej kiedyś ograniczał się do Kalifornii, ale w ciągu ostatnich 3 lat farmy wiatraków pojawiły się w Kolorado, Iowa, Minnesocie, Oregonie, Pensylwanii, Teksasie i Wyoming, co zwiększyło moc zainstalowaną elektrowni wiatrowych w USA o połowę – z 1,68 tys. megawatów do 2,55 tys. megawatów (1 megawat mocy turbin wiatrowych wystarcza na ogół na zaopatrzenie w energię elektryczną 350 gospodarstw domowych). Generatory o łącznej mocy co najmniej 1,5 tys. megawatów, przewidziane do instalacji w roku 2001, miały być rozlokowane w kilkunastu stanach. Pole wiatraków o mocy 300 megawatów, budowane na pograniczu stanów Oregon i Waszyngton, obecnie największe w świecie, będzie mogło zaopatrzyć w energię elektryczną 105 tys. gospodarstw domowych²⁹.

Ale to dopiero początek. Amerykańska federalna agencja elektroenergetyczna Bonneville* Power Administration (BPA) ogłosiła w lutym 2001 r., że chce zwiększyć

* To okręg energetyczny na Północnym Zachodzie z siedzibą w Portland, podległy Departamentowi Energetyki [przyp. tłum.].

zżyć moc zainstalowaną elektrowni wiatrowych o 1 tys. megawatów i oczekuje ofert. Ku jej zaskoczeniu otrzymała propozycje budowy obiektów o mocy 2,6 tys. megawatów w 5 stanach, z możliwością zwiększenia jej do co najmniej 4 tys. megawatów. BPA, która może zaakceptować większość ofert, spodziewała się przenieść do eksploatacji przynajmniej jedną farmę wiatraków do końca 2001 r.³⁰

Jedno pole wiatraków o mocy 3 tys. megawatów w środkowo-wschodniej Dakocie przy granicy ze stanem Iowa, będące w początkowej fazie projektowania, będzie 10 razy większe niż to, które jest eksploatowane w stanach Oregon i Waszyngton. Projekt ten, nazwany Rolling Thunder (dosłownie: Przetaczający się Grzmot), podjęty z inicjatywy Dehlsen Associates i przygotowywany pod kierunkiem pioniera energetyki wiatrowej z Kalifornii Jima Dehlsena, ma zaopatrzyć w energię elektryczną Środkowy Wschód USA wokół Chicago. Jest to projekt ogromny nie tylko w skali obiektów energetyki wiatrowej, ale jeden z największych projektów energetycznych, jakie powstały dotychczas na świecie³¹.

Dochody ze sprzedaży energii wiatrowej pozostają zwykle w dyspozycji społeczności lokalnych, zasilając miejscową gospodarkę poprzez zwiększenie dochodów ludności, wpływów podatkowych oraz tworzenie miejsc pracy. Jedna nowoczesna turbina wiatrowa, zajmująca 1/4 akra powierzchni, może przynieść farmerowi 2 tys. dol. dochodu rocznie z tytułu dzierżawy i równocześnie dostarczyć miejscowym odbiorcom prąd wartości 100 tys. dol.³²

Dla farmerów odkrycie wartości wiejących u nich wiatrów jest jak wytrysk ropy naftowej, z tą różnicą, że źródła wiatru nigdy się nie wyczerpują. Jedną z zalet energii wiatru jest to, że turbiny postawione na farmach nie przeszkadzają w uprawie pól albo w wypasie bydła. Dochody farmerów z dzierżawy gruntów pod ważniejsze obiekty energetyki wiatrowej mogą łatwo przewyższyć dochody z hodowli bydła. Boom energetyki wiatrowej może ożywić rozwój społeczności wiejskich na całym świecie.

Kiedy zaczniemy otrzymywać elektryczność z wiatru, będziemy mogli ją wykorzystać do elektrolizy wody, rozszczepiając cząsteczki wody na części składowe – wodór i tlen. Wodór to najprostsze paliwo, które w przeciwieństwie do węgla czy nafty jest całkowicie wolne od węgla (pierwiastkowego). Jest to wymarzone paliwo do nowych, wysoce sprawnych ogniw paliwowych, nad którymi pracują wszyscy główni producenci samochodów. Daimler Chrysler planuje około 2003 r. wypuścić na rynek samochód napędzany ogniwem paliwowym. Ford, Toyota i Honda chyba nie pozostaną daleko w tyle³³.

Nadwyżki energii wiatrowej mogą być magazynowane w postaci wodoru i wykorzystywane jako paliwo do ogniw paliwowych albo turbin elektrycznych, zasila-

jących sieć przesyłową w razie osłabnięcia siły wiatru. Wiatr uważany do niedawna za jeden z filarów nowej gospodarki energetycznej może stać się jej fundamentem.

Dzięki rozwojowi technologii ujarzmiania wiatru i napędu wodorowego do samochodów możemy doczekać czasów, kiedy amerykańscy farmerzy będą dostarczać większą część nie tylko energii elektrycznej, ale też wodoru do naszych aut. Po raz pierwszy w historii Stany Zjednoczone dysponują technologią, która pozwala im pożegnać się z ropą z Bliskiego Wschodu.

W Stanach Zjednoczonych organizuje się nowe lobby optujące za energetyką wiatrową. Poza przemysłem pracującym na jej potrzeby i aktywistami ochrony środowiska także farmerzy naciskają na członków Kongresu, domagając się wsparcia rozwoju tego obfitego źródła energii, zastępującego paliwa kopalne³⁴.

W produkcji turbin przetwarzających siłę wiatru na elektryczność przoduje Dania. Sześćdziesiąt procent wszystkich turbin zainstalowanych w roku 2000 zostało albo dostarczonych bezpośrednio przez producentów duńskich, albo wyprodukowanych na ich licencji. Jest to przykład, jak dzięki dalekowzroczności przewidywań i mocnemu zaangażowaniu w ochronę środowiska można zająć dominującą pozycję w szybko wyłaniającej się gospodarce ekologicznej. Mimo niezwykle gwałtownego obecnie rozwoju energetyki wiatrowej Stany Zjednoczone dopiero starają się włączyć na powrót do współzawodnictwa w produkcji turbin wiatrowych. Pierwszy zakład budujący turbiny wiatrowe na skalę przemysłową, jaki powstał poza Kalifornią, został ostatnio uruchomiony w Champaign w Illinois, w samym sercu zagłębia kukurydzianego Stanów Zjednoczonych Corn Belt³⁵.

Świat zaczyna doceniać wartość wiatru jako źródła energii – obfitego i niewyczerpanego, dostarczającego i elektryczności, i wodoru wykorzystywanego jako paliwo. Farmerzy w Stanach Zjednoczonych przekonują się, że dwukrotne zbiory – plony z pól oraz energia wiatrowa – są lepsze niż jednorazowe. Przywódcy polityczni zaczynają rozumieć, że ujarzmienie siły wiatru może przyczynić się do umocnienia bezpieczeństwa energetycznego i ustabilizowania klimatu. A konsumenci przekonują się, że optując za „zieloną” elektrycznością, mogą to ułatwić. Jest to kombinacja, która gwarantuje wygraną.

ELEKTRYCZNOŚĆ ZE SŁOŃCA

Drugie, po wietrze, źródło energii zyskujące na znaczeniu – ogniwo słoneczne – ma stosunkowo krótką historię. W 1952 r. trzech naukowcy z Laboratoriów Bella w Princeton w New Jersey odkryli, że światło słoneczne, padając na tworzywo krzemowe, wytwarza elektryczność. Wynalezienie ogniwa fotoelektryczne-

go, inaczej – słonecznego, otworzyło nowe, rozległe możliwości produkcji energii elektrycznej³⁶.

Ogniwa słoneczne, początkowo bardzo drogie, mogły być używane tylko do specjalnych celów, np. do zasilania satelitów Ziemi. Innym praktycznym zastosowaniem w pierwszej fazie rozwoju było zasilanie kalkulatorów kieszonkowych. Teraz wąskie paski tworzywa krzemowego całkowicie zastąpiły używane dawniej baterie.

Kolejnym ekonomicznie opłacalnym zastosowaniem ogniw słonecznych jest wytwarzanie energii elektrycznej w odległych miejscach, takich jak domy letniskowe w górach w krajach uprzemysłowionych i wsie niezelektryfikowane w państwach rozwijających się. W niewielkich wioskach obecnie bardziej opłaca się montowanie ogniw słonecznych i łączenie ich we wspólnej sieci niż budowanie elektrowni. Pod koniec 2000 r. około miliona domów na całym świecie korzystało z elektryczności wytwarzanej w instalacjach opartych na ogniwach słonecznych. Ocenia się, że 700 tys. z nich znajdowało się w Trzecim Świecie³⁷.

Ponieważ koszty produkcji ogniw słonecznych stale się obniżają, właśnie to źródło energii może konkurować z wielkimi elektrowniami. Dla wielu spośród 2 mld ludzi na całym świecie, którzy nie mają dostępu do elektryczności, małe zestawy ogniw słonecznych mogą stać się prostym i tanim sposobem zaradzenia temu problemowi. Na przykład mieszkańcy wiosek na płaskowyżu peruwiańskim wydają około 4 dol. miesięcznie na świecę. Tymczasem za niewiele więcej mogą sobie zapewnić o wiele lepsze oświetlenie przy wykorzystaniu ogniw słonecznych. W niektórych niezelektryfikowanych regionach Trzeciego Świata lokalni przedsiębiorcy inwestują w budowę instalacji fotoelektrycznych, aby sprzedawać prąd mieszkańcom okolicznych wiosek³⁸.

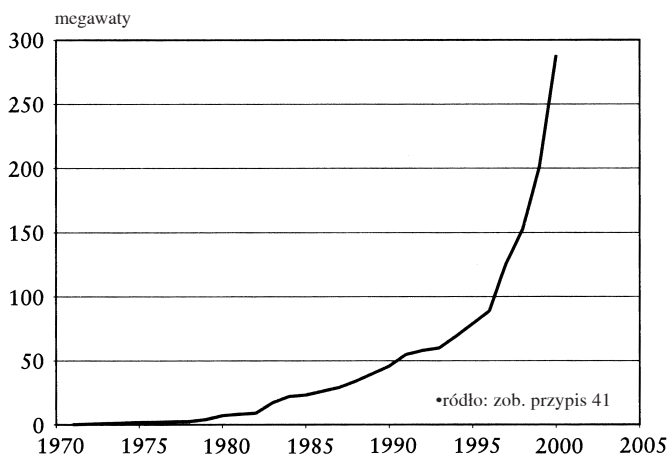
Chyba najbardziej interesującym osiągnięciem technicznym był japoński wyznalazek tworzywa fotoelektrycznego do krycia dachów. Wspólny projekt realizowany z udziałem przemysłu budowlanego, wytwórców ogniw słonecznych i japońskiego rządu przewiduje zwiększenie do 2010 r. mocy zainstalowanej ogniw słonecznych o 4,6 tys. megawatów, co wystarczyłoby na pokrycie całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną takiego kraju jak Estonia³⁹.

Dzięki fotoelektrycznym pokryciom dachowym dach budynku przekształca się w elektrownię. W niektórych krajach, m.in. w Niemczech i Japonii, takie budynki zaopatruje się teraz w liczniki działające w obie strony, tj. rejestrujące sprzedaż nadwyżek wytworzonej energii miejscowej elektrowni i jej kupno w przypadku niedoborów⁴⁰.

Nowo budowane biurowce w Stanach Zjednoczonych, Niemczech i Szwajcarii materiały fotoelektryczne mają wbudowane w fasady. Postronny obserwator nie

zauważy w wyglądzie tych budynków niczego, co wskazywałoby, że ich szklane ściany i okna są w istocie rzeczy małymi elektrowniami.

W latach 1990–2000 sprzedaż ogniw fotoelektrycznych rosła średnio o 20% rocznie. W 2000 r. skoczyła ona o 43%. W skali światowej zwiększyła się w tej dekadzie ponad sześciokrotnie z 46 megawatów mocy zainstalowanej w 1990 r. do 288 megawatów w roku 2000 (zob. wykres 5.3)⁴¹.



Wykres 5.3. Sprzedaż ogniw fotoelektrycznych na świecie w latach 1971–2000

Wielką trójkę w produkcji ogniw słonecznych stanowią Japonia, Stany Zjednoczone i Unia Europejska. W 1999 r. tylko w Japonii produkcja wyniosła 80 megawatów, plasując ten kraj na pierwszym miejscu przed Stanami Zjednoczonymi. Dużą część ogniw słonecznych wyprodukowanych w tym roku w USA, o mocy 60 megawatów, wyeksportowano do krajów rozwijających się. Europa Zachodnia zajmuje obecnie wśród producentów ogniw słonecznych trzecie miejsce z 40 megawatami mocy wyprodukowanej do 1999 r.; jednak wraz z oddaniem do użytku zakładu w Niemczech, należącego do Royal Dutch Shell i Pilkington Glass, o mocy 25 megawatów, liczba ta wzrosła o połowę⁴².

Kiedy BP łączyło się z Amoco, nabyło także dział produkcji ogniw słonecznych tej firmy – Solarex, co uczyniło z BP z dnia na dzień trzeciego największego producenta tych wyrobów po japońskich firmach Sharp i Kyocera. Czwartą pozycję zajmuje Siemens–Shell. Światowy rynek ogniw słonecznych charakteryzuje się ostrą konkurencją pomiędzy przedsiębiorstwami oraz między krajami. Jedną z przyczyn są ambitne programy upowszechniania krycia dachów materiałami fotoelek-

trycznymi w przodujących krajach uprzemysłowionych, które chcą w ten sposób wesprzeć rozwój przemysłu ogniw słonecznych⁴³.

Japonia, Niemcy i Stany Zjednoczone mają bardzo rozbudowane programy wspierania tego przemysłu. Nowy zakład firmy Shell-Pilkington w Niemczech został zbudowany w odpowiedzi na wprowadzenie w tym kraju energicznych środków pobudzania rozwoju energetyki słonecznej, szczególnie produkcji słonecznych baterii dachowych.

W przeciwieństwie do Japonii, która subsydiuje nabywców tych baterii, rząd niemiecki stosuje obniżoną taryfę opłat za energię słoneczną i nisko oprocentowane kredyty inwestycyjne. Niemcy stworzyły program Sto Tysięcy Dachów, który stawia za cel zainstalowanie do 2005 r. ogniw słonecznych o mocy 300 megawatów. W 1997 r. został ogłoszony amerykański program Milion Słonecznych Dachów. Chociaż jest to cel bardzo ambitny, wsparcie finansowe ze strony rządu nie jest nawet w przybliżeniu tak duże, jak w Japonii i Niemczech. Również Włochy zaczęły czynić postępy na polu energetyki słonecznej, ogłaszając program Dziesięć Tysięcy Słonecznych Dachów⁴⁴.

Możliwości energetyki słonecznej są ogromne. Zdjęcia lotnicze pokazują, że nawet przy zwykle zachmurzonym niebie zamontowanie ogniw słonecznych na dachach domów na Wyspach Brytyjskich pozwoliłoby w słoneczne dni uzyskać 68 tys. megawatów mocy, co równałoby się około połowy mocy potrzebnej w godzinach szczytu⁴⁵.

Koszty produkcji ogniw słonecznych obniżyły się z 70 dol./wat w latach siedemdziesiątych do niecałych 3,50 dol./wat dzisiaj. Jak się oczekuje, będą one nadal spadały, nawet do 1 dol./wat, dzięki postępowi technicznemu i skokowemu przyrostowi mocy. Badania zmierzające do ulepszenia technologii fotoelektrycznej prowadzi się dosłownie w setkach laboratoriów. Nie mija nawet miesiąc, żeby nie ogłoszono nowych osiągnięć albo w budowie ogniw fotoelektrycznych, albo w technologii ich produkcji⁴⁶.

CIEPŁO Z GŁĘBI ZIEMI

W przeciwieństwie do innych źródeł energii odnawialnej, takich jak wiatr, ognia słoneczne i energia wodna, które bezpośrednio czy pośrednio zależą od promieniowania Słońca, energia geotermiczna pochodzi z wnętrza Ziemi. Jest ona produktem reakcji jądrowych przebiegających pod ciśnieniem grawitacyjnym. Korzystanie z tego obfitego źródła, ukrytego przeważnie głęboko pod powierzchnią, może być opłacalne, jeżeli znajdzie się stosunkowo płytko, co sygnalizują gorące źródła, gejzery i wulkany.

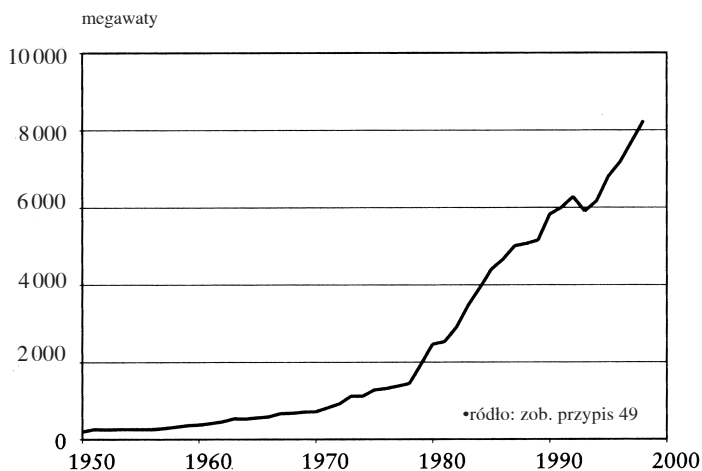
To źródło jest w zasadzie niewyczerpane. Na przykład z gorących kąpieli korzystano od tysięcy lat. Wydajność lokalnych źródeł można zwiększyć, trzeba jednak przy tym zadbać o dostosowanie ilości wydobywanej energii do tempa jej wydzielania. W przeciwieństwie do pól naftowych, które w końcu wyczerpią się, racjonalnie eksploatowane źródła energii geotermicznej mogą jej dostarczać w nieskończoność.

Niektóre części świata są o wiele bogatsze w energię geotermiczną niż inne. Najbogatszym pod tym względem regionem jest rozległa strefa Pacyfiku. W jej wschodniej części źródła geotermiczne występują wzdłuż wybrzeży Ameryki Łacińskiej, Ameryki Środkowej i Ameryki Północnej aż po Alaskę. W zachodniej części są gęsto rozsiane na wschodzie Rosji, na Półwyspie Koreańskim, w Chinach i krajach wyspiarskich – na Filipinach, w Indonezji, Nowej Gwinei, Australii i Nowej Zelandii⁴⁷.

To ukryte w ziemi źródło energii jest wykorzystywane bezpośrednio albo do ogrzewania, albo do produkcji energii elektrycznej. W pierwszym przypadku gorącą wodę albo parę pompuje się z wnętrza Ziemi i po odprowadzeniu ciepła włącza się tam na powrót. Do produkcji elektryczności można używać gorącej wody pompowanej spod powierzchni Ziemi albo pary powstającej przy przepuszczaniu wody przez gorące szczeliny w skałach położonych poniżej górnej warstwy skorupy ziemskiej. Energia geotermiczna może służyć bezpośrednio do ogrzewania wnętrza, jak w Islandii, gdzie w ten sposób ogrzewa się około 85% budynków, do kąpieli w gorących źródłach, jak w Japonii, albo do produkcji elektryczności, jak w Stanach Zjednoczonych⁴⁸.

Po raz pierwszy użytek z energii geotermicznej zrobiono w 1904 r. we Włoszech. Teraz korzysta z niej większa liczba krajów, chociaż w wielu przypadkach głównie w formie dostaw gorącej wody do kąpielisk. Przez pierwsze 70 lat ubiegłego wieku wzrost mocy zainstalowanej generatorów zasilanych ze źródeł geotermicznych był powolny, osiągając do 1973 r. zaledwie 1,1 tys. megawatów. Po dwukrotnej skokowej podwyżce cen ropy w latach 1973 i 1979 uległ on jednak przyspieszeniu. Do 1998 r. zwiększył się prawie ośmiokrotnie, do 8,25 tys. megawatów (zob. wykres 5.4)⁴⁹.

W zagospodarowywaniu energii geotermicznej przewodzą Stany Zjednoczone, na które przypada ponad 2,8 tys. megawatów mocy zainstalowanej. Jednakże biorąc pod uwagę udział tego źródła energii w krajowej produkcji energii elektrycznej, inne, mniejsze kraje znalazły się daleko w przodzie. O ile Stany Zjednoczone używają z niego tylko 1% produkowanej elektryczności, o tyle Nikaragua – 28%, a Filipiny – 26%⁵⁰.



Wykres 5.4. Moc elektrowni geotermicznych na świecie w latach 1950–1998

Z bogactwa energii geotermicznej większość krajów dopiero zaczyna korzystać. Dla państw obfitujących w jej źródła, jak te przylegające do obu wybrzeży Pacyfiku, Morza Śródziemnego i afrykańskiego Wielkiego Rowu, ciepło wnętrza Ziemi jest potencjalnie olbrzymim rezerwuarem energii, w dodatku takim, który nie zakłóca klimatu.

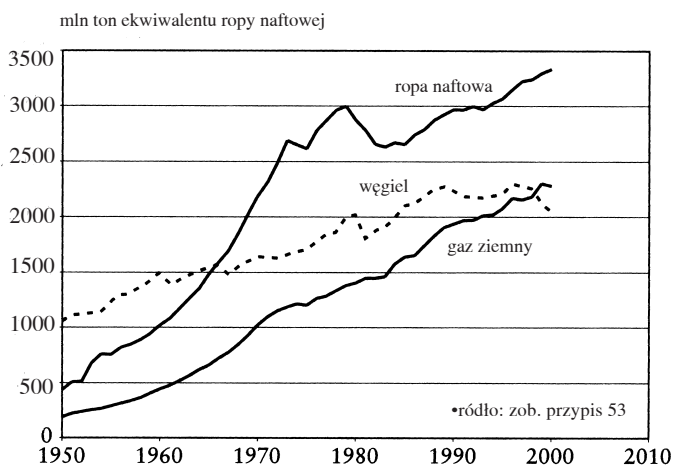
Japonia dysponuje dużymi zasobami energii geotermicznej znajdującymi się blisko powierzchni Ziemi, jak o tym świadczą tysiące gorących źródeł rozsianych po całym kraju. Ocenia się, że wykorzystując możliwości przetwarzania jej w energię elektryczną, Japonia mogłaby pokryć 30% krajowego zapotrzebowania w tym zakresie. Niektóre kraje są tak hojnie wyposażone w ten rodzaj energii, że mogłyby nią zaspokoić wszystkie potrzeby gospodarki⁵¹.

W czasach rosnącego zaniepokojenia zmianami klimatycznymi wiele państw zaczyna eksploatować swój potencjał geotermiczny. Na przykład w USA Departament Energii ogłosił w 2000 r. plan zagospodarowania bogatych źródeł energii geotermicznej na zachodzie kraju. Zakłada on, że około 2020 r. powinny one zaspokoić 10% zapotrzebowania na elektryczność amerykańskiego Zachodu⁵².

GAZ ZIEMNY: PALIWO OKRESU PRZEJŚCIOWEGO

W drugiej połowie XX w. zużycie gazu ziemnego wzrosło dwunastokrotnie. Już w 1999 r. wyparł on będący jednym z głównych źródeł energii węgiel, zajmując drugie miejsce po ropie naftowej (zob. wykres 5.5). Wzrost zużycia gazu jest szcze-

śliwą okolicznością, ponieważ wraz z tym rozbudowuje się system magazynowania i dystrybucji tego paliwa – w postaci albo magistrali gazociągowej, albo sieci rozdzielczej w miastach; tworzą się w ten sposób warunki do późniejszego przedstawienia się na gospodarkę zasilaną wodorem⁵³.



Wykres 5.5. Zużycie paliw kopalnych na świecie w latach 1950–2000

W ciągu nadchodzących 20 lat gaz ziemny może zająć miejsce ropy jako główne światowe źródło energii, szczególnie jeśli spodziewany spadek wydobycia ropy nastąpi już w najbliższej dekadzie, a nie w następnej. Gaz ziemny zyskał na popularności jako paliwo czyste, jak również dlatego, że przy spalaniu wydziela mniej węgla (pierwiastkowego) niż węgiel czy ropa. W porównaniu z węglem emisja węgla (pierwiastkowego) jest o ponad połowę mniejsza. W przeciwieństwie do węgla i ropy, przy spalaniu których często wydzielają się także dwutlenek siarki i tlenki azotu, gaz pali się czysto⁵⁴.

Ta jego właściwość przemawia do rządów, które widzą w nim środek na ograniczenie zanieczyszczeń powietrza. Na przykład w Chinach zastępowanie węgla gazem zarówno w przemyśle, jak i w gospodarstwach domowych przyczynia się do zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza w miastach, będącego w ostatnich latach przyczyną schorzeń dosłownie milionów mieszkańców. Zgodnie z długofalowym planem rozwoju Chin budują nowy rurociąg od złóż gazu odkrytych na północnym zachodzie kraju do miasta Lanzhou w prowincji Gansu. Rząd chiński zgodził się też na import gazu i planuje budowę gazociągu łączącego syberyjskie złoża tego paliwa z Pekinem i Tianjinem, największymi miastami przemysłowymi Chin⁵⁵.

Potencjalna rola gazu jako paliwa w okresie przejściowym między erą paliw kopalnych a epoką solarno-wodorową nie uszła uwadze bardziej przewidujących szefów firm gazowych. Na przykład holenderska Gasunie spodziewa się odegrać w tym przejściowym okresie czołową rolę. Chociaż sprowadza ona na razie gaz ze złóż Morza Północnego poprzez Holandię do innych krajów europejskich, w przyszłości zamierza wykorzystać wiatry wiejące od lądu do produkcji energii elektrycznej, a z jej pomocą – wodoru, który będzie potem przesyłany systemem rurociągów transportujących obecnie gaz⁵⁶.

W Stanach Zjednoczonych nie istniejący już Enron, teksaska korporacja gazowa, która wyrosła na czołowy koncern energetyczny na świecie, również żywo interesowała się rolą, jaką mogłaby odegrać w procesie budowy nowej gospodarki energetycznej. Firma wykupiła dwa towarzystwa sektora energetyki wiatrowej, co umożliwiło jej eksploatację wielkiego potencjału energii wiatrowej w Teksasie. Jej obfitość, umożliwiająca produkcję taniej energii elektrycznej i wodoru, pozwala liczyć na to, że pewnego dnia będzie można skierować jego strumień do tej samej sieci dystrybucyjnej, która zaopatruje w gaz Północny Wschód i Środkowy Zachód Stanów⁵⁷.

Podobnie rysuje się sytuacja w Chinach, gdzie gazociągi doprowadzające gaz ze złóż na północnym zachodzie do miast przemysłowych na wschodzie mogą kiedyś być wykorzystane do transportu wodoru wyprodukowanego dzięki wykorzystaniu siły wiatrów (instalacja turbin wiatrowych w połączeniu z roślinnością tworzącą osłony wiatrowe na obszarach, gdzie grunty są narażone na erozję eoliczną, mogłyby też pomóc w zapanowaniu nad erozją i burzami piaskowymi przetaczającymi się przez kraj aż do Pekinu i innych miast).

Kompanie gazowe zajmują dogodną pozycję do objęcia roli głównych budowniczych gospodarki opartej na energii solarnej i wodorowej. Mogą one kiedyś zacząć inwestować w produkcję elektryczności w odległych rejonach, gdzie wieje dużo wiatrów, a potem wykorzystywać ją do elektrolizy wody i produkcji wodoru. Wodór mógłby być potem eksportowany w płynnej postaci, podobnie jak teraz skompresowany gaz ziemny jest transportowany tankowcami.

NA DRODZE DO GOSPODARKI WODOROWEJ

Przechodzenie od gospodarki zasilanej paliwami kopalnymi do gospodarki solarno-wodorowej można śledzić na postawie zróżnicowanego tempa zużycia poszczególnych rodzajów energii (zob. tablica 5.2). W latach dziewięćdziesiątych energetyka wiatrowa rozwijała się w oszałamiającym tempie 25% rocznie, co prowadziło do wzrostu mocy zainstalowanej z 1,93 tys. megawatów w 1990 r. do 18,449 tys.

Tablica 5.2. Stopa wzrostu zużycia różnych rodzajów energii w latach 1990–2000 (w %)

•ródło energii	Roczna stopa wzrostu
Energia wiatrowa	25,0
Ogniwa słoneczne	20,0
Energia geotermiczna	4,0
Energia wodna	2,0
Gaz ziemny	2,0
Ropa naftowa	1,0
Energia atomowa	0,8
Węgiel	-1,0

• r ó d ł o: *Vital Signs 2001*, Worldwatch Institute, W.W. Norton, New York 2001, s. 40–47.

megawatów w roku 2000. Sprzedaż ogniw słonecznych rosła równocześnie o 20% rocznie, natomiast produkcja energii geotermicznej – o 4% rocznie. Produkcja energii wodnej, będąca czwartym co do wielkości źródłem energii odnawialnej, rosła o 2% rocznie.

Wśród paliw kopalnych najszybciej rosło wydobycie gazu – o 2% rocznie, wyprzedzając wzrost wydobycia ropy naftowej, które zwiększało się o 1% rocznie. Zużycie węgla zmniejszało się o 1% w skali roku, przy czym początek spadku przypada na 1996 r. Energetyka jądrowa rozwijała się w ledwie dostrzegalnym tempie, zwiększając produkcję średnio o niecały 1% rocznie.

Różnice w wysokości stóp wzrostu produkcji różnych rodzajów energii pogłębiły się w roku 2000. Przyrost mocy generatorów wiatrowych wyniósł 32%, a sprzedaż ogniw słonecznych podskoczyła o 43%. Zużycie węgla, który zapoczątkował erę przemysłową, zmniejszyło się o 4%, zużycie gazu zwiększyło się o 2%, a ropy naftowej – o 1%. Produkcja energii atomowej wzrosła o niecały 1%. Te dane, ilustrujące gwałtowny wzrost znaczenia energetyki wiatrowej i słonecznej oraz ostry spadek roli węgla, dowodzą, że restrukturyzacja gospodarki energetycznej nabiera rozpędu⁵⁸.

Węgiel jest pierwszym paliwem kopalnym, którego zużycie zaczęło maleć. Jego wydobycie osiągnęło szczytowy poziom w 1996 r., a w roku 2000 spadło o 7% i będzie się nadal zmniejszać wraz z przestawianiem się na gaz ziemny i odnawialne źródła energii. Zużycie węgla szybko spada zarówno w Wielkiej Brytanii, gdzie rozpoczęła się rewolucja przemysłowa, jak i w Chinach, które są największym jego użytkownikiem⁵⁹.

Trudno sobie też wyobrazić bardziej dramatyczny zwrot w losach energetyki atomowej. W latach osiemdziesiątych wzrost mocy zainstalowanej w elektrowniach

atomowych wyniósł 140%, natomiast w latach dziewięćdziesiątych obniżył się do 6%. W zderzeniu z kosztami demontażu elektrowni atomowych, mogącymi dorównać nakładom poniesionym na ich budowę, to źródło energii, mające być tak tanie, że „nie warto nawet liczyć”, okazało się zbyt drogie. Wszędzie, gdzie rynki energii zostały otwarte na konkurencję, energetyka nuklearna znalazła się w tarapatkach. Biorąc pod uwagę, że wiele starszych elektrowni ma być zamkniętych, należy się spodziewać, że w ciągu kilku lat rozwój energetyki atomowej osiągnie kres swoich możliwości i rozpocznie się jej zmierzch⁶⁰.

W wielu krajach trwa albo jest planowane w najbliższych latach zamykanie elektrowni atomowych, m.in. w Bułgarii, Niemczech, Kazachstanie, Holandii, Rosji, Słowacji, Szwecji i Stanach Zjednoczonych. W trzech krajach, niegdyś stawiających zdecydowanie na rozwój tego działu energetyki – we Francji, w Chinach i Japonii – traci on na atrakcyjności. Francja przedłużyła moratorium na budowę nowych elektrowni. Chiny zapowiedziały, że w nadchodzących 3 latach nie zatwierdzą żadnych nowych projektów. Realizacja ambitnego japońskiego programu nuklearnego natrafia na trudności. Poważny wypadek w zakładzie paliwa atomowego na północ od Tokio we wrześniu 1999 r. zwiększył lęk społeczeństwa przed awariami elektrowni atomowych⁶¹.

Tymczasem popularność energetyki wiatrowej i ogniw słonecznych rośnie skokowo. Spektakularny wzrost produkcji elektryczności generowanej siłą wiatru jest napędzany przez zmniejszające się koszty. Dzięki turbinom wiatrowym najnowszej generacji koszty wytwarzania 1 kWh energii w głównych siłowniach spadły poniżej 4 centów w porównaniu z 18 centami przed 10 laty. Nadwyżki energii produkowanej siłą wiatru pozwalają na dostarczanie jej na zasadzie długoterminowych kontraktów po gwarantowanych cenach. Są to warunki, na jakie nie mogą przystać dostawcy ropy naftowej i gazu. Kiedy moc generatorów wiatrowych pod koniec lat dziewięćdziesiątych rosła szybciej niż moc elektrowni atomowych, stało się jasne, że prowadzenie przejmuje nowa generacja techniki energetycznej⁶².

W przeciwieństwie do starego systemu energetycznego, w którym dostawy kontroluje garstka krajów, nowe źródła energii są szeroko dostępne. Możliwość zagospodarowania własnych zasobów może się stać silnym impulsem pobudzającym wzrost gospodarczy w krajach rozwijających się. Tworzą się niezwykle koalicje zwolenników nowych źródeł energii, takie jak np. sojusze grup obrońców środowiska i producentów rolnych optujących za rozwojem energetyki wiatrowej. Pokrycie miejscowego zapotrzebowania na elektryczność nie kończy sprawy. Jak wspomniano, tani prąd elektryczny wytworzony siłą wiatru może być użyty do elektrolizy wody dla pozyskania wodoru. Wiczo, kiedy pobór mocy spada, prąd elek-

tryczny wytwarzany na farmach wiatrowych, może zasilać generatory wodoru produkujące paliwo do samochodów osobowych, ciężarowych i ciągników.

Kiedy – zgodnie z oczekiwaniami – w 2003 r. pojawią się pierwsze samochody napędzane ogniwami paliwowymi, dla których wymarzone paliwem jest wodór, otworzy się dlań ogromny rynek zbytu. Jak wskazałem wcześniej, Royal Dutch Shell już otwiera stacje wodorowe w Europie, William Ford zaś, prezes zarządu Ford Motor Company, oświadczył, że spodziewa się przewodniczyć ceremonii grzebania silnika spalinowego⁶³.

Korzyści ekonomiczne z rozwoju miejscowych, tanich odnawialnych źródeł energii są oczywiste. Pieniądze wydane na zagospodarowanie lokalnych zasobów energii wiatrowej przeważnie pozostają na miejscu. Rozwój energetyki wiatrowej zatem przyniesie korzyść społecznościom wiejskim w wielu krajach, zapewniając im dodatkowe dochody i możliwości zatrudnienia.

Restrukturyzacja energetyki odmieni strukturę całej gospodarki. Zmieni się, niekiedy radykalnie, geografia działalności gospodarczej. Lokowanie przemysłu ciężkiego, jak huty stali, w pobliżu złóż węgla i rud żelaza nie będzie już konieczne. W przyszłości energochłonne gałęzie przemysłu powstaną raczej w okolicach nawiedzanych przez wiatry niż bogatych w węgiel. Kraje, które kiedyś były importarami energii, mogą stać się samowystarczalne, a nawet zacząć eksportować elektryczność i wodór.

Jedną z charakterystycznych cech nowej gospodarki energetycznej jest to, że będzie się ona opierać w o wiele większej mierze na zdecentralizowanych, niewielkich ośrodkach niż na rozbudowanych scentralizowanych systemach. Małe systemy energetyczne, zaprojektowane do obsługi poszczególnych budynków, fabryk, biurowców, staną się bardziej powszechne. Zamiast niewielu scentralizowanych źródeł energii świat zacznie korzystać z bardzo licznych małych źródeł. Ogniw paliwowe zasilane wodorem i wysoce wydajne turbiny gazowe o cyklu sprężonym, napędzane albo gazem ziemnym, albo wodorem znajdują się w powszechnym użyciu. Ogniw paliwowe mogą być wykorzystane do produkcji energii na zaopatrzenie budynków biurowych, fabryk czy pojedynczych domów albo do napędzania samochodów.

W gospodarce ekologicznej podstawowym paliwem będzie wodór, który zastąpi ropę naftową, tak jak ropa naftowa zastąpiła węgiel, a węgiel – drewno. Ponieważ wodór można magazynować i wykorzystywać w miarę potrzeb, może się on stać doskonałą podporą gospodarki energetycznej opartej na energii wiatru i Słońca. Kiedy to czyste, wolne od węgla (pierwiastkowego) źródło energii zostanie zagospodarowane (oby do tego doszło raczej wcześniej niż później), wiele naszych obecnych

problemów związanych z zaopatrzeniem energetycznym można będzie rozwiązać. Elektryczność i wodór mogą łącznie zapewnić zaopatrzenie w energię we wszystkich jej postaciach, niezbędnych do zasilania nowoczesnej gospodarki, niezależnie od tego, czy będzie chodziło o komputery, samochody czy o produkcję stali.

Na pierwszy rzut oka taki system energetyczny może się wydać projektem przesadnie ambitnym. Ale 20 lat temu tak samo fantastyczne wydawały się pomysły zbudowania komputerów stacjonarnych czy laptopów oraz systemu komunikacji internetowej. Jak powiada Seth Dunn z Worldwatch Institute, najmniej wyobrażalne jest to, że gospodarka ery informacyjnej będzie zasilana prymitywnym systemem energetycznym ery przemysłowej. Kiedy decydenci zasiadający w rządach i korporacjach zrozumieją potrzebę restrukturyzacji gospodarki energetycznej i przekonają się, jak taki system energetyczny może być opłacalny, wygodny, czysty, wolny od węgla (pierwiastkowego) i innych zanieczyszczeń, w końcu zdobędą się na wysiłek porównywalny z tym, jakiego wymagało 100 lat temu przestawienie się z wykorzystania drewna na paliwa kopalne⁶⁴.

Jeżeli stawiamy sobie za cel dość szybkie zwiększenie produkcji energii wiatrowej dla przyspieszenia eliminacji węgla, to ten wzrost musi być rzeczywiście nadzwyczaj szybki. Czy jest to możliwe? Tak. Przykładem może być rozwój Internetu. W latach 1985–1995 liczba serwerów w sieci internetowej zwiększała się co roku ponad dwukrotnie. W 1985 r. było ich 2,3 tys., w 1995 r. – 14,352 mln⁶⁵.

Pobieżne szacunki pozwalają zorientować się, jakie tempo wzrostu byłoby potrzebne, żeby wiatr stał się podstawą globalnej gospodarki energetycznej, i ile to musiałoby kosztować. Co by się działo, gdyby w ciągu 10 lat produkcja energii wiatrowej rocznie podwajała się, tak jak ekspansja Internetu? Przyjmijmy dla uproszczenia rachunku, że w 2000 r. świat dysponował generatorami wiatrowymi o mocy 20 tys. megawatów, w 2001 r. – o mocy 40 tys. megawatów, w 2002 r. – o mocy 80 tys. megawatów itd. W tym tempie w roku 2005 byłoby to 640 tys. megawatów, tj. ilość wystarczająca na pokrycie prawie całkowitego zapotrzebowania Stanów Zjednoczonych na energię elektryczną. Do 2010 r. moc zainstalowana generatorów wiatrowych osiągnęłaby 20,4 mln megawatów; byłaby więc wielokrotnie większa niż obecnie na świecie (3,2 mln megawatów mocy zainstalowanej) i w 2010 r., kiedy prawdopodobnie będziemy potrzebować około 4 mln megawatów. Pozwoliłoby to pokryć nie tylko światowe zapotrzebowanie na elektryczność, ale i inne potrzeby energetyczne, w tym transportu i przemysłu ciężkiego, a także gospodarki komunalnej⁶⁶.

Ile to miałoby kosztować? Zakładając z nadwyżką, że na 1 megawat mocy trzeba by wydać 1 mln dol., zainstalowanie 10 mln megawatów mocy w siłowniach

wiatrowych wymagałoby wydatkowania w ciągu 10 lat 10 bln dol. Co roku wypadałoby więc inwestować około 1 bln dol., czyli blisko dwa razy więcej niż w roku 2000 wydano na ropę naftową, ale zaledwie 2,5% produktu światowego wynoszącego 40 bln dol. Innym punktem odniesienia do obliczeń finansowych, pod pewnymi względami bardziej wymownym, może być suma 700 mld dol., którą wydaje się corocznie na świecie na finansowanie działalności szkodliwej dla środowiska, jak wydobywanie węgla, nadmierna rozbudowa flot rybackich i eksploatacja źródeł wody (zob. rozdział 11). Skierowanie tych środków na rozbudowę energetyki wiatrowej przyspieszyłoby ewolucję gospodarki ekologicznej na kilku odcinkach równocześnie. Te kalkulacje dowodzą, że jeśliby świat zechciał zmierzać szybciej w kierunku ograniczenia emisji związków węgla, mógłby to zrobić⁶⁷.

Przejsie od gospodarki opartej na paliwach kopalnych do bardzo wydajnej gospodarki wodorowej zapewni ogromne możliwości wzrostu inwestycji i zatrudnienia na całym globie. Nie pora pytać, czy dojdzie do rewolucji energetycznej. Ona już się zaczęła. Jediną niewiadomą jest to, jak szybko będzie postępować, czy dostatecznie szybko, aby zapobiec zmianom klimatycznym, i kto najwięcej skorzysta z tej transformacji.

Patrząc realistycznie – jak szybko może się rozwijać energetyka wiatrowa w nadchodzącym 10-leciu? W latach dziewięćdziesiątych jej tempo wynosiło 25% rocznie, przy czym uczestniczyło w tym zaledwie kilka krajów. Jak szybko mogłaby rosnać, gdyby wszystkie państwa dysponujące nadającym się do eksploatacji potencjałem energii wiatrowej zaczęły go rozwijać? Czy możliwe byłoby podwojenie tempa? Nie byłoby to łatwe, wymagałoby mobilizacji na miarę tej, do jakiej zmusiła nas druga wojna światowa. Podwojenie tempa rozwoju mogłoby się udać w początkowych latach dekady, kiedy baza wyjściowa byłaby jeszcze mała, ale potem dynamika rozwoju musiałaby osłabnąć. Tempo osvajania energii wiatrowej będzie częściowo zależało od tego, jak szybko będzie się zmieniał klimat i jak bardzo będziemy zaniepokojeni falami rekordowych upałów, topnieniem lodów i niszczącymi skutkami burz. Chociaż przewidzenie przyszłego tempa rozwoju jest niemożliwe, można bezpiecznie założyć, że około 2010 r. świat będzie mógł pozyskiwać dużą część potrzebnej elektryczności z wiatru, jeśli dojdzie do wniosku, że jest to konieczne⁶⁸.

W artykule *Hydrogen Futures...* Seth Dunn z Worldwatch Institute cytuje prezydenta Johna F. Kennedy'ego: „Program działania ma ryzyko i koszty. Ale są one o wiele mniejsze niż dalekosiężne ryzyko i koszty bezczynności” i trawestując jego wypowiedź, która odnosiła się do okresu zimnej wojny, pisze, mając na myśli współczesną transformację energetyki: „Szybka budowa gospodarki wodorowej niesie ze

sobą ryzyko i koszty, ale są one mniejsze niż dalekosiężne ryzyko i koszty wygodnego trzymania się gospodarki węglowodorowej⁶⁹.

Kluczem do skrócenia drogi do gospodarki wodorowej jest zmuszenie rynku do uwzględnienia w cenach kosztów ekologicznych. Tygodnik „The Economist” uważa, że istnieje potrzeba najpierw oczyszczenia pola, a następnie pozostawienia swobody gry sił rynkowych: „Oznacza to, np., zniesienie wielu subsydiów dopłacanych do węgla i innych paliw kopalnych. To także znaczy, że trzeba wprowadzić podatek węglowy albo podobne instrumenty, które sprawią, że ceny paliw kopalnych będą pokrywały szkody wyrządzane ludzkiemu zdrowiu i środowisku”. Coraz więcej analityków dochodzi do tego samego wniosku. Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) też opowiada się za zmianami w systemach podatkowych, które doprowadzą do zmniejszenia emisji związków węgla. Stopniowe wprowadzenie podatku węglowego, tak aby koszty spalania paliw kopalnych odzwierciedlały pełne koszty dla społeczeństwa, przyspieszyłoby przestawianie się na korzystanie z energii wiatrowej, ogniw słonecznych, energii geotermicznej i rozwijanie tych źródeł w nadchodzącej dekadzie znacznie szybciej niż w poprzedniej⁷⁰.