

PRZEŁOMOWA ENERGETYKA PROSUMENCKA

DLACZEGO ŹRÓDŁA ROZPROSZONE MOGĄ DOPROWADZIĆ DO PRZEWROTU NA RYNKU ENERGII

Maciej Bukowski, Anna Pankowicz, Piotr Szczerba, Aleksander Śniegocki

Autorzy:

Maciej Bukowski

Anna Pankowicz

Piotr Szczerba

Aleksander Śniegocki



Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych
Al. Jerozolimskie 99/18, 02-001 Warszawa
T.: + 48 22 395 50 11 E.: sekretariat@wise-institute.org.pl



Publikacja sponsorowana przez FORTUM

Warszawa, 2014

Projekt:
Studio Temperówka
www.temperowka.pl

Wprowadzenie	2
Co to jest mikrogeneracja i kim jest prosument?	3
Kto może być prosumentem?	3
Rozwój OZE i mikrogeneracji	5
Technologie mikrogeneracji	8
Fotowoltaika	8
Energia wiatrowa	9
Kogeneracja	10
Ekonomia prosumenta	11
Koszty produkcji energii elektrycznej dla różnych technologii	11
Koszty produkcji energii elektrycznej a cena dla odbiorcy końcowego	12
Model prosumencki – potencjalne korzyści, motywacje i bariery	16
Potencjalne korzyści z mikrogeneracji	16
Czynniki motywujące przedsiębiorstwa i gospodarstwa domowe	16
Czynniki motywujące rząd do wspierania prosumentów	17
Bariery dla prosumentów	18
Bariera informacyjna	18
Bariery finansowe i ukryte koszty	18
Ryzyko inwestycyjne	18
Dodatkowe ograniczenia	20
Wpływ na rynek energii elektrycznej	21
Podsumowanie	24
Bibliografia	25

Wprowadzenie

Mikrogeneracja to wytwarzanie, przede wszystkim na potrzeby własne, energii elektrycznej na małą skalę z instalacji opartych na odnawialnych źródłach energii. Podmioty (nie tylko gospodarstwa domowe, ale także przedsiębiorstwa), które się jej podejmują są tzw. prosumentami – czyli jednocześnie pełnią rolę producenta i konsumenta energii. W Polsce jest to stosunkowo nowe zjawisko, jednak w wielu krajach wytwarzanie energii elektrycznej przez jej odbiorców jest dość rozpowszechnione. W opracowaniu przedstawiając prosumenta, omawiamy technologie, które umożliwiają produkcję elektryczności na własne potrzeby oraz motywacje i bariery utrudniające podjęcie decyzji inwestycyjnej. Całość przedstawiamy w międzynarodowym kontekście, na tle reguł rządzących rynkiem energii. Staramy się przy tym zrozumieć, dlaczego przedsiębiorcy oraz gospodarstwa domowe w ramach dodatkowej działalności dobrowolnie angażują się w produkcję i zaopatrzenie w energię elektryczną.

W części pierwszej omawiamy pojęcia mikrogeneracji i prosumenta, dokładnie opisując sektor odnawialnych źródeł energii oraz przybliżając sylwetkę potencjalnego inwestora. Jeden z podrozdziałów tej części poświęciliśmy technologiom mikrogeneracji, które dzięki odnotowaniu w ostatnich latach gwałtownego rozwoju, pozwalają wielu konsumentom na częściowe uniezależnienie się od konieczności zakupu energii elektrycznej z sieci. Ze względu na niewielki dotychczasowy rozwój tego sektora w Polsce w opracowaniu odnosimy się przede wszystkim do doświadczeń i przykładów międzynarodowych, pochodzących zarówno z krajów rozwiniętych, jak i rozwijających się.

Drugą część poświęciliśmy rynkowi energii elektrycznej widzianemu z perspektywy kosztów ponoszonych przez odbiorców końcowych energii elektrycznej. Dzięki analizie kosztów jej wytworzenia możemy porównać, jak kształtują się one dla różnych technologii – nie tylko odnawialnych, ale również konwencjonalnych. Bierzemy także pod uwagę pozostałe składniki ceny energii „z gniazdka” – czyli przede wszystkim opłaty za dystrybucję i podatki. Znając koszt energii elektrycznej możemy dokładnie oszacować korzyści finansowe, odnoszone przez konsumenta decydującego się na inwestycję w mikroinstalację.

Kolejna część poświęcona jest motywacjom oraz barierom rozwoju mikrogeneracji i prosumpcji. Motywacje pogrupowane są według podmiotów zaangażowanych w projekt, czyli przedsiębiorstw, gospodarstw domowych oraz administracji na szczeblu centralnym i lokalnym. Wyszczególniliśmy wiele grup interesariuszy, by pokazać, że mikrogeneracja oprócz obniżenia rachunków za energię elektryczną może generować korzyści różnorodnym odbiorcom. Inaczej kształtują się bariery, które zazwyczaj dotyczą wszystkich potencjalnych prosumentów w podobnym stopniu. Dlatego analizujemy je z uwzględnieniem przyczyn, czyli problemów wiążących się z pozyskaniem informacji, finansowaniem, czy ponoszeniem ryzyka inwestycyjnego i regulacyjnego.

Ostatnia część opracowania poświęcona jest znaczeniu mikrogeneracji dla rynku energii elektrycznej. Na przykładzie niemieckiego rynku energii pokazujemy, jak fotowoltaika, w zależności od pogody i pory roku, wpływa na rozkład zużycia energii oraz funkcjonowanie dużych elektrowni. Dodatkowo przedstawiamy oddziaływanie energii z mikroinstalacji na ceny hurtowe energii elektrycznej. W tej części raportu przeprowadziliśmy symulację polskiego rynku energii elektrycznej w sytuacji gdyby liczba paneli na mieszkańca zrównała się z tą obserwowaną we wschodnich Niemczech (byłe NRD).

1. Co to jest mikrogeneracja i kim jest prosument?

Kto może być prosumentem?

Mikrogeneracja to wytwarzanie energii elektrycznej na małą skalę, przede wszystkim przy użyciu technologii niskoemisyjnych lub opartych na odnawialnych źródłach energii. Podmioty inwestujące w mikrogenerację na własny użytek stają się prosumentami – odbiorcami i producentami energii elektrycznej jednocześnie. Generowanie energii służy przede wszystkim zaspokojeniu części własnych potrzeb, a jej ewentualne nadwyżki mogą zostać sprzedane do sieci. Celem mikrogeneracji nie jest więc w pierwszym rzędzie przynoszenie dochodu, lecz dywersyfikacja źródeł pozyskiwania energii elektrycznej i obniżenie jej kosztu. Zainteresowane nią mogą być nie tylko gospodarstwa domowe, ale także przedsiębiorstwa, gospodarstwa rolne oraz grupy tych podmiotów.

Podstawą polskiego systemu energetycznego są dziś duże, skoncentrowane moce produkcyjne (por. Mapa 1) oparte przede wszystkim na węglu kamiennym i brunatnym. Każda nowa inwestycja w tej skali wiąże się ze znacznym wysiłkiem organizacyjnym i ryzykiem finansowym liczoną w miliardach euro. Nie bez znaczenia jest także długi czas przygotowania i realizacji inwestycji, a także rozciągnięty na dziesiątki lat czas potrzebny do spłaty projektów inwestycyjnych. Spowalnia to zmiany technologiczne w systemie i zmniejsza jego długoterminową elastyczność. Jeszcze nie dawno, na całym świecie, wydawało się, że taki sposób funkcjonowania sektora energetycznego jest pozbawiony alternatywy. Jednak postęp technologiczny w obszarze odnawialnych źródeł energii spowodował, że przejmowanie przez niewielkie podmioty części wysiłku inwestycyjnego w sektorze energetycznym, stało się w pełni możliwe.

Duże zainteresowanie mikrogeneracją występuje przede wszystkim w krajach rozwiniętych. Na pierwszy rzut oka może się wydawać dziwne, że gospodarstwa domowe i firmy działające w najzamożniejszych państwach świata, o bardzo dobrze rozwiniętym systemie energetycznym angażują się w mikrogenerację. Do podjęcia tego wysiłku konsumentów w tych krajach skłaniają jednak następujące czynniki:

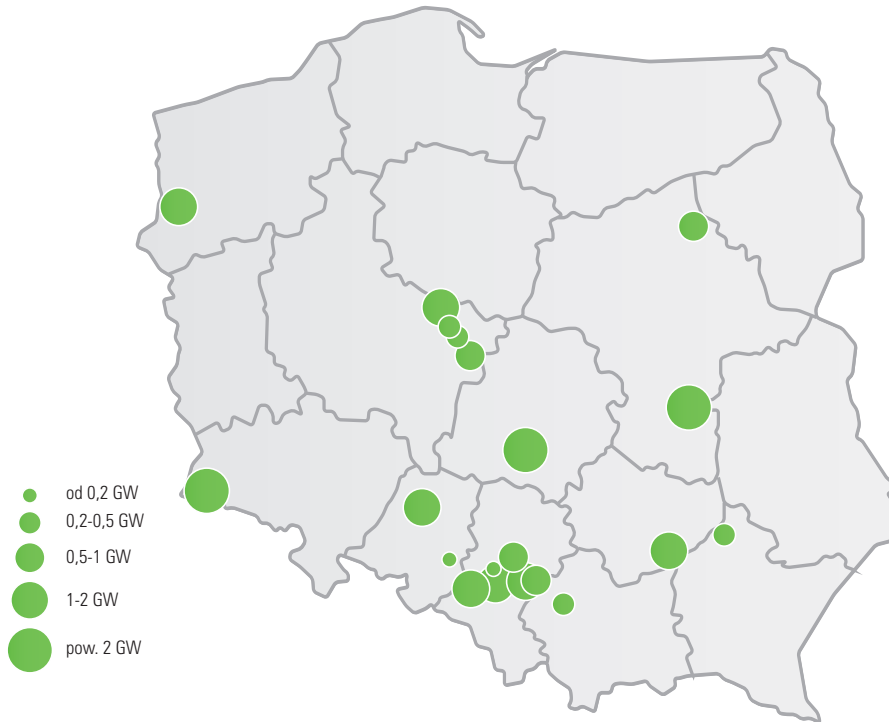
- coraz większe uzależnienie od elektryczności związane m. in. z rosnącą liczbą urządzeń elektrycznych w domach;
- niepewność odnośnie przyszłych cen energii elektrycznej, wrażliwej na zmiany cen surowców;
- relatywnie wysokie koszty dystrybucji (por. Wykresy 9-12) i podatki rzutujące na cenę prądu dla odbiorców detalicznych;
- zainteresowanie nowymi technologiami;
- wzgląd na ochronę środowiska.

Popularność mikroinstalacji rośnie także w krajach rozwijających się. W ich przypadku dodatkowymi czynnikami sprzyjającymi jej rozwojowi są niedorozwój infrastruktury przesyłowej oraz niewystarczające moce w całym systemie. W efekcie często nawet niewielkie instalacje są w stanie znacznie poprawić jakość życia w skali lokalnej. Choć ilość energii wyprodukowanej z jednej mikroinstalacji jest niewielka z punktu widzenia systemu energetycznego, to z czasem – wraz ze wzrostem ich liczby – mogą one osiągnąć widoczny udział w miksie energetycznym (por. Wykres 3). Zaangażowanie rządu oraz wsparcie w postaci finansowania jest istotnym elementem na początkowym etapie rozwoju mikrogeneracji energii elektrycznej i ciepła, kiedy to ze względu na niski popyt i słabe rozpowszechnienie, technologie te są jeszcze relatywnie drogie. Dzięki wsparciu finansowemu następuje uruchomienie rynku, który następnie pozytywnie oddziałuje na szybki spadek cen. Dodatkowo udzielanie wsparcia mikrogeneracji sprzyja stabilności dostaw energii elektrycznej oraz poprawie jakości środowiska naturalnego – przede wszystkim czystości powietrza i niższych emisji gazów cieplarnianych.

Także w przypadku polskiej gospodarki mikrogeneracja energii może przynosić dodatkowe korzyści dla części konsumentów w postaci stabilizacji dostaw energii elektrycznej. Konwencjonalne moce są w dużej mierze skupione w Polsce południowej (przede wszystkim na Śląsku) i centralnej. W północnych i wschodnich regionach kraju (por. Mapa 1) nie ma dużych elektrowni, a co za tym idzie wykorzystywana tam energia transportowana jest przy pomocy sieci przesyłowych z innych regionów kraju. Transport energii na większe odległości, oprócz generowania strat, które w 2011 roku wyniosły w Polsce 7,3% (10 774 GWh) [2], wiąże się z ryzykiem awarii na skutek zjawisk pogodowych (silnego wiatru, opadów śniegu, lub marznącego deszczu) bądź kradzieży. Zaspokojenie przynajmniej części zapotrzebowania na energię elektryczną ze źródeł lokalnych może pomóc w stabilizacji wahań w dostawach. Dodatkowo lokalne generowanie energii elektrycznej wiąże się z powstawaniem nowych miejsc pracy niezbędnych do montażu i zapewnienia odpowiedniego funkcjonowania urządzeń, choć nie zawsze porównanie produktywności tych miejsc pracy z miejscami w energetyce konwencjonalnej może być jednoznacznie korzystne. Wzrost zużycia energii elektrycznej opartej na źródłach odnawialnych zwiększa również bezpieczeństwo energetyczne kraju – słońce i wiatr są dostępne za darmo, dzięki czemu zmniejsza się presja na import surowców energetycznych.

1. Co to jest mikrogeneracja i kim jest prosument?

Mapa 1 | Lokalizacja elektrowni zawodowych w Polsce



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie materiałów CIRE

RAMKA 1 BLACKOUT I BROWNOUT

Coraz więcej aspektów życia uzależnione jest od stałych dostaw energii elektrycznej. Elektryczność obecnie odgrywa znacznie większą rolę w zaspokajaniu naszego zapotrzebowania na energię niż miało to miejsce 20 lat temu. Związane jest to z rozpowszechnianiem się w gospodarstwach domowych szeregu urządzeń m.in. kuchenek i piekarników elektrycznych, bojlerów czy telewizorów. Niestety przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej w niektórych regionach kraju często uniemożliwiają korzystanie z nich w zgodzie z indywidualnymi preferencjami.

Wyróżniane są dwa rodzaje awarii zasilania – blackout i brownout. **Blackout** to rozległa awaria sieci energetycznej, spowodowana najczęściej awariami sieci przesyłowych lub elektrowni. W jej wyniku energia elektryczna w ogóle nie dociera do odbiorców do czasu usunięcia awarii. Blackout pojawia się najczęściej w następstwie gwałtownych zjawisk atmosferycznych, jednak przyczyną może być również nadmierny popyt. W ostatnich latach w Polsce miało miejsce kilka takich awarii – w kwietniu 2008 roku po gwałtownych opadach śniegu ok. 400 tys. osób w Szczecinie i okolicach było pozbawionych elektryczności przez około 18 godzin. W 2013 roku do awarii na szeroką skalę doszło dwukrotnie. W kwietniu 2013 opady śniegu odcięły od prądu 100 tys. osób, a pod koniec roku silny wiatr (orkan Ksawery) spowodował zniszczenie sieci i pozbawienie prądu 40 tys. osób. **Brownout** to zjawisko łagodniejsze, polegające na znacznym rozciągnięciu w czasie spadku napięcia w sieci przesyłowej. W sytuacji brownoutu prąd ciągle płynie, jednak ze względu na niskie napięcie praca wielu urządzeń elektronicznych może być zakłócona bądź wręcz niemożliwa. Do najczęstszych przyczyn należy nadmierny popyt na energię elektryczną w danym regionie, przekraczający możliwości systemu i sieci przesyłowej. W Polsce tego typu zjawiska dominują w województwach położonych wzdłuż wschodniej granicy kraju.

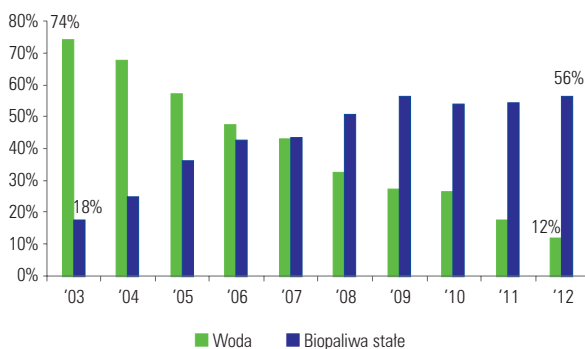
Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

Rozwój OZE i mikrogeneracji

W ostatnich latach w całej Europie znacząco wzrósł udział odnawialnych źródeł energii zarówno wśród budowanych, jak i uruchamianych mocy wytwórczych. Wiąże się to nie tylko z realizacją strategii Europa 2020, ale także wynika z potrzeb użytkowników energii dotyczących m. in. ochrony środowiska. W 2011 roku spośród 45 GW mocy zainstalowanych w europejskich systemach energetycznych 32 GW, czyli 71%, stanowiły moce oparte na źródłach odnawialnych. Spośród nich 2/3 stanowiły panele fotowoltaiczne [1]. W 2005 roku udział energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnych źródeł energii wynosił 13,6% w Unii Europejskiej (UE-27) i 2,6% w Polsce. Już 6 lat później, w 2011 roku, udział ten był znacząco wyższy – 20,4% w Unii Europejskiej i 8,3% w Polsce [9].

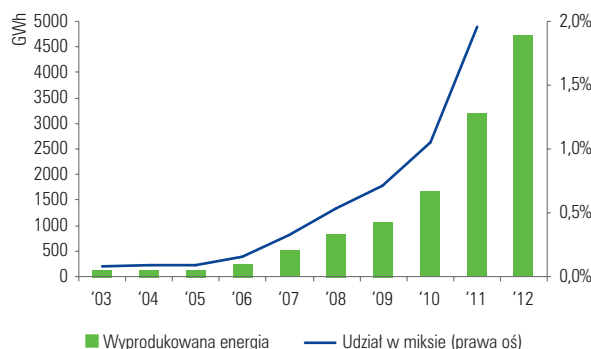
Technologią odnawialną, której znaczenie w miksie energetycznym obniża się, jest woda. W 2003 stanowiła ona aż 74% całkowitej produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w Polsce. W roku 2012 było to już tylko 12% pomimo tego, że w liczbach absolutnych ilość energii elektrycznej wyprodukowanej z wody wzrosła. Główną przyczyną tego zjawiska było pojawienie się w systemie relatywnie dużej ilości energii elektrycznej produkowanej z biopaliw stałych, w większości wytwarzanych w procesach współspalania (por. Wykres 1). Powodem wzrostu ich popularności było włączenie tego rodzaju energii do systemu tzw. zielonych certyfikatów mających na celu wspomoczenie rozwoju OZE w polskim systemie energetycznym. Decyzja ta pozostaje kontrowersyjna ze względu na poważne wątpliwości, czy proces współspalania można, ze względu na uzależnienie od węgla, sklasyfikować jako odnawialne źródło energii. System zielonych certyfikatów w okresie 2003-2012 wspierał także szybki wzrost innych technologii generacji energii elektrycznej w tym zwłaszcza siłowni wiatrowych. Produkcja energii wiatrowej wzrosła ze 124 GWh w roku 2003 do 4476,6 GWh dekadę później. Dziś udział tego segmentu OZE w ogóle generacji elektryczności ze źródeł odnawialnych wzrósł z 5,5% do 28,1% [9]. Równoległe doszło także do zwiększenia udziału energii z wiatru w ogóle produkcji energii elektrycznej (brutto) w Polsce. W 2003 roku technologia ta dostarczyła zaledwie 0,1% energii elektrycznej, podczas gdy w roku 2011 było to już 2% (por. Wykres 2). Sytuacja ta dobrze ilustruje duży potencjał jaki generacja rozproszona ma dla szybkiej budowy nowych mocy w systemie. Szacuje się, że w ciągu ostatnich 10-12 lat w Polsce około 230 tys. gospodarstw domowych i innych podmiotów gospodarczych zainwestowano około 6-7 mld złotych w mikrogenerację opartą o odnawialne źródła energii [12].

Wykres 1 | Udział energii elektrycznej z wody i biomasy stałej w energii elektrycznej z OZE w Polsce; 2003-2012



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [9]

Wykres 2 | Produkcja energii wiatrowej (GWh) w Polsce; 2003-2012 i udział w produkcji energii elektrycznej w Polsce; 2003-2011



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [9] i danych ARE

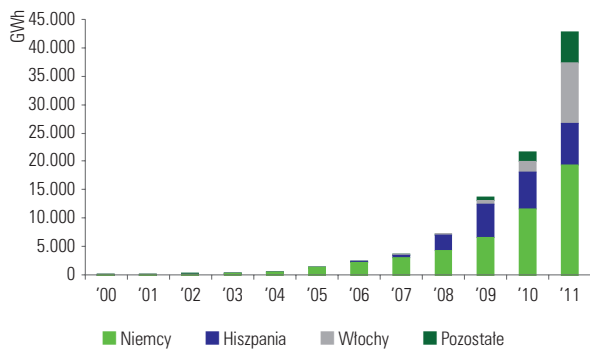
Wysoka dynamika rozwoju generacji energii opartej na źródłach odnawialnych w Polsce nie dorównuje jednak wielu innym krajom, w których przebiega on w znacznie szybszym tempie. Wysokimi wskaźnikami pod tym względem charakteryzują się także Stany Zjednoczone, Japonia, Chiny i Indie, a w Europie – Niemcy. Włączenie się do „zielonego wyścigu” krajów rozwijających się pokazuje, że takie źródła energii stały się w nich społecznie i ekonomicznie pożądanym wyborem. Szybki rozwój energetyki odnawialnej wzmacnia spadek cen dzięki powstaniu nienotowanych wcześniej korzyściom skali oraz zbieraniu doświadczenia przez producentów coraz lepiej optymalizujących proces produkcyjny.

RAMKA 2 MOTYWACJE WSPIERANIA ENERGETYKI ODNAWIALNEJ POZA EUROPE

Elektroenergetyka oparta na odnawialnych źródłach energii rozwija się praktycznie na każdym kontynencie. W Chinach rozwój sektora OZE związany jest nie tylko z produkcją na eksport, lecz w coraz większym stopniu z myślą o zastosowaniach lokalnych – źródła odnawialne dają nadzieję na zmniejszenie emisji szeregu szkodliwych substancji, w tym dręczącego chińskie metropolie smogu, pyłów i metali ciężkich. W długiej perspektywie czasowej stwarzają one szansę na uniezależnienie się od importu paliw kopalnych od którego uzależniona jest istotna część chińskiego przemysłu i energetyki. Problem uzależnienia od importu surowców i poprawy bezpieczeństwa energetycznego jest jeszcze bardziej palący w Japonii posiadającej niewielkie własne zasoby surowców energetycznych. Z kolei Stanach Zjednoczonych istotnym czynnikiem popularyzującym rozproszoną generację energii przy pomocy OZE były powtarzające się, rozległe awarie zasilania, m.in. w Kalifornii w latach 2000-2001.

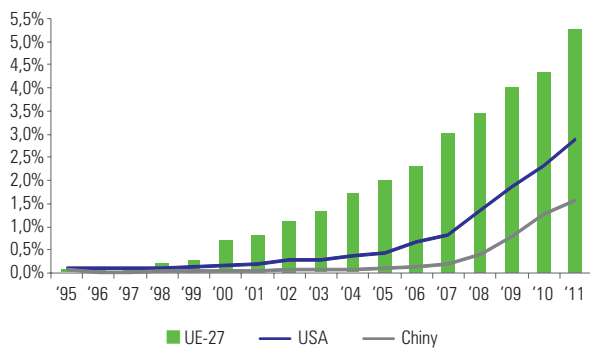
Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

Wykres 3 | Produkcja energii z fotowoltaiki (GWh) w Unii Europejskiej UE-27, 2000-2011



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych EUROSTAT

Wykres 4 | Udział energetyki wiatrowej w miksie energetycznym UE-27, USA, Chin, 1995-2011



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych EUROSTAT i EIA

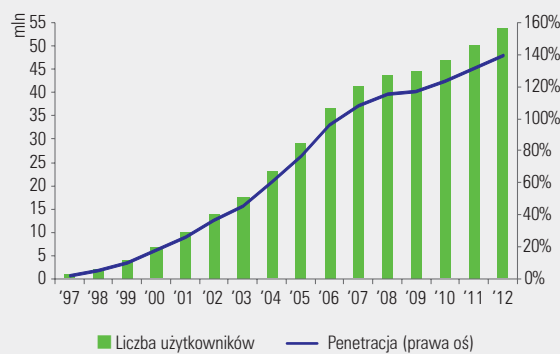
W krajach rozwiniętych po raz pierwszy szerokie zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii i mikrogeneracją pojawiło się wraz z wybuchem kryzysu naftowego w latach 70-tych XX wieku, który skutkowało stagflacją - wieloletnim spowolnieniem gospodarczym i gwałtownie rosnącymi cenami dóbr i usług. Dostrzeżono wówczas jak istotnym elementem życia, nie tylko gospodarczego, jest energia elektryczna. Wtedy zaczęto poszukiwać źródeł energii, których koszty eksploatacji udałooby się uniezależnić od ryzyka politycznego i wzrostu cen surowców energetycznych, tak by sytuacja kryzysu naftowego się już nie powtarzała. Źródła odnawialne stały się z jedną z nadziei na dokonanie tej transformacji, choć początkowo szczególnie duże nadzieje wiązano z rozwojem energetyki atomowej. Duże awarie w Czarnobylu w roku 1986 oraz w Fukushima w roku 2011 wzmocniły jednak sceptycyzm części zachodniej opinii publicznej co do celowości tej ścieżki inwestycyjnej, ponownie wzmacniając zainteresowanie OZE jako relatywnie najkorzystniejszą społecznie alternatywą technologiczną. Dzięki znacznym wydatkom na B+R w energetyce na przełomie lat 70-tych i 80-tych udało się wprowadzić wiele rozwiązań opartych na odnawialnych źródłach, jednak spadek cen ropy naftowej i innych surowców kopalnych do poziomów zbliżonych do tych sprzed kryzysu zahamował rozwój „zielonej energii” na długie lata. OZE znajdowały się w tym czasie jeszcze w początkowej fazie rozwoju, a poziom ich zaawansowania był znacznie niższy niż obecnie (por. Ramka 4 opisująca rozwój paneli fotowoltaicznych).

Od początku XXI wieku obserwowany jest znaczny wzrost wykorzystania mikroinstalacji OZE przede wszystkim w Unii Europejskiej, Stanach Zjednoczonych i Chinach, chociaż ich rozwój ma miejsce praktycznie we wszystkich krajach świata. Co ciekawe kryzys gospodarczy, który wybuchł w Stanach Zjednoczonych pod koniec 2008 roku, a potem przeniósł się na inne gospodarki rozwinięte, nie zahamował rozwoju mikrogeneracji, wręcz przeciwnie – w ostatnich pięciu latach wzrost produkcji energii odbywa się w tempie wykładniczym (por. Wykresy 3-4) i rozproszone źródła energii zyskują na znaczeniu w miksach energetycznych. W Stanach Zjednoczonych nawet wydobycie gazu łupkowego na skalę komercyjną nie zmniejszyło dynamiki rozwoju bezemisyjnych technologii.

RAMKA 3 ROZWÓJ TELEFONII KOMÓRKOWEJ W POLSCE A SPRAWA OZE

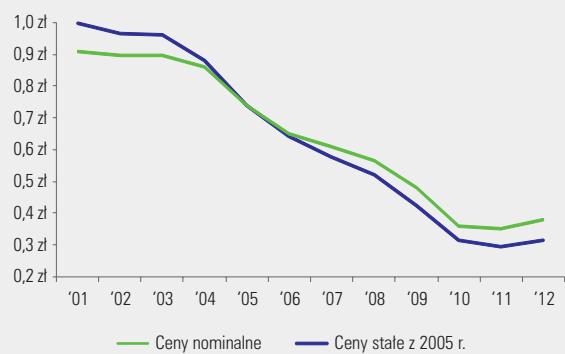
Na koniec 2012 roku liczba aktywnych kart SIM w Polsce o 40% przewyższała liczbę mieszkańców kraju [22]. Jednak 20 lat wcześniej, w 1992 roku, kiedy po raz pierwszy usługi telefonii mobilnej pojawiły się na polskim rynku wiele osób było sceptycznych odnośnie perspektyw rozwoju i popularyzacji tej technologii. Początkowo funkcjonalność telefonów komórkowych była wyraźnie ograniczona przez ich koszty ich zakupu i połączeń, rozmiarem urządzenia i krótką trwałością baterii. Oprócz charakterystyki technologii i kosztów w początkowych latach istotnym zadaniem telekomów było przekonanie (się) potencjalnych użytkowników, że rzeczywiście potrzebują przenośnego telefonu. Osiągnięcie pierwszego miliona użytkowników udało się w roku 1998, blisko 6 lat od momentu uruchomienia usługi. W 2007 roku liczba aktywnych kart SIM zrównała się z liczbą mieszkańców Polski. Od tego roku obserwuje się spadek dynamiki wzrostu liczby użytkowników związany w dużej mierze z nasyceniem rynku. Tak spektakularny rozwój nie byłby możliwy bez ciągłej rozbudowy sieci telekomunikacyjnej pozwalającej nie tylko na wykonywanie rozmów głosowych, ale również przesył wiadomości tekstowych i korzystanie z Internetu. Istotne znaczenie miał również postęp technologiczny zwiększający funkcjonalność urządzeń oraz spadek ich cen, dodatkowo zwiększając ich dostępność.

Wykres 5 | Liczba użytkowników telefonii komórkowej w Polsce i stopa penetracji, 1997-2012



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [18] i [22]

Wykres 6 | Średnie ceny minuty połączenia w sieci ruchomej w Polsce, 2001-2012



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [18], [19], [20], [21] i [22]

Uwaga: Dane za lata 2006-2008 na podstawie obliczeń własnych.

Gdybyśmy chcieli porównać stan rozwoju mikrogeneracji do określonego etapu rozwoju telefonii komórkowej, to obecnie byłibyśmy w okolicach 1995 roku. Dostępne technologie pozostają nieznanymi szerszym kręgom odbiorców, wielu z nich nie jest nawet świadomych istnienia tych technologii, a potencjalne korzyści i ekonomika jest zanana jedynie nielicznym. Jednocześnie ich koszt mimo że jest niższy w stosunku do lat poprzednich ciągle pozostaje na wysokim poziomie, niedostępnym dla wielu gospodarstw domowych i przedsiębiorstw. Do przyspieszenia tempa rozwoju niezbędny jest rozwój regulacji oraz rozbudowa sieci umożliwiająca podłączenie kolejnych instalacji.

Patrząc na rozwój mikrogeneracji w sąsiednich krajach, a jednocześnie mając w pamięci rozwój telefonii komórkowej w Polsce, wydaje się, że technologie prosumenckie mogą powtórzyć część tego sukcesu. Do ich rozwoju niezbędne są jednak inwestycje w rozwój sieci energetycznej, tak by przyłączenia kolejnych mikroinstalacji były możliwe i nie zakłócały pracy sieci. Możliwe, że z czasem mikroinstalacje będą powszechnym elementem polskiego krajobrazu i instalacja na dachu nie będzie wywoływała zdziwienia.

Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

Dzięki możliwości zdobycia dofinansowania, regulacjom prawnym pozwalającym na szybkie przyłączenie instalacji do sieci energetycznej oraz preferencyjnym cenom sprzedaży energii elektrycznej z mikroinstalacji Niemcy są największym producentem energii z fotowoltaiki w Europie. Ostatnio podobne przepisy zostały wprowadzone w Wielkiej Brytanii i możliwe, że już za kilka lat będzie można obserwować podobną, a być może szybszą skalę ich rozwoju, zważywszy na znacznie niższe koszty modułów PV dziś niż kilka lat temu. Sprzyjają temu także budowa nowych kanałów dystrybucji fotowoltaiki kupna wśród potencjalnych prosumentów. Przykładowo od niedawna panele znajdują się w ofercie sieci sklepów meblarskich Ikea w Wielkiej Brytanii. Wraz z rozszerzeniem oferty na kolejne kraje istnieje możliwość, że panele fotowoltaiczne trafią pod (czy też „na”) strzechy polskich domów, zwłaszcza, że ich ceny będą prawdopodobnie w dalszym ciągu spadać podnosząc ich atrakcyjność finansową dla coraz liczniejszych gospodarstw domowych.

Technologie mikrogeneracji

Obecnie dostępnych jest wiele technologii, które pozwalają na generowanie prądu w gospodarstwie domowym lub przedsiębiorstwie usługowym lub produkcyjnym. Istnieją różne metody ich klasyfikacji. Zwyczajowo przyjęło się, że pojęcie mikrogeneracja używane jest w stosunku do technologii niskoemisyjnych. Najbardziej praktyczny wydaje się być podział w zależności do rodzaju technologii – w ramach którego wyróżnia się technologie:

- **niskowęglowe** – bojler na biomasę, pompy ciepła,
- **oparte na odnawialnych źródłach energii** – panele PV, kolektory słoneczne oraz mikroturbiny wiatrowe oraz
- **kogeneracyjne** wytwarzające energię elektryczną skojarzoną z ciepłem – mikro CHP, silnik Stirlinga oraz ogniwa paliwowe [17].

W niniejszym opracowaniu skupimy się przede wszystkim na drugiej grupie technologii mikrogeneracji – energii elektrycznej powstającej w oparciu o odnawialne źródła energii.

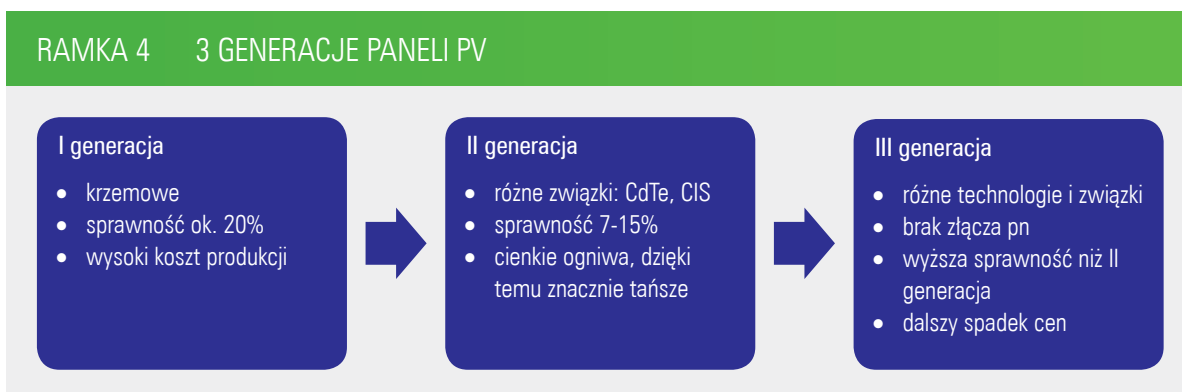
Fotowoltaika

Fotowoltaika (PV) jest technologią wykorzystującą promieniowanie słoneczne. W odróżnieniu od kolektorów słonecznych generujących ciepło, ogniwa PV wytwarzają energię elektryczną. Działanie ogniwa oparte jest o zjawisko fotowoltaiczne, zaobserwowane w 1839 roku przez A. E. Becquerela. Ogniwo skonstruowane jest z półprzewodników typu p i n. Energia słoneczna padając na panel wybija elektrony z orbit, w rezultacie czego na złączu pn powstaje różnica potencjałów i zaczyna płynąć prąd. Ogniwa PV są łączone w panel. Do tego, by instalacja była kompletna, potrzebne są jeszcze układy regulacji, akumulatory magazynujące prąd oraz falownik, przetwarzający produkowany przez ogniwa prąd stały na stosowany w domu prąd zmienny.

Ponieważ wydajność paneli fotowoltaicznych zależy od ilości padającego na nie promieniowania słonecznego, znaczenie ma szerokość geograficzna, pora roku oraz umiejscowienie panelu (jego ekspozycja na słońce). W Polsce ilość możliwej do wyprodukowania energii w zimie jest kilkukrotnie mniejsza niż w lecie, dodatkowo instalacje produkują mniej prądu w pochmurne dni. Dlatego, aby zapobiec brakom energii, należy dodać do instalacji akumulatory o odpowiedniej pojemności lub podłączyć ją do sieci, co zrównoważy dostawy prądu.

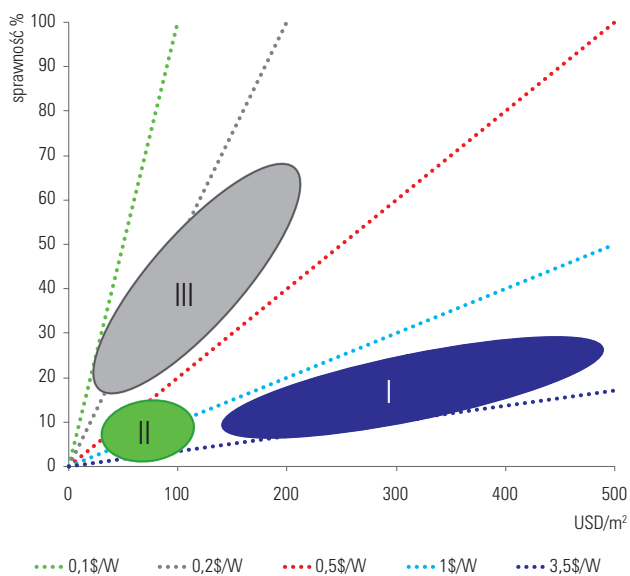
Aby pokryć roczne zapotrzebowanie przeciętnej rodziny na energię elektryczną, należy zamontować 11 modułów po 240 W każdy, co zajmuje niespełna 18 m² [10], [13]. Trzeba mieć jednak na uwadze, że podawana przez producenta moc jest wartością otrzymywaną w optymalnych warunkach podczas gdy produkcja uzyskiwana w praktyce jest niższa od nominalnej. Sprawność instalacji wyraża natomiast procentowo część energii słonecznej, która zostanie zamieniona na elektryczną.

RAMKA 4 3 GENERACJE PANELI PV



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [6]

Schemat 1 | Sprawność i koszt ogniw PV trzech generacji



Uwaga: Schemat przedstawia maksymalną teoretyczną sprawność paneli. W przypadku paneli III generacji maksymalna sprawność pokazana na schemacie nie jest obecnie osiągalna, za ograniczenie przyjęto zasady termodynamiki. Sprawność paneli dostępnych obecnie na rynku może się różnić i należy pamiętać, że sprawność nie jest jedynym czynnikiem determinującym ilość wygenerowanej energii elektrycznej.

Źródło: [6]

Energia wiatrowa

Energia wiatru jest wykorzystywana przez ludzi od wieków. Korzystanie z tego źródła energii staje się ważnym sposobem produkcji energii elektrycznej także obecnie. Elektrownia wiatrowa składa się z wirnika oraz generatora, który wytwarza prąd z energii kinetycznej. Turbina znajduje się na wieży. W zależności od wielkości, elektrownie różnią się mocą. Mikroelektrownie wiatrowe wytwarzają 100 W energii elektrycznej, a małe do 50 kW. Produkcja prądu jest uzależniona od prędkości wiatru. Elektrownie zaczynają wytwarzać energię przy prędkości ok. 2 m/s, osiągają maksimum przy ok. 8-12 m/s, i wyłączają się, gdy wysoka prędkość wiatru stanowi niebezpieczeństwo dla urządzenia. Parametry różnią się w zależności od wielkości, liczby płatów wirnika, jego rodzaju (pozioma lub pionowa oś obrotu). Ponieważ prędkość wiatru jest zmienna w czasie, mogą występować sytuacje, gdy elektrownia nie produkuje energii. Stopień wykorzystania zainstalowanych mocy wiatrowych, a więc również opłacalność inwestycji, zależy od lokalnej wietrzności terenu [15].

Kogeneracja

Kogeneracja (*CHP – combined heat and power*) to proces technologiczny jednoczesnego wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej. Proces ten jest znacznie bardziej efektywny niż oddzielna generacja prądu oraz ciepła. W układach mikrogeneracji mogą być zastosowane różne rodzaje paliwa, na przykład gaz ziemny, olej napędowy oraz biomasa. Technologia nie jest uzależniona od warunków atmosferycznych i może zapewnić stabilną produkcję energii elektrycznej.

Instalacja Mikro CHP charakteryzuje się mocą do 50 kW. Istnieje kilka głównych systemów [11]:

- **silniki tłokowe** charakteryzują się dobrą sprawnością oraz niskim kosztem inwestycji. Wykorzystuje się je między innymi do utylizacji biogazu;
- **mikro-gazowe turbiny** są droższe niż silniki tłokowe, lecz są niezawodne i mało hałaśliwe;
- **układy z silnikiem Stirlinga**, który produkuje energię elektryczną korzystając z źródła ciepła, niekoniecznie spalania. Charakteryzuje się wysoką wydajnością, niskim poziomem emisji i hałasu. Ta technologia nie jest jeszcze wystarczająco rozwinięta oraz kosztowna;
- **organiczny obieg Rankine’a (ORC)** można stosować w procesach technologicznych, gdzie występują straty ciepła. Energia powstaje podczas obiegu płynu, który pod wpływem ciepła paruje, a następnie kondensuje. Jego zalety to m.in. wysoka wydajność, niskie obroty turbiny, długa żywotność, ciche działanie;
- **ogniwa paliwowe** są technologią znajdującą się obecnie w fazie rozwoju. Działają na zasadzie reakcji chemicznej wodoru z tlenem. Charakteryzują się sprawnością 35-85% i są czyste – produktem ubocznym jest woda.

TABELA 1 PORÓWNANIE TECHNOLOGII MIKROGENERACJI

Technologia	Zalety	Wady
PV II generacji	Brak wydatków na paliwo, brak emisji.	Niska sprawność, niestabilność produkcji (zależność od nasłonecznienia), znaczny spadek efektywności w zimie, wysokie nakłady inwestycyjne.
PV III generacji	Wyższa sprawność, niższa cena niż II generacja. Brak wydatków na paliwo, brak emisji.	Niestabilność produkcji (zależność od nasłonecznienia), znaczny spadek efektywności w zimie, znaczące nakłady inwestycyjne.
Wiatr	Brak wydatków na paliwo, brak emisji.	Niestabilność produkcji (zależność od wiatru), znaczące nakłady inwestycyjne.
Mikro CHP	Efektywniejsze wykorzystanie energii procesu spalania w porównaniu do tradycyjnych metod, możliwość spalania biomasy i biogazu występujących jako produkty uboczne działalności w gospodarstwach, niezależność od warunków atmosferycznych.	W przypadku wykorzystania paliw kopalnych – emisyjność, dodatkowe koszty zakupu paliwa. Wysokie nakłady inwestycyjne. Technologie w fazie rozwoju.
Ogniwa paliwowe	Brak emisji, niezależność od warunków atmosferycznych.	Wysokie nakłady inwestycyjne. Technologie w fazie rozwoju.

Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [6], [11], [15]

2. Ekonomia prosumenta

Koszty produkcji energii elektrycznej dla różnych technologii

Na całkowity koszt produkcji energii elektrycznej składa się szereg komponentów: koszty inwestycyjne, koszty operacyjne stałe (zależne od mocy instalacji generującej energię, a nie wolumenu produkcji energii) i zmienne (uzależnione od ilości wyprodukowanej energii) oraz koszty paliwa. W ostatnich latach pojawiła się nowa kategoria kosztów wynikająca z polityki klimatycznej – koszty uprawnień do emisji CO₂.

Poszczególne technologie produkcji energii elektrycznej istotnie różnią się poziomem i strukturą kosztów. Przykładowo, elektrownie gazowe są znacznie tańsze i szybsze w budowie niż elektrownie węglowe, jednak przy obecnych cenach gazu oraz węgla w Europie koszty paliwa dla elektrowni gazowych są dużo wyższe. Z kolei elektrownie jądrowe wiążą się z bardzo wysokimi kosztami inwestycyjnymi, choć cechują się długim okresem życia oraz relatywnie niskimi cenami paliwa. Dla technologii opartych na źródłach odnawialnych koszty paliwa są zaś zerowe (z wyjątkiem biomasy), wysokie są natomiast nakłady początkowe. Z kolei koszty emisji są najwyższe dla elektrowni opartych na węglu brunatnym i kamiennym, niższe dla elektrowni gazowych, natomiast elektrownie jądrowe oraz oparte na OZE są źródłami zeroemisyjnymi i nie muszą ponosić kosztów zakupu uprawnień do emisji CO₂.

Porównywalność kosztów produkcji energii elektrycznej z poszczególnych źródeł dodatkowo utrudnia różny potencjalny stopień wykorzystania mocy. Dla elektrowni konwencjonalnych jest on wysoki, rzędu 70-90%, natomiast dla energii ze słońca kształtuje się on w Polsce w praktyce na poziomie ok. 10%, a dla farm wiatrowych na lądzie – ok. 25% - 30% zależnie od ich generacji. Niższe współczynniki wykorzystania mocy przekładają się na wyższe koszty – rośnie udział kosztów inwestycyjnych oraz stałych kosztów operacyjnych. Nie musi to jednak oznaczać, że źródła o ograniczonym czasie pracy produkują energię drożej. Brak kosztów paliwa oraz emisji, a także odpowiednio niskie koszty budowy i utrzymania tych technologii mogą przesądzić o tym, że będą one konkurencyjnym kosztowo źródłem energii. Ze względu na konieczność dyskontowania przepływów finansowych istotną rolę odgrywa też ich rozłożenie w czasie: im wyższy koszt kapitału, tym mniej atrakcyjne będą kapitałochłonne technologie wymagające wysokich inwestycji początkowych.

RAMKA 5 LCOE – MIERNIK KOSZTÓW PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Konstrukcja miernika

LCOE jest ilorazem kosztów i ilości wyprodukowanej energii elektrycznej w ciągu danego czasu. Zarówno koszty, jak i energia są wartościami zdyskontowanymi na chwilę obecną z użyciem jednakowej stopy.

$$LCOE = \frac{\text{łączy zdyskontowany koszt energii}}{\text{łączy zdyskontowana ilość wygenerowanej energii}}$$

W skład kosztów wchodzi przede wszystkim: początkowe inwestycje związane z budową oraz koszty operacyjne: stałe i zmienne a także koszty paliwa. Z kolei produkcja energii musi uwzględniać spadek mocy elektrowni w czasie.

Porównywalność i założenia

Składowe potrzebne do obliczenia LCOE odnoszą się do przyszłości, dlatego wartość miernika nie może być oszacowana doładnie. Z tego względu należy poczynić założenia dotyczące kształtowania się poszczególnych wartości. Dodatkowo, model obliczenia LCOE przyjmuje założenie, że wygenerowany prąd zostanie natychmiastowo sprzedany po stałej cenie oraz stałość stopy dyskontowania.

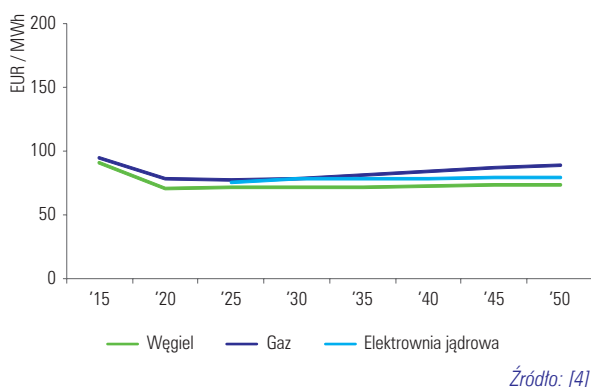
Składowe miernika zmieniają się w zależności od źródła energii jak również warunków geograficznych. Przykładowo, pozyskiwanie energii słonecznej czy wiatrowej jest bardziej efektywne w regionach charakteryzujących się sprzyjającymi warunkami: nasłonecznieniem lub siłą wiatru.

Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

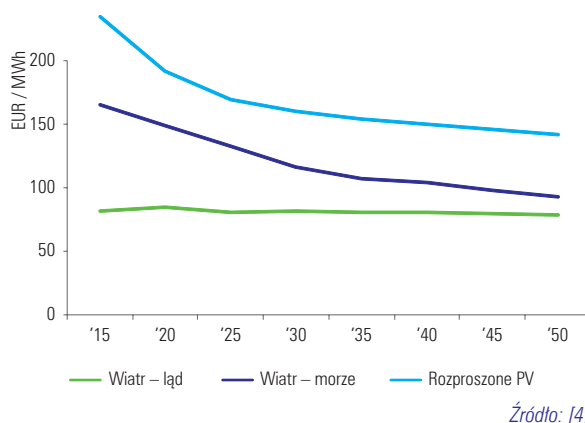
Zróżnicowanie technologii produkcji energii elektrycznej oraz rodzajów kosztów z nimi związanych oznacza, że do rzetelnego porównania całkowitego kosztu energii niezbędny jest uniwersalny, syntetyczny miernik uwzględniający wszystkie wymienione elementy. Taką miarą jest LCOE (ang. *levelized cost of energy*). Porównuje ona koszty wytwarzania energii w wybranej liczbie okresów w przyszłości z „ilością” energii wyprodukowanej w tym czasie. Miara może być interpretowana jako minimalna cena, przy której produkcja energii z danego źródła staje się opłacalna. Jeżeli wartość LCOE dla danego źródła energii jest równa lub niższa od rynkowej ceny energii, można mówić o opłacalności tego źródła.

Ze względu na dużą liczbę zmiennych składających się na wynik końcowy, ich uzależnienie od lokalnych warunków, a także niepewność co do przyszłego rozwoju technologicznego, szacunki i prognozy LCOE w literaturze są zróżnicowane. Pomimo tego, ogólny konsensus wskazuje na niższy koszt technologii konwencjonalnych oraz wyższy, ale spadający w kolejnych latach koszt OZE. W polskich warunkach należy się spodziewać zbliżenia się LCOE energii z wiatru oraz technologii konwencjonalnych w kolejnych dekadach, natomiast fotowoltaika pozostanie relatywnie drogą technologią pozyskiwania energii nawet pomimo znaczącego postępu technologii [4]. Nie oznacza to jednak braku perspektyw dla tej technologii w Polsce, lecz raczej to, że rozwój systemowej, wielkoskalowej fotowoltaiki w Polsce jest, w odróżnieniu np. od Indii czy Europy Południowej, jest mało prawdopodobny, podczas gdy potencjał jej rozwoju w modelu prosumenckim pozostaje duży. Dzieje się tak dlatego, że ceną odniesienia dla prosumenta jest płacona przez niego cena detaliczna prądu elektrycznego „z gniazdka”, a nie cena hurtowa interesująca odbiorców przemysłowych.

Wykres 7 | LCOE dla nieodnawialnych technologii produkcji energii elektrycznej (bez opłat za emisje CO₂); 2015-2050



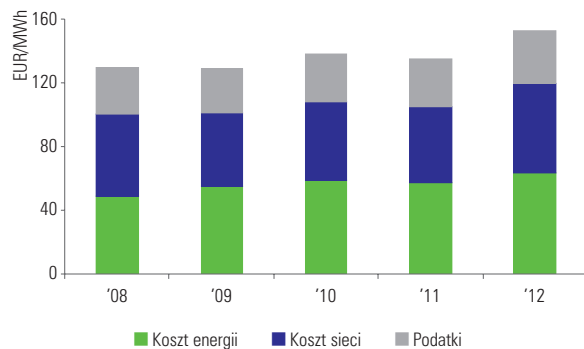
Wykres 8 | LCOE dla odnawialnych technologii produkcji energii elektrycznej; 2015-2050



Koszty produkcji energii elektrycznej a cena dla odbiorcy końcowego

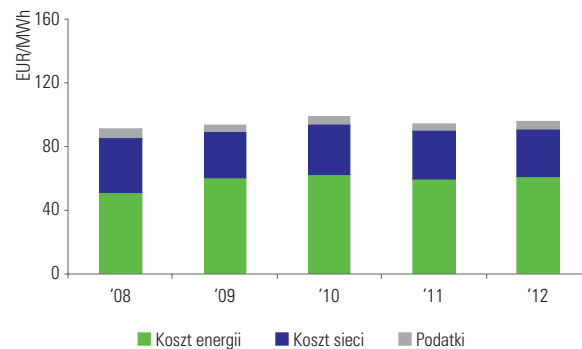
Oplacając rachunek za energię elektryczną, odbiorca końcowy płaci nie tylko za wytworzenie energii, którą zużył, ponosi również koszty związane z utrzymaniem i rozbudową sieci energetycznej. Dodatkowo, w zamian za zapewnienie odbiorcom końcowym stabilnych dostaw energii elektrycznej, operator pobiera opłatę, dzięki czemu może pokryć koszty funkcjonowania mocy rezerwowych. Oprócz kosztów systemowych utrzymania sieci i mocy rezerwowych, na cenę energii elektrycznej wpływają również podatki oraz inne daniny publiczne. Są to zarówno ogólne podatki od konsumpcji (VAT, akcyza), jak również specyficzne obciążenia związane z różnorodnymi systemami wsparcia poszczególnych technologii produkcji (np. *feed-in-tariff*, aukcje, kolorowe certyfikaty).

Wykres 9 | Składniki cen energii elektrycznej w Polsce w latach dla gospodarstw domowych 2008-2012



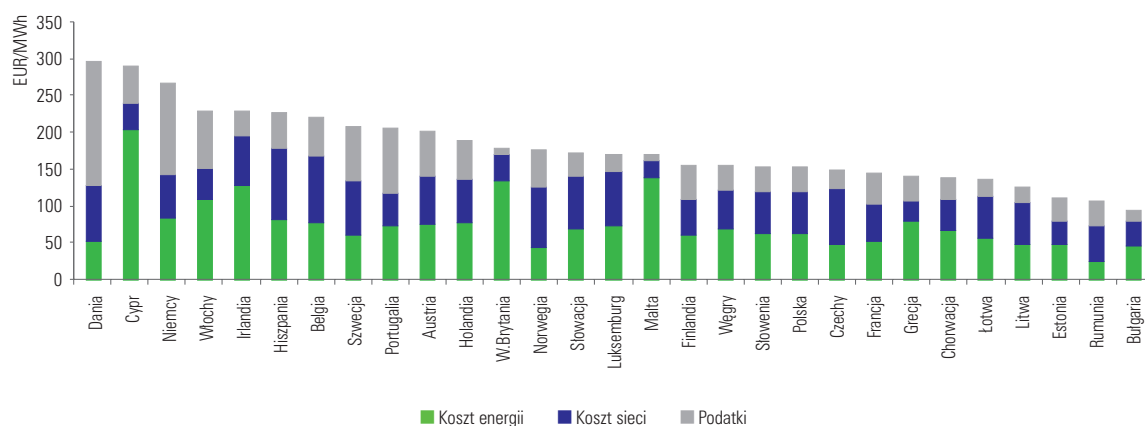
Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych Eurostat

Wykres 10 | Składniki cen energii elektrycznej w Polsce w latach dla odbiorców przemysłowych 2008-2012



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych Eurostat

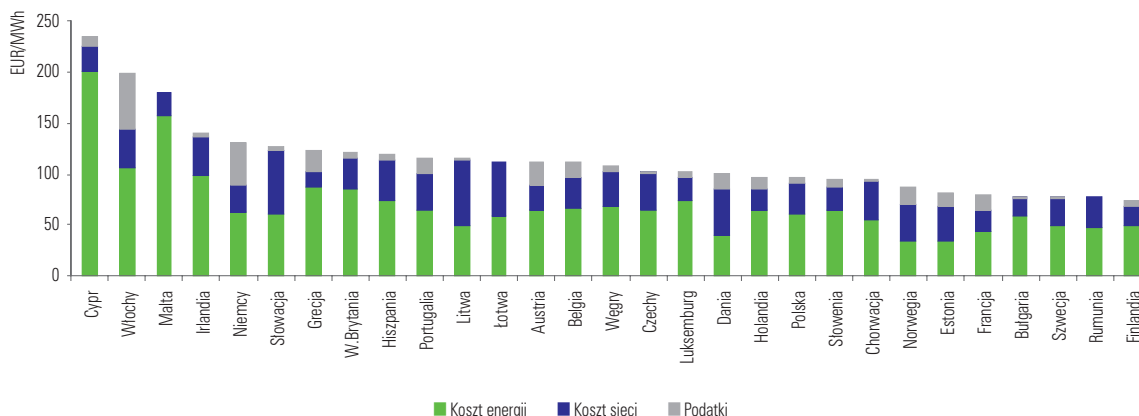
Wykres 11 | Składniki cen energii elektrycznej dla gospodarstw domowych w krajach europejskich w 2012 roku



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych Eurostat

Ogółem, koszt energii (właściwie: cena energii na rynku hurtowym, na którym działają duże elektrownie oraz elektrociepłownie, i który wyznacza opłacalność technologii systemowej generacji energii) stanowi w Polsce jedynie ok. 40% ceny energii dla gospodarstw domowych i 65% dla odbiorców przemysłowych (wyższy udział kosztów energii dla tej grupy wynika głównie z dużo niższego poziomu opodatkowania firm mogących odliczyć VAT zawarty w cenie energii elektrycznej). Podobnie ta relacja kształtuje się w pozostałych państwach UE – cena energii na rynku detalicznym jest dużo wyższa niż na rynku hurtowym ze względu na koszty systemowe oraz podatki.

Wykres 12 | Składniki cen energii elektrycznej dla odbiorców przemysłowych w krajach europejskich w 2012 roku



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych Eurostat

TABELA 2 JAKIE OPŁATY ZAWARTE SĄ NA RACHUNKU ZA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ DLA GOSPODARSTW DOMOWYCH W POLSCE?

Kategoria	stały / zmienny	opis
opłata za energię elektryczną	zmienna	opłata za zużytą energię elektryczną
opłata dystrybucyjna	zmienna	opłata pokrywająca koszty funkcjonowania sieci, w tym strat przesyłowych
opłata jakościowa	zmienna	opłata za korzystanie z krajowego systemu energetycznego
opłata dystrybucyjna	stała	opłata obejmuje koszty związane z utrzymaniem, remontami i rozbudową sieci przesyłowej
opłata abonamentowa	stała	opłata miesięczna pokrywająca koszty wysyłania rachunków, odczytu liczników, itd.
opłata przejściowa	zmienna	rekompensata za zmianę umowy na zakup energii elektrycznej dla poprzedniego dostawcy

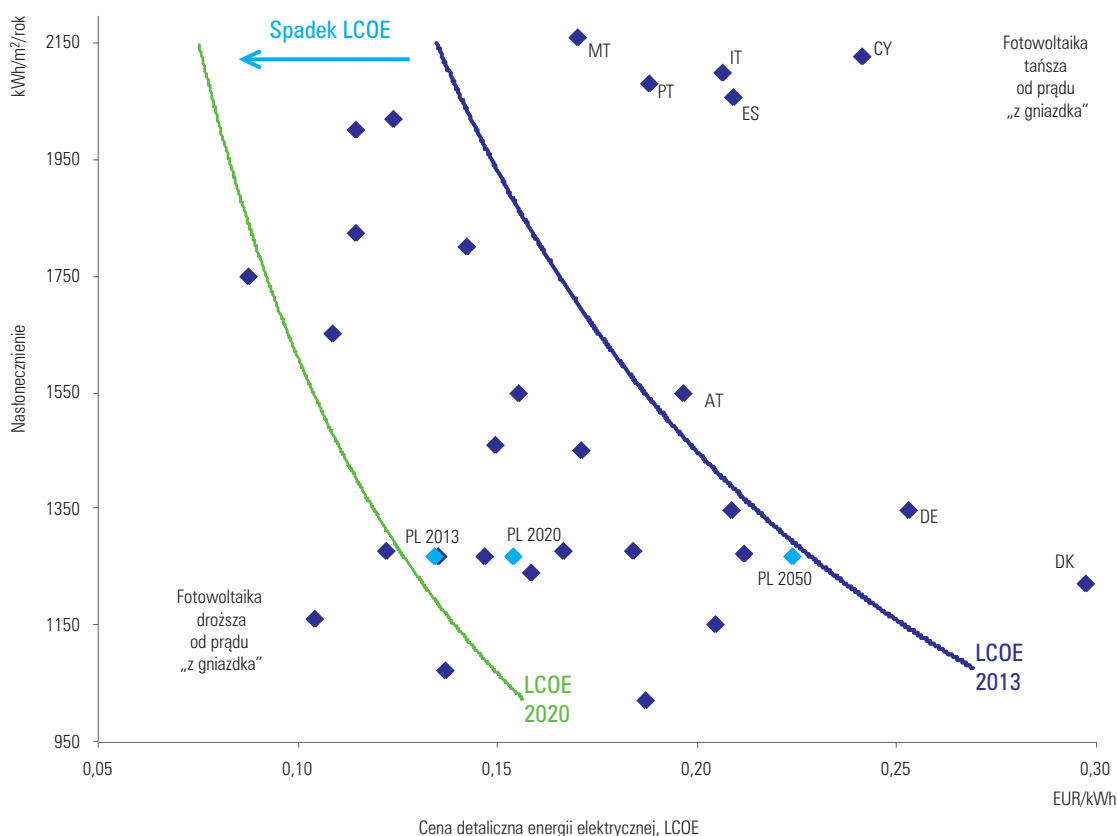
Uwaga: opłata stała – opłata miesięczna na określonym poziomie, opłata zmienna – opłata naliczana w zależności od zużycia energii elektrycznej

Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie materiałów URE

Konsumenci rozważając zainwestowanie w rozproszone źródła energii stają przed innym wyborem niż przedsiębiorstwa energetyczne inwestujące w technologie dla elektrowni systemowych. Źródła rozproszone konkurują bowiem nie z kosztami produkcji energii z dużych elektrowni, a z ceną detaliczną energii dla danego rodzaju odbiorcy. Z tej perspektywy fotowoltaika już dzisiaj okazuje się być atrakcyjnym wyborem w krajach europejskich cechujących się sprzyjającymi warunkami naturalnymi lub wysokimi cenami energii, natomiast postęp technologiczny oraz spodziewany wzrost cen energii w Polsce (wynikający m.in. z konieczności pokrycia kosztów modernizacji infrastruktury energetycznej, wzrostu cen surowców oraz utrzymania unijnej polityki klimatycznej) doprowadzi w perspektywie dekady do osiągnięcia przez fotowoltaikę konkurencyjności również w naszym kraju (por. Wykres 13).

Zrównanie się detalicznej ceny energii elektrycznej oraz LCOE fotowoltaiki nie musi się jednak od razu przełożyć na szybki rozwój modelu prosumenckiego w Polsce. Istnieje szereg czynników o charakterze rynkowym oraz regulacyjnym, które mogą wpłynąć na tempo i zasięg zmian na rynku energii wywołane przez pojawienie się prosumenta. Poświęcona im jest następną część niniejszego opracowania.

Wykres 13 | Cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych i LCOE dla fotowoltaiki w Europie



Źródło: [4]

Model prosumencki

– potencjalne korzyści, motywacje i bariery

Potencjalne korzyści z mikrogeneracji

Istnieje wiele czynników motywujących do rozpoczęcia produkcji energii elektrycznej na mikro skalę. Czynniki te są różne dla różnych grup podmiotów działających na rynku – gospodarstw domowych, przedsiębiorstw oraz administracji lokalnej i centralnej.

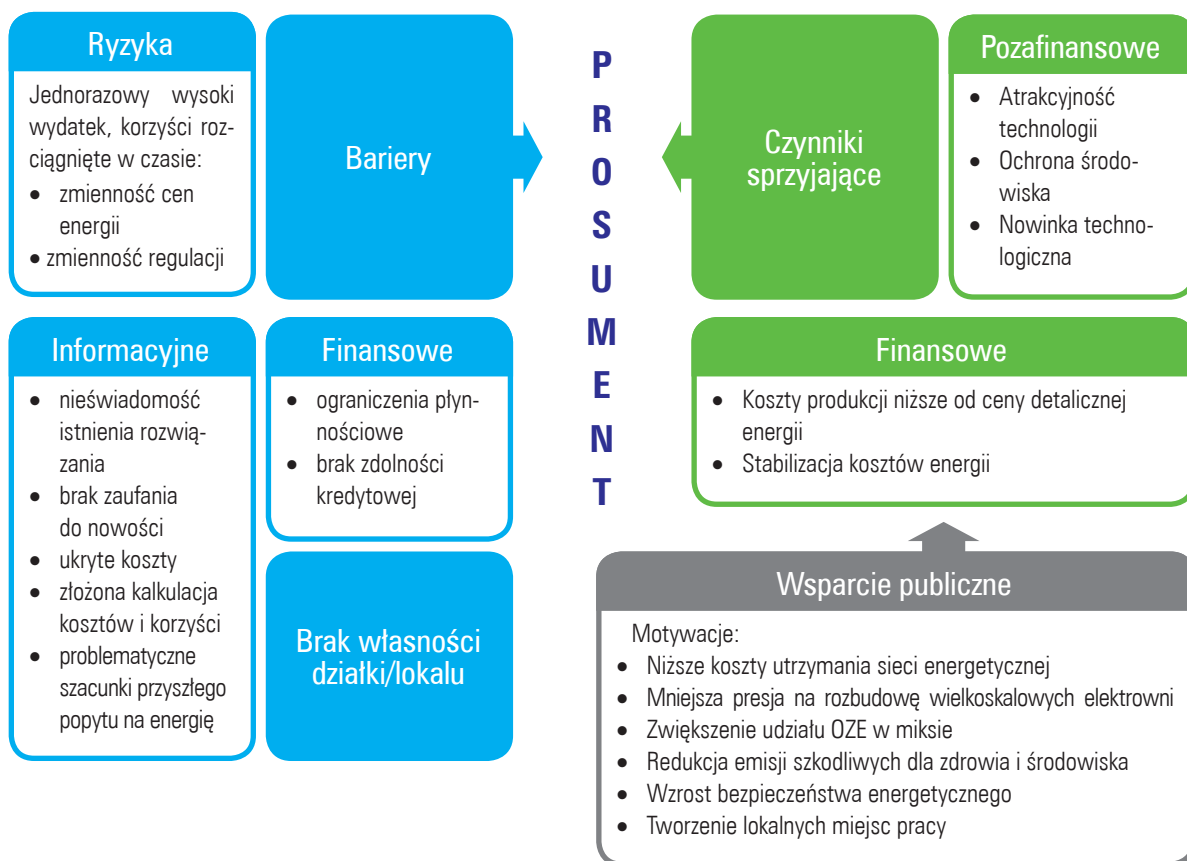
Czynniki motywujące przedsiębiorstwa i gospodarstwa domowe

Siłą napędową rozwoju mikrogeneracji w Polsce, według naszych analiz, będą przedsiębiorstwa, zarówno produkcyjne jak i usługowe. Ze względu na konkurencję między tymi podmiotami potrzeba obniżenia kosztów energii elektrycznej (wchodzącej w skład kosztów operacyjnych działalności) będzie kierować firmy w stronę modelu prosumenckiego. Dodatkowym atutem dla przedsiębiorstw, który oferuje mikrogeneracja, jest częściowe uniezależnienie się od fluktuacji cen energii elektrycznej co prowadzi do zmniejszenia ryzyka działalności firmy. Ponadto podmioty gospodarcze mogą być zainteresowane mikrogeneracją ze względu na nałożone limity emisji i konieczność zakupu uprawnień do emisji gazów cieplarnianych. Dotyczy to przede wszystkim przedsiębiorstw z sektorów ETS (włączonych do europejskiego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych). Inną zaletą firm jest rozpowszechniona wśród nich własność ziemi i budynku, gdzie prowadzona jest działalność. Dachy hal fabrycznych, magazynów i centrów handlowych mogą zaś być dogodną lokalizacją do montażu paneli fotowoltaicznych lub mikrowiatraków. Z kolei tereny otaczające obiekt, często rozległe i oddalone od zabudowań, są potencjalną lokalizacją wiatraków.

W przypadku gospodarstw domowych (inwestorów indywidualnych) główną motywacją może być potencjalne zmniejszenie kosztów utrzymania nieruchomości, ewentualnie, przy wykorzystaniu możliwości sprzedaży energii elektrycznej do sieci, zapewnienie dodatkowego źródła dochodu. Warto przy tym pamiętać, że wraz z rosnącym globalnym popytem na mikroinstalacje ich ceny będą spadać przez co staną się bardziej dostępne szerszym grupom odbiorców. Oprócz znacznej redukcji (lub eliminacji) bieżących rachunków za energię elektryczną na podjęcie decyzji o zostaniu prosumentem wpływa zwiększona świadomość odnośnie dostępnych technologii i ich perspektywy ekonomiczne, systematyczny spadek cen systemów mikrogeneracji energii, rosnące ceny energii elektrycznej, atrakcyjność technologii oraz regulacje dotyczące ochrony środowiska. Na decyzje inwestorów indywidualnych odnośnie mikroinstalacji może mieć również wpływ potrzeba ustabilizowania dostaw energii elektrycznej, co może mieć miejsce w rejonach oddalonych od konwencjonalnych źródeł wytwarzania i niestabilnych sieciach przesyłowych. Osoby o wysokim dochodzie, które nie muszą przywiązywać dużej wagi do kosztów utrzymania, postrzegają mikrogenerację jako ciekawą nowinkę technologiczną czy atrakcyjny gadżet pozwalający wykazać się troską o środowisko naturalne [3].

Warto jest również wspomnieć o kolejnej grupie interesariuszy systemu prosumenckiego – rolnikach. Wbrew dość powszechnej opinii o rolnictwie współczesne gospodarstwa rolne w Polsce są zmechanizowane i nowoczesne co wiąże się ze zwiększonym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Dodatkowo produkcja roślinna oraz zwierzęca generują znaczne ilości biomasy, które mogą być bezpośrednio przetworzone na energię elektryczną i ciepło potrzebne w skali lokalnej. Nowoczesne gospodarstwa rolne osiągające znaczne korzyści skali mają nawet powyżej 100 ha powierzchni. Tak znaczne tereny mogą być dogodną lokalizacją wiatraków. Szczególnie rozległe tereny rolnicze występują w północnej i wschodniej części kraju, w których zlokalizowanych jest niewiele konwencjonalnych źródeł wytwarzania energii, co może dodatkowo motywować do inwestycji w mikrogenerację. Ewentualne problemy z pozyskaniem finansowania przez indywidualnych rolników mogą zostać przewyżczone, gdy inwestorzy zdecydują się na współpracę, dzieląc między sobą korzyści i koszty.

Schemat 2 | Bariery i potencjalne korzyści z mikrogeneracji energii elektrycznej



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

Czynniki motywujące rząd do wspierania prosumentów

Administracja zarówno na szczeblu centralnym jak i lokalnym może osiągnąć potencjalnie liczne korzyści z istnienia prosumentów, dlatego w wielu krajach rządy decydują się na wsparcie tej działalności. Na szczeblu centralnym popularyzacja mikrogeneracji i wzrost produkowanej w ten sposób energii elektrycznej zwiększa poziom bezpieczeństwa energetycznego kraju, poprzez zmniejszenie presji na import energii lub surowców energetycznych oraz mniejszą presję na wzrost popytu na energię elektryczną z sieci i rozbudowę energetyki wielkoskalowej. W dłuższej perspektywie czasowej, gdy mikroinstalacje osiągną próg ekonomicznej opłacalności, poprawa konkurencyjności i wzrost dobrobytu w gospodarce mogą być przyspieszone przez spadek kosztów związanych z zakupem energii elektrycznej, czyli niższe koszty produkcji dóbr i świadczenia usług, co przełoży się może na niższe koszty dóbr finalnych dla konsumentów, a także wzrost konkurencyjności całej gospodarki. Mikroinstalacje oparte na odnawialnych źródłach energii pozytywnie wpłyną na redukcję emisji gazów cieplarnianych. Dodatkowo wzrost produkcji z mikroinstalacji powinien wywrzeć pozytywny wpływ na jakość życia społeczeństwa oraz zdrowie publiczne poprzez ograniczenie wykorzystania wysokoemisyjnych technologii generacji energii [3], [4].

Jednocześnie administracja lokalna, ze względu na specyfikę danego regionu, może osiągać dodatkowe korzyści z mikrogeneracji opartej na źródłach odnawialnych. W regionach oddalonych od konwencjonalnych źródeł wytwarzania mała energetyka oparta na OZE może pomóc w stabilizowaniu dostaw energii, ochronie lokalnego środowiska i krajobrazu. Warto jest również pamiętać o miejscach pracy,

związanych z popularyzacją instalacji, które w przeciwieństwie do tradycyjnych miejsc pracy w energetyce, cechują się znacznie niższym negatywnym wpływem na zdrowie, a także bezpieczeństwo i higienę pracy. Powstają także w modelu rozproszonym geograficznie oddziałując na większy obszar kraju niż energetyka tradycyjna skoncentrowana w wybranych lokalizacjach. Mimo że pojawienie się prosumentów może przynieść użytkownikom i gospodarce wiele różnorodnych korzyści, podmioty gospodarcze nie zawsze są w stanie je dostrzec i wycenić. By maksymalizować korzyści związane z prosumpcją niezbędne jest wsparcie, w formie regulacji, które wzmocnią i stworzą nowe, dodatkowe bodźce do podjęcia inwestycji oraz usprawnią procesy likwidowania barier związanych z tego typu inwestycjami [14].

Bariery dla prosumentów

W wielu aspektach życia gospodarczego, np. przy energetyce prosumenckiej i poprawie efektywności energetycznej, obserwowany jest stosunkowo niski stopień rozpowszechnienia efektywnych kosztowo rozwiązań. Spowodowane jest to przede wszystkim zawodnościami rynku i regulacji (rządu), które stanowią przeszkody do popularyzacji modelu prosumenckiego. Przede wszystkim dotyczą one kwestii związanych z finansowaniem inwestycji. Do zawodności rynkowych należą także: brak dostatecznej informacji dla przedsiębiorstw i gospodarstw domowych, problemy z pozyskaniem niezbędnego kapitału lub ograniczenia płynnościowe, postrzegane wysokie ryzyko inwestycji oraz silniejsza niż u profesjonalnych podmiotów awersja do ponoszenia strat, a także ukryte koszty i bariery technologiczne [3],[8].

Bariera informacyjna

Bariera informacyjna jest istotną przeszkodą upowszechniania się nowych technologii. Ze względu na brak dostępu do informacji potencjalni inwestorzy często nie są świadomi istnienia, działania, kosztów i korzyści niektórych technologii lub produktów dostępnych na rynku. Przez to nie są w stanie ani ocenić opłacalności mikroinstalacji i przez to podjąć optymalnej decyzji. Luka informacyjna powoduje często dość powszechne przeświadczenie, że mikroinstalacje są fanaberią dla osób o wysokim dochodzie. Dodatkowo inwestor planujący budowę domu lub zakładu produkcyjnego nie jest w stanie oszacować przyszłego zużycia energii elektrycznej i jej kosztów przez co nie potrafi oszacować korzyści, które wiążą się z przynajmniej częściową samowystarczalnością w tym zakresie.

Bariery finansowe i ukryte koszty

Ograniczenia kapitałowe są kolejną istotną barierą wpływającą na niskie zainteresowanie prosumpcją występującą przede wszystkim w przypadku gospodarstw domowych oraz małych i średnich przedsiębiorstw. Inwestycja w mikroinstalacje wydatkiem łączy się z wysokimi nakładami początkowymi. Taki wydatek nie zawsze może zostać pokryty ze zgromadzonych oszczędności. Być można wystąpić o finansowanie zewnętrzne (np. w formie kredytu bankowego) jednak ze względu na wysokie koszty jego uzyskania lub brak zdolności kredytowej może nie być ono dostępne dla wszystkich zainteresowanych. Warto pamiętać, że konieczność spłaty kredytu przez jakiś czas zmniejsza strumień korzyści związanych z prosumpcją [3].

W Polsce, ze względu na problemy z przyłączeniem instalacji do sieci, jej sprzedaż przez prosumentów jest obecnie utrudniona (konieczne jest uzyskanie koncesji), a brak możliwości sprzedaży nadwyżek wyprodukowanej energii elektrycznej ogranicza korzyści i może doprowadzić do marnotrawienia części wyprodukowanej energii. Ponadto w momencie podjęcia decyzji inwestycyjnej nabywcy nie zawsze są świadomi istnienia i poziomu dodatkowych kosztów wynikających z montażu, przyłączenia do sieci i utrzymania, a w przypadku przedsiębiorstw z możliwością przerwania pracy na czas instalacji. Nieuwzględnienie ukrytych kosztów w rachunku potencjalnych kosztów i korzyści może przeszacować korzyści płynące z modelu prosumenckiego.

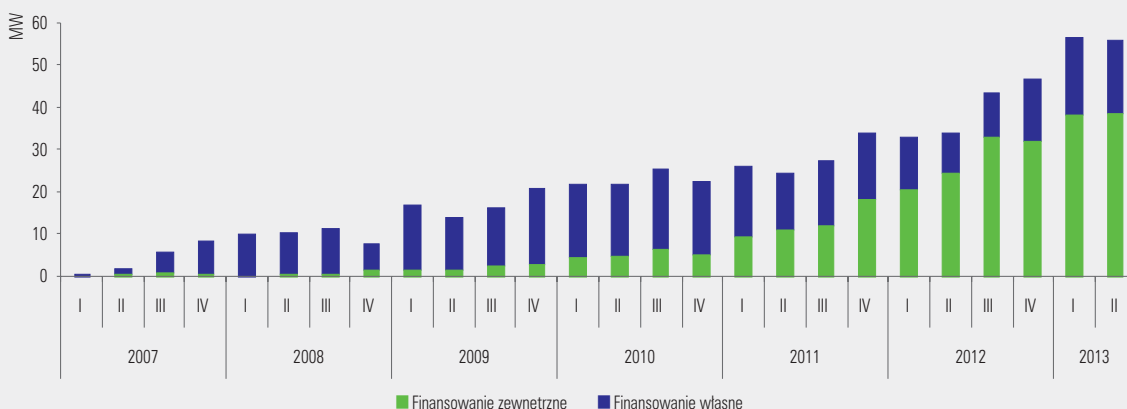
Ryzyko inwestycyjne

Ryzyko inwestycyjne w przypadku mikroinstalacji związane jest przede wszystkim z niepewnością odnośnie poziomu przyszłych cen energii. Ta niepewność utrudnia dokonanie analizy potencjalnych korzyści z inwestycji w rozproszone źródła energii, zaś ewentualny spadek cen energii elektrycznej w przyszłości wydłuży okres zwrotu. Przede wszystkim dotyczy to gospodarstw domowych, które często nie potrafią oszacować przyszłych cen i zużycia energii elektrycznej, jednak w przypadku przedsiębiorstw wysoki poziom ryzyka może być kluczowym powodem nie podejmowania tej inwestycji.

RAMKA 6 MODELE BIZNESOWE POZWALAJĄCE NA OBEJŚCIE BARIER INWESTYCYJNYCH DLA ROZPROSZONYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Jednym ze sposobów na rozwiązanie problemów wynikających z wysokich początkowych nakładów inwestycyjnych oraz wysokiej stopy dyskontowania przyszłych oszczędności przez gospodarstwa domowe jest zaangażowanie trzeciej strony do sfinansowania instalacji generującej energię. W tego rodzaju modelach biznesowych przedsiębiorstwo kupuje oraz instaluje np. moduł PV na dachu gospodarstwa domowego, a następnie na podstawie długoterminowej umowy sprzedaje mu energię po z góry ustalonej, stabilnej cenie lub też zawiera z nim inny rodzaj umowy rozkładający w czasie koszty inwestycji (np. leasing). Dzięki uniknięciu kosztów systemowych energii oferta ta może być konkurencyjna wobec cen energii z sieci. Gospodarstwo domowe od początku może cieszyć się z korzyści płynących z rozproszonej generacji, pod koniec okresu objętego umową staje się też z reguły właścicielem instalacji. Z kolei przedsiębiorstwo zapewniające początkowe finansowanie inwestycji korzysta na wypełnieniu luki między rynkową stopą procentową a preferencjami gospodarstw domowych, nieskłonnych do angażowania środków w inwestycje o długim okresie zwrotu. Model ten upowszechnia się obecnie np. w USA, gdzie firmy finansujące instalacje paneli fotowoltaicznych na budynkach mieszkalnych przyczyniają się do szybkiego rozwoju rynku rozproszonych instalacji generacji energii elektrycznej.

Wykres 14 | Moc paneli PV zainstalowane w gospodarstwach domowych w Kalifornii w ramach programu *California Solar Initiative*



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych EIA

Jednym z przykładów takich rozwiązań są ESCO (z ang. *Energy Saving Company*), które oprócz pomocy z pozyskaniem finansowania na mikroinstalację często pomaga w jej zamontowaniu, a później w zarządzaniu nią. ESCO są podmiotami komercyjnymi, które osiągają zyski z przeprowadzonych przez siebie inwestycji. Taka grupa podmiotów wytworzyła się ze względu na rozbieżność interesów firm sprzedających energię elektryczną (ponieważ chcą jej sprzedać jak najwięcej) i prosumentów. W przypadku ESCO często spotykanym modelem jest finansowanie kosztem przyszłych zysków – wdrożenie mikrogeneracji generuje oszczędności dla prosumenta, który w zamian za uzyskanie finansowego wsparcia rozlicza się z operatorem dzieląc się przyszłymi zyskami. Na świecie oprócz wsparcia dla mikrogeneracji ESCO wspierają również projekty poprawy efektywności energetycznej, na przykład przez termomodernizację. Dzięki takiemu modelowi finansowania użytkownik nie ponosi bezpośrednio kosztów inwestycji, a po jej przeprowadzeniu może cieszyć się niższymi kosztami użytkowania lokalu lub budynku. Po zakończeniu spłaty zobowiązań zarówno instalacja jak i jej zarządzanie pozostają w gestii użytkownika. W opracowaniu Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE) podany jest przykład szpitala, który decydując się na generację energii nie musi angażować w nią kapitału, który może dzięki temu zostać przeznaczony m.in. na zakup sprzętu medycznego.

Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie [23] i [16]

Dodatkowo ze względu na dość powszechną skłonność do przeszacowania strat, relatywnie wysokie, jednorazowe wydatki początkowe (postrzegane jako strata) mają duży wpływ na postrzeganą użyteczność i proces podejmowania decyzji, niż perspektywa strumienia korzyści (zysków) rozłożonych w czasie. Ta kwestia generuje również problem w przypadku przedsiębiorstw zwłaszcza drobnych, co często wynika z rozbieżności motywacji udziałowców. W przedsiębiorstwach nastawionych na osiągnięcie zysku w krótkim okresie i takich, które charakteryzują się dużą rotacją wyższej kadry menadżerskiej podjęcie projektów inwestycyjnych charakteryzujących się stosunkowo wysokimi kosztami początkowymi i rozciągniętym w czasie zwrotem z inwestycji jest trudne [8].

Dodatkowe ograniczenia

Oprócz zawodności rynku występują również zawodności państwa w postaci regulacji, które mogą zniechęcić potencjalnych inwestorów lub utrudnić ten proces. Problemem może być zarówno niekorzystny kształt regulacji, jak również niepewność inwestycyjna związana z ich częstymi zmianami oraz brakiem długookresowej strategii energetycznej. W Polsce najpoważniejszą regulacyjną barierą rozwoju mikrogeneracji w Polsce jest brak uchwalonej ustawy o odnawialnych źródłach energii. W projektach aktu prawnego znaleźć można wprawdzie definicję mikrogeneracji, warunki otrzymania wsparcia finansowego przy zakupie i montażu technologii, warunki przyłączenia do sieci, ceny sprzedaży energii z mikrogeneracji oraz mechanizm przyznawania i umarzania świadectw pochodzenia. Jednak znaczne opóźnienie ustawy, brak daty jej ostatecznego przyjęcia i niepewność co do ostatecznego kształtu hamuje rozwój mikrogeneracji i energetyki prosumenckiej, która mogłaby być istotnym czynnikiem pomagającym w zapewnieniu ciągłości dostaw energii w przyszłości oraz wspomóc realizację celu strategii Europa 2020 związanego z produkcją energii ze źródeł odnawialnych.

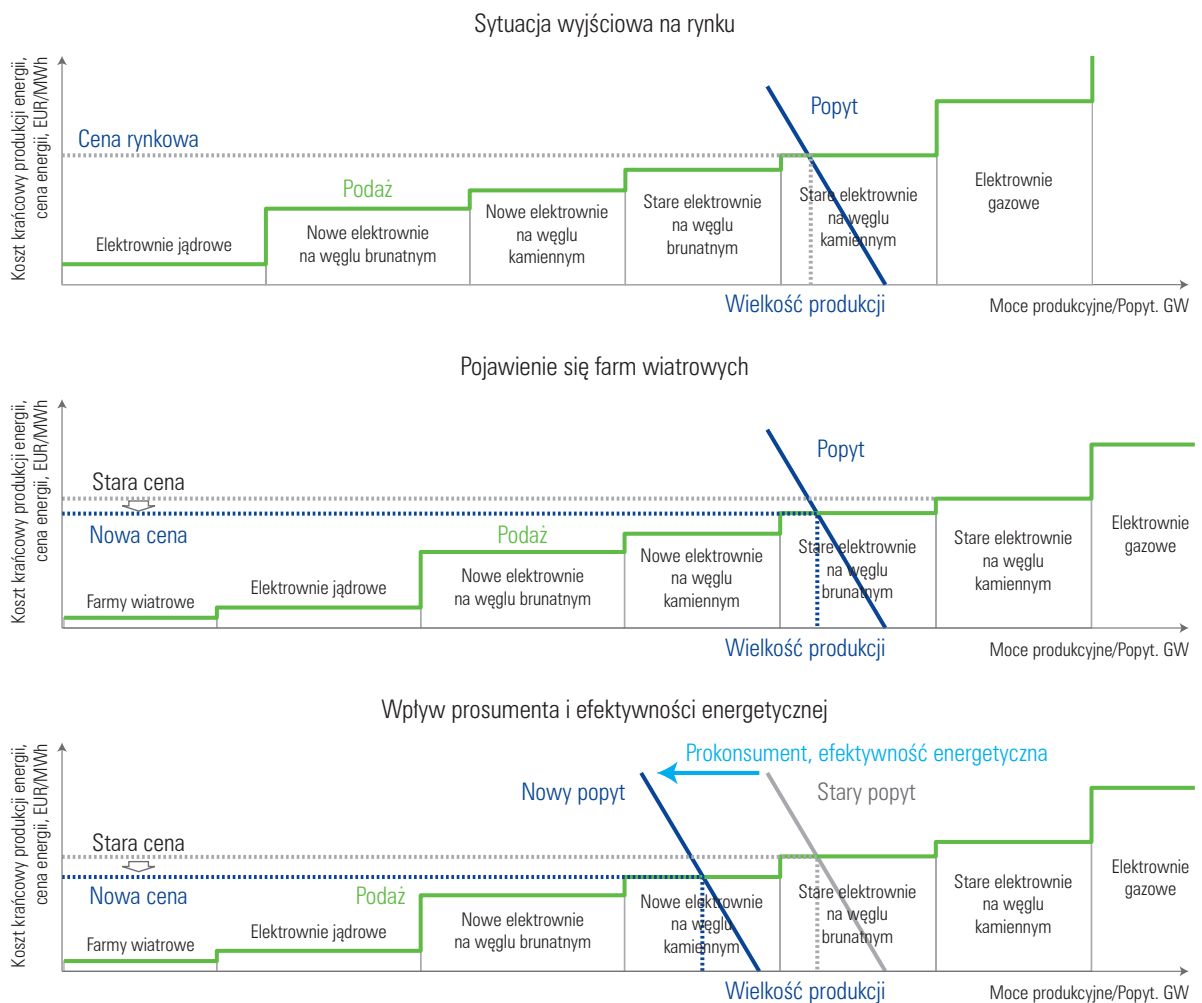
Istotną barierą dla potencjalnych inwestorów przy podejmowaniu decyzji o mikrogeneracji jest stosunkowo częsty brak własności lokali lub działek, na których mieszkają lub prowadzą działalność gospodarczą. Na pierwszy rzut oka jest to poważne ograniczenie uniemożliwiające wręcz mikrogenerację. Częściowym rozwiązaniem tej sytuacji może być wynajem powierzchni pod mikroinstalacje od właścicieli gruntów, jednak należy pamiętać, że to rozwiązanie generuje dodatkowe procedury.

4. Wpływ na rynek energii elektrycznej

Pojawienie się energetyki prosumenckiej wpływa nie tylko na obniżenie rachunków za energię elektryczną z sieci dla prosumentów, ale też dla pozostałych uczestników rynku. Na konkurencyjnym rynku energii cena równoważy popyt i podaż. Krzywą podaży tworzą dostępne w danym momencie moce produkcyjne uszeregowane według kosztów krańcowych (zmiennych) produkcji energii (tzw. *merit order*). Pojawienie się nowych mocy o niskich kosztach krańcowych produkcji energii przesuwa krzywą podaży, prowadząc do spadku ceny i wzrostu produkcji w stanie równowagi rynkowej. Przykładowo, w ostatnich latach rozwój energetyki wiatrowej w Europie sprzyjał spadkowi cen energii na rynku hurtowym [7]. Z kolei poprawa efektywności energetycznej urządzeń elektrycznych przekłada się na spadek popytu i ceny na rynku.

Z perspektywy rynku hurtowego na którym działają duże elektrownie systemowe, energetyka prosumencka łączy cechy poprawy efektywności energetycznej (spadek popytu) oraz pojawienia się farm wiatrowych (zmiennosc wpływu na rynek źródeł o ograniczonej dyspozycyjności, np. paneli PV). Na pojawieniu się prosumentów korzystają więc w krótkim okresie też inni konsumenci. W długim okresie efekt ten zanika, gdyż struktura rynku dostosowuje się do nowej sytuacji, część elektrowni zostaje wycofana, pojawiają się nowe jednostki przystosowane do krótszej pracy w momencie szczytowego zapotrzebowania na energię.

Schemat 3 | Obniżenie cen energii na skutek pojawienia się OZE oraz spadku popytu na rynku hurtowym energii

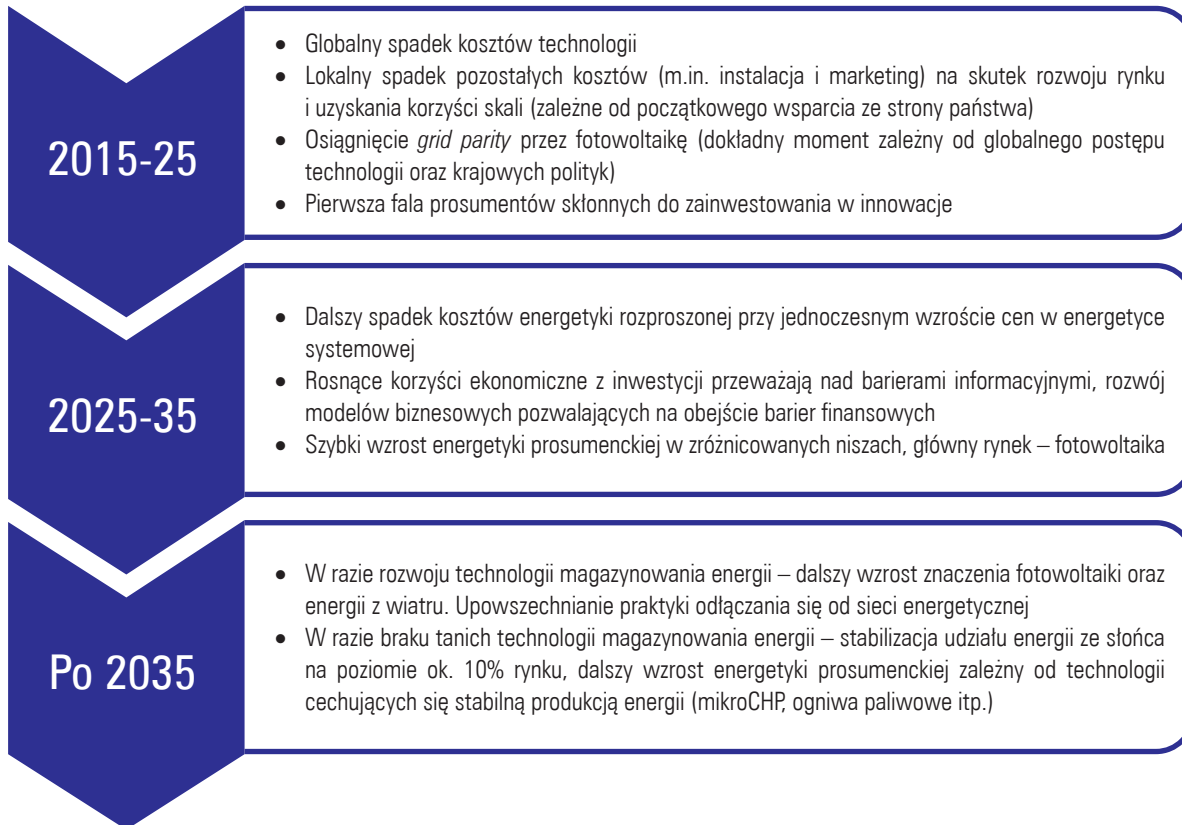


Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

Popyt na rynku energii istotnie waha się w zależności od pory dnia, dnia tygodnia i pory roku. W zależności od pogody waha się także podaż energii elektrycznej wytwarzanej z wiatru i słońca. Jak pokazuje przykład Niemiec, źródła rozproszone o ograniczonej dyspozycyjności oraz OZE systemowe mogą istotnie wpłynąć na rozkład popytu dla elektrowni konwencjonalnych działających w systemie. Obecnie przy słonecznej pogodzie i niskim popycie energia ze słońca eliminuje całkowicie dzienny szczyt zapotrzebowania na energię elektryczną w Niemczech, zapewniając w sprzyjających warunkach nawet połowę podaży energii elektrycznej oraz zmniejszając zapotrzebowanie na produkcję elektrowni szczytowych. Wpływ rozproszonej generacji energii ze słońca na rynek niemiecki jest natomiast bardzo mały w pochmurne, zimowe dni przy wysokim popycie. Gdyby ilość zainstalowanych mocy PV podwoiła się, wpływ rozproszonej generacji na rynek niemiecki zimą pozostałby ograniczony, natomiast jakościowo zmieniłaby się sytuacja w słoneczne dni letnie. Energetyka fotowoltaiczna nie tylko niwelowałabyienne szczyty zapotrzebowania na energię elektryczną, tworzyłaby wtedy też spadek popytu na produkcję elektrowni konwencjonalnych. Jedynym sposobem na jego uniknięcie byłoby zmagazynowanie części energii wyprodukowanej w ciągu dnia i wykorzystanie jej w nocy (lub po zachodzie słońca). W zależności od stopnia penetracji rynku oraz postępu technologii magazynowania energii, energetyka słoneczna może więc sprzyjać albo elektrowniom nastawionym na stabilne działanie w podstawie systemu, albo elastycznym elektrowniom szczytowym [5].

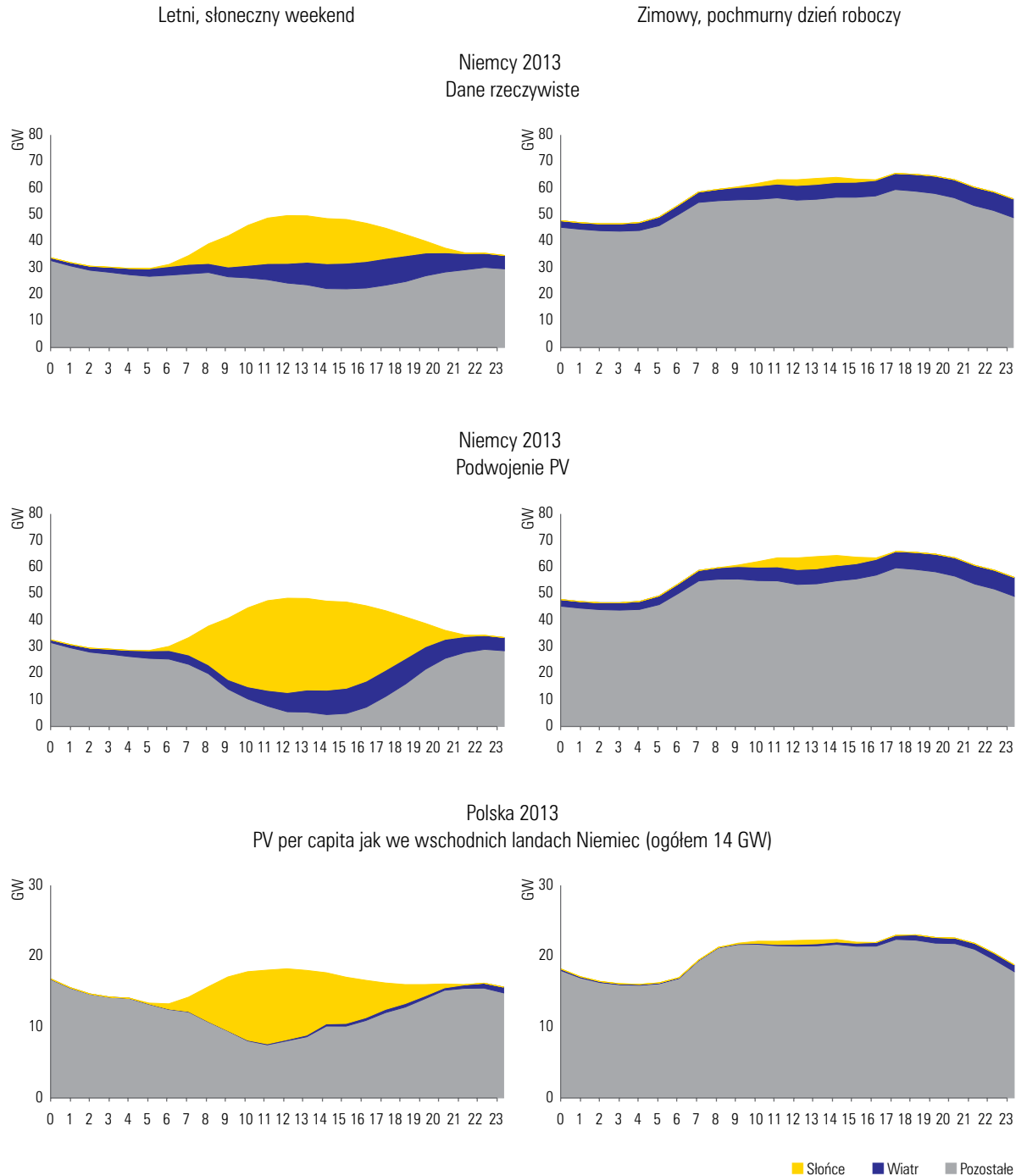
Jak rozproszona fotowoltaika wpłynęłaby na dzisiejszy polski rynek energii? Gdyby w całej Polsce zainstalowano taką samą moc PV w przeliczeniu na mieszkańca, jak we wschodnich Niemczech (dawne NRD), to w całym kraju byłoby zainstalowane blisko 14 GW rozproszonych elektrowni słonecznych. Ze względu na niższą, w porównaniu do Niemiec, konsumpcję energii elektrycznej w Polsce w przeliczeniu na mieszkańca, przełożyłoby się to na większy wpływ instalacji PV na rynek, bliższy analizowanemu wyżej wariantowi podwojenia niemieckich mocy PV. Biorąc jednak pod uwagę przewidywany stopniowy wzrost popytu na energię elektryczną w Polsce w kolejnych dekadach (por. [4]), w przyszłości będzie możliwe osiągnięcie stopnia rozwoju rozproszonej fotowoltaiki podobnego do niemieckiego bez konieczności wykorzystania magazynowania energii w celu uniknięcia powstawania „dołków popytu” w słoneczne dni.

Schemat 4 | Prawdopodobne fazy rozwoju energetyki prosumenckiej w Polsce w kolejnych dekadach



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute

Wykres 15 | Produkcja energii wg źródeł w trakcie doby – dane rzeczywiste dla Niemiec w 2013 roku oraz symulacje dla Niemiec i Polski



Źródło: Opracowanie własne WISE Institute na podstawie danych EEX oraz PSE Operator

Podsumowanie

Źródła rozproszone w ciągu najbliższej dekady mogą zacząć odgrywać istotną rolę w rozwoju polskiego rynku energii. Ich kluczową przewagą jest konkurowanie z ceną energią „z gniazdka”, która jest znacznie droższa od energii „z elektrowni”. Bariery rynkowe, instytucjonalne oraz czynniki geograficzne prawdopodobnie jedynie opóźnią o kilka lat moment osiągnięcia przez technologie rozproszonej generacji pełnej konkurencyjności rynkowej.

Ze względu na specyfikę energetyki prosumenckiej (duża liczba małych instalacji) jej upowszechnianie będzie bardziej przypominało wzrost popularności nowych artykułów AGD/RTV niż powolne wdrażanie kolejnych generacji konwencjonalnych elektrowni systemowych. Proces ten zajmie więc prawdopodobnie 10 – 20 lat, a nie kilka dekad jak w przypadku tradycyjnych technologii energetycznych. Pojawienie się dużej liczby prosumentów istotnie wpłynie na sektor energetyczny – skurczy się rynek dla dużych producentów energii, przy mniejszym poborze energii z sieci wzrośnie znaczenie kosztów stałych utrzymania systemu energetycznego, co dodatkowo zwiększy atrakcyjność inwestycji w źródła rozproszone.

Model prosumencki, stwarzając zagrożenie dla istniejących graczy, jednocześnie tworzy nowe możliwości biznesowe. Nie tylko produkcja instalacji do rozproszonej generacji energii, ale też ich montowanie oraz serwisowanie mogą być szansą dla gospodarek lokalnych oraz krajowego przemysłu. Jednocześnie prosumenci ułatwią Polsce przejście w kierunku zrównoważonego rozwoju sektora energetycznego: przyczynią się do ograniczenia zużycia paliw kopalnych, szkodliwych dla zdrowia i środowiska emisji, a także uodpornią system energetyczny na punktowe szoki mogące zaburzyć funkcjonowanie całej scentralizowanej sieci energetycznej.

Tempo oraz zakres możliwych zmian na rynku energii z jednej strony, a duże szanse rozwojowe dla gospodarki z drugiej, wymagają już dziś zwrócenia przez państwo oraz sektor prywatny większej uwagi na perspektywę pojawienia się prosumentów w Polsce. Dla państwa wyzwaniem będzie przygotowanie regulacji zapewniających harmonijne współistnienie scentralizowanej i rozproszonej energetyki na wspólnym rynku europejskim, a także stymulujących rozwój zaplecza gospodarczego dla „rewolucji prosumenckiej” nad Wisłą. Przedsiębiorstwa z sektora energetycznego powinny uwzględniać perspektywę szybkiego rozwoju energetyki rozproszonej w swoich strategiach by uniknąć zmarnowania kapitału w projektach inwestycyjnych niedostosowanych do nowych realiów rynkowych. Jednocześnie sektor prywatny powinien szukać innowacji – nie tylko technologicznych, ale też organizacyjnych, nowych modeli biznesowych – które pozwolą na najbardziej efektywne wykorzystanie potencjału rozproszonej generacji energii elektrycznej. Rolą organizacji pozarządowych oraz ośrodków analitycznych powinno być z kolei zwiększanie świadomości potencjału energetyki prosumenckiej wśród decydentów oraz społeczeństwa i stymulowanie debaty na temat roli prosumenta w polskiej gospodarce przyszłości.

Bibliografia

- [1] Auer J., *The new global power plant order. Unconventional and green energies are driving change*, DB Research, Deutsche Bank, Frankfurt nad Menem 2013.
- [2] BBN, *Analiza nt. wielkości strat w przesyłach energii elektrycznej w Polsce*, Biuro Bezpieczeństwa Narodowego, Warszawa 2012.
- [3] Bertoldi P., Hinnels M., Rezessy S., *Liberating the power of Energy Services and ESCOs in a liberalised energy market*, http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/energyefficiency/energyefficiency/energyefficiency/energyefficiency/sites/energyefficiency/files/id184_bertoldi_final.pdf, data dostępu 20.12.2013, 2006.
- [4] Bukowski (red.), *2050.pl. Podróż do niskoemisyjnej przyszłości*, IBS i InE, Warszawa 2013.
- [5] Citi, *Energy Darwinism. The Evolution of the Energy Industry*, Citi GPS, Citigroup, Nowy Jork 2013.
- [6] Conibeer G., *Third-generation photovoltaics*, Materials Today, Elsevier, Elsevier, Amsterdam 2007.
- [7] EWEA, *Wind Energy and Electricity Prices Exploring the 'merit order effect'. A literature review by Pöyry for the European Wind Energy Association*, European Wind Energy Association, Bruksela 2010.
- [8] Forsyth T. i Baring-Gould I., *Distributed Wind Market Applications*, National Energy Research Laboratory, Golden 2007.
- [9] GUS, *Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2013.
- [10] GUS, *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2009 roku*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2012.
- [11] Holuk M., *Aktualny stan mikro-kogeneracji domowej*, Prace Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 2009.
- [12] IEO i ZP FEO, *The Development Plan for Microgeneration for Poland based on Renewable Energy Sources until 2020*, Instytut Energetyki Odnawialnej i Związek Pracodawców Forum Energetyki Odnawialnej, Warszawa 2013.
- [13] JRC, *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps*, Joint Research Centre, data dostępu 10 stycznia 2014.
- [14] McKinsey Global Institute, *Capturing the European energy productivity opportunity*, McKinsey, Nowy Jork 2008.
- [15] Nalepa K., Miąskowski W., Pietkiewicz P., Piechocki J., Bogacz P., *Poradnik małej energetyki wiatrowej*, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Olsztyn 2011.
- [16] Pasierb S., *Nowe możliwości finansowania przedsięwzięć energetycznych. Co to jest ESCO?*, Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii, Katowice 2003.
- [17] Staffell I. et al., *UK microgeneration. Part II: technology overviews*, Proceeding of the Institution of Civil Engineers – Energy, Thomas Telford Limited, Londyn 2009.
- [18] UKE, *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w 2005 roku*, Urząd Komunikacji Elektronicznej, Warszawa 2006.
- [19] UKE, *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w 2009 roku*, Urząd Komunikacji Elektronicznej, Warszawa 2010.
- [20] UKE, *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w 2010 roku*, Urząd Komunikacji Elektronicznej, Warszawa 2011.
- [21] UKE, *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w 2011 roku*, Urząd Komunikacji Elektronicznej, Warszawa 2012.
- [22] UKE, *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w 2012 roku*, Urząd Komunikacji Elektronicznej, Warszawa 2013.
- [23] URE, *Stanowisko Prezesa URE w sprawie niezbędnych wymagań dotyczących jakości usług świadczonych z wykorzystaniem infrastruktury AMI oraz ram wymiennosci i interoperacyjności współpracujących ze sobą elementów sieci Smart Grid oraz elementów sieci domowych współpracujących z siecią Smart Grid*, Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa 2013.

