

## ROZWÓJ ENERGETYKI WIATROWEJ W CHINACH

Energetyka wiatrowa przechodzi okres dynamicznego rozwoju. W ciągu ostatniej dekady łączna moc zainstalowanych na świecie turbin wiatrowych wzrosła pięciokrotnie (ze 115,4 GW w 2008 r. do 564,3 GW w 2018 r.), a produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych wzrosła z 220,6 TWh w 2008 r. do 1270,0 TWh w 2018 r.<sup>1</sup> Od roku 2010 o 21,7% spadła cena montowanych turbin wiatrowych – z 1913 USD/kW do 1497 USD/kW w 2018 r. Równocześnie wzrosły wskaźniki wykorzystania mocy (*capacity factor*) z 27% w 2010 r. do 34% w 2018 r. Dzięki temu uśredniony koszt jednostkowy wytwarzania energii elektrycznej (*Levelized Cost of Electricity* – LCOE) w turbinach wiatrowych zlokalizowanych na lądzie (*onshore*) zmniejszył się z 0,08 USD/kWh w 2010 r. do 0,06 USD/kWh w 2018 r.<sup>2</sup> Warto też zwrócić uwagę na niską emisję gazów cieplarnianych związaną z wytworzeniem energii elektrycznej w turbinach wiatrowych – około 8–20 g na kWh, co stanowi 1–2% emisji wytwarzanych w elektrowniach węglowych<sup>3</sup>.

Od kilku lat wiodącą rolę w energetyce wiatrowej odgrywają Chiny, ale jeszcze w 2003 r. łączna moc zainstalowanych w Chinach turbin wiatrowych wynosiła tylko 547 MW, co stanowiło 1,4% światowych mocy elektrowni wiatrowych. W tym czasie Niemcy będące w tym zakresie liderem dysponowały mocą elektrowni wiatrowych rzędu 14 381 MW. W USA łączna moc elektrowni wiatrowych wynosiła 5995 MW, a w Hiszpanii 5945 MW. W 2018 r., tj. 15 lat później Chiny stały się już zdecydowanym liderem energetyki wiatrowej z łączną mocą zainstalowanych turbin wiatrowych na poziomie 184 696 MW, co stanowiło 32,7% światowych mocy elektrowni wiatrowych<sup>4</sup>.

Jak to się stało, że kraj, który jeszcze niedawno dzielił ogromny dystans do światowych liderów energetyki wiatrowej i importował technologię produkcji turbin wiatrowych, zwiększył kilkaset razy moc działających turbin wiatrowych, zdecydowanie wyprzedzając inne państwa w tej dziedzinie? Na to pytanie odpowiada niniejszy artykuł, zawierający przegląd i podsumowanie literatury przedmiotu w kontekście

<sup>1</sup> BP Statistical Review of World Energy, 2019.

<sup>2</sup> IRENA [International Renewable Energy Agency], *Renewable Power Generation Costs in 2018*, Abu Dhabi 2019.

<sup>3</sup> Y. Zhou Y., M. Pan, F. Urban, *Comparing the International Knowledge Flow of China's Wind and Solar Photovoltaic (PV) Industries: Patent Analysis and Implications for Sustainable Development*, „Sustainability” 2018, 10, 1883, s. 1–34.

<sup>4</sup> BP Statistical Review of World Energy, 2019.

najnowszych danych statystycznych. Jego głównym celem jest opisanie czynników, które zdecydowały o rozwoju energetyki wiatrowej w Chinach.

W opracowaniu postawiono trzy hipotezy badawcze. Po pierwsze, osiągnięcie tak wielkiej skali produkcji oraz wysokiego tempa rozwoju energetyki wiatrowej w Chinach wymagało zbudowania całego ekosystemu biznesowego. Po drugie, rozwój energetyki wiatrowej w Chinach nie byłby możliwy bez zapewnienia szerokiego strumienia finansowania. Po trzecie, chiński ekosystem energetyki wiatrowej nie jest nastawiony tylko na przechwytywanie wartości (*value capture*) związane z programami finansowymi, ale także na tworzenie wartości (*value creation*) w ramach działalności innowacyjnej.

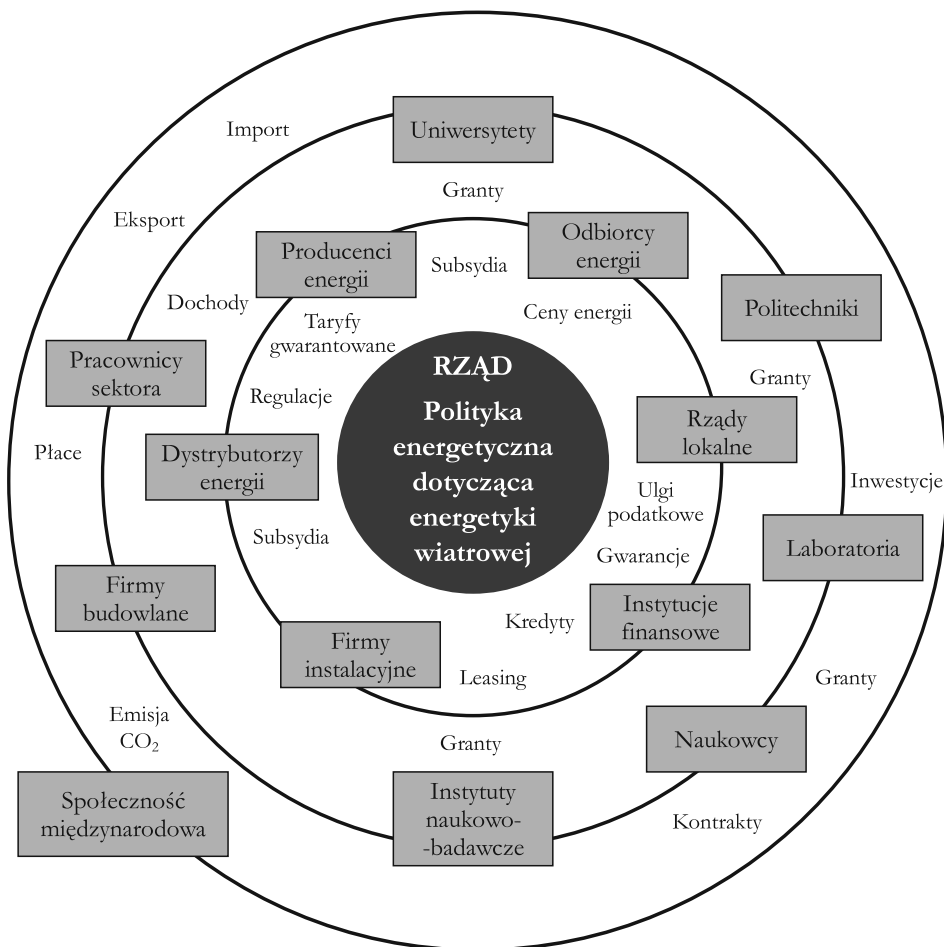
Do weryfikacji hipotez zastosowano metodę opisową, analizę porównawczą bazującą na danych wtórnych oraz studium przypadku. Pewne novum stanowi zastosowanie do analizy polityki energetycznej koncepcji inżynierii ekosystemów biznesowych, a także dwóch autorskich narzędzi: testu zaangażowania kapitału narodowego i testu innowacyjności przeprowadzonego dla chińskiego ekosystemu energetyki wiatrowej.

Koncepcję ekosystemów biznesowych (*business ecosystem*) wprowadził do literatury ekonomicznej James Moore w latach 90. XX wieku<sup>5</sup>. W biznesie ekosystem oznacza społeczność przedsiębiorstw i ich pracowników, dostawców, klientów, instytucji finansujących, ośrodków naukowych, różnych innych interesariuszy oraz ich wzajemne powiązania. W przypadku energetyki wiatrowej w Chinach mamy do czynienia z inżynierią budowanego od podstaw ekosystemu biznesowego, w myśl którego państwo wyznacza cele, określa odpowiednie środki finansowe i dysponuje nimi, tworzy mechanizmy wsparcia podmiotów nie tylko kontrolowanych przez rząd, ale także podmiotów prywatnych. W niniejszym opracowaniu przyjęto, że w Chinach ekosystem biznesowy w energetyce wiatrowej (rys. 1) nie powstał w sposób spontaniczny, w wyniku działania niewidzialnej ręki rynku, lecz jest wynikiem świadomej polityki gospodarczej. Kluczowe elementy tego ekosystemu, a także odbywające się w nim podstawowe przepływy zasobów oraz pieniędzy zostały wcześniej starannie zaprojektowane.

Test zaangażowania kapitału narodowego pozwala ocenić efektywność tej polityki z punktu widzenia funkcjonowania i wyników podmiotów krajowych. Kapitał narodowy jest definiowany jako bogactwo ucieleśnione w przedstawicielach danego narodu (kapitał ludzki), w majątku rzeczowym i finansowym, jaki zgromadzili, w terytorium, które zajmują, w wodach terytorialnych, które kontrolują, w zasobach, które znajdują się pod powierzchnią ziemi i na niej, a także w kulturze, która spaja i wzmacnia wspólnotę narodową oraz przyczynia się do rozwoju gospodarczego.

---

<sup>5</sup> J. Moore, *Predators and prey: A new ecology of competition*, „Harvard Business Review”, May–June 1993, s. 75–86.



Rys. 1. Ekosystem biznesowy w chińskiej energetyce wiatrowej

Źródło: Opracowanie własne.

W teście wyróżniono trzy oceny efektów polityki gospodarczej wobec nowych sektorów: niska ocena – w przypadku, gdy udział podmiotów krajowych w procesach gospodarczych jest niewielki, tj. technologie i produkty są importowane, a podmioty krajowe tylko uczestniczą w ich dystrybucji; średnia ocena – gdy podmioty krajowe uczestniczą nie tylko w dystrybucji, ale też w procesach wytwarzania, zdobywają doświadczenie i wiedzę w zakresie *know-how*, są w stanie opanować znaczną część procesów technologicznych, wysoka ocena – gdy podmioty krajowe tworzą cały łańcuch wartości w sektorze, od projektowania i wprowadzania nowych produktów/technologii, poprzez ich sprzedaż na rynku krajowym, aż do eksportu

technologii i produktów na rynki zagraniczne i zdobywanie coraz większego udziału na tych rynkach.

Test innowacyjności ekosystemu biznesowego służy do oceny zakresu i stopnia zmian w technologiach, produktach, organizacji i funkcjonowaniu firm na rynku. Zgodnie z Oslo Manual, międzynarodowym podręcznikiem metodologicznym z dziedziny badań statystycznych innowacji, pojęcie innowacji jest bardzo szerokie – „innowacja jest to wdrożenie nowego lub istotnie ulepszanego produktu (wyrobu lub usługi), nowego lub istotnie ulepszanego procesu, nowej metody marketingu lub nowej metody organizacji w zakresie praktyk biznesowych, organizacji miejsca pracy bądź relacji ze środowiskiem”<sup>6</sup>. Najnowsza, czwarta edycja Oslo Manual 2018 definiuje pojęcie innowacji biznesowej jako „nowy lub ulepszony produkt lub proces biznesowy, który znacznie różni się od poprzednich produktów lub procesów biznesowych firmy i który został wprowadzony na rynek lub do własnego użytku przez firmę”<sup>7</sup>.

W teście wyróżnione zostały też trzy oceny poziomu innowacyjności ekosystemu biznesowego: niska ocena – w przypadku, gdy zmiany w technologiach, produktach, organizacji i relacjach rynkowych są śladowe lub ich w ogóle nie ma; średnia ocena – gdy wprowadzane są tzw. innowacje miękkie (*soft innovation*), czyli pojawiają się rozwiązania technologiczne, produktowe czy organizacyjne nowe dla firm (*new to the company*), ale nie dla całego rynku; wysoka ocena – gdy wprowadzane są tzw. innowacje twarde (*hard innovation*), tj. chronione patentami nowe technologie i produkty, będące nowością dla całego rynku globalnego (*new to the market*).

Polityka energetyczna Chin w zakresie energetyki wiatrowej wzbudza uzasadnione zainteresowanie naukowców z całego świata. Kraj ten jest obecnie światowym liderem, jeśli chodzi o zainstalowaną moc turbin wiatrowych oraz produkcję energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych. Problem ten jest coraz częściej i szerzej podejmowany w literaturze. Do najczęściej podejmowanych zagadnień należy chińska polityka energetyczna bazująca na odnawialnych źródłach energii (OZE), takich jak wiatr<sup>8</sup>. W literaturze znajdziemy również opis systemu wspar-

<sup>6</sup> OECD & European Communities, *Podręcznik Oslo. Zasady gromadzenia i interpretacji danych dotyczących innowacji*, wyd. 3, Warszawa 2005.

<sup>7</sup> OECD & European Union, *Oslo Manual 2018. Guidelines For Collecting, Reporting And Using Data On Innovation*, 4<sup>th</sup> ed., Paris/Eurostat, Luxembourg 2018.

<sup>8</sup> Na ten temat zob. m.in.: J. Li, X. Zhuang, *The Analysis of China's New and Renewable Energy Policies and Future Trend*, „China Energy” 2001, vol. 4, s. 5–9; F. Wang, H. Yin, S. Li, *China's renewable energy policy: Commitments and challenges*, „Energy Policy” 2010, vol. 38, Issue 4, s. 1872–1878; L. Price, M. Levine, N. Zhou, D. Fridley, N. Aden, H. Lu, M. McNeil, N. Zheng, Y. Qin, P. Yowargana, *Assessment of China's Energy-Saving and 38 Emission-Reduction Accomplishments and Opportunities During the 11<sup>th</sup> Five Year Plan*, „Energy Policy” 2011, vol. 39, Issue 4, s. 2165–2178; G. Xinyua, J. Boc, L. Bina, Y. Kaia, *Study on Renewable Energy Development and Policy in China*, „Energy Procedia” 2011, vol. 5, s. 1284–1290; Y. He, Y. Hu, Y. Pang, H. Tian, R. Wu, *A Regulatory Policy to Promote Renewable Energy Consumption in China: Review and Future Evolutionary Path*, „Renewable Energy” 2016,

cia w Chinach energetyki wiatrowej<sup>9</sup>. Szczegółowej analizie poddany został też rozwój energetyki wiatrowej w Chinach, m.in. pod kątem innowacji i działalności z zakresu R&D<sup>10</sup>. Tematyka energetyki wiatrowej pojawia się też w raportach różnych instytucji i organizacji<sup>11</sup>. W polskiej literaturze szczegółowy opis rozwoju energetyki wiatrowej w Chinach można znaleźć m.in. w dwóch monografiach Łukasza Gacka<sup>12</sup>.

W artykule podjęto następujące zagadnienia: rolę sektora energetycznego w gospodarce Chin, historię budowy innowacyjnego ekosystemu biznesowego w energetyce wiatrowej w Chinach, funkcjonowanie ekosystemu biznesowego w energetyce wiatrowej w Chinach w latach 2003–2018.

## Rola sektora energetycznego w gospodarce Chin

Chiny notowały w ostatnich 15 latach wyjątkowo wysokie tempo wzrostu gospodarczego, przekraczające w latach 2003–2010 nawet 10% w skali roku (tab. 1). PKB

---

vol. 89, s. 695–705; J. Kejun, J. Woetzel, *How China is leading the renewable energy revolution*, World Economic Forum, 29.08.2017, <https://www.weforum.org/agenda/2017/08/how-china-is-leading-the-renewable-energy-revolution> (dostęp: 10.12.2019); J. Liu, *China's renewable energy law and policy: A critical review*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2019, vol. 99, s. 212–219.

<sup>9</sup> Na ten temat m.in.: J. Li, X. Zhuang, *The Analysis...*, s. 5–9; J. Lewis, R. Wisser, *Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms*, „Energy Policy” 2007, vol. 35, Issue 3, s. 1844–1857; L. Butler, K. Neuho, *Comparison of feed-in tariffs, quota and auction mechanisms to support wind power development*, „Renewable Energy” 2008, vol. 33, Issue 8; B. Shen, J. Wang, M. Li, L. Priced, L. Zenge, *China's Approaches to Financing Sustainable Development: Policies, Practices, and Issues*, Berkeley Lab. 2012; Z. Ming, L. Ximei, L. Na, X. Song, *Overall review of renewable energy tariff policy in China: Evolution, implementation, problems and countermeasures*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2013, vol. 25, s. 260–271; F. Wang, H. Yin, S. Li, *China's renewable energy policy: Commitments and challenges*, „Energy Policy” 2010, vol. 38, s. 1872–1878; J. Nahm, *Renewable futures and industrial legacies: Wind and solar sectors in China, Germany, and the United States*, „Business and Politics” 2017, vol. 19, Issue 1, s. 68–106; Y. Liang, B. Yu, L. Wang, *Costs and benefits of renewable energy development in China's power industry*, „Renewable Energy” 2019, vol. 131, s. 700–712.

<sup>10</sup> O tym szczegółowo: J. Lewis, R. Wisser, *Fostering a renewable energy...*, s. 1844–1857; Z. Zhao, W. Ling, G. Zillante, J. Zuo, *Comparative Assessment of Performance of Foreign and Local Wind Turbine Manufacturers in China*, „Renewable Energy” 2012, vol. 39, s. 424–432; S. Zhoua, Y. Wanga, Y. Zhoub, L. Clarke, J. Edmonds, *Roles of wind and solar energy in China's power sector: Implications of intermittency constraints*, „Applied Energy” 2018, vol. 213, s. 22–30.

<sup>11</sup> Zob. np. GWEC (2019), *Global Wind Report 2018*; REN21, *Renewables 2019. Global Status Report*, Paris 2019; IRENA, *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2019*, Abu Dhabi 2019.

<sup>12</sup> Ł. Gacek, *Azja Centralna w polityce energetycznej Chin*, Kraków 2013; *idem*, *Zielona energia w Chinach. Zrównoważony rozwój, ochrona środowiska, gospodarka niskoemisyjna*, Kraków 2015.

zwiększył się z 1660 mld USD w 2003 r. do 13 608 mld USD w 2018 r., a PKB *per capita* wzrósł z 1289 USD w 2003 r. do 9771 USD w 2018 r.<sup>13</sup>

Tak szybki i nieprzerwany wzrost gospodarczy nie byłby możliwy bez inwestowania w sektor energetyczny i zadbania o tzw. bezpieczeństwo energetyczne. Według Banku Światowego bezpieczeństwo energetyczne oznacza zapewnienie zrównoważonej produkcji i konsumpcji energii w rozsądnej cenie, w taki sposób, aby wzmacniać wzrost gospodarczy, redukować ubóstwo oraz bezpośrednio poprawiać jakość życia ludzi przez rozszerzenie dostępu do zaawansowanych usług energetycznych<sup>14</sup>.

Tabela 1. Tempo wzrostu gospodarczego na świecie, w Chinach, USA, Japonii i Niemczech

Rok	Świat	Chiny	USA	Japonia	Niemcy
2003	2,9	10,0	2,9	1,5	-0,7
2004	4,4	10,1	3,8	2,2	1,2
2005	3,9	11,4	3,5	1,7	0,7
2006	4,3	12,7	2,9	1,4	3,7
2007	4,2	14,2	1,9	1,7	3,3
2008	1,9	9,7	-0,1	-1,1	1,1
2009	-1,7	9,4	-2,5	-5,4	-5,6
2010	4,3	10,6	2,6	4,2	4,1
2011	3,1	9,6	1,6	-0,1	3,7
2012	2,5	7,9	2,2	1,5	0,5
2013	2,7	7,8	1,8	2,0	0,5
2014	2,8	7,3	2,5	0,4	2,2
2015	2,9	6,9	2,9	1,2	1,7
2016	2,6	6,7	1,6	0,6	2,2
2017	3,2	6,8	2,2	1,9	2,2
2018	3,0	6,6	2,9	0,8	1,4
2003–2018 (średnie tempo wzrostu)	2,9	9,2	2,0	0,9	1,4

Źródło: World Bank (2019), <https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.mktp.kd.zg> (dostęp: 19.08.2019).

<sup>13</sup> [data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.mktp.cd](https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.mktp.cd) (dostęp: 29.08.2019); [data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.pcap.cd](https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.pcap.cd) (dostęp: 29.08.2019).

<sup>14</sup> World Bank, *Energy Security Issues*, The World Bank Group, Moscow–Washington DC 2005.

Współczesna gospodarka zużywa duże ilości energii elektrycznej. Jeszcze w 2003 r. zdecydowanym liderem w produkcji energii elektrycznej były Stany Zjednoczone. Produkcja ta, wynosząca 4138 TWh, była ponad 2 razy większa niż w Chinach (1911 TWh). Jednak szybka rozbudowa mocy wytwórczych (opartych głównie na węglu) spowodowała, że Chiny w 2011 r. wyprzedziły USA, a w 2018 r. ich przewaga nad Stanami Zjednoczonymi wynosiła już 2651 TWh<sup>15</sup> (tab. 2).

Chiny nie posiadają wystarczających (z punktu widzenia potrzeb) zasobów ropy naftowej oraz gazu ziemnego, dlatego sektor energetyczny oparły na węglu (tab. 3), którego rozpoznane złoża są obfite – wynoszą około 138,8 mld ton (co stanowi 13,2% zasobów światowych)<sup>16</sup>.

Tabela 2. Produkcja energii elektrycznej (w TWh)

Rok	Świat	Japonia	Niemcy	USA	Chiny	Udział Chin (w %)
2003	16 919	1 093	609	4 138	1 911	11,3
2004	17 702	1 121	617	4 232	2 203	12,4
2005	18 452	1 153	623	4 323	2 500	13,6
2006	19 156	1 164	640	4 331	2 866	15,0
2007	20 041	1 180	641	4 432	3 282	16,4
2008	20 433	1 184	641	4 390	3 496	17,1
2009	20 269	1 114	596	4 206	3 715	18,3
2010	21 574	1 156	633	4 394	4 207	19,5
2011	22 259	1 104	613	4 363	4 713	21,2
2012	22 808	1 107	630	4 311	4 988	21,9
2013	23 450	1 088	639	4 330	5 432	23,2
2014	23 915	1 063	628	4 363	5 650	23,6
2015	24 287	1 030	648	4 349	5 815	23,9
2016	24 957	1 042	651	4 348	6 133	24,6
2017	25 677	1 050	654	4 303	6 604	25,7
2018	26 615	1 052	649	4 461	7 112	26,7

Źródło: BP Statistical Review of World Energy, June 2019, <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (dostęp: 19.08.2019).

W latach 2003–2018 Chiny zwiększyły produkcję energii elektrycznej w elektrowniach węglowych ponad trzykrotnie – z 1520,0 TWh w 2003 r. do 4732,4 TWh w 2018 r., jednocześnie zwiększając swój udział w rynku światowym z 22,5% do 46,9% (tab. 3).

<sup>15</sup> BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

<sup>16</sup> *Ibidem*.

Tabela 3. Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach węglowych (w TWh)

Rok	Świat	Japonia	Niemcy	USA	Chiny	Udział Chin (w %)
2003	6 762,2	288,0	304,6	2 139,1	1 520,0	22,5
2004	6 988,1	291,1	298,8	2 143,6	1 722,4	24,6
2005	7 360,4	315,1	288,1	2 178,9	1 980,1	26,9
2006	7 771,0	307,5	288,9	2 155,6	2 302,4	29,6
2007	8 261,6	313,0	297,1	2 182,7	2 656,7	32,2
2008	8 277,5	331,0	275,2	2 147,9	2 708,9	32,7
2009	8 129,8	309,6	253,4	1 899,5	2 911,5	35,8
2010	8 658,4	312,7	262,9	1 998,5	3 239,2	37,4
2011	9 100,4	281,6	262,5	1 876,3	3 695,4	40,6
2012	9 141,6	330,8	277,1	1 640,8	3 755,8	41,1
2013	9 597,1	359,2	288,2	1 713,9	4 074,2	42,5
2014	9 628,8	353,1	274,4	1 713,7	4 070,9	42,3
2015	9 412,0	346,7	272,2	1 468,3	4 042,5	43,0
2016	9 507,4	370,6	261,7	1 346,2	4 163,6	43,8
2017	9 806,2	361,8	241,9	1 310,0	4 445,5	45,3
2018	10 100,5	347,2	229,0	1 245,8	4 732,4	46,9

Źródło: BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

W tym samym okresie zarówno Amerykanie, jak i Niemcy bardzo mocno ograniczyli produkcję energii elektrycznej w elektrowniach węglowych. Inaczej wygląda sytuacja w Japonii, kraju bardzo ubogim w surowce energetyczne. Po katastrofie elektrowni jądrowej w Fukushima Japonia zwiększyła skalę produkcji energii elektrycznej w elektrowniach węglowych.

Na tle analizowanych państw udział węgla w produkcji energii elektrycznej w Chinach jest bardzo wysoki, bo wynosi 66,5%, podczas gdy w Niemczech – 35,3%, Japonii – 33,0%, a w USA – 27,9%<sup>17</sup> (tab. 4).

Wysokie tempo wzrostu gospodarczego w latach 80. i 90. ubiegłego wieku przyczyniło się do zwiększenia dochodów oraz poprawy jakości życia mieszkańców Chin, ale wzrost ten został okupiony znacznym pogorszeniem stanu środowiska naturalnego. Szczególnie w dużych miastach zanieczyszczenie powietrza stało się bardzo dokuczliwe dla mieszkańców. Zdając sobie sprawę z konsekwencji dalszego zwiększania mocy wytwórczych w energetyce węglowej, chiński rząd opublikował w 1996 r. dokument pt. *The Outline of New Energy and Renewable Energy Development in China of 2010*, w którym nakreślono plan rozwoju energetyki

<sup>17</sup> *Ibidem.*



Tabela 4. Miks energetyczny – procent energii elektrycznej wytwarzanej z danego źródła w 2018 r.

Źródło energii	Świat	Japonia	Niemcy	USA	Chiny
Ropa	3,0	5,7	0,8	0,6	0,2
Gaz	23,2	36,8	12,8	35,4	3,1
Węgiel	38,0	33,0	35,3	27,9	66,5
Jądrowe	10,2	4,7	11,7	19,0	4,1
Wodne	15,8	7,7	2,6	6,5	16,9
OZE	9,3	10,7	32,2	10,3	8,9
Inne	0,6	1,5	4,5	0,3	0,2
Razem	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Źródło: BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

bazującej na odnawialnych źródłach energii (OZE), w tym energetyki wiatrowej<sup>18</sup>. W najnowszym XIII planie pięcioletnim oraz w dokumencie pt. Energy Supply and Consumption Revolution Strategy (2016–2030) określono kierunki rozwoju energetyki w Chinach, w ramach których mają być zwiększane moce wytwórcze przede wszystkim w energetyce solarnej (głównie fotowoltaice), energetyce wiatrowej i hydroenergetyce<sup>19</sup>. Nie przewiduje się jeszcze odchodzenia od węgla, raczej wyhamowanie tempa rozwoju energetyki węglowej. Z konwencjonalnych źródeł energii na znaczeniu ma zyskiwać gaz, którego produkcję planuje się zwiększyć o 60% do 2020 r.

### Budowa innowacyjnego ekosystemu biznesowego w energetyce wiatrowej w Chinach

Do powstania i rozwoju ekosystemu biznesowego potrzebne są odpowiednie środki finansowe, pochodzące od ostatecznych nabywców produktów i usług, banków, inwestorów, firm *venture capital* czy rządu. Energetyka wiatrowa w Chinach zaczęła się rozwijać dopiero w latach 90. ubiegłego wieku w oparciu o import technologii. Zakupiono licencje i patenty, ściągnięto światowych liderów. Jeszcze w 2005 r. udział w chińskim rynku czterech zagranicznych firm: Vestas, GE, Gamesa i Enercon

<sup>18</sup> G. Xinyua, J. Boc, L. Bina, Y. Kaia, *Study on Renewable Energy Development and Policy in China*, „Energy Procedia” 2011, vol. 5, s. 1284–1290.

<sup>19</sup> *China Investment Report*, Energy Charter Secretariat, Brussels 2017.

wynosił około 75%, by w 2011 r. zmniejszyć się do 38%<sup>20</sup>. Ostatecznie zdecydowaną większość rynku przejęły rodzime firmy, zajmujące się produkcją i instalacją elektrowni wiatrowych.

Rząd chiński niejako wymusił na zagranicznych inwestorach transfer technologii. Chcąc sprzedawać elektrownie wiatrowe na rosnącym chińskim rynku, trzeba było część produkcji komponentów zlecać lokalnym producentom. W ten sposób firmy chińskie zdobywały *know-how* i stopniowo zwiększały swoje zdolności produkcyjne. Początkowo kupowały licencje i patenty, ale dzięki subsydiom rządowym przeznaczonym na badania i rozwój (R&D) stopniowo wprowadzały własne, unikalne rozwiązania. W pierwszej fazie koncentrowały się na rynku krajowym – do 2009 r. chińskie firmy praktycznie nie zajmowały się eksportem turbin wiatrowych.

Pierwsze programy wsparcia energetyki wiatrowej w Chinach zastosowano już w latach 1998–2003. W 1999 r. rząd ustanowił fundusz o wartości 1 mld CNY przeznaczony dla małych i średnich firm technologicznych działających w energetyce bazującej na OZE<sup>21</sup>. Zaczęto też testować pierwsze taryfy gwarantowane (*feed-in tariffs*, FIT), czyli długotrwałe kontrakty, mające pokryć wszystkie koszty producenta energii pochodzącej z OZE i zapewnić mu satysfakcjonującą stopę zwrotu z inwestycji. Przed 2003 r. najniższe centralne taryfy wynosiły 0,38 CNY/kWh, a najwyższe ponad 1 CNY/kWh. Taryfy (*feed-in tariff*) akceptowane przez władze prowincji wynosiły wtedy od około 0,20–0,40 CNY/kWh (co stanowiło ekwiwalent elektrowni węglowych) do ponad 1 CNY/kWh<sup>22</sup>. Po 2003 r. Narodowa Komisja Rozwoju i Reform Chińskiej Republiki Ludowej (National Development and Reform Commission – NDRC) zorganizowała kilka przetargów na koncesjonowane projekty. Uzyskane ceny były relatywnie niskie 0,38–0,50 CNY/kWh, podczas gdy lokalne rządy akceptowały stawki nawet na poziomie 0,50–0,80 CNY/kWh. W 2005 r. wprowadzono przełomową ustawę Renewable Energy Law of the People's Republic of China, stwarzającą ramy prawne dla rozwoju gospodarki niskoemisyjnej opartej na odnawialnych źródłach energii (OZE). W dokumencie tym wskazano m.in. na konieczność większego wykorzystania energii wiatru. W latach 2006–2009 w ramach programu Interim Measures on Renewable Energy Electricity Prices and Cost Sharing Management wprowadzono system licytacji. W 2008 r. poziom taryf zaakceptowanych przez NDRC mieścił się w granicach 0,51–0,61 CNY/kWh. Od 2009 r. w ramach programu Improving Policies on the Feed-in Tariff of Wind Power NDRC wprowadziła benchmarki dla taryf stosowanych w różnych regionach Chin – wynosiły one odpowiednio 0,51, 0,54, 0,58 i 0,61 CNY za 1 kWh. Uwzględniono w ten sposób zróżnicowane koszty budowy, funkcjonowania, przyłączenia do

<sup>20</sup> J. Streeter, D. Goldstein, *Understanding China's renewable energy technology exports*, „Energy Policy”, January 2013, vol. 52, s. 417–428.

<sup>21</sup> J. Cherni, J. Kentish, *Renewable energy policy and electricity market reforms in China*, „Energy Policy” 2007, vol. 35, issue 7, s. 3616–3629.

<sup>22</sup> Z. Ming, L. Ximei, L. Na, X. Song, *Overall review...*

sieci, a także różne wielkości produkcji energii elektrycznej (zależne od wskaźników wietrzności) w poszczególnych regionach<sup>23</sup>.

Do 2010 r. wydano w Chinach na energetykę wiatrową łącznie około 313 mld CNY. Do 2020 r. suma ta może wzrosnąć nawet do 1777 mld CNY. W dłuższej perspektywie – do 2030 r. skumulowane wydatki na energetykę wiatrową mogą wynieść 3834 mld CNY, a do 2050 r. nawet do 12 096 mld CNY<sup>24</sup>.

Kolejny przełom w chińskiej polityce energetycznej nastąpił wraz z uchwaleniem XII planu pięcioletniego (2011–2015). Zapisano w nim bardzo ambitne cele, w tym zwiększenie łącznej mocy elektrowni wiatrowych do poziomu 105 GW<sup>25</sup>. W 2011 r. chińscy producenci dysponowali już na tyle zaawansowaną technologią w zakresie elektrowni wiatrowych, że rozpoczęli sprzedaż eksportową, m.in. do Brazylii i RPA (Sinovel), USA (United Power, Sany Electric i Chongqing Haizhuang), Indii (Shanghai Electric), a największa chińska firma Goldwind uzyskała zamówienia pochodzące m.in. z USA, Australii, Chile, Ekwadoru i Etiopii<sup>26</sup>.

Godnym uwagi przykładem jest tutaj firma Goldwing, obecnie jeden ze światowych liderów, jeśli chodzi o sprzedaż turbin wiatrowych. Przedsiębiorstwo to zaczęło od produkcji małych turbin wiatrowych na licencji kupionej od niemieckiej firmy REpower. Większe turbiny zaczęto produkować wspólnie z inną niemiecką firmą Vensys, którą ostatecznie w 2008 r. Goldwing przejął<sup>27</sup>.

W 2016 r. Chiny ogłosiły XIII plan pięcioletni (2016–2020), w ramach którego zdefiniowano jeszcze wyższe cele w zakresie energetyki wiatrowej. Łączna moc zainstalowanych turbin wiatrowych ma się zwiększyć ze 129 GW w 2015 r. do 210 GW w 2020 r.<sup>28</sup>

Według danych pochodzących z najnowszego opracowania REN21: *Renewables 2019 Global Status Report* w okresie 2008–2018 Chiny wydały łącznie na instalacje związane z wykorzystaniem OZE ponad 823 mld USD. Udział Chin w światowych wydatkach na tego typu technologie wyniósł w 2017 r. aż 44,7%, by w 2018 r. zmniejszyć się do 31,6%<sup>29</sup>.

Przy zaangażowaniu odpowiednich publicznych środków można stworzyć ekosystem biznesowy, w którym powstaną inwestycje w OZE, ale w wielu krajach (np. w Polsce) firmy działające w ramach tych ekosystemów są nastawione głównie na przejęcie środków (*value capture*) pochodzących z rządowych programów wsparcia energetyki wiatrowej, a nie na wprowadzanie innowacji (*value creation*). W państwach tych kluczowe technologie i urządzenia (m.in. turbiny i przekładnie)

---

<sup>23</sup> *Ibidem*.

<sup>24</sup> J. Streeter, D. Goldstein, *Understanding China's...*, s. 417–428.

<sup>25</sup> [iea.org/policiesandmeasures/pams/china/](http://iea.org/policiesandmeasures/pams/china/) (dostęp: 23.08.2019).

<sup>26</sup> *Ibidem*.

<sup>27</sup> J. Streeter, D. Goldstein, *Understanding China's...*, s. 417–428.

<sup>28</sup> *China Investment Report...*

<sup>29</sup> REN21, *Renewables 2019...*

są importowane, nie ma rozwiniętej działalności naukowo-badawczej oraz patentowania nowych rozwiązań technologicznych.

Inaczej wygląda sytuacja w Chinach. W 2010 r. Ministerstwo Nauki i Technologii oraz National Energy Bureau wspólnie sfinansowały powstanie wielu centrów R&D i laboratoriów dla energetyki wiatrowej, których zadaniem było prowadzenie badań i testowanie nowych rozwiązań technologicznych. W 2011 r. powstał ośrodek badawczy National Energy Key Laboratory for Wind Energy & Solar Energy Emulation and Inspection Certification Technology, stanowiący platformę badawczo-usługową i certyfikującą dla energetyki wiatrowej i solarnej. Zbudowano też wiele projektów demonstracyjnych, na których testowano nowe technologie. Dzięki inwestycjom w R&D Chiny szybko osiągnęły zdolność samodzielnego wytwarzania wszystkich kluczowych elementów elektrowni wiatrowych.

Wydatki na R&D w energetyce wiatrowej przeznaczane są głównie na opracowanie nowych, większych turbin. Chiny mają obecnie dziesięć głównych producentów turbin, którzy dostarczają urządzenia o mocy najczęściej od 2,5 MW do 3,6 MW. Istnieją już jednak prototypy turbin o mocy 5 MW, a trwają badania nad turbinami o mocy 10 MW, które miałyby zostać zainstalowane na morzu<sup>30</sup>.

## Funkcjonowanie ekosystemu biznesowego w energetyce wiatrowej w Chinach w latach 2003–2018

W Chinach panują bardzo sprzyjające warunki do rozwoju energetyki wiatrowej. Całkowite możliwości produkcji energii w turbinach wiatrowych szacuje się na 2–3,4 TW na lądzie i 0,5 TW na morzu<sup>31</sup>.

Po uchwaleniu XI planu pięcioletniego (2006–2010) zaczęto przeznaczać w Chinach coraz większe kwoty na rozwój energetyki wiatrowej. Przez 3 kolejne lata moc elektrowni wiatrowych zwiększała się o około 100% w skali roku, natomiast w 2010 r. o 68%, dzięki czemu już w 2011 r. Chiny zajęły pozycję światowego lidera (tab. 5). W 2018 r. ChRL udało się zwiększyć przewagę nad Stanami Zjednoczonymi do ponad 90 GW. Udział Chin w rynku światowym osiągnął wtedy 32,7%. Zgodnie z XII planem pięcioletnim (2011–2015) do 2015 r. moc zainstalowanych turbin wiatrowych miała sięgnąć 100 GW<sup>32</sup>, w rzeczywistości przekroczyła 131 GW<sup>33</sup>.

---

<sup>30</sup> IEA, *China Wind Energy Development Roadmap 2050*, IEA Technology Roadmaps, OECD Publishing, Paris 2012, <https://doi.org/10.1787/9789264166752-en> (dostęp: 20.11.2019).

<sup>31</sup> BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

<sup>32</sup> Z. Ming, L. Ximei, L. Na, X. Song, *Overall review...*, s. 260–271.

<sup>33</sup> J. Streeter, D. Goldstein, *Understanding China's...*, s. 417–428.

Ostatni XIII plan pięcioletni zakłada, że moc elektrowni wiatrowych włączonych do sieci w 2020 r. wyniesie minimum 210 GW. Cel prawdopodobnie zostanie osiągnięty bez większych problemów, bo już w 2018 r. łączna moc turbin wiatrowych podłączonych do sieci wynosiła prawie 185 GW (tab. 5). Przez wiele lat Chiny pozostawały w tyle, jeśli chodzi o turbiny wiatrowe stosowane na morzu (*offshore wind projects*). Jednak w 2018 r. dzięki inwestycjom sięgającym 11,4 mld USD wysunęły się na pierwsze miejsce na świecie.

W przypadku energetyki wiatrowej ChRL koncentruje się na razie na swoim rodzimym rynku. Liderem w transakcjach międzynarodowych jest Dania (42%), która wyprzedza Niemcy (29%) i Hiszpanię (15%). Chiny z 8% udziałem zajmują dopiero 4. miejsce<sup>34</sup>.

Tabela 5. Moc zainstalowanych turbin wiatrowych (w MW)

Rok	Świat	Japonia	Niemcy	USA	Chiny	Udział Chin (w %)
2003	38 392	508	14 381	5 995	547	1,4
2004	46 917	769	16 419	6 456	763	1,6
2005	58 452	1 227	18 248	8 706	1 060	1,8
2006	73 166	1 805	20 474	11 329	2 070	2,8
2007	91 511	1 527	22 116	16 515	4 200	4,6
2008	115 363	1 756	22 794	24 651	8 388	7,3
2009	150 181	1 997	25 732	34 296	17 599	11,7
2010	180 941	2 294	26 903	39 135	29 634	16,4
2011	220 129	2 419	28 712	45 676	46 355	21,1
2012	267 113	2 562	30 979	59 075	61 597	23,1
2013	300 303	2 645	33 477	59 973	76 731	25,6
2014	349 699	2 753	38 614	64 232	96 819	27,7
2015	416 739	2 808	44 580	72 573	131 048	31,4
2016	467 578	3 246	49 592	81 386	148 517	31,8
2017	515 175	3 392	55 718	87 543	164 392	31,9
2018	564 347	3 653	59 420	94 295	184 696	32,7

Źródło: BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

Sam fakt zbudowania elektrowni wiatrowych o największej na świecie łącznej mocy nie od razu przelożył się na pozycję lidera w produkcji energii elektrycznej w turbinach wiatrowych. Chiny przez pewien czas miały problemy z przyłączeniem nowych elektrowni wiatrowych do sieci energetycznej. Zgodnie z XII planem

<sup>34</sup> IRENA, *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2018*, Abu Dhabi 2018.

pięcioletnim do 2015 r. produkcja energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych miała sięgnąć 190 TWh<sup>35</sup>, w rzeczywistości była nieznacznie mniejsza i wyniosła 185,8 TWh.

Dwóm kontrolowanym przez państwo operatorom sieci State Power Grid i South Power Grid początkowo brakowało bodźców do podłączania nowych dostawców energii bazujących na OZE. Udział farm wiatrowych w ogólnej produkcji energii elektrycznej był bardzo mały, a koszty przyłączenia do sieci oraz jej rozbudowy bardzo duże. Dlatego też pojawiły się problemy, w tym sytuacje, kiedy to gotowe elektrownie wiatrowe nie miały dostępu do sieci<sup>36</sup>. Jednak już w 2016 r. wielkość produkcji energii elektrycznej w chińskich elektrowniach wiatrowych okazała się największa na świecie i wyniosła 237,1 TWh. W 2018 r. wielkość produkcji energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych w Chinach wzrosła do 366 TWh, co stanowiło 28,8% produkcji światowej<sup>37</sup> (tab. 6).

Tabela 6. Produkcja energii elektrycznej w zainstalowanych turbinach wiatrowych (w TWh)

Rok	Świat	Japonia	Niemcy	USA	Chiny	Udział Chin (w %)
2003	62,9	0,8	18,7	11,3	1,0	1,6
2004	85,1	1,4	25,5	14,3	1,3	1,5
2005	104,1	1,9	27,2	18,0	1,9	1,9
2006	132,9	2,1	30,7	26,9	3,7	2,8
2007	170,7	2,7	39,7	34,8	5,5	3,2
2008	220,6	2,9	40,6	55,9	13,1	5,9
2009	275,9	3,4	38,6	74,6	27,6	10,0
2010	341,6	3,9	38,5	95,6	44,6	13,1
2011	436,8	4,5	49,9	121,4	70,3	16,1
2012	523,8	4,7	51,7	142,2	96,0	18,3
2013	645,3	5,1	52,7	169,5	141,2	21,9
2014	712,0	5,0	58,5	183,5	156,1	21,9
2015	831,4	5,2	80,6	192,6	185,8	22,3
2016	956,9	5,3	79,9	229,3	237,1	24,8
2017	1128,0	6,1	105,7	256,9	295,0	26,2
2018	1270,0	6,8	111,6	277,7	366,0	28,8

Źródło: BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

<sup>35</sup> Z. Ming, L. Ximei, L. Na, X. Song, *Overall review...*, s. 260–271.

<sup>36</sup> F. Wang, H. Yin, S. Li, *China's renewable energy policy...*, s. 1872–1878.

<sup>37</sup> BP Statistical Review of World Energy, June 2019.

Według Global Wind Energy Council (GWEC)<sup>38</sup> w 2018 r. zainstalowano na świecie 20 641 turbin wiatrowych o łącznej mocy 50,6 GW. W pierwszej dziesiątce największych producentów znalazło się pięć firm z Chin: Goldwind, Envision Energy, Mingyang, Guodian United Power i Sewind (tab. 7).

Warto wspomnieć, że jedną z kluczowych grup interesariuszy w energetyce są pracownicy firm produkujących, instalujących i serwisujących turbiny wiatrowe. W latach 2009–2010 w Chinach przybywało około 15 miejsc pracy na 1 MW zainstalowanej mocy w elektrowniach wiatrowych. Energetyka wiatrowa zapewnia na świecie około 1,16 mln miejsc pracy, z czego 44% przypada na Chiny, gdzie w branży tej pracuje około 510 tys. osób<sup>39</sup>. W UE takich miejsc pracy jest około 314 tys., a w USA 114 tys.<sup>40</sup> Przyjmuje się, że wraz z rozwojem technologii (instalowaniem turbin o coraz większej mocy) wskaźnik ten ma zmniejszyć się do 13 w 2020 r., 12 w 2030 r. i 10 w 2050 r.<sup>41</sup> Miejsca pracy w energetyce wiatrowej są bardzo cenione, bo oferują znacznie wyższe płace, niż wynosi średnia dla całej gospodarki.

Tabela 7. Dziesięciu największych producentów turbin wiatrowych na świecie (w GW)

<b>Producent</b>	<b>Moc turbin wiatrowych (w GW)</b>	<b>Udział w rynku (w %)</b>
Vestas (Dania)	10,3	20,3
Goldwind (Chiny)	7,0	13,8
Siemens Gamesa (Niemcy/Hiszpania)	6,2	12,3
GE Renewable (USA)	5,1	10,0
Envision Energy (Chiny)	4,3	8,4
Enercon (Niemcy)	2,8	5,5
Mingyang (Chiny)	2,6	5,2
Nordex Acciona (Niemcy)	2,5	5,0
Guodian United Power (Chiny)	1,3	2,5
Sewind (Chiny)	1,2	2,3

Źródło: REN21, *Renewables 2019. Global Status Report*, Paris 2019.

<sup>38</sup> GWEC (2019), *Global Wind Report 2018*.

<sup>39</sup> IRENA, *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2019*, Abu Dhabi 2019.

<sup>40</sup> *Ibidem*.

<sup>41</sup> IEA, *China Wind Energy Development Roadmap 2050...*

## Podsumowanie

W relatywnie krótkim okresie Chiny przeszły drogę od kraju stawiającego pierwsze kroki w energetyce wiatrowej do pozycji światowego lidera w tej dziedzinie. Na podstawie studiów literaturowych oraz analizy danych statystycznych można określić kluczowe determinanty sukcesu chińskiej polityki energetycznej.

Po pierwsze, Chiny postawiły energetykę, a w szczególności jej część bazującą na OZE, na wysokim miejscu na liście priorytetów pięcioletnich planów społeczno-gospodarczych. Ochrona środowiska stała się jednym z kluczowych celów polityki gospodarczej.

Po drugie, Chiny zbudowały cały ekosystem biznesowy w energetyce wiatrowej, obejmujący nie tylko producentów i użytkowników technologii, ale także ośrodki naukowe i instytucje finansowe. Jeszcze kilkanaście lat temu chińskie firmy importowały kluczowe elementy technologii w energetyce wiatrowej, a w tej chwili obsługują cały łańcuch wartości. Zaprezentowane dane potwierdzają hipotezę pierwszą, sugerującą, że osiągnięcie tak wielkiej skali produkcji oraz wysokiego tempa rozwoju energetyki wiatrowej w Chinach wymagało zbudowania całego ekosystemu biznesowego.

Chiny wypracowały najpierw silny popyt na projekty wiatrowe, przyciągając tym samym wiodących zagranicznych producentów. Za pomocą odpowiednich regulacji oraz bezpośredniego wsparcia rodzimych producentów doprowadzono do transferu technologii, stworzenia dużych krajowych zdolności wytwórczych oraz własnego *know-how*. Chińskie firmy stopniowo zaczęły przejmować rodzimy rynek instalacji wiatrowych, a następnie, posiadając już odpowiednie doświadczenie i zaawansowane technologie, a także przewagę kosztową, zaczęły eksportować elektrownie wiatrowe nie tylko do krajów sąsiednich, ale nawet do tych wysoko rozwiniętych.

Wiele państw importuje tylko nowe technologie z zakresu energetyki wiatrowej (w szczególności turbiny wiatrowe, których udział w łącznych kosztach inwestycyjnych sięga nawet 60–70%) i nie rozwija krajowych mocy wytwórczych oraz nie prowadzi prac badawczo-rozwojowych w tej dziedzinie. Kraje te w teście zaangażowania kapitału krajowego w procesy wytwórcze w nowej branży otrzymałyby niską ocenę. Inaczej wygląda sytuacja w przypadku Chin. Od samego początku wymagano od podmiotów zagranicznych (w tym czasie światowych liderów w dziedzinie energetyki wiatrowej) tworzenia *joint venture* z podmiotami krajowymi oraz zaangażowania krajowych kooperantów do kluczowych procesów wytwórczych. Po kilku latach krajowe podmioty były w stanie produkować większość podzespołów elektrowni wiatrowych. Przy wsparciu przez rząd procesów badawczo-rozwojowych firmy chińskie ostatecznie uzyskały zdolność wytwarzania kompletnych zestawów elektrowni wiatrowych. Po przetestowaniu ich na rynku krajowym rozpoczęto eksport na rynki zagraniczne, w tym na te najbardziej wymagające, czyli na rynek amerykański i rynek



UE. W światowej czołówce producentów turbin wiatrowych znajdują się obecnie następujące chińskie firmy: Goldwind, Guodian United Power, Envision i Mingyang. W teście zaangażowania kapitału narodowego należy przyznać Chinom ocenę wysoką (najwyższą w trzystopniowej skali).

Po trzecie, Chiny przeznaczyły ogromne kwoty na rozwój energetyki wiatrowej. Pieniądze poszły nie tylko na zwiększenie mocy zainstalowanych urządzeń, ale także na badania i rozwój, co zapewniło Chińczykom przewagę technologiczną i kosztową nad kluczowymi konkurentami. Potwierdzenie w danych znalazła więc druga hipoteza, mówiąca, że rozwój energetyki wiatrowej w ChRL nie byłby możliwy bez zapewnienia odpowiedniego strumienia finansowania.

Po czwarte, w Chinach dzięki dofinansowaniu uniwersytetów, politechnik i instytutów naukowych, a także budowie nowych ośrodków naukowo-badawczych i laboratoriów stworzono chronioną patentami unikalną technologię. Chiny z kraju, który jeszcze 20 lat temu stawiał pierwsze kroki w energetyce wiatrowej, stały się jednym z liderów w dziedzinie innowacji oraz posiadaczem największej liczby patentów w zakresie czystych technologii. Krytyczne znaczenie miały wydatki na R&D. Innowacje przyczyniły się do budowy coraz większych turbin wiatrowych, o niższych kosztach operacyjnych. Połączenie wydatków państwa z wydatkami przedsiębiorstw (często również kontrolowanych przez państwo) w zakresie R&D, w odpowiednim otoczeniu regulacyjnym, doprowadziło do tego, że chiński ekosystem energetyki wiatrowej jest nastawiony przede wszystkim na tworzenie wartości (*value creation*) w ramach działalności innowacyjnej, a nie tylko na przechwytywanie wartości (*value capture*), związane z programami finansowymi. Prezentowane dane potwierdzają więc hipotezę trzecią.

W przypadku Chin ocena innowacyjności ekosystemu biznesowego w energetyce wiatrowej musi być wysoka, bo po okresie uczenia się i wprowadzania innowacji miękkich, zwiększania wydatków na R&D nastąpił czas wprowadzania innowacji twardych – chronionych patentami własnych technologii, które są eksportowane na rynki zagraniczne. Właścicielami patentów są zarówno chińskie uniwersytety i politechniki, jak i przedsiębiorstwa, takie jak chociażby: Sinovel, Shanghai Electric, Dongfang Electric, XEMC, CSIC Haizhuang i Zhejiang Windy.

Po 20 latach od rozpoczęcia budowy ekosystemu biznesowego w energetyce wiatrowej łączna moc zainstalowanych w Chinach elektrowni wiatrowych (185 GW) jest zdecydowanie największa na świecie, podobnie wygląda sytuacja z produkcją energii elektrycznej w tego typu instalacjach. To w Chinach w ostatnich latach instaluje się też najwięcej nowych elektrowni wiatrowych. Chińskie firmy zajmują czołowe miejsca w rankingach producentów turbin wiatrowych. W ChRL stworzono najwięcej, bo 0,5 mln miejsc pracy w energetyce wiatrowej.

Oczywiście nie wszystko, co działo się w chińskiej energetyce wiatrowej, odbywało się bez przeszkód i nieprzewidzianych kosztów. Okazało się m.in., że chińska sieć energetyczna nie jest dostosowana do tak gwałtownego przyrostu przyłączanych

nowych mocy, pochodzących ze stosunkowo niestabilnych źródeł (wiatr). Część elektrowni wiatrowych nie była przyłączana w odpowiednim momencie do sieci, co powodowało straty potencjalnej energii oraz środków finansowych. Wolniej niż się spodziewano i określono w planach pięcioletnich rozwijała się energetyka wiatrowa na morzu (*offshore*). Dopiero w 2018 r. nastąpił gwałtowny przyrost zainstalowanych mocy.

Pomimo wspomnianych przeszkód i przejściowych problemów można mówić o niewątpliwym sukcesie chińskich programów rozwoju energetyki wiatrowej. Chińska inżynieria budowy ekosystemów biznesowych w energetyce wiatrowej może być punktem odniesienia lub wzorcem dla innych państw, w tym dla Polski, która swoją energetykę, podobnie jak niegdyś Chiny, wciąż opiera na węglu.

## SUMMARY

### THE DEVELOPMENT OF WIND ENERGY IN CHINA

Over the past 20 years, China has gone from being a country taking its first steps in wind energy to the position of a global leader in the field. The purpose of this article is to describe the factors that have determined the success of China's renewable energy policy. The descriptive method, comparative analysis, and a case study were used to verify hypotheses. The results of the analysis showed that the success of China's policy in the wind-energy sector was determined by such factors as prioritizing renewable energy in economic policy, setting specific goals for this policy, building entire business ecosystems in wind energy, ensuring a wide stream of financing, and constant introduction of innovations thanks to investments in R&D and human capital.