

Publishing of the publication: a chapter in the book: Technological space and the well-being of residents.

Polish: Przestrzeń technologiczna a dobrostan mieszkańców.

ISBN 978-83-66800-63-2

Title of the publication: Barriers to development of photovoltaic systems on electricity markets.

Polish: Bariery rozwoju systemów fotowoltaicznych na rynkach energii elektrycznej.



Table of contents:

K. Sala: Electromobility as an element of energy and ecological policy on the example of Poland.
K. Łodygowski, P. Sobczak: Analysis of the operating parameters of the NEXA 1.2 kW fuel cell.

A. Ziomek: The risk of non-environmental externalities of onshore wind energy – an attempt of measure.

J. Gumieła, D. Sztafrowski: Analysis of transmission losses depending on the value of the replacement parameters of the II type circuit for selected examples of high-voltage overhead power lines.

Ł. Miszuda: The next step in the evolution of 5G telecommunications.

W. Dołęga: Electrical installations in photovoltaic systems – selected aspects.

H. Bartoszewicz-Burczy: Barriers to development of photovoltaic systems on electricity markets.

Ł. Dubiński: Installation of photovoltaic devices with installed electrical capacity not more than 50 kW and more than 6.5 kW.

K. L. Chrzan: Protection of photovoltaic panels on the roofs of single-family houses.

M. Romano, A. Wyrwa: Hybrid systems based on renewable energy sources.

W. Dołęga: Electromagnetic field of high voltage power lines and their interaction.

R. Szczerbowski: Operation of photovoltaic systems and potential hazards.

Bariery rozwoju systemów fotowoltaicznych na rynkach energii elektrycznej

Barriers to development of photovoltaic systems on electricity markets

Abstract:

Despite of significant progress in the field of renewable energies regulations, in particular due to implementation of the RES Directive, still development of photovoltaics is being slowed by a various type of market, regulatory barriers, mainly related to frequent changes in law as well as technical and social barriers. Interpretative uncertainties exist relating to newly introduced regulations, clarity of regulatory and technical text concerning connection of photovoltaic installations. The article describes and characterizes issues related to growth and barriers to development of photovoltaics, presents potential of photovoltaics in the European Union countries and three generations of photovoltaic cells. Market, regulatory, technical and social barriers, slowing down development of photovoltaics in selected European Union countries, were presented.

Keywords: Photovoltaic, energy market, barriers of PV.

Abstrakt:

Pomimo osiągnięcia znacznego postępu w zakresie regulacji stosowania energii ze źródeł odnawialnych, w szczególności implementacji Dyrektywy OZE, rozwój fotowoltaiki jest spowalniany przez szereg formalnych ograniczeń istniejących w krajach Unii Europejskiej. Są to różnego rodzaju bariery rynkowe, regulacyjne, administracyjne, techniczne i społeczne.

W artykule opisano zagadnienia związane z rozwojem i barierami rozwoju fotowoltaiki, przedstawiono potencjał fotowoltaiki w krajach Unii Europejskiej oraz opisano trzy generacje ogniw fotowoltaicznych. Omówiono również główne bariery rynkowe, regulacyjne i techniczne spowalniające rozwój fotowoltaiki w wybranych krajach Unii Europejskiej.

Słowa kluczowe: Fotowoltaika, rynek energii, bariery rozwoju PV.

Wprowadzenie

Fotowoltaika (PV) jest jednym z najbardziej obiecujących i jednocześnie szczególnie przyjaznych środowisku źródeł energii. Wykorzystanie energii słonecznej przynosi korzyści ekonomiczne, środowiskowe i energetyczne.

W rezultacie działań podejmowanych przez Unię Europejską nastąpiło zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych, zwłaszcza energii fotowoltaicznej, we wszystkich krajach członkowskich. Przyczyniły się do tego regulacje Komisji Europejskiej i prawodawstw krajowych oraz znaczący postęp technologiczny i jednoczesny spadek kosztów inwestycyjnych. W efekcie, w większości krajów Unii Europejskiej obserwujemy stały wzrost pozyskania energii z instalacji fotowoltaicznych i szybki wzrost mocy zainstalowanej w fotowoltaice.

W ramach struktury tzw. „pakietu zimowego”, 11 grudnia 2018 r. weszła w życie Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 2018/2001, dotycząca promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych „RED II”. Celem Dyrektywy „RED II” jest wsparcie krajów Unii Europejskiej w osiągnięciu co najmniej 32% udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto w krajach Unii Europejskiej do 2030 r. oraz ograniczenie unijnych emisji CO₂ o 40% w porównaniu z emisjami z 1990 r. Dyrektywa „RED II” ustanawia wspólne ramy dla promowania energii ze źródeł odnawialnych dla krajów członkowskich EU. Dyrektywa wprowadza zasady dotyczące wsparcia finansowego na rzecz wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych oraz odnoszące się do prosumentów energii elektrycznej. Odnosi się również do zagadnień związanych z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych w sektorze ogrzewania i chłodzenia oraz w sektorze transportu, współpracy regionalnej między państwami członkowskimi i między państwami członkowskimi a państwami trzecimi, gwarancji pochodzenia, procedur administracyjnych oraz informacji i szkoleń.

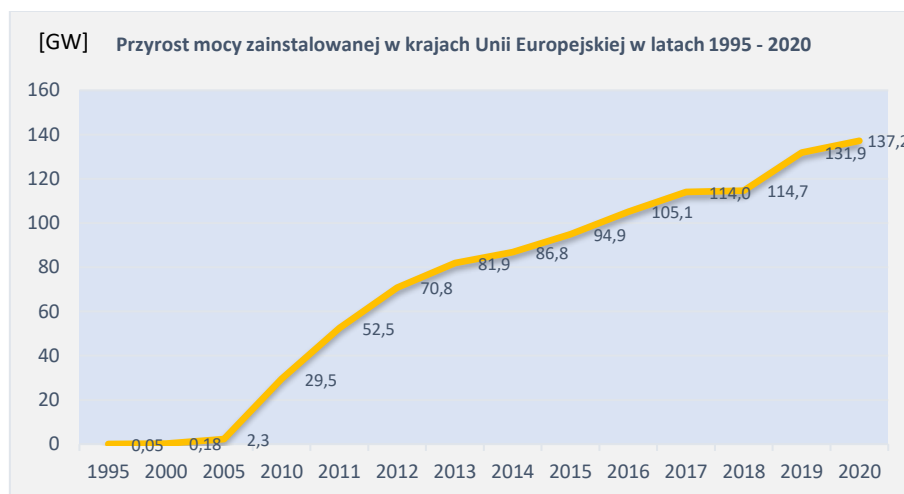
Potencjał fotowoltaiki w krajach Unii Europejskiej

Fotowoltaika charakteryzuje się dużą dynamiką rozwoju w ostatnich dekadach. Jest jednym z najszybciej rozwijających się sektorów odnawialnych źródeł energii w Unii Europejskiej i na świecie. W 2017 roku fotowoltaika stanowiła już 17,4% całej odnawialnej energii elektrycznej uzyskanej w Unii Europejskiej.

Dynamiczny rozwój fotowoltaiki i związany z nią wzrost produkcji energii elektrycznej był możliwy dzięki stale obniżającym się kosztom stosowanych technologii, umasowieniu produkcji i handlu w zakresie tego sektora oraz szczególnym zaletom tego źródła energii. Systemy fotowoltaiczne są przyjazne dla środowiska, nie emitują hałasu, drgań, nie wpływają negatywnie na krajobraz. Ponadto duża część społeczeństwa akceptuje fotowoltaikę jako oczekiwane i potrzebne źródło energii.

Największy wzrost mocy fotowoltaiki nastąpił w latach 2010–2012 – o około 30 GW w wartościach bezwzględnych. Z kolei najniższe tempo wzrostu instalacji solarnych było w latach 2013–2015, kiedy to nastąpił wzrost zaledwie o 9% (z 86,8 GW w 2014 roku do 94,9 GW w 2015 roku).

Rysunek 1. Przyrost mocy zainstalowanej fotowoltaiki w krajach Unii Europejskiej w latach 1995–2020.



Źródło: Data EU energy in figures. Statistical Pocketbook 2014, 2015, 2016, 2017 and Renewable Energy BP Statistical Review of World Energy 2018, <https://www.solarpowereurope.org>, [dostęp: 11.06.2021].

Według wyników przedstawionych przez Europejskie Stowarzyszenie Branży Energetyki Słonecznej – *SolarPower Europe*, rynek energii słonecznej w UE wzrósł o 11%, tj. o 18,7 GW, w 2020 r., osiągając wartość 137,2 GW mocy zainstalowanej w 27 krajach Unii Europejskiej.

Prognozy SolarPower Europe wskazują, że w 2021 r. moc zainstalowana wzrośnie o 22,4 GW, a w kolejnych latach wzrost ten będzie wynosił odpowiednio: 27,4 GW w 2022 r., 30,8 GW w 2023 r. i 35 GW w 2024 r. Prognozowana całkowita moc zainstalowana fotowoltaiki w krajach Unii Europejskiej w 2024 r. osiągnie 252 GW.¹

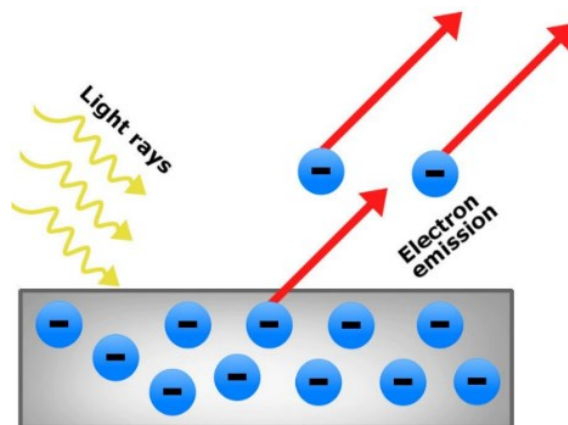
Nowe technologie w fotowoltaice

Ogniwo słoneczne jest urządzeniem elektrycznym, które przekształca energię promieniowania słonecznego w energię elektryczną.

¹ <https://www.solarpowereurope.org/double-digit-growth-eu-solar-market-defies-expectations-to-add-18-7-gw-in-2020/>, [dostęp: 11.06.2021].

Ogniwa wykorzystują efekt fotoelektryczny, który odkrył w 1839 r. Alexander-Edmond Becquerel. Efekt fotoelektryczny występuje, gdy elektrony po ekspozycji na promieniowanie elektromagnetyczne, takie jak fotony (promieniowanie słońca jest strumieniem fotonów), pochłaniają energię fotonu i zmieniają własności elektryczne materiału. Zjawisko fotowoltaiczne to przenoszenie elektronów przez fotony na wyższe poziomy energetyczne, które wywołuje napięcie elektromotoryczne.

Rysunek 2. Efekt fotowoltaiczny.



Źródło: <https://www.scienceabc.com/wp-content/uploads/2017/05/Photoelectric-Effect.jpg>, [dostęp: 15.06.2021].

Proste ogniwo słoneczne składa się z diody półprzewodnikowej zbudowanej z dwóch półprzewodników *p-n*. Półprzewodnik *n* jest cienki, dzięki czemu światło może łatwo przez niego przenikać. Pod wpływem promieniowania słonecznego wytwarza się stałe napięcie elektryczne. Powstanie różnicy potencjałów – napięcia pod wpływem oświetlenia – nazywa się efektem fotowoltaicznym.

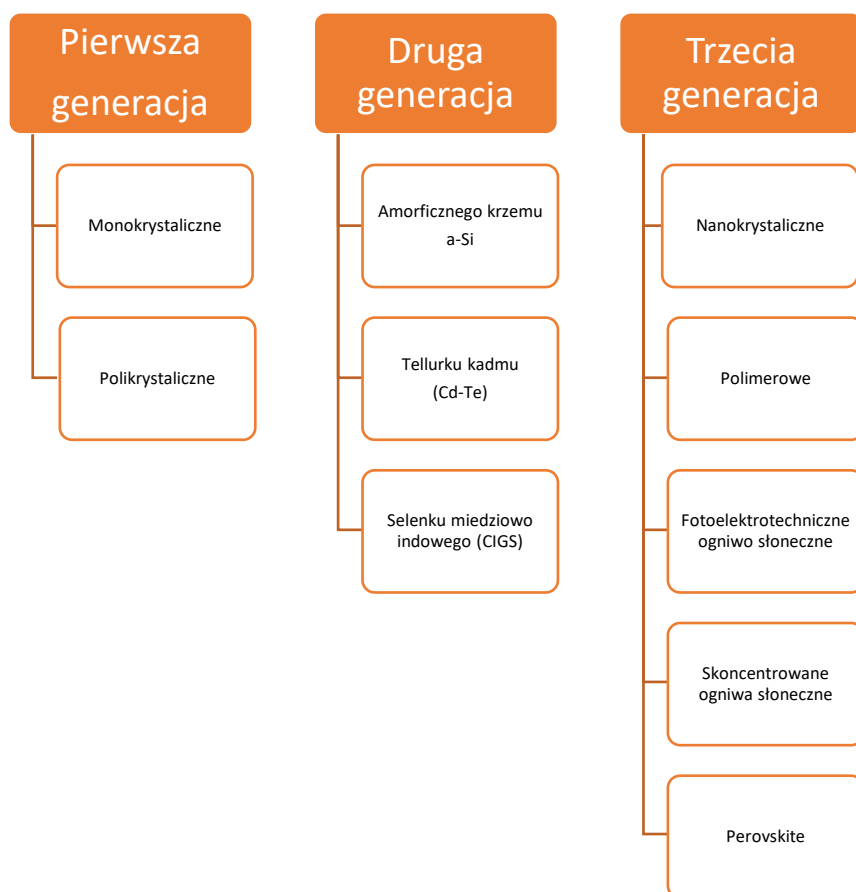
Nazwy „fotowoltaiczny” po raz pierwszy formalnie użył A. Einstein w pracy wydanej w czasopiśmie „Annalen der Physik” pod tytułem *On a Heuristic Viewpoint Concerning the Production and Transformation of Light* w 1905 roku. Za tę pracę otrzymał on nagrodę Nobla w 1921 roku.

Najczęściej stosowanym materiałem do produkcji ogniw słonecznych jest krzem. Jest to półprzewodnik doskonale nadający się do tego zastosowania i jest drugim pod względem dostępności pierwiastkiem na Ziemi. Obecnie stanowi około 90% wszystkich paneli słonecznych rozmieszczonych na całym świecie.

Krzemowe panele słoneczne zostały po raz pierwszy opracowane w 1954 roku przez Bell Laboratories. Od tego czasu wydajność paneli krzemowych rośnie, a ich koszty jednostkowe maleją, co czyni tę technologię coraz bardziej opłacalną, szczególnie do wykorzystania w miejscach, gdzie jest wystarczająco dużo godzin słonecznych.

Zgodnie z technologią, na której oparte są ogniwa słoneczne, są one podzielone na trzy generacje. Za ogniwa I. generacji uważa się ogniwa, które wykonane są na bazie krystalicznego krzemu, II. generacja to ogniwa cienkowarstwowe, natomiast III. generację stanowią ogniwa mające za zadanie przekroczyć barierę Shockleya-Queissera, którą jest poziom 31% sprawności dla pojedynczego złącza².

Rysunek 3. Generacje ogniwa fotowoltaicznych.



Źródło: Materiały projektu IDistributedPV, Deloitte SL.

Ogniwa słoneczne I. generacji to najstarsza i najpopularniejsza technologia. Ogniwa są wytwarzane na płytach krzemowych, stąd określane są mianem krzemowych ogniwa

² E. Klugmann-Radziemska, *Technologiczny postęp w fotowoltaice*, „Czysta Energia” 2014, nr 5/2014.

fotowoltaicznych. Technologia ta charakteryzuje się wysoką wydajnością i niskimi kosztami produkcji.

Standardowe ogniwa są wytwarzane przy użyciu jednego domieszkowanego borem podłoża krzemowego typu p . Domieszkowanie ma na celu stworzenie dodatkowych dziur w krzemowej strukturze. Powłoka antyrefleksyjna z azotku krzemu lub tlenku tytanu jest rozprowadzana na teksturowanej powierzchni krzemu w celu zmniejszenia strat odbicia.

Obszar n^+ , o wysokiej zawartości domieszkowanego fosforu, jest dodawany na przedniej powierzchni domieszkowanych borem podłożu typu p , w celu utworzenia połączeń $p-n$. Dodanie fosforu pozwala na uzyskanie większej liczby elektronów dostępnych w sieci krzemowej.³

Możliwe jest także wytwarzanie ogniw słonecznych na potrójnym złączu opartym na technologii krzemowej. Komórki wielozłączowe mają wiele połączeń $p-n$ wykonanych z różnych materiałów półprzewodnikowych. Złącze $p-n$ zbudowane z różnego materiału wytwarza prąd elektryczny w odpowiedzi na różne długości fali światła. Zastosowanie wielu materiałów półprzewodnikowych pozwala na absorpcję w szerszym zakresie długości fal, co poprawia wydajność konwersji światła w energię elektryczną. Tradycyjne ogniwa jednozłączowe mają maksymalną wydajność teoretyczną 34%. Teoretycznie nieskończona liczba skrzyżowań miałaby sprawność graniczną 86,8%, przy silnie skoncentrowanym świetle słonecznym.⁴

Jednym z producentów wielozłączowych ogniw słonecznych jest *United Solar Systems Corporation* (USSC). Ogniwa produkowane przez USSC przetwarzają szersze spektrum światła na energię elektryczną niż tradycyjne moduły, ponieważ wytwarzają energię zarówno w świetle bezpośrednim, jak i w warunkach światła rozproszonego, to jest wtedy, gdy słońce jest nisko, gdy niebo jest zachmurzone i gdy ogniwa są zainstalowane w miejscach, gdzie orientacja i kąt są mniej niż optymalne.

Ogniwa słoneczne II. generacji są również znane jako cienkowarstwowe ogniwa słoneczne. Są one wykonane z warstw o grubości zaledwie kilku mikrometrów. Do ich produkcji wykorzystywane są półprzewodniki, takie jak krzem amorficzny, tellurek kadmu,

³ T. Saga, *Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production*, 2010; 2: 96–102. Tokyo Institute of Technology.

⁴ M.A. Bagher, M. Mirhabibi, V.M.A. Mirzaei, *Types of Solar Cells and Application*, „American Journal of Optics and Photonics” 2015; 3(5): 94, Available at: DOI: 10.11648/j.ajop.20150305.17, [dostęp: 05.05.2021].

mieszanina selenu, galu, indu i miedzi oraz siarczek miedzi i indu. Ogniwa słoneczne II. generacji są tańsze w produkcji, ponieważ do ich budowy potrzeba zdecydowanie mniej materiału półprzewodnikowego. Z drugiej strony ich wydajność jest niższa. Komórki te składają się zasadniczo z trzech kolejnych cienkich warstw o grubości od 1 do 4 μm , rozmieszczonych na niedrogim podłożu, takim jak szkło, polimer lub metal.

Cienkowarstwowe ogniwa słoneczne są szczególnie odpowiednie do produkcji jako wielozłączowe ogniwa słoneczne. Jednak proces produkcyjny jest bardzo złożony, a koszty są podwyższone (z wyjątkiem amorficznego krzemu), dlatego materiały te pozostają głównie na etapie demonstracyjnym.

Ogniwa słoneczne III. generacji wciąż znajdują się w fazie badań. Prowadzone badania wskazują na ich znaczący potencjał. Mogą zmienić rynek fotowoltaiczny w średnim/długim okresie, głównie w zakresie diametralnej poprawy sprawności, przy jednoczesnym zachowaniu przewagi cenowej materiałów drugiej generacji. Takie podejście dotyczy ogniw fotochemicznych DSSC (*Dye Sensitized Solar Cells*), ogniw nanokrystalicznych lub ogniw barwnikowych Gratzel'a, polimerowych ogniw organicznych, ogniw tandemowych (wielozłączowych), ogniw wielopasmowych oraz termofotowoltaicznych.⁵

Z uwagi na szybki rozwój rynku należy spodziewać się intensywnego rozwoju technologii II. i III. generacji, wprowadzania kolejnych ulepszeń i wzrostu sprawności modułów.

Bariery w rozwoju fotowoltaiki

Pomimo znacznego postępu w zakresie regulacji OZE, w szczególności implementacji Dyrektywy „RED II”, rozwój fotowoltaiki w niektórych krajach Unii Europejskiej jest spowalniany przez bariery regulacyjne, administracyjne, rynkowe, techniczne, finansowe i społeczne.

Budowa instalacji fotowoltaicznej związana jest z ryzykiem prawnoregulacyjnym, technologicznym, ekonomicznym i społecznym. Niepewność inwestorów co do warunków wsparcia w najbliższych latach, a także niepewne decyzje instytucji finansowych o udzieleniu

⁵ S. Sharma., K.K. Jain, A. Sharma , *Solar Cells: In Research and Applications—A Review*, Materials Sciences and Applications. 2015; 06(12): 1145–1155, DOI:10.4236/msa.2015.612113, [dostęp: 05.05.2021].

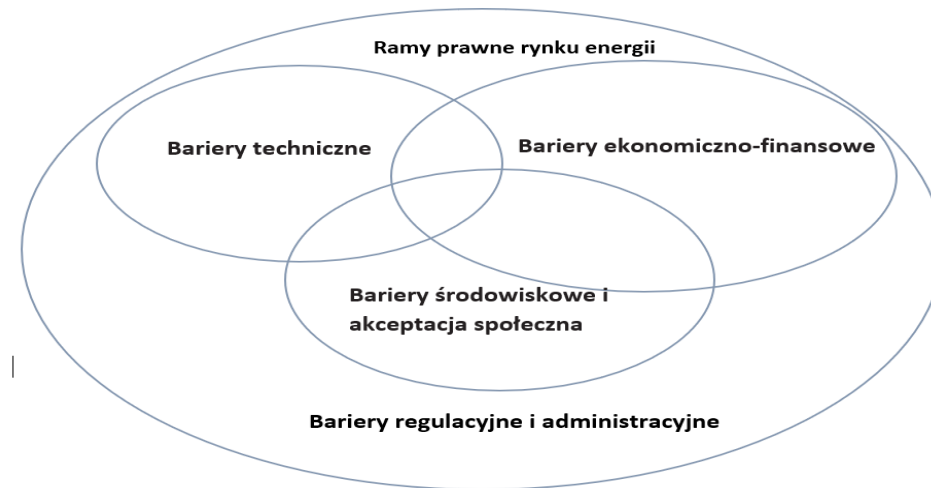
kredytów na instalacje fotowoltaiczne oraz częste zmiany prawa, znacznie zwiększają ryzyko przy realizacji długoterminowych strategii rozwoju i utrudniają jego rozwój.

Istnieje szereg barier rynkowych, regulacyjnych, technicznych, administracyjnych, finansowych oraz społecznych, które przyczyniają się do spowolnienia rozwoju sektora PV w krajach Unii Europejskiej. Badania prowadzone przez Międzynarodową Agencję Energii pozwalają wyróżnić następujące elementy utrudniające rozwój systemów fotowoltaicznych:

- bariery regulacyjne dla rozwoju systemu PV: bariery związane ze zmianami politycznymi oraz zmianami kierunków rozwoju rynku, częste zmiany prawa, niejednolita interpretacja dotycząca nowo wprowadzanych regulacji,
- ramy prawne rynku energii, niska konkurencyjność rynku energii elektrycznej,
- niepewność w zakresie przyszłego kształtu rynku,
- brak lub niedostatek w dostępie do precyzyjnych informacji, nieodpowiedni poziom przejrzystości regulacji i aspektów technicznych dotyczących podłączania instalacji fotowoltaicznych,
- niewystarczająca przejrzystość prowadzonej polityki energetycznej, organizacji rynku i prawodawstwa,
- brak dedykowanej instytucji, przejrzystości procedur administracyjnych,
- przeszkody administracyjne, takie jak opóźnienia i ograniczenia w planowaniu,
- niewystarczająca koordynacja między różnymi organami/urzędami,
- wydłużony czas realizacji pozwoleń,
- niewystarczające planowanie przestrzenne,
- pozwolenia krajobrazowe i związane z nimi kwestie, czas trwania formalności administracyjnych,
- bariery techniczne i infrastrukturalne, związane z brakiem elastyczności systemu energetycznego,
- elastyczność infrastruktury operatorów systemu dystrybucyjnego, warunki przyłączenia systemu PV do sieci dystrybucyjnej i oddania do eksploatacji, integracja PV,
- bariery pozatechniczne – bariery społeczne, brak wysokospecjalistycznej kadry, niewystarczająca liczba wykwalifikowanych pracowników,
- ograniczone informacje na temat instalacji PV,
- niewystarczający poziom akceptacji społecznej,
- obowiązki prosumenta wobec operatora systemu dystrybucyjnego dotyczące mikroinstalacji i zainstalowanej energii elektrycznej,

- bariery związane ze wsparciem finansowym,
- koszty uzyskania pozwoleń,
- koszty integracji sieci,
- opłaty i systemy podatkowe.⁶

Rysunek 4. Identyfikacja barier rozwoju fotowoltaiki.



Instalacja paneli fotowoltaicznych jest relatywnie prosta od strony technicznej, jednakże właściwe zaprojektowanie i wykonanie każdej inwestycji pracującej w systemie elektroenergetycznym wymaga spełnienia szeregu wymogów formalno-prawnych, związanych z funkcjonowaniem innych użytkowników rynku energii.

Bariery rynkowe, regulacyjne i techniczne

Europejski i polski rynek energii elektrycznej podlega ciągłym zmianom związanym z procesem tworzenia wspólnego i maksymalnie przejrzystego rynku energii w Unii Europejskiej, wdrażaniem nowych regulacji prawnych, przepisów ochrony środowiska oraz rosnącym udziałem źródeł odnawialnych. Dynamicznym zmianom sprzyja postęp technologiczny, a jednocześnie wzrasta niepewność w funkcjonowaniu przedsiębiorstw na rynku energii. Spadki cen technologii i komponentów instalacji fotowoltaicznych oraz przemiany na światowych i europejskich rynkach energii spowodowały także szybki rozwój źródeł fotowoltaicznych w Polsce.

⁶ Deploying Renewables, Best and Future Policy Practice. International Energy Agency. OECD/IEA, 2011.

Możemy wyróżnić następujące główne kategorie barier, które związane są z funkcjonowaniem i organizacją rynku energii:⁷

- bariery regulacyjne – bariery wynikające z ogólnych ram regulacyjnych rynku detalicznego i hurtowego energii elektrycznej. Dotyczą one wpływu regulacji cen, obciążeń regulacyjnych (opłaty sieciowe, podatki), nieprzewidywalności regulacyjnej i dostępu do innowacji. Niepewność co do przyszłego kierunku rozwoju ram regulacyjnych, zmian w dziedzinie cyfryzacji i nowych technologii, jak również dotycząca zobowiązań środowiskowych i zdolności wytwórczych, powoduje spowolnienie rozwoju fotowoltaiki. W tej grupie barier istotną rolę odgrywa dostęp do innowacji, nowatorskich projektów pilotażowych wprowadzanych na rynek i informacji dotyczących rozwoju innowacyjnych produktów. Spowolnienie rozwoju fotowoltaiki może także wynikać z braku dopasowania między nowymi modelami biznesowymi a istniejącymi regulacjami/obowiązkami oraz niewystarczających zachęt do zarządzania siecią po stronie popytu. Wszystkie te elementy mogą zniechęcać do konkurencji na detalicznych rynkach energii elektrycznej, a także ograniczać dostęp do rynku,
- architektura rynku energii – bariery wynikające ze struktury podmiotowej i własnościowej przedsiębiorstw energetycznych na rynku. Dominacja dużych, pionowo scentralizowanych przedsiębiorstw energetycznych może prowadzić do przewagi konkurencyjnej tych graczy rynkowych i nierównych warunków działania dla pozostałych uczestników rynku. Jeżeli reguły rynkowe tego nie regulują, mogą oni wykorzystywać swoją siłę rynkową do traktowania innych uczestników rynku w sposób dyskryminujący, ograniczając dostęp do informacji, zniechęcając nowe podmioty do inwestycji i udziału w rynku. Dużym problemem w tym obszarze pozostaje nieuczciwa przewaga pionowo zintegrowanych graczy rynkowych, dyskryminacja nowych i małych uczestników rynku na rynkach mocy i usług pomocniczych,
- bariery operacyjne i proceduralne – bariery powstające w wyniku różnic w krajowych/regionalnych standardach i procedurach, dotyczących między innymi procedur przyłączenia instalacji fotowoltaicznych do systemu dystrybucyjnego i linii średniego napięcia oraz do sieci 110 kV. Brak wypracowanych procedur utrudnia i wydłuża wejście nowych podmiotów na rynek energii i działania na nim.

⁷ B. Felsmann, A. Vékony, *European Barriers in Retail Energy Markets Project: Index Report*. Luxembourg 2021, doi:10.2833/559113.

Główne przeszkody opóźniające rozwój fotowoltaiki związane z procedurami administracyjnymi i prawnymi to:

- czas trwania procesu zezwolenia na przyłączenie do sieci,
 - wymagania związane z planowaniem i zagospodarowaniem przestrzennym, z reguły brak planów zagospodarowania przestrzennego,
 - brak lub niewystarczająco dokładne informacje dotyczące podłączenia instalacji fotowoltaicznych,
 - brak koordynacji między zaangażowanymi organami,
 - słaba dostępność informacji dla nowych i aktywnych uczestników rynku,
 - nadmierne wymogi dotyczące sprawozdawczości,
 - uciążliwy proces zmiany dostawcy,
 - nadmiernie uciążliwe zobowiązania środowiskowe,
 - brak dostępu lub niska jakość danych o znaczeniu operacyjnym, utrudniony dostęp do danych, brak centrum danych,
 - niski poziom cyfryzacji,
- bariery społeczne – bariery wynikające z warunków rynkowych, które zniechęcają odbiorców końcowych do zmiany dostawcy. Bariery te związane są z postawą i świadomością klientów końcowych. Mała liczba odbiorców końcowych korzystających z prawa wyboru dostawcy może być związana z brakiem dostępu klientów do informacji o dostępnych ofertach i porównywalności ofert, brakiem zaufania do nowych lub zagranicznych dostawców. Może wynikać także z nieprawidłowości procedur stosowanych przy zmianie dostawcy. Aby rynek energii mógł funkcjonować, użytkownicy końcowi muszą chcieć i mieć możliwość zmiany dostawcy. Jeśli klienci nie zmieniają dostawcy, dostawcy nie muszą obawiać się utraty klientów, co zakłóca proces oferowania i wykonywania usług na odpowiednio wysokim poziomie.

Stabilność regulacyjna i prawna ma kluczowe znaczenie dla wszystkich inwestycji w odnawialne źródła energii. Wymagania regulacyjne i administracyjne dotyczące instalacji PV mogą ograniczać możliwości ekspansji fotowoltaiki w wielu krajach europejskich. Częste zmiany prawne powodują trudności w interpretacji zapisów i zwiększają ryzyko przy wdrażaniu długoterminowych strategii rozwoju.

Większość państw członkowskich Unii Europejskiej ustanowiła maksymalne terminy na procedury wydawania pozwoleń, a także uproszczone procedury dotyczące mikroinstalacji. Większość państw członkowskich umożliwia składania wniosków *on-line*.

Jednakże biurokracja i przedłużające się procedury administracyjne, zarówno po stronie władz, jak i operatorów sieci, nadal stanowią główne bariery w szybkim wdrażaniu fotowoltaiki w wielu krajach UE.

Dla przykładu, we Francji procedury potrzebne na instalację systemów fotowoltaicznych mogą zajmować od 39 do 220 tygodni (odpowiednio dla budynków mieszkalnych i obiektów naziemnych) między rozpoczęciem projektu, a wprowadzeniem do sieci pierwszej kilowatogodziny. Okres ten może zostać przedłużony o 20 do 140 tygodni z powodu dodatkowych procedur przyłączenia instalacji do sieci. Zezwolenia na planowanie urbanistyczne mogą również wydłużyć podane terminy.

W Hiszpanii podłączenie instalacji fotowoltaicznej o mocy do 200 kW do sieci elektrycznej może trwać od dwóch miesięcy do jednego roku. W Grecji także występują bariery biurokratyczne szczególnie dla inwestorów instalacji fotowoltaicznych o mocy >1 MW. Istniejące procedury wymagają od inwestorów długiego okresu oczekiwania.

Kluczową barierą dla rozwoju fotowoltaiki w Polsce była zmienność regulacji prawnych, w tym zmiany podstawowych mechanizmów wsparcia instalacji fotowoltaicznych i prawa budowlanego. Miało to znaczący wpływ na poziom zaufania inwestorów do stabilności procesu inwestycyjnego, a także wpływało na decyzje instytucji finansowych, które kredytują instalacje fotowoltaiczne. Niestabilność regulacyjna powodowała niepewność inwestorów co do warunków wsparcia w kolejnych latach oraz poziomu bieżących kosztów ich działalności. Obecnie sytuacja uległa poprawie i wprowadzone programy promocji, ulgi podatkowe, niskoprocentowe kredyty na realizację projektów w dziedzinie fotowoltaiki znacznie przyspieszyły rozwój fotowoltaiki.

Wymagania administracyjne i powiązane procedury prawne mają duży wpływ na zrównoważony rozwój rynków energii słonecznej w wielu krajach.

W Polsce nie jest wymagane pozwolenie na instalację do 50 kW, pod warunkiem, że jej wysokość nie przekracza 3 metrów. Jeżeli wysokość instalacji fotowoltaicznej przekracza 3 metry, inwestor musi powiadomić o inwestycji właściwy organ administracji architektonicznej i budowlanej. Z kolei dla instalacji o mocy ponad 50 kW wymagane jest pozwolenie na budowę.

Zatem każda procedura administracyjna związana z dowolną lokalizacją w przypadku większego systemu PV związana jest z uzyskaniem pozwolenia na budowę.

W przypadku budowy naziemnego systemu fotowoltaicznego planowanego na obszarze, który nie ma planu zagospodarowania przestrzennego, barierą jest czas trwania procedury uzyskania decyzji o warunkach zabudowy dla danej lokalizacji.

W wielu krajach Unii Europejskiej funkcjonują skomplikowane przepisy, których przestrzeganie przez inwestora jest trudne i kosztowne. W większości krajów Unii Europejskiej nie obciąża się kosztami i opłatami klientów przy wydawaniu pozwoleń na budowę małych instalacji, takich jak panele fotowoltaiczne na dachach. Jest to regulowane na poziomie krajowym, regionalnym i/lub lokalnym.

Inwestorzy fotowoltaiki muszą dostosować się do obowiązujących zasad dotyczących bezpieczeństwa i niezawodności, wydanych przez lokalnego operatora.

Bariery regulacyjne związane z podłączaniem instalacji fotowoltaicznej do sieci elektroenergetycznej wynikają także z niedostatecznej znajomości regulacji prawnych.

W szeregu krajów unijnych trudności w uzyskaniu warunków przyłączenia do sieci wynikają z braku odpowiedniej infrastruktury dystrybucyjnej, w tym przeciążenia sieci elektroenergetycznych.

Ponadto w niektórych krajach, m.in. krajach bałtyckich, energia odnawialna nie jest traktowana priorytetowo. Operator sieci może odmówić przyłączenia instalacji do sieci w przypadku niewystarczającej przepustowości sieci. Podaje uzasadnienie odmowy na piśmie w ciągu 30 dni (Łotwa).

W większości krajów europejskich istnieje potencjał techniczny i infrastruktura do rozwoju fotowoltaiki. Stan infrastruktury sieci elektrycznej nie jest postrzegany jako bariera dla wzrostu fotowoltaiki, lecz jej rzeczywista przepustowość.

Systemy fotowoltaiczne są już na tyle rozwinięte, że zasadniczo nie ma barier technicznych w odniesieniu do samych systemów, a ograniczenia dotyczą przede wszystkim integracji tych systemów z lokalną siecią.

Przyspieszenie rozwoju technologii energii fotowoltaicznej stało się priorytetem dla polityków energetycznych na całym świecie. Chociaż technologie fotowoltaiczne w małej i

średniej skali umożliwiają bezpieczną i łatwą obsługę urządzeń o relatywnie wysokiej wydajności, wciąż istnieje duże spektrum problemów technicznych i przeszkód do pokonania.

Stan techniczny sieci dystrybucyjnych jest podstawowym czynnikiem determinującym potencjał rozwojowy fotowoltaiki, a ograniczenia mocy sieci mogą mieć wpływ zarówno na moc wyjściową, jak i na projekt techniczny elektrowni fotowoltaicznych.

W ciągu ostatnich lat, z powodu znaczącego przyrostu liczby instalacji fotowoltaicznych, dalsze wprowadzanie na rynek dużej ilości dodatkowych instalacji może wiązać się z nadmiernymi kosztami ich przyłączenia do sieci, jak też tymczasową odmową przyłączenia danej instalacji, dla zachowania stabilności sieci.

Istnieje szereg barier technicznych ograniczających rozwój fotowoltaiki również w Polsce. Prowadzone badania i analizy wskazują, że kluczowymi dla dynamicznego rozwoju fotowoltaiki w Polsce są bariery natury prawno-administracyjnej oraz niedostateczny rozwój i rozbudowa sieci dystrybucyjnych, które spowalniają wejście na rynek nowych instalacji fotowoltaicznych.

W Polsce bariery techniczne mogą dotyczyć:

- ograniczonej liczby magazynów energii,
- zwiększenia przepustowości linii, co wiąże się z jej modernizacją,
- nierównego obciążenia fazowego; potencjalne zakłócenia mogą mieć wpływ na mierniki PLC (9–150 kHz),
- okresowo wysokiego wskaźnika penetracji fotowoltaicznej sieci (tj. w warunkach wysokiego nasłonecznienia i niskiego zapotrzebowania na energię), co może prowadzić do wzrostu napięcia w sieci, a tym samym do naruszenia wskaźników jakości energii.

W wielu konfiguracjach sieci z przeciążeniem instalacji fotowoltaicznej, a tym samym problemami z przepięciem, może wystąpić nieprawidłowe działanie falowników i urządzeń elektronicznych, a także przeciążenie transformatora.

Modernizacja istniejącej sieci i rozwój inteligentnych sieci we wszystkich krajach Unii Europejskiej pozwoli na optymalne wykorzystanie systemów fotowoltaicznych, zmniejszenie obciążenia sieci, minimalizację awarii zasilania i zagrożeń awaryjnych. Obecne trendy regulacyjne dla systemów fotowoltaicznych mają na celu wzmocnienie roli prosumentów i popularyzację współpracy regionalnej. Obok wsparcia w postaci stabilnych ram regulacyjnych,

dla rozwoju fotowoltaiki istotną rolę odrywa możliwość pozyskania wsparcia finansowego, również dla inwestorów, w tym możliwości pozyskania środków kredytowych na budowę nowych instalacji, jak i finansowanie budowy sieci przesyłowych, które są niezbędne dla przyłączenia nowych jednostek wytwórczych.

Podsumowanie

Odchodzenie od paliw kopalnych i rozwój energii odnawialnej, w tym fotowoltaiki, w kierunku bezpieczniejszego, bardziej konkurencyjnego i zrównoważonego rozwoju europejskiego systemu energetycznego, to jedno z największych wyzwań stojących przed krajami Unii Europejskiej.

Fotowoltaika jest „kluczem” do osiągnięcia założonych celów środowiskowo-energetycznych, mających na celu zrównoważony rozwój krajów Unii Europejskiej. Zapewnia energooszczędny model gospodarki energetycznej, realizowany przez wszystkie kraje Unii Europejskiej. Instalacje fotowoltaiczne w znaczący sposób przyczyniają się do ograniczenia emisji CO₂, a jednocześnie do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego.

Fotowoltaika przyczynia się do przybliżenia wielu krajów europejskich, w tym Polski, do wypełnienia międzynarodowych zobowiązań w zakresie ochrony środowiska i osiągnięcia celów indykatorywnych, ustalonych dla krajów Unii Europejskiej i transformacji energetycznej, zgodnie z europejskim „zielonym ładem”.

Fotowoltaika jest szansą dla społeczeństw na ich aktywny udział w rynku energii, możliwość wykorzystania postępu technicznego w celu poprawy jakości życia, ochrony środowiska i bezpieczeństwa energetycznego. Zachętą do budowy instalacji PV może być możliwość częściowego uniezależnienia się od dostawcy energii elektrycznej, zmniejszenie przerw w dostawach energii, zminimalizowanie strat przesyłowych, a także obniżenie kosztów zakupu energii elektrycznej z sieci.

Należy podkreślić, że przejrzysty, jednoznaczny i stabilny system regulacyjny sprzyja inwestycjom w PV, szczególnie w początkowej fazie. Stopień skomplikowania procedur, a także zakres i stabilność wsparcia rozwoju energetyki z fotowoltaiki wpływają na atrakcyjność tych inwestycji.

W Polsce prognozuje się dalszy dynamiczny rozwój fotowoltaiki oraz farm wiatrowych na morzu. Zakłada się, że istotny wpływ na skalę tych inwestycji będzie miał rozwój nowych technologii magazynowania energii oraz rozwój programów popytowych z obszaru

efektywności zarządzania energią obiorców – Demand Side Management /**Demand Side Response**.

Artykuł ten opiera się na pracach wykonanych w ramach projektu Komisji Europejskiej w Programie H2020: DRES2Market: Podejścia techniczne, biznesowe i regulacyjne mające na celu zwiększenie możliwości rozwojowych energii odnawialnej do prowadzenia aktywnych działań na rynkach energii elektrycznej i usług pomocniczych (*English: DRES2Market: Technical, business, and regulatory approaches to enhance renewable energy capabilities to take part actively in the electricity and ancillary services markets*).

Głównym celem projektu DRES2Market jest opracowanie wszechstronnego i ekonomicznie korzystnego podejścia ułatwiającego integrację generacji rozproszonej opartej na odnawialnych źródłach energii – OZE w systemie elektroenergetycznym oraz umożliwienie dostarczania usług bilansujących i usług rezerwowych według kryteriów rynkowych. Działania projektu wpisują się w projekty Unii Europejskiej zmierzające do budowy zrównoważonego systemu energetycznego i gospodarki niskoemisyjnej, jednocześnie są częścią światowego trendu ograniczania zależności energetycznej od paliw kopalnych (www.DRES2Market.eu).



Bibliografia

Banja M., Jégard M., Monforti-Ferrario F., Dallemand J.-F., Taylor N., Motola V., Sikkema R., *Renewables in the EU: the support framework towards a single energy market*, Joint Research Centre, 2017.

Bagher M.A., Mirhabibi M., Mirzaei V.M.A., *Types of Solar Cells and Application*, „American Journal of Optics and Photonics” 2015; 3(5): 94, Available at: DOI: 10.11648/j.ajop.20150305.17, [dostęp: 05.05.2021].

Bartoszewicz-Burczy H., *Barriers for the secure and reliable connection of distributed solar PV*, „Polska Energetyka Słoneczna”, Warszawa 2019.

Bartoszewicz-Burczy H., Starzynski P., Wachowiak M., *Solar PV on the Distribution Grid: Smart Integrated Solutions of Distributed Generation based on Solar PV, Energy Storage Devices and Active Demand Management*, **European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition – Conference Proceedings of EU PVSEC 2019**.

Deploying Renewables, Best and Future Policy Practice, OECD/IEA, 2011. International Energy Agency.

DRES2Market, *Podejścia techniczne, biznesowe i regulacyjne mające na celu zwiększenie możliwości rozwojowych energii odnawialnej do prowadzenia aktywnych działań na rynkach energii elektrycznej i usług pomocniczych*, Materiały projektu Komisji Europejskiej, Program H2020.

Felsmann B., Vékony A., *European Barriers in Retail Energy Markets Project*, Luxembourg 2021, doi:10.2833/559113.

<https://www.solarpowereurope.org/double-digit-growth-eu-solar-market-defies-expectations-to-add-18-7-gw-in-2020/>, [dostęp: 11.06.2021].

<https://www.scienceabc.com/wp-content/uploads/2017/05/Photoelectric-Effect.jpg>, [dostęp: 15.06.2021].

iDistributedPV, *Fotowoltaika w sieci dystrybucyjnej: zintegrowane inteligentne rozwiązania w rozproszonym wytwarzaniu energii działające w oparciu o fotowoltaikę, urządzenia do magazynowania energii i efektywne zarządzanie popytem*, Materiały Projektu UE, 2017–2020.

IEA: *High penetration of PV in local distribution grids: Subtasks 2 case study collection*. Photovoltaic Power Systems Programme. Report IEA, PVPS T14-02, 2014.

IEA: *Deploying Renewables, Best and Future Policy Practice*. OECD/IEA, 2011. International Energy Agency.

Karakaya E., Sriwannawit P., *Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art*, „Elsevier” 2015.

Klugmann-Radziemska E., *Technologiczny postęp w fotowoltaice*. „Czysta Energia” 2014, nr 5/2014.

Saga T. *Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production*. 2010; 2: 96–102,

<https://www.semanticscholar.org/paper/Advances-in-crystalline-silicon-solar-cell-for-mass-Saga/8e617d609e74b76650706f459124b0b3fbae913b>, [dostęp: 05.05.2021].

Sharma S., Jain K. K., Sharma A., *Solar Cells: In Research and Applications—A Review*, Materials Sciences and Applications. 2015; 06(12): 1145–1155, DOI:10.4236/msa.2015.612113, [dostęp: 05.05.2021].

Wojtkowska-Łodej G., Michalski D., Hawranek P., *Zmiany uwarunkowań funkcjonowania przedsiębiorstw na rynku energii elektrycznej w Unii Europejskiej*, Warszawa 2014.

Dr Hanna Bartoszewicz-Burczy jest adiunktem w Pracowni Ekonomiki Energetyki, Instytutu Energetyki w Warszawie. Prowadzi prace badawczo-rozwojowe dotyczące ekonomiki energetyki, efektywności energetycznej, ekonomicznych aspektów rozwoju energetyki odnawialnej i nowych technologii oraz bezpieczeństwa sektora energetycznego.

e-mail: hanna.burczy@ien.com.pl