Niniejszy raport został przygotowany przez Polskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej. W ramach niniejszego opracowania korzystano zarówno z opracowań i analiz własnych PSES, jak i publicznie dostępnych analiz uznanych ośrodków akademickich w Polsce, danych organizacji i instytucji uczestniczących i nadzorujących krajowy system elektroenergetyczny, czy wreszcie opracowań i analiz uznanych międzynarodowych instytutów zajmujących się technologiami odnawialnych źródeł energii, a w szczególności fotowoltaiki. Źródła i odwołania analiz wykorzystanych w niniejszym dokumencie zostały zamieszczone na końcu.

Celem dokumentu jest przedstawienie wybranych zagadnień, związanych z potencjałem społecznego oddziaływania technologii fotowoltaicznej w Polsce w przypadku jej rozwoju, a także jej wpływy na krajowy system elektroenergetyczny. W szczególności, raport obejmuje następujące kwestie:

- PSES – misja i cele stowarzyszenia
- Wartość dodana rozwoju PV na terenie Polski
- Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – zatrudnienie
- Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – inwestorzy
- Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – opinia publiczna w porównaniu do innych technologii OZE
- Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – ograniczenia w absorbcji CO2
- Wpływ fotowoltaiki na krajowy system elektroenergetyczny oraz rezerwę mocy
- Perspektywy B+R w branży PV w Polsce (ogniwa, technologie przechowywania, inne)
- Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – koszt w porównaniu do innych technologii OZE
- Porównanie technologii OZE
- Kwestia samoistnej opłacalności PV w Polsce
- Materiały źródłowe

Przy opracowywaniu tegoż dokumentu, specjaliści PSES korzystali ze źródeł, których lista znajduje się na końcu dokumentu.

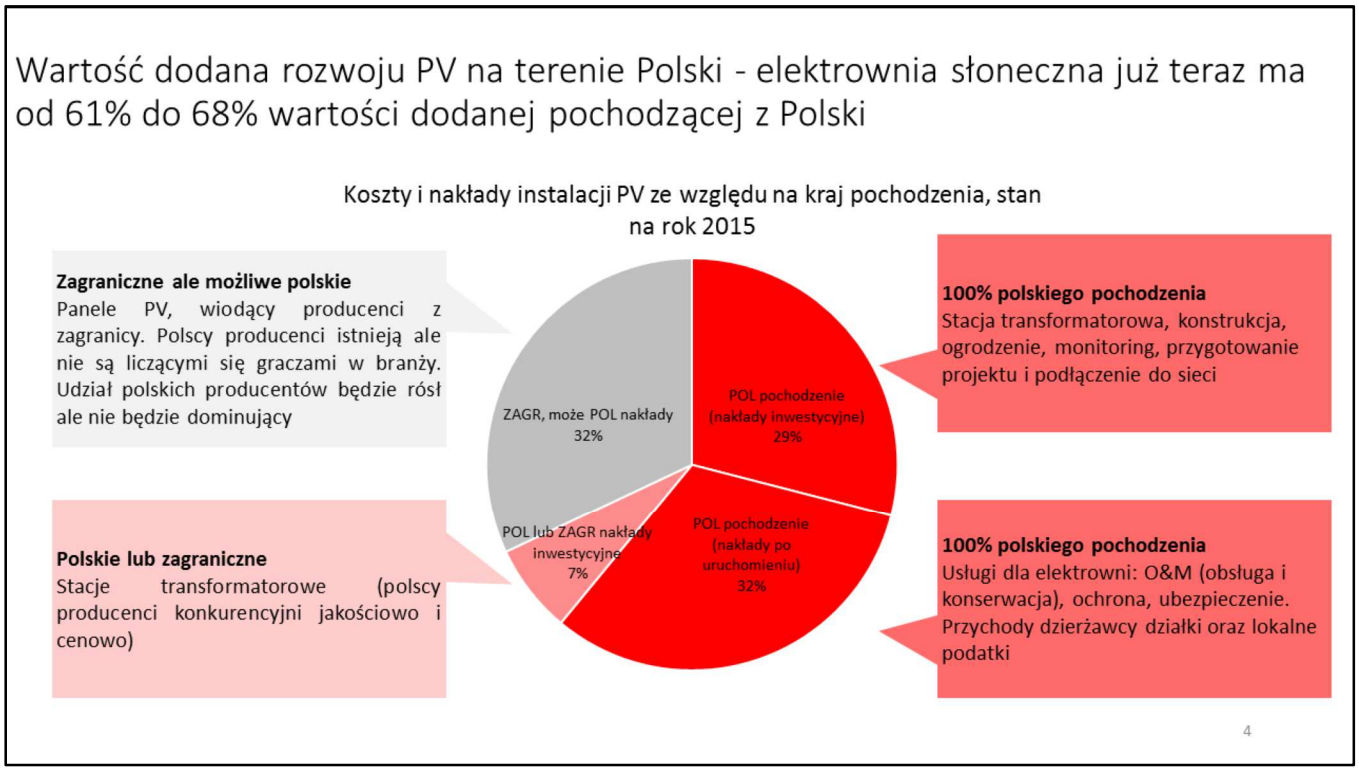
Spis treści i podsumowanie

1. Polskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej – przedstawienie
2. Wartość dodana rozwoju fotowoltaiki na terenie Polski
3. Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – dochody
4. Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – inwestorzy
5. Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – zatrudnienie
6. Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – opinia publiczna w porównaniu do innych technologii OZE
7. Perspektywy B+R w branży PV w Polsce (ogniwa, technologie przechowywania, inne)
8. Wpływ rozwoju fotowoltaiki na Krajowy System Elektroenergetyczny, letnie szczyty i minimalizację ryzyka niedoborów mocy w KSE
9. Koszt fotowoltaiki w porównaniu do innych technologii OZE
10. Utylizacja paneli PV
11. Porównanie technologii OZE
12. Materiały źródłowe

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej w Warszawie zostało założone w 2015 roku. Idea powstania stowarzyszenia narodziła się z potrzeby edukacji na temat energetyki słonecznej oraz promowania jej korzyści dla gospodarki Polskiej jak również dla indywidualnych i biznesowych odbiorców energii. Jesteśmy organizacją, która zrzesza osoby prowadzące działalność w obszarze odnawialnych źródeł energii ze szczególną koncentracją na działalności naukowej, wytwórczej, usługowej, budowlanej i handlowej związanej z fotowoltaiką. Celem naszych działań jest ścisła współpraca z podmiotami profesjonalnie zajmującymi się energetyką słoneczną, uczelniami wyższymi i innymi podmiotami naukowymi, których działalność jest zbieżna z rozwojem energetyki słonecznej w Polsce. Obecnie Stowarzyszenie zrzesza ponad stu członków, reprezentujących firmy i organizacje działające w branży fotowoltaicznej w Polsce, które w sumie zatrudniają kilka tysięcy osób. Do PSES w obecnej chwili nie zapraszamy członków firmy zagranicznych, ponieważ nasza misja jest skoncentrowana na perspektywie polskiej.

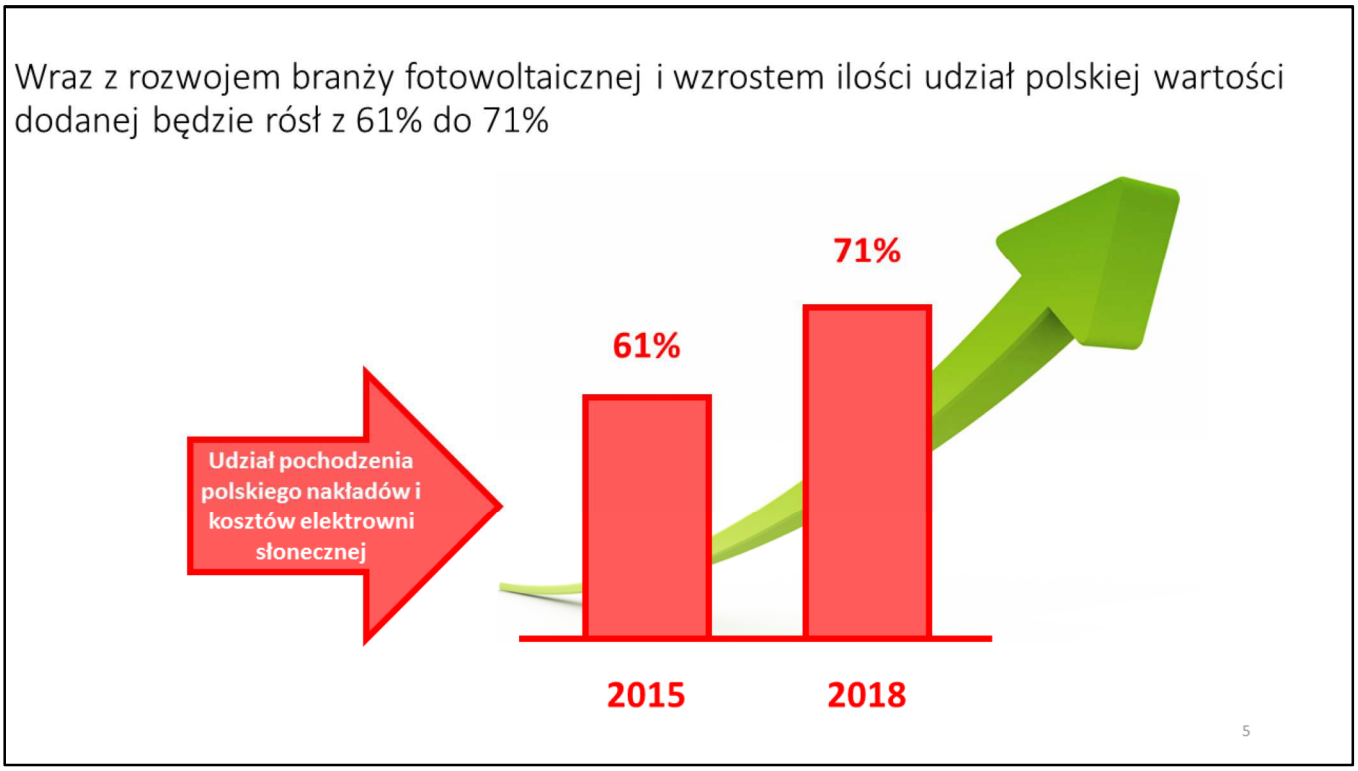
Nasi członkowie to przede wszystkim decydenci polskich podmiotów aktywnych w branży fotowoltaicznej. Posiadają oni bogate doświadczenie z branży energetycznej, w szczególności praktyczne, są to osoby które zarządzają firmami produkującymi energię z fotowoltaiki, instalującymi i serwisującymi małe i duże elektrownie słoneczne – zarówno prezesi firm jak i osoby prowadzące kilku osobową działalność. Reprezentujemy więc perspektywę dużego, ale przede wszystkim średniego i małego biznesu – czyli tych podmiotów, które będą kreować najwięcej nowych miejsc pracy w przypadku rozwoju branży.

Głos PSES był słyszalny w merytorycznej debacie na temat kształtu polskiego sektora OZE, publikowaliśmy wiele opracowań i analiz omawiających wpływ rozwoju fotowoltaiki na tworzenie nowych miejsc pracy w polskiej gospodarce, wpływ PV na koszt wsparcia i koszt (LCOE) produkcji energii, wpływ rozwoju fotowoltaiki na rozwój PKB i wartość dodaną polskiej gospodarki czy wreszcie znaczenie instalacji PV dla bezpieczeństwa krajowego systemu elektroenergetycznego i wpływ na rezerwę mocy.



Ze względu na kraj pochodzenia, wartość dodana w przeciętnej instalacji fotowoltaicznej pochodziła w 61% od polskich firm w roku 2015, a dla niektórych instalacji udział ten wynosił 68% (w przypadku zastosowania polskich inwerterów). Niniejsze liczby uwzględniają wartość ewentualnych opłat licencyjnych lub za prawa własności intelektualnej za granicę. Poza panelami PV (które stanowią około 32% całości kosztów poniesionych przez inwestora elektrowni słonecznej w cyklu jej życia), reszta elementów ma pochodzenie polskie. I tak w szczególności 100% polska wartość dodana obejmuje obecnie polskie firmy robiące następujące elementy instalacji PV: stacja transformatorowa, konstrukcja, ogrodzenie, monitoring, przygotowanie projektu i podłączenie do sieci oraz polskie firmy świadczące następujące usługi na rzecz instalacji PV: O&M (obsługa i konserwacja), ochrona, ubezpieczenie. Ponadto blisko 11% całości kosztów w cyklu życia instalacji PV otrzymują polscy dzierżawcy działki oraz lokalne samorządy w postaci podatków. Jednocześnie warto zauważyć, iż już teraz możemy kupić wysokiej jakości panele fotowoltaiczne od polskich producentów (np. Selfa, Solar Energy, Solar Future Energy, Bruk Bet), a trwają poważne dyskusje dotyczące wybudowania przez polskie firmy fabryk o możliwościach produkcyjnych przekraczających 100 MW rocznej produkcji paneli (np. projekt KGHM).

Dlatego obecnie inwestorzy mogą wybrać rozwiązania, które w 100% kosztów inwestycyjnych będą pochodzić z Polski. Z raportu Instytutu Energetyki Odnawialnej "Rynek fotowoltaiczny w Polsce 2012" wynika, że w Polsce działało w tym okresie 14 producentów wytwarzających moduły fotowoltaiczne. Jak oszacowano ich maksymalna moc produkcyjna może wynosić 580 MW rocznie co jest wystarczającą ilością na pokrycie roczne zapotrzebowania w Polsce, więc wbrew powszechnej opinii istnieje konkurencja dla paneli z Chin. Aczkolwiek zdajemy sobie sprawę, iż osiągnięcie dominującej roli przez polskich producentów (bez dedykowanego wsparcia) będzie trudne. Oprócz producentów modułów, inne branże również zwiększą zatrudnienie by zrealizować inwestycje PV - developerzy, firmy budowlane, dostawcy konstrukcji mocujących, firmy zajmujące się przyłączeniem do sieci, firmy ochroniarskie etc.



Udział wartości dodanej z Polski będzie rósł wraz z rozwojem ilości instalacji fotowoltaicznych w Polsce. Obecnie szacujemy, iż udział ten wynosi około 61% (szacunek za rok 2015) i powinien w ciągu 3 lat wzrosnąć do 71%. Oznacza to, iż 71% elementów i usług związanych z inwestycją w elektrownię słoneczną, w cyklu jej życia (25 lat) będzie pochodziło bezpośrednio od producenta lub usługodawcy polskiego, który do wytworzenia tegoż produktu lub usługi będzie wykorzystywał zatrudnionych w Polsce pracowników. Elektrownia słoneczna może już dzisiaj być wykonana w 100% z elementów od polskich producentów. Powyższy scenariusz wzrostu udziału wartości dodanej pochodzenia polskiego zrealizuje się nawet przy relatywnie umiarkowanym poziomie rozwoju fotowoltaiki – rzędu 2-4 GW do roku 2020.

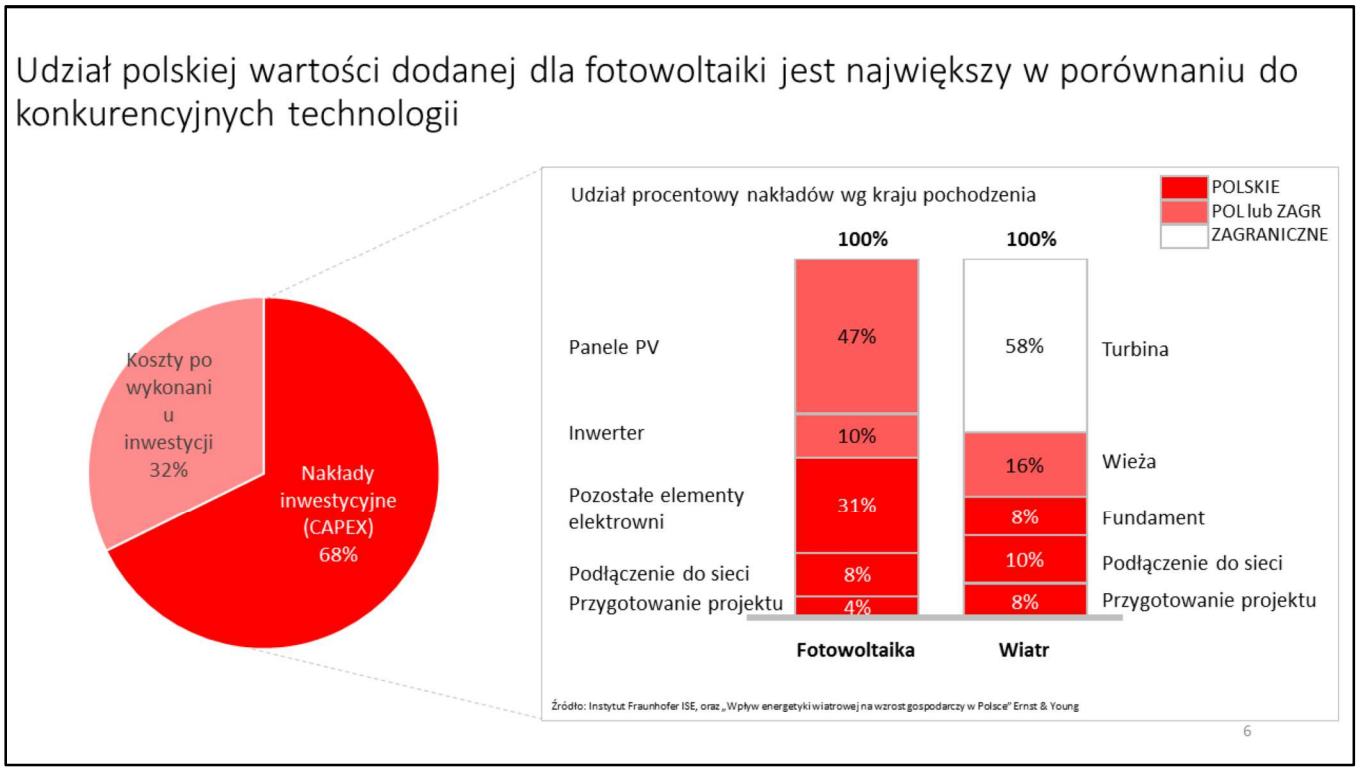
Mitem jest, czasem powtarzana opinia, iż fotowoltaika to inwestycje z eksportu, a źródłem jej pochodzenia jest błędne przeświadczenie, iż inwestycja fotowoltaiczna to tylko panele (moduły PV), które stanową mniej niż 1/3 całości wydatków na inwestycję. Osoby spoza branży przyjęły przez ten pryzmat patrzeć na inwestycje, podczas gdy rzeczywistość jest odmienna i zdecydowana większość elementów pochodzi od polskich producentów lub usługodawców.

Analiza wzrostu produkcji dodanej polskiej gospodarki w scenariuszu rozwoju fotowoltaiki w Polsce

	koszt	udział POL w 2015	udział POL w 2018
Moduły PV	2 115 000,00 zł	5%	25%
Inwerter	450 000,00 zł	5%	33%
Stacja transformatorowa	300 000,00 zł	100%	100%
Pozostałe elementy inwestycji (np. ogrodzenia, konstrukcja)	1 095 000,00 zł	90%	100%
Przygotowanie projektu i przyłączenie do sieci	495 000,00 zł	100%	100%
Koszty O&M (obsługa i konserwacja) w okresie 25 lat	1 037 500,00 zł	100%	100%
Koszty dzierżawy działki w okresie 25 lat	475 000,00 zł	100%	100%
Koszty ubezpieczenia i ochrony w okresie 25 lat	362 500,00 zł	100%	100%
Koszty podatków lokalnych w okresie 25 lat	250 000,00 zł	100%	100%
Razem	6 580 000,00 zł	61%	71%

Źródło: analiza PSES i dane źródłowe członków PSES dla kompleksów elektrowni słonecznych Podlasie Solar Park

W szczególności polskie firmy zdominują (lub nawet zmonopolizują) całość produkcji i dystrybucji tzw. pozostałych elementów inwestycji elektrowni słonecznej (poza modułami PV), które stanowią blisko 30% całości nakładów inwestycyjnych niezbędnych do wybudowania elektrowni. W szczególności, wykonanie i budowa konstrukcji (stelaży) pod moduły jest i będzie zdominowana przez firmy polskie, ze względu na wielkogabarytowy charakter tego elementu instalacji oraz obecność w polskiej gospodarce wielu firm z odpowiednim doświadczeniem i zdolnościami produkcyjnymi. Również budowa stacji transformatorowych będzie zdominowana przez polskich producentów, którzy już teraz bardzo dobrze radzą sobie w tym obszarze i posiadają niezbędne doświadczenie, a rozwój fotowoltaiki będzie stanowić dla nich impuls do rozwoju i zwiększania zatrudnienia. Podobnie będzie w przypadku okablowania, które stanowi znaczącą część wydatków inwestycyjnych – w tym sektorze polskie firmy są liderami europejskimi. Zarówno okablowanie, stelaże jak i stacje transformatorowe będą realizowane przez większe polskie firmy, które można nazwać liderami swoich segmentów rynkowych na skalę nie tylko krajową, dzięki czemu PV będzie wzmacniać pozycję tych firm w Europie. Z kolei mniejsze elementy, takie jak np. ogrodzenie, wybudowanie wjazdu do elektrowni, przygotowanie i oczyszczenie terenu pod elektrownię, będą realizowane przez mniejsze, często lokalne firmy. Również lokalne firmy będą odpowiedzialne za relatywnie duży koszt (100 000 – 400 000 zł) podłączenia elektrowni słonecznej do sieci średniego napięcia. Dzięki temu rozwój elektrowni słonecznych będzie wspierał polską gospodarkę zarówno w wymiarze ogólnopolskim (konstrukcje, stacje transformatorowe, okablowanie) jak i lokalnym.

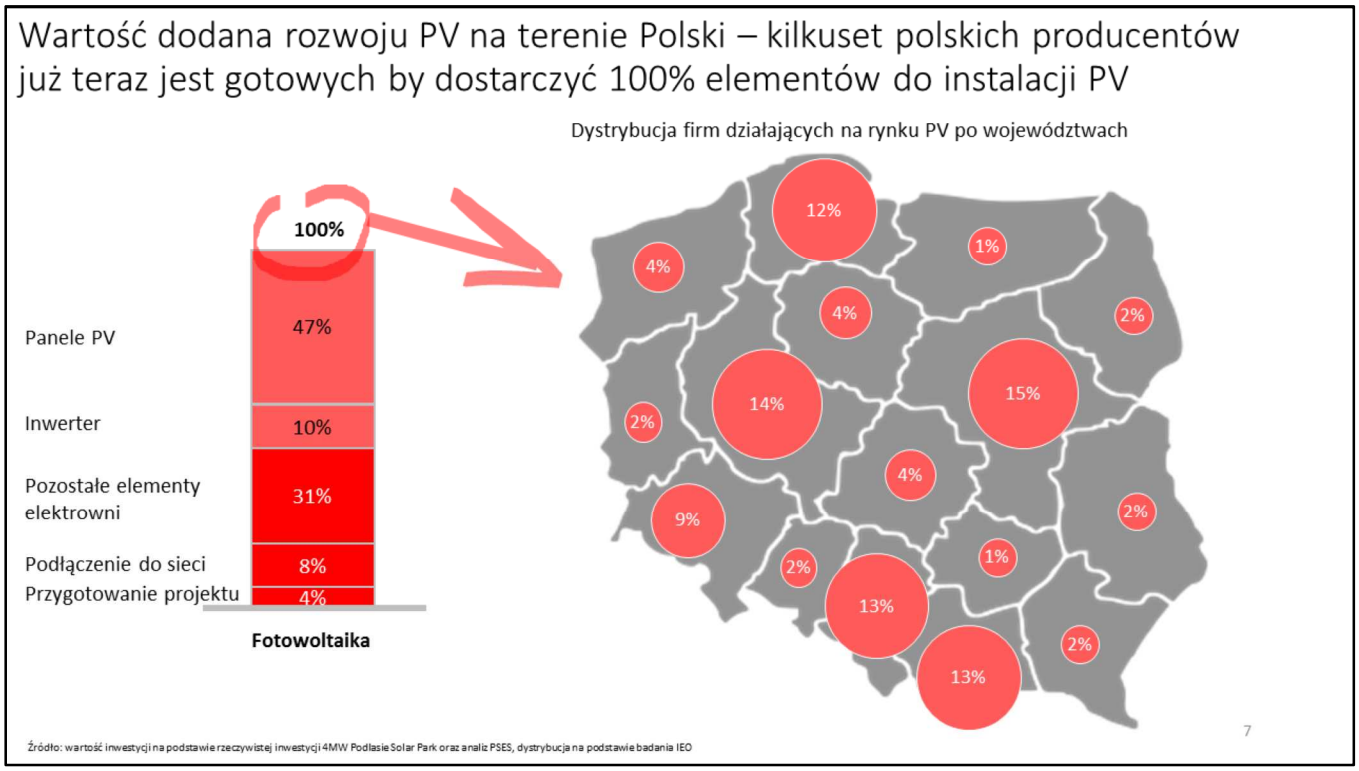


Polskie pochodzenie będą mieli również w większości usługodawcy świadczący usługi po uruchomieniu elektrowni słonecznej. W szczególności obsługą i konserwacją elektrowni (na którą wydatkowane jest >15% całości kosztów inwestycji w elektrownię słoneczną w cyklu jej życia) będą zajmować się firmy polskie, zatrudniające polskich pracowników. Będzie się tak dziać dlatego, iż w przeciwieństwie do innych technologii OZE, w fotowoltaice mamy do czynienia z rynkiem tzw. kupującego, który może swobodnie decydować kto zajmuje się usługą konserwacji (w przeciwieństwie do wiatraków, gdzie producenci turbin wymuszają świadczenie usługi O&M dla inwestorów, i przez to większość tych usług w Polsce jest świadczona przez firmy zagraniczne). A ponieważ koszty pracy mają kluczowe znaczenie w atrakcyjności usługi O&M dla fotowoltaiki, należy się spodziewać, iż firmy polskie (i polscy pracownicy) zdominują ten obszar. Podobny do powyższego charakter (dominacja polskiej pracy) ma obszar przygotowania projektów, gdzie już obecnie powstało wiele firm polskich. Nie można również zapominać o przychodach dla dzierżawców (z definicji w 100% polskich) i lokalnych podatkach. Podsumowując powyższe „polskie" elementy wartości dodanej, 61% całości kosztów ponoszonych związanych z elektrownią słoneczną (w cyklu jej życia) trafi do firm polskich a z czasem współczynnik ten urośnie do 71%. Niniejsze liczby uwzględniają wartość ewentualnych opłat licencyjnych lub za prawa własności intelektualnej opłaconych do podmiotów zagranicznych.

Na zakończenie wreszcie warto wspomnieć o 2 grupach kosztów, które tradycyjnie postrzega się jako pochodzące z zagranicy. Zarówno w przypadku inwerterów jak i samych paneli, mamy w Polsce firmy produkujące te urządzenia. Są to firmy, które poprzez własne badania i rozwój (w własnych laboratoriach i ośrodkach badawczych) wprowadzają niezbędne modyfikacje, innowacja i ulepszenia do paneli (o czym więcej w części poświęconej tworzeniu własności intelektualnej przez branżę PV w Polsce) – dlatego dalece nie sprawiedliwym jest traktowanie tych firm jako tzw. „składających". Ich wartość dodana jest zdecydowanie większa. Jednocześnie zdajemy sobie sprawę, iż polscy producenci paneli nigdy nie zdominują swoim udziałem dostaw do inwestycji w Polsce. Oceniamy jednak, iż ich udział może być znaczący. Będzie się tak działo ze względu na wysoką jakość paneli produkowanych w Polsce, pewność współpracy ale przede wszystkim atrakacyjność cenową dzięki wprowadzeniu przez UE, ceł antydumpingowych dla paneli chińskich (tzw. Minimum Import Price). Mechanizm MIP powoduje, że polskie panele

mają szanse z sukcesem konkurować z zagranicznymi.

W porównaniu do innych technologii OZE, które mogą się rozwijać w Polsce, udział polskiej wartości dodanej (elementów inwestycji które pochodzą z Polski), jest zdecydowanie największy dla fotowoltaiki. Porównanie z inwestycjami w farmy wiatrowe (na podstawie raportu Instytutu Fraunhofer ISE oraz raportu firmy doradczej Ernst & Young „Wpływ energetyki wiatrowej na wzrost gospodarczy w Polsce") wskazuje, iż w przypadku wiatru 26% nakładów trafi do firm polskich a w przypadku fotowoltaiki wartość ta wynosi 43%, a jeżeli doliczy się nakłady po wykonaniu inwestycji to nawet 61%). Z kolei w przypadku farm wiatrowych kolejne 16% wydatków może (czasem pochodzi) od firm polskich, co oznacza, iż maksymalnie 42% całości nakładów na wybudowanie elektrowni wiatrowej może pochodzić od podmiotów polskich, te same wskaźniki dla fotowoltaiki wynoszą odpowiednio: kolejnych 57% nakładów na elektrownię słoneczną może pochodzić od podmiotów polskich, dzięki czemu 100% nakładów może w przypadku farmy PV mieć pochodzenie polskie. Analiza nakładów ponoszonych przez inwestora w farmę wiatrową już po wykonaniu inwestycji, niewiele zmienia wnioski, gdyż główny koszt (obsługa i konserwacja) będzie realizowany przez dostawcę turbin, a więc firmę zagraniczną.



W sektorze produkcji i instalacji pozostałych elementów (nie paneli i inwerterów) elektrowni słonecznych (np. wykonanie i montaż ogrodzenia, wykonanie systemu monitoringu, wykonanie konstrukcji, wykonanie stacji transformatorowej, okablowanie) mamy dużą liczbę podmiotów (kilkaset) głównie małych i średnich firm produkujących i dostarczających poszczególne elementy instalacji. Ponieważ są to w większości lokalne podmioty, to dla tych firm rozwój branży i ilość inwestycji to być albo nie być w przyszłości na rynku. Przykłady polskich firm: Trepczyk i Richert s.c., Automaeko, Vertigo Green Energy, MRsolar, SOLTeam, Invest Zaremba, SOLTA SC, YOURENERGY, Novimax SpJ, RB ELEKTRYK, Marand A. Półkośnik SpJ, helioFOMAS Tomasz Zdanowski, Sunlight, Solar-Energy SA, Photovoltaika Energia, FHU NETOTECH, ELTRIX R. Wielgus, FreeLight Polska sp. z o.o., Uni-Bau Energia Odnawialna. PUH EL-PROTEKT K. ROGASIK, RENCO SOLAR SPZOO, MaG Zielona Energia Słońca, Starszy Caldoris Polska, KIER-BUD Instalacje Fotowoltaiczne, Storch sp.zoo, PUH ENCORD, Atelier Techniki Solarne, PHU SOLTRA, Eko Solar sp z o.o., ekoCumulus, HELIOCENTER ENERGIA SŁONECZNA,ROMITEX SP Z O.O., Pro-Energia Agnieszka Ostrowska-Kostow, Eco-energia Spzoo, Solar House Marcin Piechota, ART-MART, Goldsun, GlobalSUN, ROTERO Oszczędna Energia, On Sp.zo.o., BASMAC, Solartime Sp.z.o.o, Power Green Elektrownie Fotowoltaiczne, Monter Instalacji Fotowoltaiki, S&P Group, Max Solution Service, Rossa Commercium Sp. z o.o, PV SOLARIN Sp. z o.o, MegaPro Sp. z o.o., MP Solar Group Spzoo, Eko-Solar, Oze-Sun Sp zoo.

Nazwa Zakładu	*Zdolność Prod.*	*Lokalizacja*
Jabil	~500 MW	Kwidzyń
ML System	~20 MW	Rzeszów
Georyt Solar	~20 MW	Tarnów
Solar Future Energy	~20 MW	Brzesko
Selfa Photovolatics	~20 MW	Stary Czarnów
Solar Energy	~20 MW	Boże Pole Wielkie
Revolution 6 (AIT)	~20 MW	Tarnów
Europa Solar Production	~20 MW	Dabrowa Górnicza
X-Disc	~10 MW	Warszawa
PVTec	~10 MW	Ostrów
Vetro	~10 MW	Czeladź

W obszarze produkcji paneli PV, w Polsce jest kilkanaście podmiotów w sumie zdolnych dostarczyć ok. 250 MW mocy rocznie (szczególnym przypadkiem jest tu Jabil – jedyny duży integrator o zdolności produkcyjnej około 500 MW/rok, który produkuje jedynie na rynki zewnętrzne). Niektóre z firm prowadzą bardzo zaawansowaną działalność badawczo rozwojową w obszarze paneli PV. Również dla tych firm rozwój branży i ilości inwestycji to być albo nie być w przyszłości na rynku. Tylko dzięki rozwojowi tej branży w Polsce, firmy te będą w stanie przetrwać i potencjalnie rozwijać sie na rynkach eksportowych. Przykłady polskich firm: Selfa, Solar Energy, Solar Future Energy, Bruk Bet, ML SYSTEM, Saule Technologies, EasySolar, EasySolar, Hymon Energy Sp. z o.o., Solar-Energy S.A., CENTROPOL SJ - FOTTON, On Sp. z o.o., Xdisc S.A., Vetro Polska Sp. z o.o., PVTEC Polska Sp. z o.o., Europe Solar Production Sp. z o.o., Revolution 6 Incorporated

Firmy produkujące na polskim rynku, skupiają się głównie na tzw. „back end process" polegający na laminowaniu ogniw (importowanych) w panele, dodając wartość dodaną i własne rozwiązania w obszarze efektywności elektroniki i wytrzymałości na warunki atmosferyczne. Wszystkie funkcjonujące na rynku krajowym podmioty dostarczają w ramach produkcji panele krzemowe.

Podłączenie do sieci, które stanowi, aż 8% całości nakładów początkowych, wykonuje w Polsce kilkadziesiąt podmiotów głównie średnich i dużych firm, dla których to PV będzie dodatkowym obszarem rozwoju zarówno nowych pracowników jak i „know-how". Znaczenie tych firm dla polskiej gospodarki jest bardzo duże, gdyż są to podmioty posiadające bardzo dużą wiedzę i „know-how" o charakterze wysokiej wartości dodanej, która dzięki ich istnieniu nie musi być importowana do Polski. Przykłady polskich podmiotów: Elektromontaż Wschód, ZPUE Włoszczowa, Enco, Elektromontaż Rzeszów SA, Elektromontaż Warszaw SA, Elektromontaż Gdańsk SA, Elektromontaż Kraków SA, ZPUE Elektromontaż, ZBIRSE Częstochowa, ENBUD, elSAD, El-mark, Pro-E elektroinstal, Proton SJ, Elcat, ELBUD, JAKS Mroczek, ZUE EON, OptimEL, Elektroinstal, ZIE Głogowski, ATEM-Polska Sp. z o.o., N-INVEST Sp. z o.o., ENEVA Energy Sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Inżynieryjno-Techniczne "TELTOR-POL PÓŁNOC" SA. Produkcją inwerterów (inaczej falowników) na potrzeby fotowoltaiki zajmuje sie w Polsce obecnie tylko kilka firm, ale polska branża ma bardzo duży potencjał przygotowania oferty na potrzeby PV. Wiaże sie to z faktem, iż mamy w Polsce sporą ilość firm robiących falowniki na potrzeby automatyki przemysłowej. Dostosowanie przez te firmy oferty do potrzeb rosnącego rynku PV nie powinno być problemem. Przykład polskich podmiotów już teraz produkujących falowniki dla PV: LDE Polska Sp. z o.o., Zakład Energoelektroniki "TWERD", HF Inverter Polska S.C.,

Przygotowanie projektów to sektor PV najbardziej polegający na pracy specjalistycznej, głównie inżynierów projektujących instalacje oraz menadżerów projektów. W branży tej pracują praktycznie wyłącznie wysoko wyspecjalizowani pracownicy po kierunkach technicznych. Przykłady polskich podmiotów: PV Polska, Angopol, SVGE, Stern Energy, Belectric, R.Power, Grupa EkoPark, Eco Construction, Dusoleil, Visum, PEO Jan Wieczorek, Solar Future Energy, Solum Concept, Vento, Voltaika, Romfred, Heliotrak Biuro Projektów OZE, Pracownia Analiz Środowiskowych, SUN ECO, GS ENERGIA

Wartość dodana rozwoju PV na terenie Polski – liderzy polskiej gospodarki, również przygotowują się do wsparcia rozwoju branży

8

Cele strategiczne dla KGHM
Wejście w sektor zaawansowanych technologii o wysoki stopniu innowacyjności oraz dużym potencjalne do wzrostu w kolejnych latach. Wykorzystanie i rozwój potencjału kompetencji polskich naukowców z Politechniki Warszawskiej, AGH
Inwestycja w działalność spójną ze strategią energetyczną i polskimi i globalnymi trendami w energetyce

Model biznesowy
Projekt zakłada realizację kompleksu produkcyjnego modułów fotowoltaicznych typu CIGS o docelowej mocy wytwórczej 162,8 MWp, a następnie uzyskanie istotnej pozycji wśród producentów cienkowarstwowych paneli fotowoltaicznych w Polsce i w Europie
W produkcji zastosowana zostanie wysoce wydajna oraz sprawdzona przemysłowo technologia opracowana wspólnie z renomowanym w skali światowej, partnerem - MANZ AG, Najnowocześniejsza technologia, łącznie z zakładanym wysokim stopniem automatyzacji procesu, umożliwi dostarczanie na rynek ogniw o wysokiej sprawności przy niskim koszcie produkcyjnym (szacowany wstępnie koszt wytworzenia dla 75% wykorzystania mocy produkcyjnych, osiągniętego w 2019 r., wynosi ok. 0,43 EUR/Wp)
Powyższe umożliwia dostarczanie modułów w konkurencyjnej cenie już przy mocy produkcyjnej rzędu 100-150 MW, podczas gdy dla paneli krzemowych wymagana wielkość zakładu dla osiągnięcia konkurencyjności to ok. 0,5-1 GW. Pozycjonowanie rynkowe produkowanych modułów oparte będzie o przewagi technologiczne gwarantujące lepszą wydajność energetyczną przy zbliżonej do paneli krzemowych cenie oraz o lepsze warunki gwarancyjne.

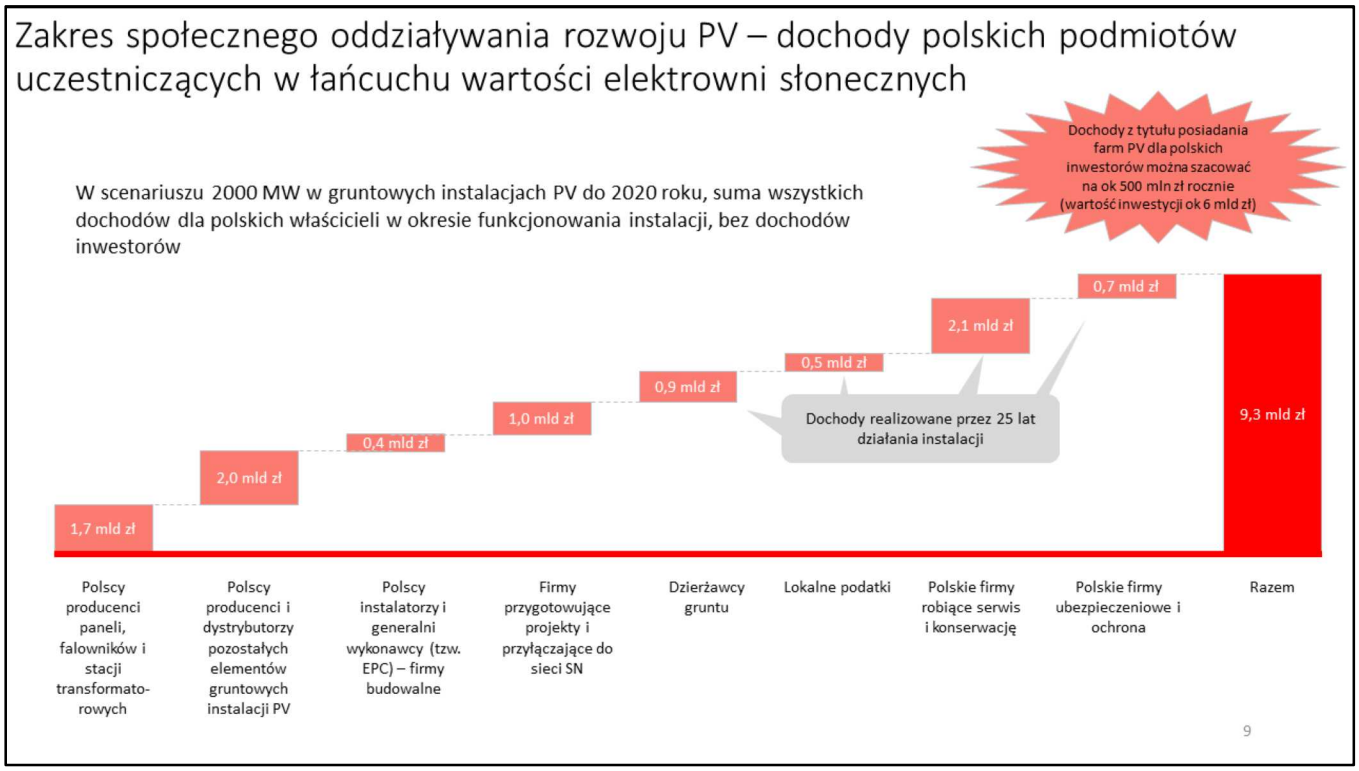
Nakłady inwestycyjne na realizację projektu
Założono realizację Projektu w formule joint venture przy współudziale renomowanego krajowego partnera/partnerów, wsparciu dotacyjnym oraz finansowaniu dłużnym. Prognozowany budżet Projektu wynosi około 450 mln zł. Zakładana struktura jego finansowania składa się z kapitału dłużnego, dotacji bezpośrednich do nakładów inwestycyjnych oraz kapitału własnego. Prognozy zakładają wzrost mocy produkcyjnych wynikający

wyłącznie z poprawy efektywności produkowanych modułów i procesu produkcyjnego (bez dalszej rozbudowy zakładu). Początkowa zdolność produkcyjna wyniesie 109 MWp natomiast zdolność produkcyjna w ostatnim roku prognozy wzrośnie do 162,8 MWp). Wstępne założenia polityki sprzedaży opierają się na utrzymaniu rynkowych cen paneli dla odbiorcy końcowego (czynnikami budowy przewagi konkurencyjnej jest technologia sama w sobie oraz warunki gwarancyjne, a nie cena) oraz zastosowaniu w okresie przejściowym narzędzi nakierowanych na budowę współpracy B2B.

Dodatkowe możliwości rozwoju Projektu

Do czynników poprawiających stopę zwrotu z Projektu i/lub ograniczających jego ryzyko, które nie zostały ujęte w prognozach finansowych, należy zaliczyć:

- wzrost sprawności produkowanych modułów do 18% planowany do osiągnięcia w toku realizowanych prac badawczo-rozwojowych.
- opcję budowy ramienia systemowego dostarczającego kompleksowe systemy PV oraz świadczącego usługi instalacyjno-montażowe, serwisowe i utrzymania instalacji solarnych



W ciągu najbliższych 3-4 lat, branża PV zanotuje ok. 9,3 mld zł dochodów dla polskich właścicieli wynikających z całego łańcucha wartości elektrowni słonecznej: od firmy przygotowującej projekt elektrowni, poprzez polskich dostawców elementów elektrowni, po firmy serwisujące, ubezpieczające, aż po dzierżawców gruntów i lokalne samorządy (podatki). Niniejszy szacunek dotyczy nie wszystkich dochodów a jedynie tych, które trafią do polskich firm w wyniku rozwoju nagruntowych elektrowni słonecznych (typowo o wielkości od 0,5 MW do 1,0 MW). Jednocześnie warto zauważyć, wartość dochodów będzie równoznaczna z kontrybucją branży do PKB.

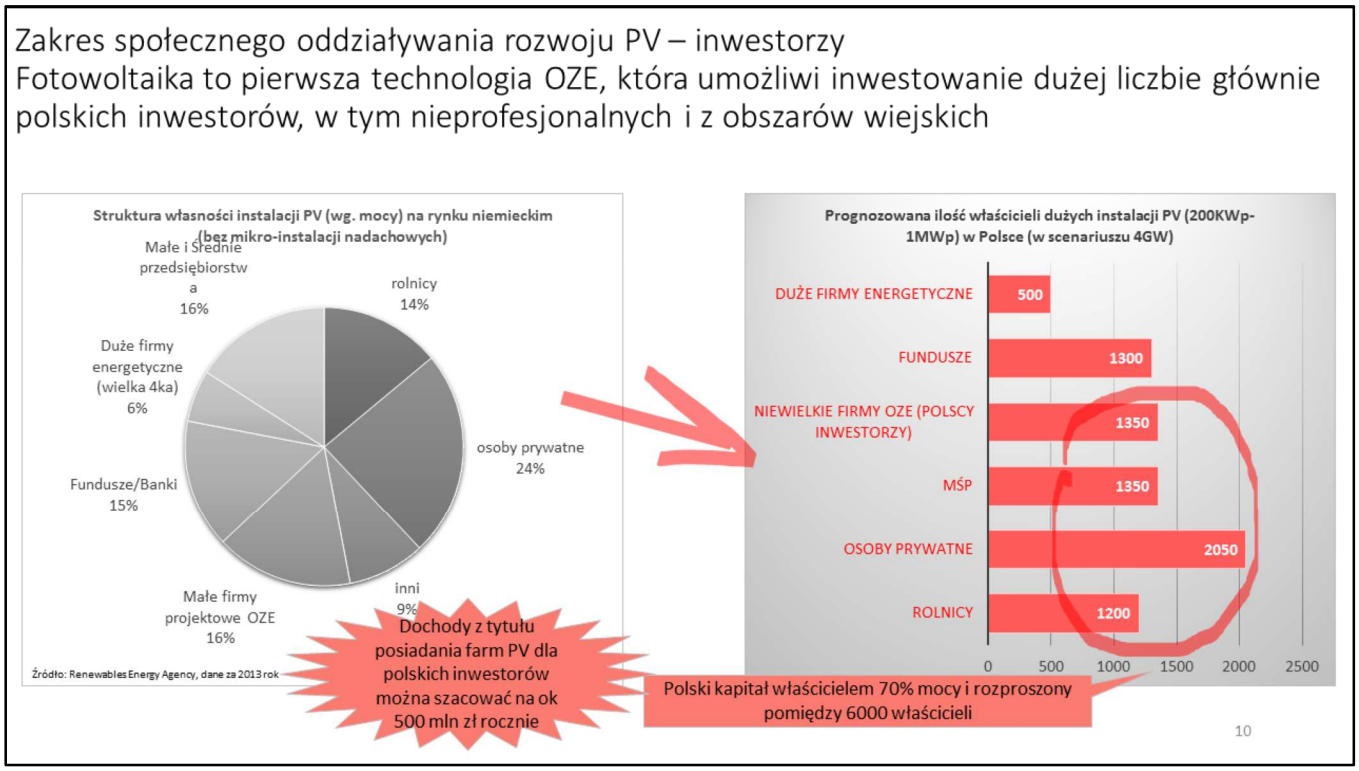
Wartość dochodów 9,3 mld zł to wynik w scenariuszu bardzo ograniczonego rozwoju elektrowni słonecznych w Polsce (2000 MW). W przypadku scenariusza 4000 MW, wynik ten sięgnąłby 18,5 mld zł.

Pozytywną cechą struktury dochodów jest fakt ich dość równej dystrybucji pomiędzy różne pod-sektory gospodarki, bez koncentracji w jednej branży. Przedstawione wyliczenia mają charakter konserwatywny, gdyż zakładają, iż tylko co 4 panel i co 3 falownik będą pochodziły od polskiego producenta.

Dochody dostawców sprzętu i usług dla nagruntowych elektrowni słonecznych	udział podmiotów polskich w poszczególnych podsegmentach rynku
Moduły PV	co czwartu moduł produkcji polskiej
Inwerter	co trzeci falownik produkcji polskiej
Stacja transformatorowa	większość produkcji polskiej
Pozostałe elementy inwestycji (np. ogrodzenia, konstrukcja)	większość produkcji polskiej
EPC	większość polscy usługodawcy
Przygotowanie projektu i przyłączenie do sieci	większość polscy usługodawcy
Koszty O&M (obsługa i konserwacja) w okresie 25 lat	większość polscy usługodawcy
Koszty dzierżawy działki w okresie 25 lat	większość polscy właściciele działek
Koszty ubezpieczenia i ochrony w okresie 25 lat	większość polscy usługodawcy
Koszty podatków lokalnych w okresie 25 lat	tylko polscy

Na koniec warto wspomnieć o dochodach właścicieli elektrowni fotowoltaicznych. Ich roczne dochody w scenariuszu 2000 MW można szacować na ok 600-800 mln zł rocznie, w zależności od stóp zwrotu osiąganych przez te instalacje.

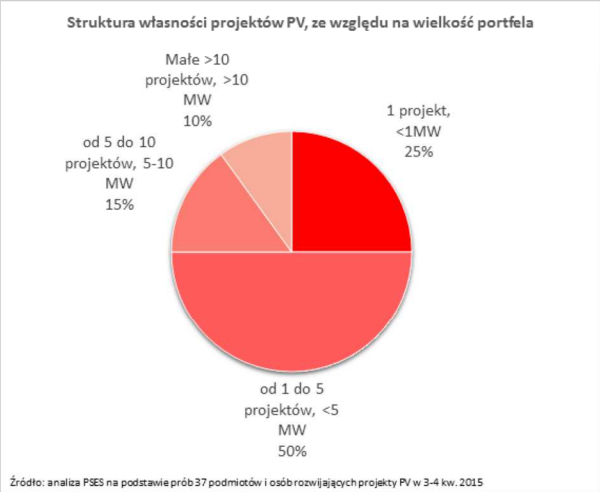
Oznacz to, iż dochody z tytułu posiadania farm PV dla polskich inwestorów można szacować na ok 500 mln zł rocznie (całość inwestycji dokonanych przez polskich inwestorów w fotowoltaikę to 6 mld zł w takim scenariuszu). Udział polskich inwestorów w całości inwestycji fotowoltaicznych opisany został na kolejnych stronach niniejszego opracowania.

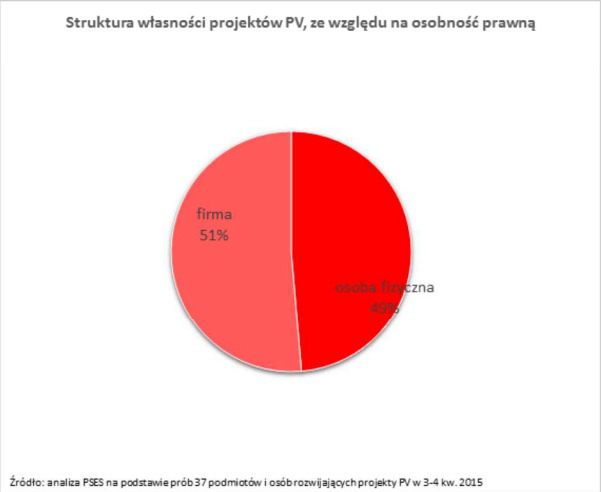


Fotowoltaika to pierwsza technologia OZE, która umożliwi inwestowanie dużej ilości przede wszystkim polskich inwestorów. Przykład innych krajów (np. Niemiec) wskazuje, iż w przypadku tzw. elektrowni słonecznych (nie licząc nadachowych instalacji do 10 KWp), inwestorzy są bardzo rozdrobnieni, i dominują tzw. nieprofesjonalni inwestorzy, na co dzień niezwiązani z branżą energetyczną. PV jest jedyną technologią, która tworzy rzeczywiście „obywatelską" partycypację, w możliwości inwestowania, posiadania i zarabiania na źródłach energii. Przykład naszych sąsiadów z zachodniej granicy, pokazuje, iż w tzw. nie-prosumenckiej fotowoltaice dominują lokalne podmioty. Aż 38% mocy należy do osób indywidualnych i rolników, którzy nie są związani profesjonalnie z energetyką, a PV dało im możliwość inwestowania wolnych środków. W sumie można ocenić, iż blisko 70% wszystkich mocy należy do lokalnych, nieprofesjonalnych inwestorów (bo do takich należy zaliczyć również segment małych i średnich przedsiębiorstw i małe firmy projektowe/instalatorskie). W przypadku Niemiec oznacza to dziesiątki tysięcy inwestorów, i prawdziwą partycypację społeczeństwa w tworzeniu mocy systemu elektroenergetycznego. Głównym powodem tego zjawiska, jest relatywnie niska bariera inwestycji, pozwalająca przy relatywnie umiarkowanym kapitale (jak na energetykę) na dokonanie inwestycji.

Przy stabilnym i przewidywalnym systemie wsparcia można oczekiwać, iż dostępność finansowania dłużnego, pozwoli na realizację inwestycji rzędu 300-600 kWp przez osoby i podmioty posiadające wolne środki na poziomie 200-500 tyś. zł. Można więc założyć, iż w realiach polskich inwestycja w fotowoltaikę, może okazać się dla wielu osób realną alternatywą dla inwestycji np. w mieszkanie na wynajem. Można oczekiwać, iż rolnicy i osoby prywatne będą jedną z największych grup zainteresowanych inwestycjami w elektrownie słoneczne, a partycypację tej grupy można liczyć na ok. 3000 inwestorów w najbliższych 3-4 latach (w scenariuszu zakładającym umiarkowany rozwój fotowoltaiki w Polsce, tj. 4 GW do 2020 roku). Kolejne >2000 inwestorów powinno pochodzić również ze źródeł polskich, niezwiązanych z inwestorami finansowymi czy zagranicznymi, czyli właścicieli małych i średnich przedsiębiorstw oraz niewielkimi polskimi firmami zawodowo zajmującymi się fotowoltaiką (głównie firmy projektowe). Podsumowując, można przewidywać, iż rozwój fotowoltaiki stworzy grupę kilku tysięcy polskich (nieprofesjonalnych) inwestorów, w rękach których powinno być ok. 70% całość mocy PV.

Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – inwestorzy
Analiza danych za rok 2015 wskazuje, że mamy w Polsce do czynienia z „rodzącą” się własnością projektów PV o charakterze obywatelskim

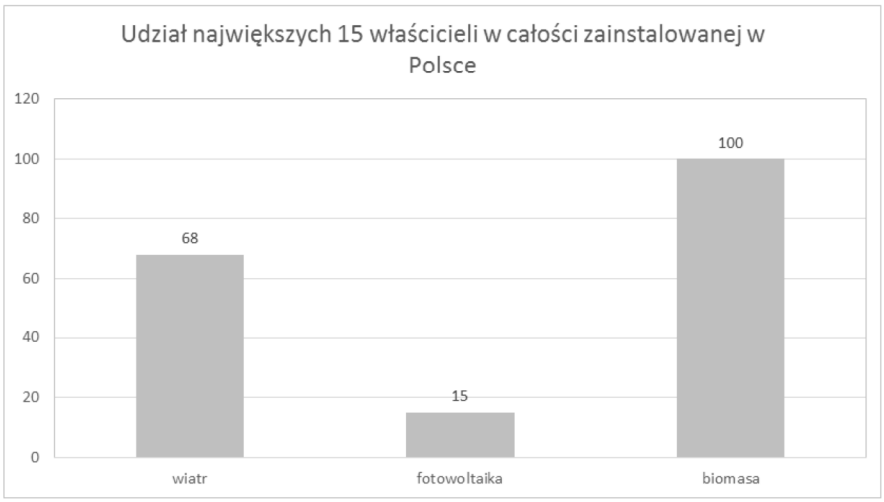




11

Zresztą już analiza danych za rok 2015 wskazuje, że mamy w Polsce do czynienia z „rodzącą” się własnością projektów PV o charakterze obywatelskim. Polskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej we współpracy z firmą R.Power Sp. z o.o. oraz firmą konsultingową Comet Adivsory dokonała analizy portfeli projektów elektrowni słonecznych dla 37 małych firm (głównie firmy projektujące OZE) oraz osób prywatnych. Wyniki tej analizy (przeprowadzana w okresie 3-4 kwartał 2015 roku) wskazują, iż 25% inwestorów to osoby planujące realizację 1 inwestycji (o mocy do 1 MW), kolejne 50% to osoby/podmioty przygotowujące mniej niż 5 projektów (o mocy <5 MW). Jedynie 10% podmiotów, to firmy które mogą się pochwalić pracą nad portfelami przekraczającymi 10 elektrowni i moc 10 MW. Jednocześnie warto zauważyć, iż ww. badanie wskazuje, iż blisko 50% przygotowujących projekty to osoby prywatne – głównie rolnicy (posiadający lub mogący łatwo wydzierżawić grunty 4 lub 5 klasy). Możemy więc już teraz powiedzieć że mamy do czynienia z rodzącą się w Polsce grupą inwestorów potwierdzającą „obywatelski” charakter nawet dużych elektrowni OZE, co potwierdza i uprawdopodabnia scenariusz partycypacji różnych, przede wszystkich polskich/nieprofesjonalnych grup inwestorów w rozwoju PV w Polsce.

Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – inwestorzy
PV zdecydowanie bardziej obywatelska i „polska” inwestycyjnie od innych OZE

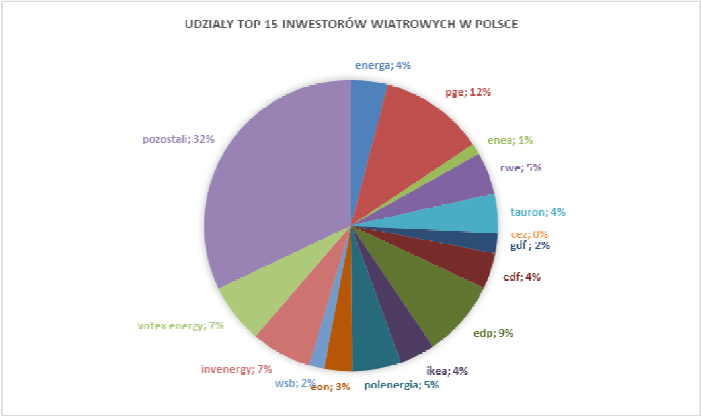


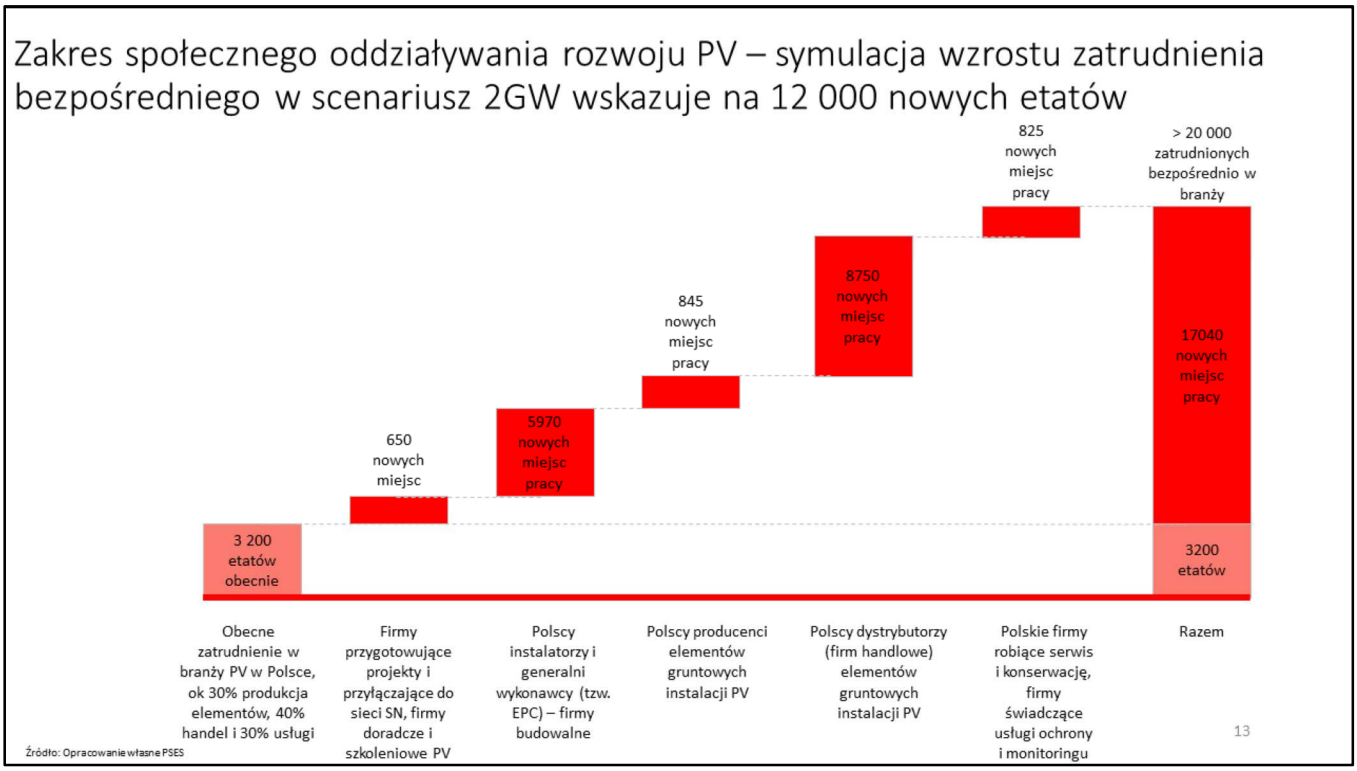
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych publikowanych przez firmy energetyczne

12

Analiza koncentracji mocy zainstalowanych w poszczególnych technologiach OZE, wskazuje na bardzo dużą koncentrację dla wiatru i biomasy i niewielką dla fotowoltaiki. Jak już było wcześniej opisywane, struktura własności dużych instalacji fotowoltaicznych cechuje się bardzo dużym rozdrobnieniem, co powoduje, że tylko około 15% mocy będzie własnością 15 największych inwestorów w 2018 roku. Należy do nich zaliczyć duże firmy energetyczne (Enea, Energa, PGE, Tauron) oraz zagraniczne firmy energetyczne (np. RWE, EDF, GDF, EDP, CEZ) czy też zagraniczne fundusze infrastrukturalne.

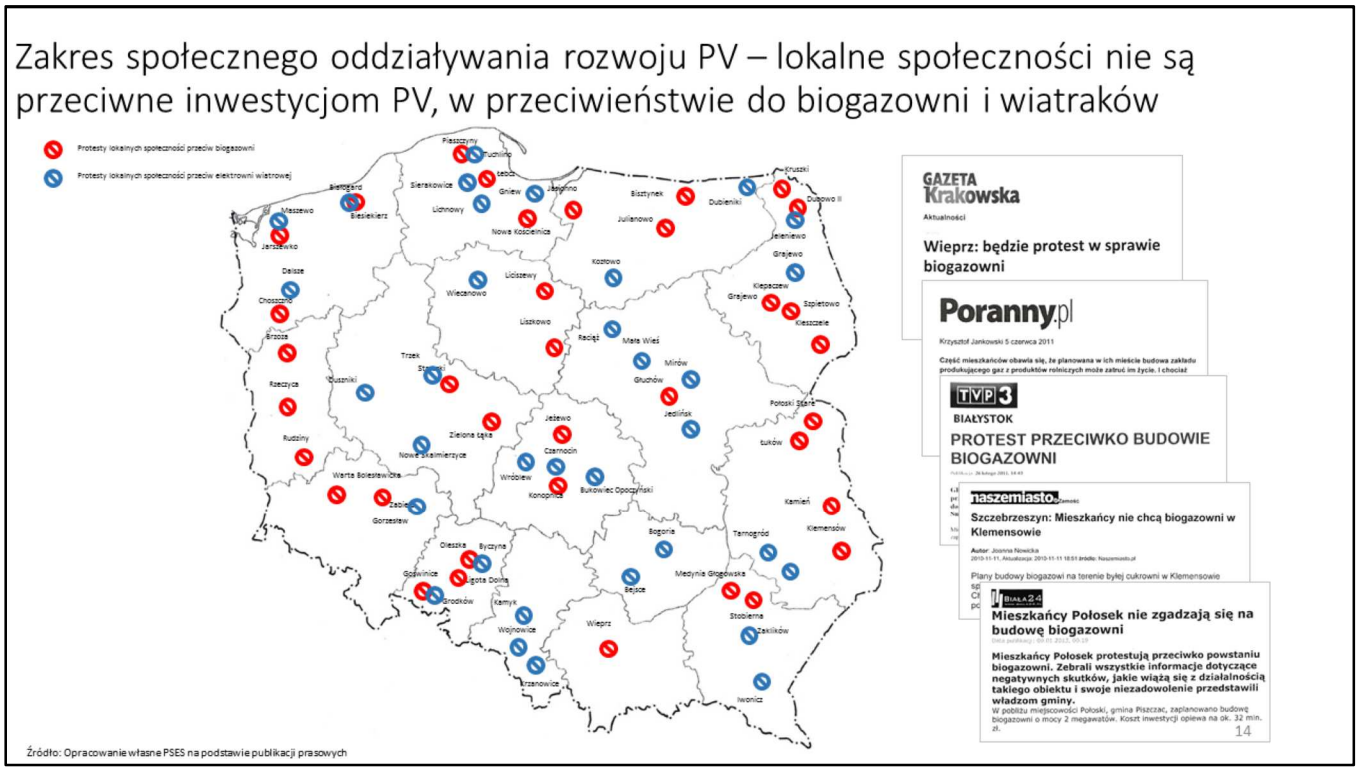
Z kolei TOP 15 inwestorów w farmy wiatrowe w sumie posiada 68% całości mocy zainstalowanych:





Założenia do symulacji wzrostu zatrudnienia przedstawiono poniżej:

	2015			2019			
	#	śr zatrudnienie	całkowite zatrudnienie	#	śr zatrudnienie	całkowite zatrudnienie	zmiana
firmy projektowe i deweloperskie	50	5	250	100	5	500	250
firmy doradcze wspierające proces przygotowania projektów i dofinansowania	20	10	200	50	10	500	300
firmy szkoleniowe OZE/PV	10	5	50	30	5	150	100
firmy handlowe elementy instalacji PV	250	5	1 250	1 000	10	10 000	8 750
producenci modułów PV	10	50	500	15	50	750	250
producenci inwerterów	1	50	50	5	50	250	200
producenci stacji trafo	3	50	150	5	50	250	100
producenci konstrukcji	3	50	150	5	50	250	100
producenci ogrodzeń	5	5	25	20	5	100	75
firmy generalnego wykonawstwa budowlanego	3	10	30	50	10	500	470
firmy instalatorskie	250	2	500	2 000	3	6 000	5 500
producenci okablowania	1	30	30	3	50	150	120
O&M (serwis, zarządzanie i konserwacja)	1	5	5	10	25	250	245
firmy ochrona	20	1	20	2 000	0	600	580
Razem			**3 210**			**20 250**	**17 040**



Fotowoltaika to jedyna z technologii OZE, która nie wzbudza społecznych oporów. W porównaniu do wiatraków czy biogazowni, lokalne społeczności nie protestują przeciw inwestycjom, a inwestorzy planujący realizację elektrowni słonecznych nie spotykają się z protestami. Natomiast inwestorzy „biogazowi" muszą praktycznie przy każdej inwestycji walczyć z dezaprobatą mieszkańców okolicy, w której powstaje biogazownia. Zwykle bardzo intensywnie protestują także drobni przedsiębiorcy – prowadzący ośrodki turystyczne i agroturystyczne. Nierzadko protestujący organizują się w komitety, przeprowadzają i aktywizują lokalną społeczność i zbierają podpisy przeciw budowie biogazowni. Protestujący najczęściej obawiają się uciążliwego przykrego zapachu oraz wzmożonego ruchu samochodów ciężarowych dowożących materiał do biogazowni. Typowy protest, przeciw budowie biogazowni, aktywizuje kilkuset mieszkańców z lokalnej społeczności. Zresztą skala społecznego niezadowolenia w przypadku tej technologii bywa tak duża, iż kończy się zmianą decyzji administracyjnej o pozwoleniu na budowę, jak to na przykład miało miejsce w przypadku planowanej biogazowni w Łebczu, gdzie wojewoda pomorski cofnął decyzję o pozwoleniu na budowę. Podobne reakcje lokalnych społeczności wzbudzają również inwestycje w farmy wiatrakowe. Mieszkańcy obawiają się, że elektrownie wiatrowe wpłyną niekorzystnie na krajobraz. Boją się też, że nieruchomości stracą na wartości, a teren przestanie być atrakcyjny pod względem turystycznym. Przeciwnicy elektrowni wiatrowych organizują swój opór w postaci stowarzyszeń.

Elektrownie fotowoltaiczne z kolei najczęściej spotykają się z przychylnością władz lokalnych jak i mieszkańców a protesty przeciwko ich budowom nie mają miejsca. Związane jest to z tym jaki wpływ na bezpośrednie otoczenie ma elektrownia słoneczna. Nie emituje ona ani dźwięku ani hałasu, a ponadto jej wpływ na lokalny krajobraz jest znikomy ze względu na niską zabudowę.

Rozwój ilości instalacji fotowoltaicznych będzie kołem napędowym dla kreowania przez polskie firmy produkcyjne własności intelektualnej poprzez badania i rozwój. Można wyróżnić 3 fazy zaawansowania technologicznego i konkurencyjnego na jakich B+R przyczynią się do tworzenia przez polskie przedsiębiorstwa własności intelektualnej.

Faza 1 czyli transfer know-how produkcyjnego z zagranicy. Już dzieje się na skalę masową i tak naprawdę dotyczy dużej liczby polskich firm produkujących panel lub inne elementy elektrowni słonecznych. Dotyczy przede wszystkim transferu know-how związanego z procesem produkcji, wdrożeniem nowoczesnych maszyn produkcyjnych, technologii produkcji oraz procesu zakupu komponentów do produkcji modułów fotowoltaicznych.

Faza 2 czyli tworzenie unikalnej własności intelektualnej w Polsce jest również już teraz bardzo powszechna, ale dalszy rozwój branży PV w Polsce jest konieczny dla zwiększenia powszechności tego zjawiska. Przykłady realizowane w polskich firmach już teraz to:

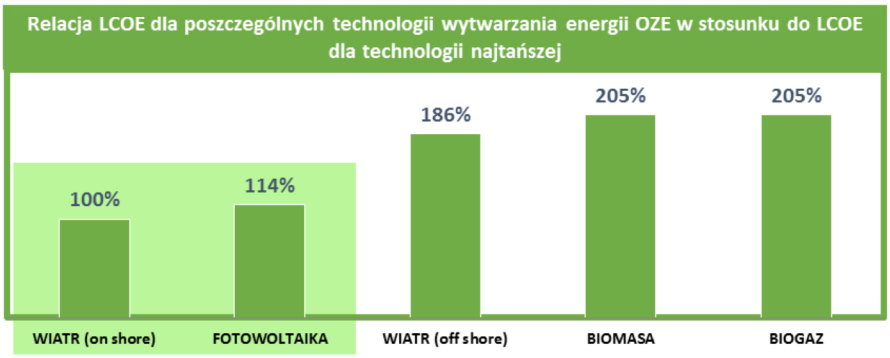
- Zmiana technologii lutowania - inny dobór lutów (Instytut Mechaniki Precyzyjnej z Warszawie, patent)
- Certyfikaty - wytrzymałość mechaniczna 8000 paskali vs. 5000 wymaganie, odporność na kulę gradową 55mm, standardowo 99% producentów ma 25mm - analizy rynku Niemieckiego - 26% usterek to wiatr, śnieg, grad
- Zwiększanie efektywności modułów PV: wdrożenie paneli mono-krystalicznych (polskie firmy są w stanie uzyskać certyfikację UE), zwiększenie efektywności modułów do 280Wp w ciągu najbliższych miesięcy
- Certyfikowany inny sposób mocowania, inne systemy montażowe, które pozwalają na łatwiejszy montaż na miejscach dotychczas niedostępnych - wspólnie z polskim producentem systemów montażowych, inny, wyjątkowy system montażu lepiej dostosowany do specyfiki polskich dachów
- Podgrzewanie wody za pomocą fotowoltaiki – innowacja na skalę światową, nikt tego nie robi
- Poza wzrostem mocy produkcyjnych, to przyszłe kierunki do rozwoju: nowe, unikalne rozwiązania do zastosowań niestandardowych paneli PV, krótsze serie, specjalne zamówienia
- Duży potencjał do wzrostu eksportu do krajów Bałtyckich, Ukrainy, Rosji

Faza 3 czyli tworzenie innowacji unikalnych na skalę światową, często patentowanych i stanowiących element gospodarki o największej wartości dodanej. Już obecnie w Polsce istnieją firmy mogące się pochwalić sukcesami w tym obszarze

ML System – innowacyjny druk ogniw fotowoltaicznych. Wdrażanie innowacyjnych i zaawansowanych technologicznie rozwiązań w budownictwie: mi.in. zintegrowanych systemów opartych na technologii ogniw fotowoltaicznych (PV) oraz zintegrowanych z budynkami (BIPV). Częściowe zasilanie systemów bezpieczeństwa oraz klimatyzacji i wentylacji w energię elektryczną pozyskiwaną z montowanych ogniw fotowoltaicznych - tańsze w eksploatacji i równocześnie przyjazne dla środowiska. Samodzielnie prowadzone prace B+R oraz wdrażanie do produkcji własnych, wysoko innowacyjnych rozwiązań w zakresie fotowoltaiki (laboratorium badań i pomiarów ogniw krzemowych oraz organicznych, w którym prowadzone są badania naukowe i prace rozwojowe głównie w obszarze nanotechnologii, w tym m.in. badania: właściwości elektrochemicznych nanomateriałów elektrodowych, własności fizykochemicznych współpraca z wiodącymi ośrodkami naukowymi zarówno w kraju jaki za granicą, a także zakup najnowocześniejszego na rynku sprzętu stanowiącego wyposażenie Fotowoltaicznego Centrum Badawczo-Rozwojowego w ramach realizacji projektu pod nazwą: „Utworzenie zaplecza badawczo-rozwojowego w firmie ML SYSTEM". 70 % środków przeznaczono na stworzenie technologii wytwarzania paneli – firma ML System dokonała w tym celu 15 zgłoszeń patentowych. Siedziba firmy: Park Naukowo-Techniczny AEROPOLIS (2ha działka, inwestycja za 40mln PLN, hala produkcyjna ma powierzchnię 4 tys. m2, 3 linie – do obróbki oraz zespalania szkła, a także do drukowania ogniw fotowoltaicznych a cały budynek 6 tys. m2). Od 4 lat laboratorium badań i rozwoju (500m2) - fundusze europejskie z Agencji Rozwoju Przemysłu, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. XTPL – przełomowa technologia ultra precyzyjnego drukowania szerokiej gamy nanomateriałów. Technologia XTPL pozwala na wytwarzanie ultra cienkich (1 do 5 mikrometrów) linii przewodzących prąd elektryczny, dzięki drukowaniu metalicznych nanomateriałów. Nowej generacji warstwy TCF (Transparent Conductive Films) – nisko-kosztowe, o bardzo wysokiej optycznej transparentności przy zachowaniu bardzo niskiej rezystancji powierzchniowej. Zastosowanie w globalnych branżach cienkowarstwowych ogniw słonecznych oraz w branży producentów wyświetlaczy LCD. Spółka rozpoczęła proces patentowy. Badania, które spółka przeprowadziła do tej pory, pokazują,

że mamy do czynienia z przełomową technologią. Saule technologies pracuje nad komercyjnym wykorzystaniem perowskitów w produkcji cienkich, elastycznych i lekkich ogniw fotowoltaicznych. Założycielem SAULE Technologies jest Olga Malinkiewicz, polska naukowiec, która przyczyniła się do opracowania niskotemperaturowej technologii wytwarzania elastycznych ogniw fotowoltaicznych na bazie perowskitów. Perowskity niezwykle wydajnie pochłaniają światło, lepiej niż jakikolwiek materiał wykorzystywany dotychczas w ogniwach słonecznych. Perowskitowe ogniwo fotowoltaiczne nie będzie klasycznym panelem. Prąd może produkować np. najzwyklejsza koszula z wstawkami z elastycznego perowskitu — mówi badaczka. Jeśli elektryczny T-shirt nie wystarczy, smartfon sam wyprodukuje dla siebie energię — wystarczą ogniwa w obudowie. Jest to najszybciej rozwijająca się technologia w historii fotowoltaiki. Dzięki wsparciu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz japońskiego inwestora spółka prowadzi dalsze badania nad udoskonaleniem technologii. Xdisc – polski producent paneli fotowoltaicznych, prowadzący działalność B+R, aby optymalizować proces produkcji i doskonalić wytwarzane przez nas moduły pod względem wydajności i wytrzymałości oraz nowych zastosowań. 24 września 2015 roku na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej, podpisano list intencyjny dotyczący współpracy pomiędzy Wydziałem a firmą XDISC. Współpraca ma charakter technologiczno-dydaktyczny i będzie dotyczyć w szczególności prac techniczno-rozwojowych związanych z technologiami fotowoltaicznymi. W ramach działań biznesu i świata nauki planowane są także badania nowych materiałów z zastosowaniem nowoczesnych rozwiązań nanotechnologicznych dla konwersji energii. Firma TWERD produkująca inwertery prowadzi prace badawczo-rozwojowe wspólnie z Politechniką Gdańską, Warszawską i Lwowską. Właśnie we współpracy z Instytutem Sterowania i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Warszawskiej firma opracowała wektorowe sterowanie falownika, zapewniające wysoki moment mechaniczny przy niskiej prędkości kątowej. Zastosowana w tym rozwiązaniu metoda DTC-SVM (ang. Direct Torque Control - Space Vector Modulator) zapewnia bardzo dobre właściwości dynamiczne napędu i chroniona jest wynalazkiem zgłoszonym przez ISEP-Politechnika Warszawska. W roku 2012 firma zakończyła I etap projektu „Specjalistyczne przemiennikowe zespoły napędowe o szerokim zakresie zastosowań", którego rezultatem było m.in. opracowanie i wdrożenie do produkcji nowego typoszeregu przemienników częstotliwości AFC200. W ramach tego projektu firma opracowała także Przemiennikowy Zespół Generatorowy do zastosowania w elektrowniach słonecznych w celu pozyskiwania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.

Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – fotowoltaika jest konkurencyjna kosztowo w porównaniu do innych technologii OZE

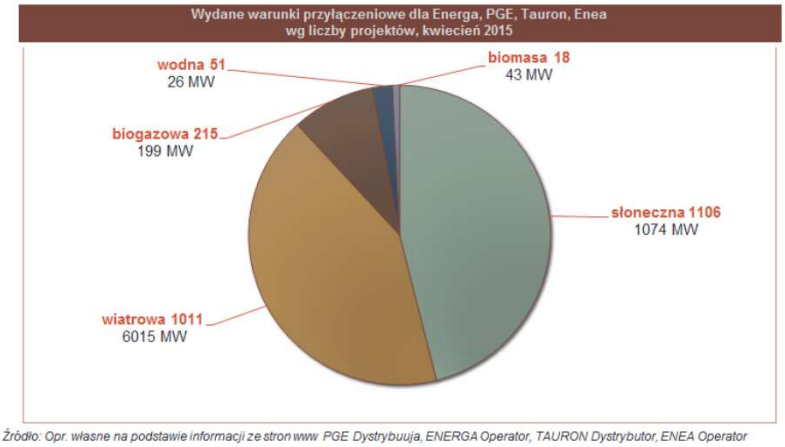


Źródło: Opracowanie własne na podstawie Levelized Cost of Electricty Renewable Energy Technologies; Fraunhofer Institut

17

W kontekście kosztu wsparcia rozwoju na-gruntowej fotowoltaiki warto wspomnieć o następujących efektach jej rozwoju w Polsce:

1) **Zwiększenie konkurencji pomiędzy technologiami OZE**. Największą konkurencyjnością (rozumianą jako ilość projektów, czyli uczestników aukcji) charakteryzują się projekty fotowoltaiczne (1106) i w drugiej są kolejności projekty wiatrowe (1011). Stanowi to 88% wszystkich projektów w Polsce.



Źródło: Opr. własne na podstawie informacji ze stron www PGE Dystrybuuja, ENERGA Operator, TAURON Dystrybutor, ENEA Operator

2) **Zwiększenie efektywności kosztowej.** Najtańszym wskaźnikiem kosztów wytworzenia energii dla całego cyklu zżycia projektu (LCOE) charakteryzują się elektrownie wiatrowe i w drugiej kolejności elektrownie fotowoltaiczne. Koszty wytwarzani dla pozostałych technologii są zdecydowanie wyższe. LCOE (*Levelized cost of electricity*) dla danej technologii to współczynnik łącznych kosztów elektrowni (włączając koszty kapitałowe i operacyjne) do łącznej ilości energii elektrycznej oczekiwanej do wyprodukowania przez cały okres życia projektu. Obie wartości wyrażone są w wartości bieżącej netto (*NPV – Net Present Value*).

Rozwój fotowoltaiki jest krytyczny by minimalizować ryzyko letnich „black outów" i dla bezpieczeństwa i stabilności KSE

1. Rosnący strukturalnie popyt na energię w okresie letnim skutkuje krytycznym spadkiem rezerwy mocy w KSE i koniecznością ograniczenia dostaw (np.: w sierpniu 2015, a w przyszłości częściej)
2. Profil produkcji instalacji fotowoltaicznych idealnie kompensuje szczytowe niedobory mocy a nawet umiarkowana ilość rozporoszonych instalacji PV (np. 1 MW) znacząco zmniejsza ryzyko powstawania kolejnych „black outów"
3. Rozwój fotowoltaiki (jako jedyne OZE) może wpłynąć na zmniejszenie kosztu mechanizmu operacyjnego rezerwy mocy czyli de facto na rachunki za energię
4. Fotowoltaika (w instalacjach do 1 MW) dzięki zapisom o koszykach w aukcjach będzie miała charakter rozproszony a przez to najbardziej neutralny dla punktowego obciążenia sieci (i konieczności wydatków modernizacyjnych) ze wszystkich technologii OZE
5. Rozproszona fotowoltaika podnosi ogólne bezpieczeństwo KSE – ewentualne negatywne zdarzenia losowe lub celowe mogłyby dotyczyć niewielkiego odsetka całości mocy PV

18

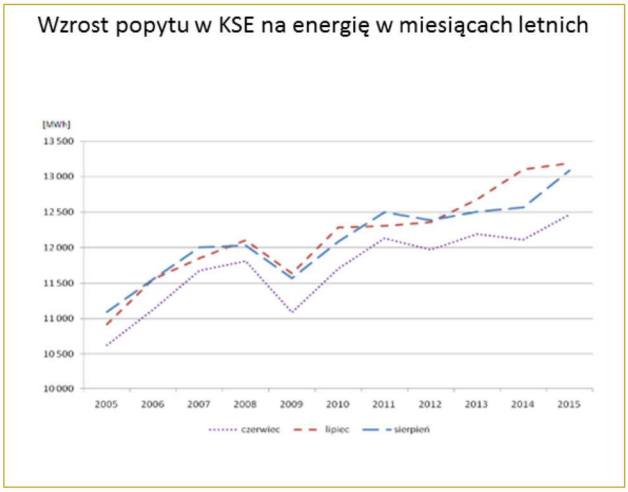
Roczne zapotrzebowanie na energię w miesiącach letnich rośnie w Polsce praktycznie nieprzerwanie od roku 2005. Wzrost zapotrzebowania na energię w miesiącach letnich zdecydowanie przekraczający wzrost zapotrzebowania rocznego czy zimowego. Przyrost zapotrzebowania na energię w latach 2005 – 2014 nie przekroczył 10% ale już sam wzrost zapotrzebowania w miesiącach letnich zdecydowanie przekroczył 20%. Powyżej opisany wzrost w latach 2010-2015 zwiększył znacząco liczbę godzin w których zapotrzebowanie na moc krajowego systemu elektroenergetycznego przekracza 20 GW – z wartości bliskich 0 w roku 2005 do 140-180 godzin z zapotrzebowaniem na moc w KSE >20 GW w roku 2014 (w miesiącach czerwiec-sierpień). Należy przypuszczać, jak twierdzą naukowcy z Politechniki Śląskiej (*źródło: Rozproszone źródła PV – potencjał w kształtowaniu profilu KSE w sezonie (szczycie) letnim; dr. Inż.. Robert Wójcicki, Artykuły referencyjne Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej)* iż w najbliższych latach tendencja ta będzie kontynuowana ze względu na fakt, iż powodują ją strukturalne zmiany zachodzące w polskiej gospodarce takie jak coraz powszechniejsze zastosowanie systemów chłodniczych i klimatyzacyjnych. Na kolejnych stronach niniejszego opracowania zostały omówione bardziej szczegółowo ryzyko zerowej rezerwy mocy i wiążących się z nią ograniczeń w dostawach energii dla polskiego przemysłu oraz potencjalnego pozytywnego wpływu rozwoju fotowoltaiki na eliminację tego ryzyka. Należy nadmienić, iż przy opracowaniu ww. wniosków korzystano ze wcześniej wspomnianych źródeł uznanych ośrodków akademickich. Powyższy mechanizm materialnie może wpłynąć na zmniejszenie kosztu mechanizmu operacyjnego rezerwy mocy, który niejako ukryty jest w cenie energii, czyli de facto PV jest technologią OZE, która ma efekty wpływające korzystanie na rachunki za energię gospodarstw domowych i firm.

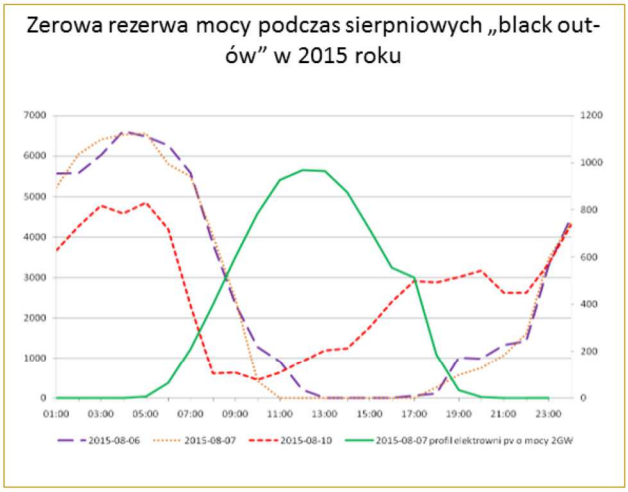
Warto również wspomnieć, że kolejną korzyść dla KSE płynącą z rozwoju fotowoltaiki, która często była wspominana przez przedstawicieli Polskich Sieci Energetycznych, rozwój fotowoltaiki (w instalacjach do 1 MW) dzięki zapisom o koszykach w aukcjach będzie miał charakter rozproszony a przez to najbardziej neutralny dla punktowego obciążenia sieci (i konieczności wydatków modernizacyjnych) ze wszystkich technologii OZE. Ponieważ fotowoltaika jako jedyna w warunkach polskich może stać się w miarę masową (pod względem liczby instalacji i ich rozproszenia), to ww. efekt może zostać „dostarczony" do KSE tylko poprzez tą technologię. Na koniec wreszcie, chcielibyśmy

zauważyć, iż jeszcze jedną pozytywną cechą naturalnego rozproszenia fotowoltaiki, jest wzrost ogólnego bezpieczeństwa KSE – ewentualne zdarzenia o charakterze losowym lub nawet celowe działania mające na celu zmniejszenie zdolności produkcyjnych tych instalacji, mogłyby dotyczyć niewielkiego odsetka mocy PV.

Podsumowując, technologia fotowoltaiczna jako jedyna z odnawialnych źródeł energii jest w stanie zapewnić koszyk korzyści minimalizujących bardzo realne ryzyko niedoborów energii w szczytach letnich, jednocześnie realizując korzyści dla stabilności sieci.

Ryzyko kolejnych letnich „black out-ów" w najbliższych latach będzie rosnąć ze względu na strukturalne zmiany w popycie na energię w miesiącach letnich





Źródło: Rozproszone źródła PV – potencjał kształtowania profilu KSE w sezonie (szczycie) letnim; dr inż. Robert Wójcicki, Politechnika Śląska

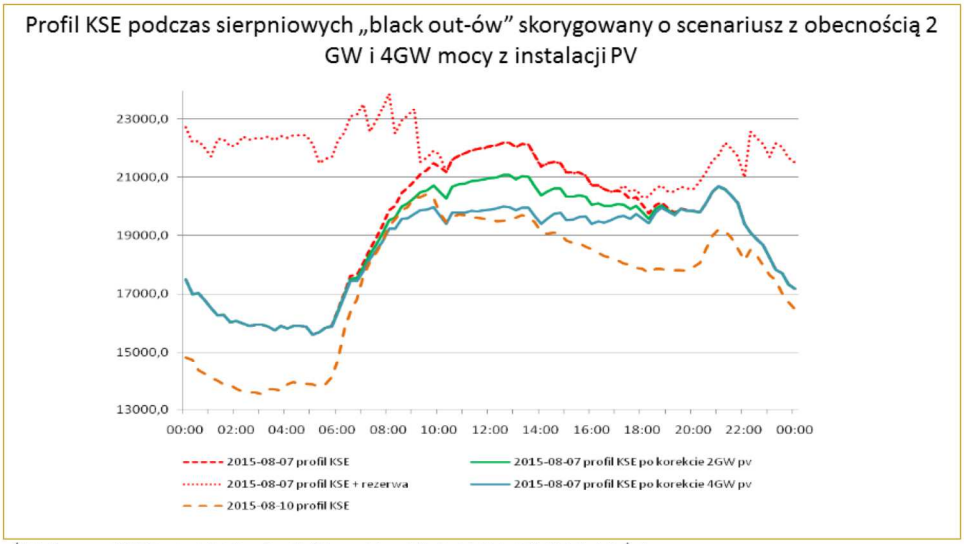
19

W pierwszej połowie sierpnia 2015 roku w KSE nastąpiło obniżenie poniżej wymaganego poziomu minimum dostępnych rezerw zdolności wytwórczych. Tym samym nastąpiło zagrożenie bezpieczeństwa dostaw energii do odbiorców końcowych. W efekcie doprowadziło to do kryzysu i wprowadzenia ograniczeń przez Rząd i operatora systemu przesyłowego PSE. Pierwszy raz od dziesięcioleci wprowadzono stopnie zasilania w tym najwyższy dwudziesty stopnień zasilania, zmuszający największych odbiorców przemysłowych do ograniczenia poboru energii elektrycznej i tym samym poniesienia wysokich kosztów ograniczenia działalności na czas występowania ograniczeń. Głównym powodem były ograniczenia zdolności wytwórczych elektrowni z uwagi na utrzymujące się ekstremalne trudności w chłodzeniu elektrowni z otwartym obiegiem chłodzenia, ubytki na pracujących blokach, awaryjne odstawienia i przekwalifikowania Problemy związane z występującą falą upałów i niekorzystną sytuacją hydrologiczną głównych rzek w kraju miały bardzo istotne znaczenie, ale dużą rolę miał także brak dywersyfikacji struktury miksu energetycznego w Polsce opartego na paliwach kopalnych i energetyce węglowej. Ponadto ze względu na naturalną słabą wietrzność w okresie letnim udział źródeł wiatrowych w produkcji energii elektrycznej w lipcu 2015 roku wyniósł 5,1%, a w sierpniu 2015 roku tylko 4,2%. W strukturze krajowej produkcji energii elektrycznej w miesiącach lipcu i sierpniu 2015 roku ujawnił się całkowicie marginalny udział źródeł fotowoltaicznych gdyż, mimo ekstremalnie korzystnych warunków pracy dla tych źródeł, kształtował się on, z uwzględnieniem innych odnawialnych źródeł OZE, nie licząc wiatrowych i wodnych, poniżej 0,05%.

Naukowcy z Politechniki Śląskiej (w opracowaniu *Rozproszone źródła PV – potencjał w kształtowaniu profilu KSE w sezonie (szczycie) letnim; dr. Inż.. Robert Wójcicki, Artykuły referencyjne Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej)* przeanalizowali wpływ technologii fotowoltaicznej na bezpieczeństwo energetyczne w kontekście letnich szczytów i braków mocy w KSE. Analizy wykonano w oparciu o dane gromadzone przez portal www.pvmonitor.pl a za źródła danych dotyczących rezerwy mocy w KSE przyjęto dane i raporty publikowane przez PSE. Przenalizowano typowe przebieg krzywej zapotrzebowania na mocy w KSE w tzw. szczytach letnich, ze szczególnym uwzględnieniem profilu rezerwy mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym ponad zapotrzebowanie. Jednocześnie dla porównania przeanalizowano przebieg krzywej produkcji energii dla instalacji fotowoltaicznych. Analiza wykresu rezerwy mocy z dni sierpniowych 2015 roku wskazuje, iż utrzymujące się

wcześniej bezpieczne wartości rezerwy mocy szybko spadały, aby już około 10.00 osiągnąć bardzo niskie wartości. 10 sierpnia, jak analizują naukowcy z Politechniki Śląskiej, w związku z utrzymującą się falą upałów i niekorzystną sytuacją hydrologiczną, wystąpiło obniżenie poniżej poziomu wymaganego minimum dostępnej rezerwy zdolności wytwórczych, a tym samym nastąpiło zagrożenie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Spowodowało to wprowadzenie po raz pierwszy od dziesięcioleci tzw. 20-tego stopnia zasilania i ograniczenie dostaw mocy do odbiorców przemysłowych. Bezpieczeństwo systemu KSE zostało zachwiane. Prognozowane zapotrzebowanie na moc 10/8/2015 i w następnych dniach szacowane było na 22 000 – 22 200 MW. Moc osiągalna jednostek wytwórczych centralnie dysponowanych wynosiła 25 099 MW, przy czym ubytki wśród tych jednostek sięgały 4 000 MW. Spadki rezerwy mocy w KSE obserwowane były również w poprzednie sierpniowe dni, gdzie w godzinach około-południowych wielkości średnie godzinowe rezerwy mocy ponad zapotrzebowanie osiągały wartości równe zero. Naukowcy Politechniki Śląskiej zawracają uwagę, iż w tym samych godzinach można było zaobserwować wzrost mocy elektrowni fotowoltaicznych, których szczytowa moc osiągnięta została w godzinach południowych, wskazując ujemną korelację z wartościami rezerwy mocy KSE. Ujemna wartość współczynnika korelacji profilu rezerwuj mocy KSE z profilem mocy rozproszonych instalacji PV wyniosła w dniach 6 i 7 oraz 10 sierpnia odpowiednio: -0,64, -0,65 oraz -0,83. Analiza wskazuje więc, że źródła fotowoltaiczne, poprzez profil swojej produkcji bardzo dobrze kompensowałyby braki w rezerwie mocy w KSE.

Ryzyko to może zostać zminimalizowane poprzez realizację nawet umiarkowanej liczby rozporoszonych instalacji fotowoltaicznych



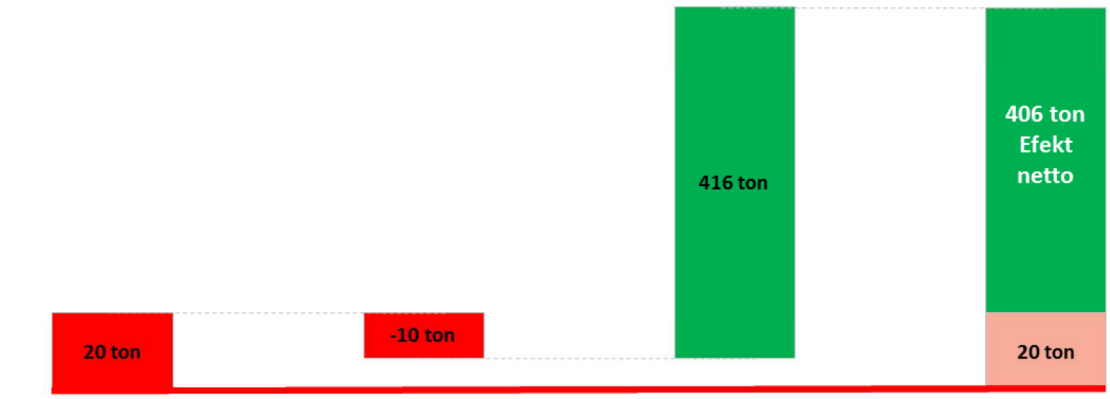
Źródło: Rozproszone źródła PV – potencjał kształtowania profilu KSE w sezonie (szczycie) letnim; dr inż. Robert Wójcicki, Politechnika Śląska

20

Symulacja scenariusza obecności rozproszonych źródeł PV na profil KSE (a zatem rezerwę mocy i bezpieczeństwo oraz stabilność KSE) wskazuje na potrzebę pilnego „dociążenia" miksu energetycznego technologią fotowoltaiczną. Na powyższym wykresie przedstawiono profile zapotrzebowania mocy KSE w dniu roboczym poprzedzającym dzień wprowadzenia 20-tego stopnia zasilania (7 sierpnia) oraz w dniu następnym, gdy ten 20-ty stopień wprowadzono. Jeżeli 8 sierpnia nie wprowadzono by ograniczeń, to ze względu na podobne warunki pogodowe i hydrologiczne można oczekiwać, że profil zapotrzebowania na moc KSE byłby zbliżony do profilu z dnia 7 sierpnia. Na analizie zaznaczono również profil rezerwy mocy, która w okresie od 10.00 do 17.00 spadła do wartości zerowych. Jednocześnie przeprowadzono symulację 2 scenariuszy w których w KSE dostępne jest odpowiednio 2 GW i 4GW mocy pochodzących z rozproszonych instalacji fotowoltaicznych. Wyniki wskazują, iż obecność produkcji źródeł PV znacząco złagodziłoby szczyt dopołudniowy. Zastosowanie źródeł fotowoltaicznych o mocy 4 GW miałoby de facto taki sam rezultat jak wprowadzenie 20-tego stopnia zasalania, innymi słowy przy takiej mocy dostępnej z PV w KSE nie byłoby potrzeby wprowadzenia ww. ograniczeń. Dodatkowym pozytywnym efektem byłoby prawie całkowite spłaszczenie profilu KSE w godzinach od 10.00 do 18.00, pozytywnie wpływające na pracę całego systemu elektroenergetycznego.

Podsumowując, już nawet umiarkowana ilość mocy pochodzących z technologii fotowoltaicznej zainstalowanych w Polsce, znacząco poprawiałoby bezpieczeństwo KSE w okresach letnich, powodując znaczące spłaszczenie szczytów przedpołudniowych w okresach najtrudniejszych dla tradycyjnej energetyki cieplnej. Można zatem pokusić się o wniosek, iż rozwój technologii fotowoltaicznej w miksie energetycznym polskim ma największych sens z punktu widzenia wsparcia konwencjonalnych źródeł w celu zapewnienia bezpieczeństwa i stabilności krajowego systemu elektroenergetycznego. Jest to tym bardziej istotne, iż przewidywania wskazują, iż szczytowe zapotrzebowanie na moc będzie w okresach letnich kolejnych lat rosło. Dzięki relatywnie najszybszemu cyklowi realizacji inwestycji (spośród wszystkich źródeł OZE) fotowoltaika może najszybciej uzupełnić deficyt ww. mocy, a przez to materialnie poprawić bezpieczeństwo KSE.

Zakres społecznego oddziaływania rozwoju PV – ograniczenia w absorbcji CO2

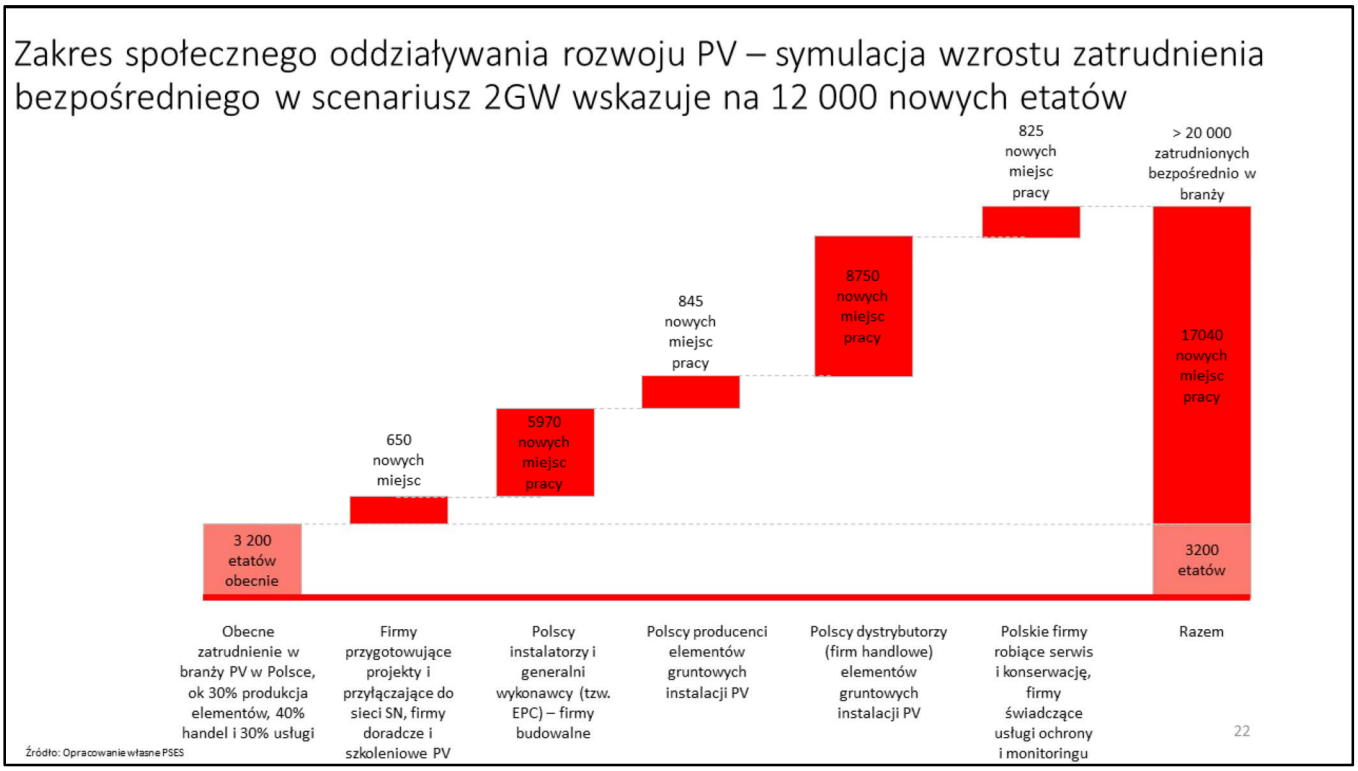


Średnia roczna absorbcja C02 przez 1ha gruntu kat 4 lub 5 porośniętego najczęściej trawami/nieużytku

Reedukacja absorbcji dla obszaru pokrytego panelami (50% obszaru pokryte)

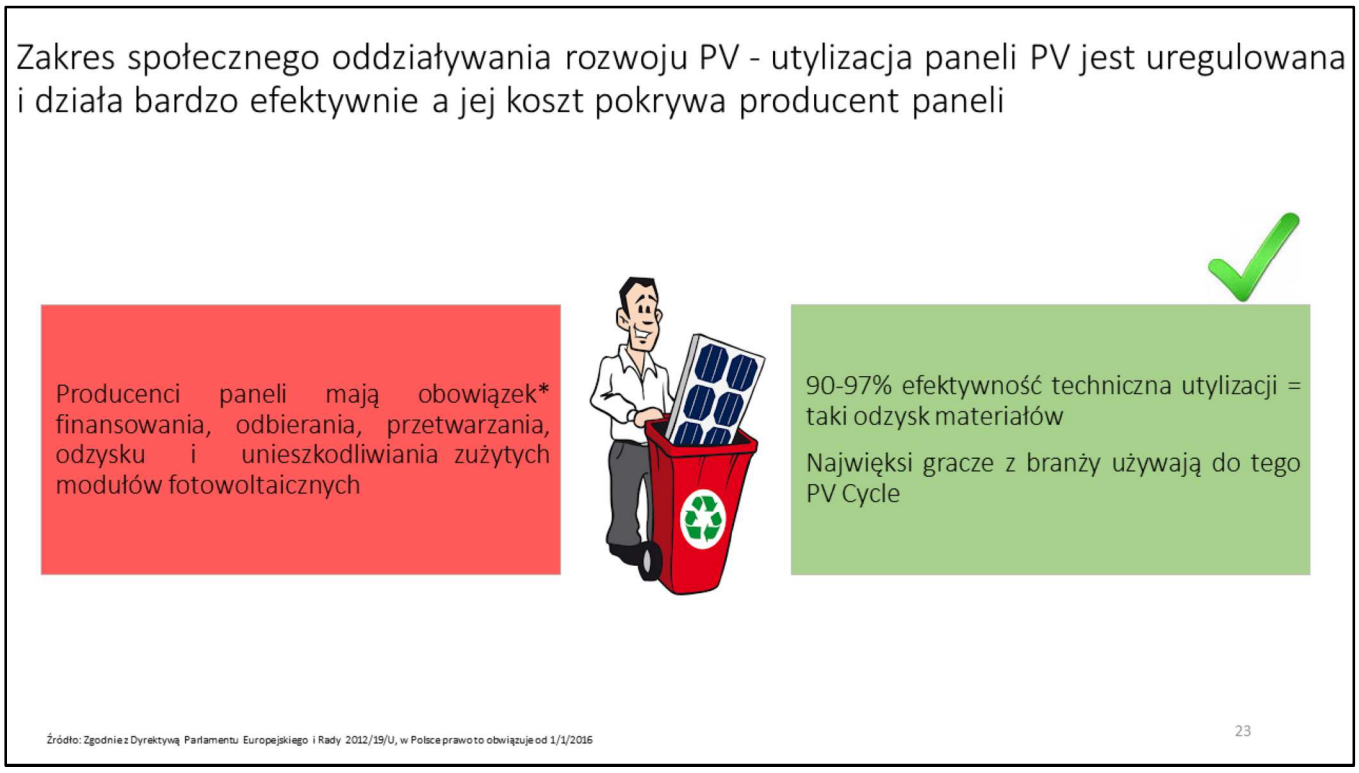
Dla instalacji PV na pow. 1ha
Roczna oszczędność w emisji C02 na podstawie Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami
(na postawie oficjalnie przyjętej metodologii współczynnik emisji dwutlenku węgla przypadającej na 1 MWh energii elektrycznej - 831,50 kg CO2/MWh)

Efekt netto
Na 1 ha z instalacji fotowoltaicznej



Założenia do symulacji wzrostu zatrudnienia przedstawiono poniżej:

	2015			2019			
	#	śr zatrudnienie	całkowite zatrudnienie	#	śr zatrudnienie	całkowite zatrudnienie	zmiana
firmy projektowe i deweloperskie	50	5	250	100	5	500	250
firmy doradcze wspierające proces przygotowania projektów i dofinansowania	20	10	200	50	10	500	300
firmy szkoleniowe OZE/PV	10	5	50	30	5	150	100
firmy handlowe elementy instalacji PV	250	5	1 250	1 000	10	10 000	8 750
producenci modułów PV	10	50	500	15	50	750	250
producenci inwerterów	1	50	50	5	50	250	200
producenci stacji trafo	3	50	150	5	50	250	100
producenci konstrukcji	3	50	150	5	50	250	100
producenci ogrodzeń	5	5	25	20	5	100	75
firmy generalnego wykonawstwa budowlanego	3	10	30	50	10	500	470
firmy instalatorskie	250	2	500	2 000	3	6 000	5 500
producenci okablowania	1	30	30	3	50	150	120
O&M (serwis, zarządzanie i konserwacja)	1	5	5	10	25	250	245
firmy ochrona	20	1	20	2 000	0	600	580
Razem			**3 210**			**20 250**	**17 040**



Usuwanie i recykling modułów fotowoltaicznych mają kluczowe znaczenie dla zachowania równowagi i jakości środowiska naturalnego. Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/19/U z dnia 4 lipca 2012 r.w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE (wersja przekształcona), to na producentach spoczywa obowiązek finansowania, odbierania, przetwarzania, odzysku i unieszkodliwiania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, w tym modułów fotowoltaicznych. W związku z osiągniętym postępem naukowo-technicznym i rozwiniętą analizą cyklu życia paneli fotowoltaicznych, odzysk materiałów i ich ponowne użycie jest powszechnie stosowanym sposobem działania. Na świecie i w Europie jest wiele firm i organizacji non-profit zajmujących się procesem recyklingu modułów PV, w tym czołowe europejskie stowarzyszenie PV CYCLE, zrzeszające czołowych światowych i polskich producentów modułów fotowoltaicznych.

W chwili obecnej stosuje się dwie metody zapewniające poprawną procedurę odzysku i możliwość ponownego wprowadzenie do obiegu materiałów wchodzących w skład paneli – termiczna i mechaniczna. Wybór metody jest uzależniony od obecności krzemu w module. W przypadku braku krzemu, cały panel jest demontowany termicznie przy użyciu metody kąpieli chemicznej (CBD - Chemical Bath Deposition). Drugim procesem jest oczyszczanie powierzchni modułów fotowoltaicznych wiążące się z usunięciem warstwy antyrefleksyjnej, metalizacji oraz złącza n-p, by móc uzyskać podłoże krzemowe, które nadawałoby się do powtórnego zastosowania. Można to uzyskać podczas obróbki chemicznej lub techniki laserowego oczyszczania powierzchni. Innym pomysłem jest stopienie składników (poza ogniwami słonecznymi) i zbudowanie nowych modułów z tych komponentów. Jest to metoda ściśle opracowana przez zespół naukowców Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem prof. dr. hab. Ewy Klugmann-Radziemskiej, pozwalającą odzyskać tak "czysty" krzem ze zużytych paneli fotowoltaicznych szybko i tanio.

Obie metody recyklingu charakteryzują się wysoką wydajnością pozwalający na efektywny odzysk na średnim poziomie 97% w przypadku zastosowania technologii CIGS, czyli tzw. modułów cienkowarstwowych oraz 90% w przypadku modułów krzemowych, aczkolwiek w lutym tego roku organizacja PV Cycle osiągnęła rekordowy odzysk

panela krzemowego na poziomie 96%. Oznacza to, że 19,2 kg materiałów z 20 kg może być ponownie użytych przy produkcji nowych modułów lub innych części np. krzem może być wykorzystywany również do produkcji mikroprocesorów, mikrokomponentów i układów scalonych oraz jako dodatek do stali, podnoszący jej jakość. Obecnie prowadzonych jest wiele badań mających na celu maksymalizację odzysku materiałów z paneli fotowoltaicznych, zarówno krzemowych jak i cienkowarstwowych, np. Full Recovery End-of-Life Photovoltaic (FRELP), który analizuje różne rozwiązania pozwalające zwiększyć współczynnik recyklingu do 100%, jak również zredukować potrzeby własne modułów fotowoltaicznych.

Również w Polsce prowadzone są badania w tym kierunku przez zespół naukowców Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej pod kierunkiem prof. dr. hab. Ewy Klugmann-Radziemskiej. W ciągu kilku lat zespół ten opracował nie tylko technologię odzyskiwania krzemu, ale także półautomatyczny prototyp urządzenia, które jest w stanie przeprowadzić odzysk dla kilkunastu, jak również kilkuset ogniw krzemowych jednocześnie. Obecnie kadra prof. Klugmann-Radziemskiej zajmuje się opracowaniem technologii odzysku materiału dla paneli cienkowarstwowych, które zdobywają coraz większą popularność.

Podsumowanie – porównanie technologii OZE

	a/ Przyjazność społeczna	b/Przyjazność dla środowiska	c/ Potencjał mocy dla Polski	d/ Potencjał dla gospodarki w Polsce	e/ Koszt MWh (LCOE)	f/ Stabilność źródła	g/ Remedium na niedobory mocy w szczycie letnim
Fotowoltaika	Wysoka	Wysoka	Nieograniczony	Duży	Średni	Niska	Tak
Biogaz	Niska	Wysoka	Ograniczony	Duży	Wysoki	Wysoka	Nie
Hydro	Wysoka	Wysoka	Symboliczny	Symboliczny	Wysoki	Niska	Nie
Wiatr	Niska	Wysoka	Nieograniczony	Średni	Średni	Niska	Nie
Biomasa	Niska	Niska	Nieograniczony	Średni	Niski	Wysoka	Zależy od mocy

Materiały źródłowe

1. Ambitnie, ale realnie – mapa drogowa rozwoju OZE w Polsce, PKEE, kwiecień 2015
2. Levelized cost of electricity renewable energy Technologies, Instytut Frauenhofer ISE, listopad 2013
3. Current and Future Cost of Photovoltaics, Instytut Frauenhofer ISE, luty 2015
4. Renewable Power generation costs In 2014, International Renewable Energy Agency, 2015
5. Subsidies and costs of EU energy, Final report, European Commission, listopad 2014
6. Analiza dotycząca możliwości określenia niezbędnej wysokości wsparcia dla poszczególnych technologii OZE w kontekście realizacji Krajowgo Planu Działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych, Instytut Energetyki Odnawialnej, lipiec 2013
7. Rynek fotowoltaiczny w Polsce 2012, Instytut Energetyki Odnawialnej, 2012
8. Wpływ energetyki wiatrowej na wzrost gospodarczy w Polsce, Ernst&Young, marzec 2012
9. https://www.gov.uk/government/organisations/department-of-energy-climate-change
10. http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Gesetze/Freiflaechenausschreibungsverordnung/freiflaechenausschreibungsverordnung.html
11. http://www.epia.org
12. http://www.pvcycle.org/poland/
13. https://vortex-energy-group.com/pl/projekty-wiatrowe/
14. http://www.firstsolar.com/en/Technologies-and-Capabilities/Recycling-Services.aspx
15. http://www.rwe.pl/pl/dla-mediow/aktualnosci/farma-opalenica
16. Instytut Fraunhofer ISE
17. „Wpływ energetyki wiatrowej na wzrost gospodarczy w Polsce" Ernst & Young
18. Rozproszone źródła PV – potencjał kształtowania profilu KSE w sezonie (szczycie) letnim; dr inż. Robert Wójcicki, Politechnika Śląska
19. Renewables Energy Agency, dane za 2013 rok
20. https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/Grafiken/pv_anteile
21. http://www.impaxam.com/investment-strategies/private-equity-infrastructure/private-equity-infrastructure-portfolio/polish
22. http://www.pgeeo.pl/en/our-generation-assets
23. https://www.enea.pl/pl/enea-wytwarzanie
24. http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/13061/h-majchrzak-pse-mniej-energetyki-wiatrowej-wiecej-fotowoltaiki
25. http://elen.put.poznan.pl/component/content/article/1-ogolne/68-soce-rozpraszasz-si-.html
26. Wpływ PV na bilansowanie KSE, Autor: dr inż. . Henryk Majchrzak („Czysta Energia" – nr 6/2013)
27. http://innpoland.pl/125475,polacy-odeslali-krzem-do-lamusa-w-podkarpackiej-wsi-stworzyli-pierwsza-na-swiecie-fabryke-drukowanych-ogniw-slonecznych