

ZASTOSOWANIE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W ROLNICTWIE

MODUŁ 2

INTELLECTUAL
OUTPUT 1
2020-1-ES01-KA202-
082440



Projekt współfinansowany w
ramach programu Unii Europejskiej
„Erasmus+”

Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiekolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

AUTORZY

Fundación de la Comunitat Valenciana para una economía baja en carbón

Area Europa srl

Eszterhazy Karoly Egyetem

Federación EFAS CV la Malvesía

Järvamaa Kutsehariduskeskus

Stowarzyszenie Edukacji Rolniczej i Lesnje EUROPEA Polska

08/2021



Spis treści

PODSUMOWANIE	1
PYTANIA OTWARTE DO SAMODZIELNEGO SPRAWDZENIA	1
CELE POSZCZEGÓLNYCH ROZDZIAŁÓW.	1
1. WPROWADZENIE DO TEMATU ENERGII ODNAWIALNEJ	3
1.1 EUROPEJSKI SEKTOR ENERGETYCZNY	3
1.2 NAJWIEKSZY IMPORTER NA ŚWIECIE	3
1.3 OGRANICZENIA KLIMATYCZNE	4
1.4 ENERGIE ODNAWIALNE JAKO CZĘŚĆ ROZWIĄZANIA	4
1.5 GŁÓWNE ŹRÓDŁA ENERGII ODNAWIALNEJ	5
1.6 ROZWÓJ ENERGII ODNAWIALNYCH W UE	10
1.7 SZACUNKOWE EFEKTY ZUŻYCIA ENERGII Z OZE	11
2. FOTOWOLTAICZNA ENERGIA SŁONECZNA	11
2.1 ELEMENTY INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH	13
2.2 RODZAJE INSTALACJI	18
2.3 OBLICZENIA I PROJEKTOWANIE	23
3. AGRI-PV	27
3.1 WPROWADZENIE DO AGRI-PV	27
3.2 UMOŻLIWIENIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU NA OBSZARACH WIEJSKICH	29
3.3 AGROPALIWA A PRZYSZŁOŚĆ CELÓW WPR	29
3.4 JAK AGRI-PV PRZYCZYNIĄ SIĘ DO REALIZACJI CELÓW WPR?	31
3.5 WŁĄCZENIE AGRI-PV DO PLANÓW STRATEGICZNYCH WPR	33
3.6 ZRÓWNOWAŻONE ROLNICTWO I FOTOWOLTAIKA	34
4. KONCEPCJA ZRÓWNOWAŻONEGO ROLNICTWA	37
4.1 W KIERUNKU TRZYGWIAZDKOWEGO POZIOMU ODNIESIENIA DLA PROJEKTÓW AGRISOLAR	40
4.2 ISTNIEJĄCE WYZWANIA DLA AGRISOLARÓW	42
4.3 JAK WSPIERAĆ AGRISOLAR?	43
5. TECHNOLOGIA	45
5.1 PODEJŚCIA DO AGRIVOLTAIKI	46
5.2 TECHNOLOGIE MODUŁÓW	47
5.3 KONSTRUKCJA MONTAŻOWA I FUNDAMENTY	48
5.4 ZARZĄDZANIE ŚWIATŁEM	49
5.5 GOSPODARKA WODNA	50
5.6 WIELKOŚĆ SYSTEMU PV	51
5.7 DOPUSZCZENIE, MONTAŻ I EKSPLOATACJA	52
6. PYTANIA TESTOWE	54
REFERENCJE, PRZYDATNE STRONY INTERNETOWE:	55
ANNEKS	59
SŁOWNIK	59

Podsumowanie

Moduł ten obejmuje zastosowanie odnawialnych źródeł energii dla rolnictwa, koncentrując się na energii fotowoltaicznej oraz nowej modalności zwanej Agri-PV lub agrisolar, jako innowacyjnej wizji stworzenia bardziej zrównoważonego rolnictwa w Europie z pomocą energii słonecznej i fotowoltaicznej. Ten rodzaj rolnictwa przyniesie skutki na poziomie społecznym, środowiskowym i gospodarczym.

Pytania otwarte do samodzielnego sprawdzenia

Jak rolnicy mogą wspierać nowe Cele Zrównoważonego Rozwoju?

Czy mogę stać się bardziej zrównoważony bez utraty pieniędzy?

Czy energia odnawialna ma zastosowanie w rolnictwie i gospodarce rolnej?

Od czego mogę zacząć?

Jak działa energia słoneczna?

Co to jest agrivoltaics lub agrisolar?

Co jest realizowane w Europie, aby uzyskać bardziej zrównoważone rolnictwo?

Cele poszczególnych rozdziałów.

Przedstawienie energii odnawialnych

Powiązanie energii odnawialnej z rolnictwem i zrównoważonym rozwojem

Zdefiniowanie agro-PV

Opisanie technicznego zastosowania energii odnawialnych

Wyjaśnienie podstaw elementów technicznych energii słonecznej

1. Wprowadzenie do tematu energii odnawialnej

1.1 Europejski sektor energetyczny

Europa zużywa i importuje coraz większe ilości energii. Kraje UE są świadome korzyści płynących ze skoordynowanych działań w tej wysoce strategicznej dziedzinie.

Doprowadziło to do powstania wspólnych zasad w całej Europie oraz połączenia wysiłków Europy w celu zapewnienia potrzebnej jej energii po przystępnej cenie, przy jednoczesnym wytwarzaniu jak najmniejszego zanieczyszczenia.

UE dokonała przeglądu swoich ram polityki energetycznej, aby pomóc nam odejść od paliw kopalnych na rzecz czystszej energii - a konkretnie, aby zrealizować zobowiązania UE wynikające z porozumienia paryskiego dotyczące ograniczenia emisji gazów cieplarnianych.

Porozumienie w sprawie tego nowego zbioru przepisów energetycznych - zwanego pakietem "Czysta energia dla wszystkich Europejczyków" - stanowiło istotny krok w kierunku realizacji strategii unii energetycznej, opublikowanej w 2015 r.

Nowe przepisy przyniosą znaczne korzyści dla konsumentów, środowiska i gospodarki. Koordynując te zmiany na poziomie UE, przepisy podkreślają również przywództwo UE w walce z globalnym ociepleniem i stanowią istotny wkład w długoterminową strategię UE, polegającą na osiągnięciu neutralności węglowej (zerowych emisji netto) do 2050 r.

UE wyznaczyła ambitny, wiążący cel, jakim jest 32% udział odnawialnych źródeł energii w koszyku energetycznym UE do 2030 r. Zmieniona dyrektywa w sprawie energii odnawialnej (2018/2001/UE), która zawiera to zobowiązanie, weszła w życie w grudniu 2018 r.

1.2 Największy importer na świecie

Unia Europejska, druga co do wielkości gospodarka świata, zużywa jedną piątą światowej energii, ale ma bardzo mało własnych rezerw. Na szczęście tutaj, w Europie, nasz portfel - znany jako miks energetyczny - jest bardzo zróżnicowany: od licznych zapór wodnych w Austrii, kopalni węgla w Polsce i elektrowni jądrowych we Francji, po platformy wiertnicze na Morzu Północnym i pola gazowe w Danii i Holandii - żaden z krajów Europy nie jest taki sam, a to nie jest wadą. Oczywiście pod warunkiem, że kraje te współpracują, aby jak najlepiej wykorzystać swoją różnorodność.

Zależność energetyczna Europy ma ogromny wpływ na naszą gospodarkę. Kupujemy naszą ropę od Organizacji Państw Eksportujących Ropę Naftową (OPEC) i Rosji, a nasz gaz od Algierii, Norwegii i Rosji. Kasy Europy są uszczuplane o ponad 350 miliardów euro każdego roku, aby za to zapłacić. Koszty energii również stale rosną. To nie pozostawia nam innego wyjścia: Kraje UE muszą być wydajne, wyznaczać ambitne cele i współpracować, jeśli mają zdywersyfikować swoje źródła energii i kanały dostaw.

1.3 Ograniczenia klimatyczne

Czołowi eksperci wykazali, jakie będą ogromne koszty zmian klimatycznych, jeśli światu nie uda się ograniczyć emisji gazów cieplarnianych. Sektor energetyczny jest tu bezpośrednio zaangażowany, ponieważ ponad 80 % jego produkcji pochodzi z paliw kopalnych, które podczas spalania emitują dwutlenek węgla (CO₂), główny gaz cieplarniany. Dlatego w przyszłości europejski sektor energetyczny będzie musiał ograniczyć zużycie paliw kopalnych i w znacznie większym stopniu korzystać z niskoemisyjnych źródeł energii.

1.4 Energie odnawialne jako część rozwiązania

Energia odnawialna jest podstawą długoterminowej strategii energetycznej Europy, ponieważ pomaga ograniczyć emisję gazów cieplarnianych i zmniejsza import energii do Europy, czyniąc ją bardziej niezależną. Ten dynamicznie rozwijający się sektor gospodarki przyczynia się do wiodącej roli Europy w dziedzinie technologii, zapewniając państwom UE i ich regionom nowe "zielone" miejsca pracy i eksport o wysokiej wartości dodanej.

Obecnym celem UE jest, aby 20 % energii zużywanej w Unii Europejskiej w 2020 r. pochodziło ze źródeł odnawialnych (i co najmniej 27 % do 2030 r.). Promocja tego celu

w całej Europie doprowadziła do spektakularnego wzrostu zdolności produkcyjnych odnawialnych źródeł energii. W 2011 r. na świecie zainstalowano ponad 100 gigawatów paneli słonecznych, z czego 70 % w UE. Produkcja energii odnawialnej w UE przyczynia się do zmniejszenia importu paliw kopalnych o równowartości około 400 mld EUR rocznie.

Rozwijający się europejski rynek energii odnawialnej znacznie obniżył koszt technologii odnawialnych: na przykład koszt paneli słonecznych spadł o 70 % w ciągu ostatnich 7 lat.

Energia odnawialna jest również częścią rosnącego sektora "zielonych" technologii, który zatrudnia coraz więcej osób w Europie. W 2011 r. 1,2 mln osób miało pracę związaną z energią odnawialną. Oczekuje się, że do 2020 r. sektor energii odnawialnej i efektywności energetycznej zatrudni ponad 4 mln osób w całej UE.

1.5 Główne źródła energii odnawialnej

Odnawialne zasoby energii pochodzą ze źródeł energii, które w sposób naturalny uzupełniają się lub odnawiają. Do odnawialnych zasobów energii należą:

- **Energia wiatru.**

Energia kinetyczna wiatru jest przekształcana w energię elektryczną za pomocą turbin wiatrowych. Turbiny mogą być zlokalizowane na lądzie lub na morzu. Ilość wytwarzanej energii zmienia się w zależności od prędkości wiatru, co może utrudniać przewidywanie dostaw energii w krótkich okresach czasu.

Energia wiatrowa jako odnawialne źródło energii stanowiła prawie 13% całkowitej produkcji energii pierwotnej z odnawialnych źródeł energii w UE-28 w 2015 r.



- **Energia słoneczna**

Energia słoneczna jest odnawialnym zasobem energetycznym. Około 6% całkowitej produkcji energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w UE-28 w 2015 r. zostało wytworzone tą drogą. Najpopularniejszym przykładem wytwarzania energii elektrycznej i ciepła ze słońca są:

- Konwersja energii słonecznej na energię elektryczną za pomocą ogniwa fotowoltaicznego.

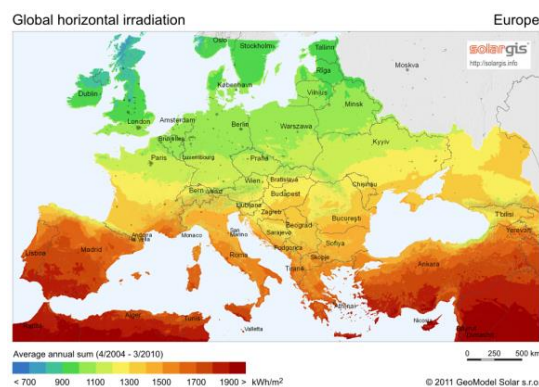
- Koncentracja energii z promieniowania słonecznego w celu ogrzania odbiornika. To ciepło słoneczne jest przekształcane w energię mechaniczną przez turbiny, a tym samym w energię elektryczną dostępną do spożycia
- Wytwarzanie energii cieplnej za pomocą technologii



solarnych

Wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła za pomocą energii słonecznej ma następujące główne cechy:

- Energia słoneczna jest zasobem nieskończonym i swobodnie dostępnym.
- Do przechwytywania energii słonecznej za pomocą kolektorów wymagane są duże obszary ziemi.
- Wytwarzanie zależy od poziomu nasłonecznienia, który jest różny w różnych regionach i warunkach pogodowych.
- Energia słoneczna może być wykorzystywana w odległych miejscach, gdzie nie ma dostępu do sieci elektrycznej.
- Coraz więcej urządzeń codziennego użytku może być zasilanych energią słoneczną.



• Energia wodna

W 2015 r. energia wodna była największym europejskim zasobem energii odnawialnej stanowiącym ponad 14% całkowitej produkcji energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w UE-28.

Energia wodna jest wytwarzana przez pierwsze przekształcenie energii potencjalnej zgromadzonej w wodzie w energię kinetyczną płynącej wody, która jest następnie przekształcana w energię elektryczną za pośrednictwem turbin.

Główne technologie hydroenergetyczne to:

- Elektrownie wodne przepływowe - uzyskują energię do produkcji energii elektrycznej z wody rzecznej.
- Elektrownie wodne zbiornikowe - wykorzystują do produkcji energii elektrycznej wodę zgromadzoną w zbiorniku.

- Elektrownie szczytowo-pompowe - tu woda jest pompowana z dolnego zbiornika do górnego, gdy podaż energii elektrycznej przewyższa zapotrzebowanie.

Tam, gdzie istnieje możliwość magazynowania wody w zbiorniku, energia wodna może być wytwarzana w razie potrzeby, aby sprostać gwałtownym lub niespodziewanym wahaniom zapotrzebowania. Istnieją jednak ograniczone możliwości lokalizacji oraz potencjalnie duże oddziaływanie na środowisko w wyniku wykorzystania i przekształcania gruntów.



- **Energia z biomasy**

Biomasa - materiał organiczny pochodzenia niekopalnego, w tym odpady organiczne - może być przekształcona w bioenergię poprzez spalanie, bezpośrednio lub poprzez produkty pochodne. Około 64% całkowitej produkcji energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w UE-28 w 2015 r. jest wytwarzane w ten sposób.

Przykłady produktów pochodnych ze strumieni odpadów obejmują przekształcenie oleju odpadowego w biodiesel, obornika zwierzęcego i organicznych odpadów z gospodarstw domowych w biogaz oraz produktów z roślin lub odpadów roślinnych w biopaliwo.

- Do wytwarzania bioenerгии można wykorzystać następujące materiały:
 - Drewno i odpady drzewne.
 - Organiczna część stałych odpadów komunalnych.
 - Organiczna część odpadów przemysłowych.
 - Ścieki.
 - Obornik.
 - Rośliny uprawne i roślinne produkty uboczne produkcji żywności.

Wraz z deszczem i śniegiem, światło słoneczne powoduje wzrost roślin. Materia organiczna, z której składają się te rośliny, nazywana jest biomasą. Biomasa może być wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej, paliw transportowych lub chemikaliów. Wykorzystanie biomasy do któregośkolwiek z tych celów nazywane jest energią z biomasy.

- Biomasa, szczególnie drzewna, może być bezpośrednio spalana w celu wytworzenia ciepła i/lub energii elektrycznej.
- Biogaz, głównie metan i dwutlenek węgla, powstaje w wyniku bakteryjnego rozkładu substancji organicznych, takich jak ścieki, obornik, organiczne odpady domowe i uprawy roślin.
- Biopaliwa są paliwami płynnymi pochodzącymi z niekopalnych źródeł biologicznych i stanowią również odnawialne źródło energii. Biopaliwa można podzielić na biobenzynę i biodiesel w zależności od użytego materiału pochodzenia.

- Ponieważ organiczna materia roślinna w trakcie wzrostu pochłonęła dwutlenek węgla, podczas ostatecznego spalania w celu wytworzenia bioenergii, uwalnia ona porównywalną ilość węgla z powrotem do atmosfery.

Produkcja biopaliw w rolnictwie stanowi jednak potencjalną konkurencję dla rolniczej produkcji żywności. Według Centrum Badań nad Środowiskiem Helmholtza (UFZ), produkcja roślin bioenergetycznych szybko rośnie w UE i w 2011 r. wykorzystywała 13% europejskich gruntów rolnych. Zapotrzebowanie na grunty pod uprawy bioenergetyczne może być sporne i musi być zrównoważone w kontekście ogólnego zrównoważonego podejścia do zarządzania gruntami.



- **Geothermia**

W 2015 r. udział energii geotermalnej w całkowitej produkcji pierwotnej energii odnawialnej w krajach UE-28 wyniósł około 3%.

Energia geotermalna jest obecna w ziemi w postaci ciepła i przechowywana w skałach, uwieczonej parze, wodzie lub solankach. Ta energia cieplna może być wykorzystywana bezpośrednio do ogrzewania lub do wytwarzania energii elektrycznej.

Główną zaletą energii geotermalnej jest niezawodność jej dostaw, jak również jej niemal nieograniczona dostępność. Jednakże system technologiczny (system rur) może wymagać dużej ilości miejsca, a także istnieją trudności w utrzymaniu urządzeń, które są głównie oparte głęboko pod powierzchnią ziemi. Dodatkowo może wystąpić niekorzystne oddziaływanie na środowisko poprzez uwalnianie potencjalnie szkodliwych lub niebezpiecznych substancji jako produktu ubocznego tego rodzaju produkcji energii.

Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) energia geotermalna może stanowić około 3,5% rocznej światowej produkcji energii elektrycznej i 3,9% energii dla ciepła (z wyłączeniem gruntowych pomp ciepła) do 2050 r..



- **Energia pływów, fal i oceanów**

Tidal, wave and ocean energy currently accounts for a small share of electricity generation, both in EU countries and globally. In 2015, the share of this energy source was 0.02% of the total electricity generated from renewable energy sources in the EU-28.

Various technologies have been developed since the 1970s to harness different energy sources in the oceans, but none of the different types of technology are yet widely used, with France and the UK being the only countries in the EU-28 to report primary energy



production generated from this source in 2015..

Źródła energii pływów, fal i oceanów obejmują:

- Energia pływów: energia potencjalna w pływach spowodowana ich wzrostem i spadkiem może być wykorzystana poprzez budowę zapory lub innych form konstrukcji w poprzek estuarium.
- Prądy pływowe (morskie): energia kinetyczna związana z prądami pływowymi może być wykorzystana przy użyciu systemów modułowych.
- Energia fal: energia kinetyczna i potencjalna związana z falami oceanicznymi może być wykorzystana przez szereg opracowywanych technologii.
- Gradienty temperatury: gradient temperatury między powierzchnią morza a wodami głębinowymi można wykorzystać przy pomocy różnych procesów oceanicznej konwersji energii termicznej (OTEC).
- Gradienty zasolenia: u ujścia rzek, gdzie woda słodka miesza się ze słoną, energię można wykorzystać za pomocą procesu odwróconej osmozy ze spadkiem ciśnienia i powiązanych technologii konwersji.

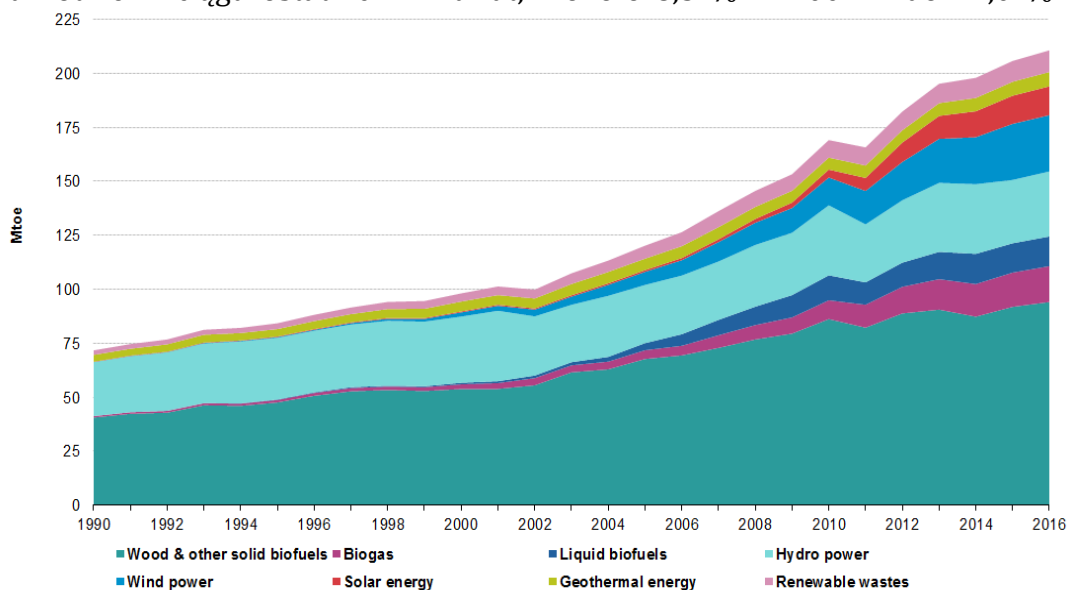
1.6 Rozwój energii odnawialnych w UE

Odnawialne źródła energii obejmują energię wiatru, energię słoneczną (termiczną, fotowoltaiczną i skoncentrowaną), energię wodną, energię pływów morskich, energię geotermalną, biopaliwa i odnawialną część odpadów.

Wykorzystanie energii odnawialnej niesie ze sobą wiele potencjalnych korzyści, w tym ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, dywersyfikację dostaw energii oraz zmniejszenie zależności od rynków paliw kopalnych (w szczególności ropy naftowej i gazu). Rozwój odnawialnych źródeł energii może również potencjalnie stymulować zatrudnienie w UE poprzez tworzenie miejsc pracy w nowych "zielonych" technologiach.

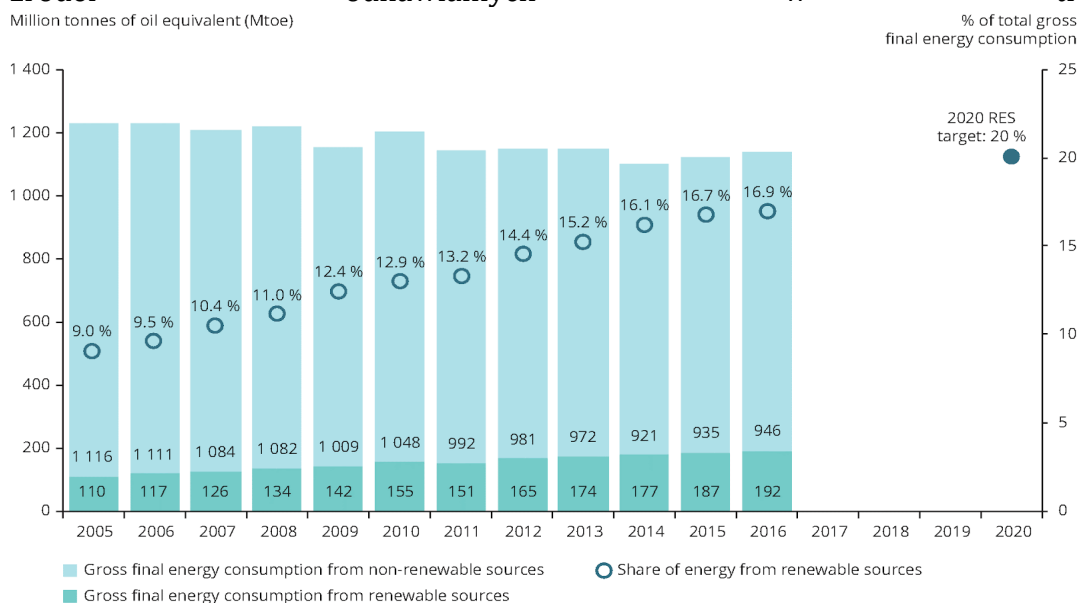
W ostatnich latach energia odnawialna w UE znacznie wzrosła. Mówiąc konkretniej, udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto wzrósł prawie

dwukrotnie w ciągu ostatnich kilku lat, z około 8,5 % w 2004 r. do 17,0 % w 2016



r.

Ta pozytywna zmiana została wywołana przez prawnie wiążące cele dotyczące zwiększenia udziału energii ze źródeł odnawialnych, przyjęte dyrektywą 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Chociaż UE jako całość jest na dobrej drodze do osiągnięcia swoich celów na rok 2020, niektóre państwa członkowskie będą musiały podjąć dodatkowe wysiłki, aby wypełnić swoje zobowiązania w odniesieniu do dwóch głównych celów: ogólnego udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto oraz szczególnego udziału energii ze źródeł odnawialnych w transporcie.



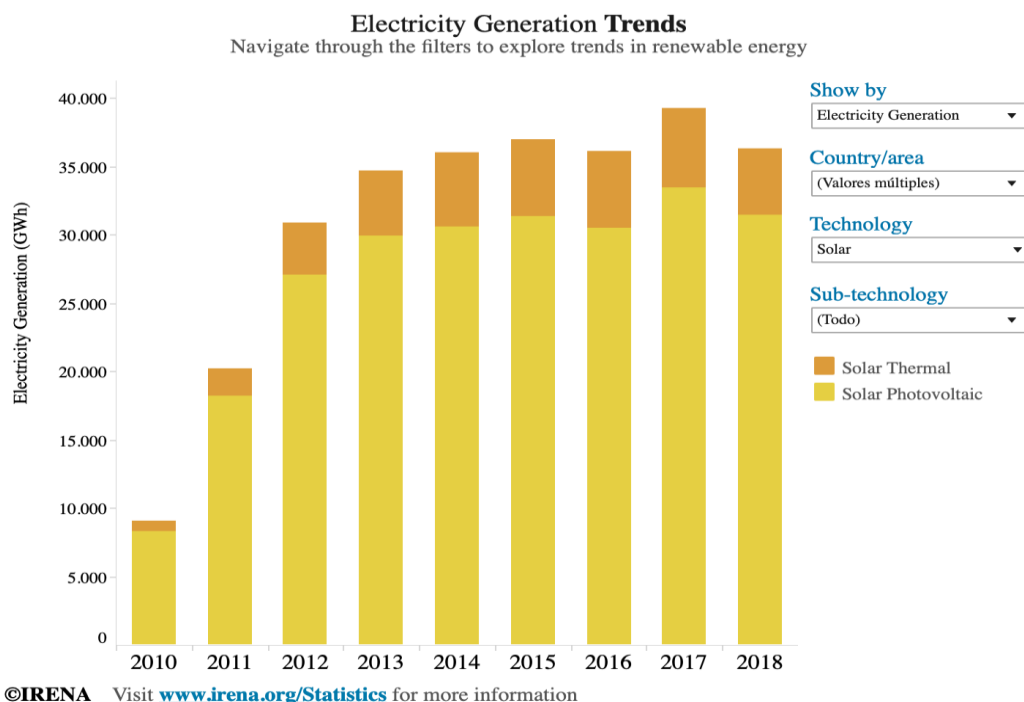
1.7 Szacunkowe efekty zużycia energii z OZE

W 2015 roku dodatkowe zużycie energii odnawialnej, w porównaniu z poziomem końcowego zużycia OZE brutto w 2005 roku, pozwoliło UE na: Reduce total GHG emissions by 447 MtCO₂ co odpowiada 9% całkowitych emisji gazów cieplarnianych w UE.

- Zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa kopalne o 135 Mtoe, czyli około 10% wewnętrznego zużycia paliw kopalnych brutto na poziomie UE.
- Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej o 36 Mtoe, co odpowiada zmniejszeniu zużycia energii pierwotnej w całej UE o 2%.

2. Fotowoltaiczna energia słoneczna

Według źródeł Eurostatu, w 2008 r. energia słoneczna stanowiła zaledwie 1% energii wytworzonej w Europie przez energie odnawialne. Ze względu na możliwość jej zastosowania w różnych ustawieniach, wzrosła ona "z zaledwie 7,4 TWh w 2008 r. do 125,7 TWh w 2019 r." (Renewable energy statistics, 2020).



Energia słoneczna, jak sama nazwa wskazuje, pochodzi ze słońca, przekształcając światło słoneczne w energię elektryczną (Komisja Europejska, 2021). Ten rodzaj energii odnawialnej "jest najczystszym i najobfitszym dostępnym źródłem energii odnawialnej" (Solar Energy Industries Association). i może być stosowany do wytwarzania energii elektrycznej i ogrzewania, w zależności od zastosowanej technologii. W tym sensie istnieją trzy główne sposoby produkcji energii: fotowoltaika, słoneczne ogrzewanie i chłodzenie oraz koncentracja energii słonecznej. Każda z metod działa w inny sposób, ale rezultatem jest wytworzenie energii elektrycznej lub ogrzewanie/chłodzenie:

- Photovoltaics (PV): wykorzystuje ogniwa słoneczne zmontowane w panele słoneczne do przekształcenia światła słonecznego w energię poprzez efekt fotowoltaiczny. Jest "zainstalowany na ziemi, dachach lub pływający na zaporach lub

jeziorach" (Komisja Europejska, 2021).

- Solar Heating & Cooling (SHC): zbiera energię cieplną ze słońca i zapewnia ciepłą wodę, ogrzewanie pomieszczeń, chłodzenie i ogrzewanie basenów (Solar Energy Association Industries).
- Koncentracja energii słonecznej (CSP): wykorzystuje lustro do koncentracji światła słonecznego. W ten sposób wytwarza ciepło i parę, które później generują energię elektryczną.

W następnych liniach dokument skupi się na zastosowaniu tych rodzajów energii słonecznej specjalnie dla sytuacji w rolnictwie.

2.1 Elementy instalacji fotowoltaicznych

Instalacje fotowoltaiczne przekształcają promieniowanie słoneczne poprzez pole kolektora (PV lub panel fotowoltaiczny). Pole kolektora jest zawsze wyposażone w baterie lub inne technologie, aby przekształcić promieniowanie w energię generowaną przez panele.

Istnieją różne rodzaje komponentów, które mogą się różnić w zależności od rodzaju instalacji, jej zastosowania i celów. Najbardziej powszechnymi elementami instalacji fotowoltaicznej są

- Panel fotowoltaiczny
- Konstrukcje wsporcze dla paneli fotowoltaicznych
- Regulator/Maksymalizator
- Baterie
- Inwertery mocy
 - Panel fotowoltaiczny

Ogólnie rzecz biorąc, panele fotowoltaiczne są tworzone przez pojedyncze komórki, zwane ogniwami słonecznymi. Ogniwa słoneczne są odpowiedzialne za wytwarzanie energii elektrycznej. Połączenie ogniw słonecznych tworzy panel słoneczny i służy on do przekształcania energii słonecznej w energię elektryczną (napięcie). Zazwyczaj minimalna liczba ogniw słonecznych tworzących panel słoneczny wynosi 36, ale może się ona różnić w zależności od celu zastosowania.

Ostatnio najczęściej spotykanym typem paneli fotowoltaicznych są ogniwa monokrystaliczne, ponieważ są bardziej wydajne, a różnica w cenie między polikrystalicznymi została zmniejszona w ostatnich latach. Niemniej jednak stosuje się również inne rodzaje, takie jak polikrystaliczne i amorficzne cienkowarstwowe panele słoneczne.

Poniżej krótka definicja tych trzech ogniw PV

Najczęściej spotykane ogniwa fotowoltaiczne	
Krzem monokrystaliczny	Ogniwo wykonane tylko przez jeden kryształ krzemu i zapewnia od 14-21 % sprawności. Przy najwyższej sprawności, aby

	<p>uzyskać taką samą moc, potrzebna jest najmniejsza powierzchnia. Obecnie współczynnik ten wynosi około 225W/m².</p>	
<p>Krzem polikrystaliczny</p> 	<p>Rodzaj ogniwa, które kiedyś było tańsze od krzemu monokrystalicznego (obecnie ceny są bardziej zrównoważone), wykonane przez kilka różnych odcieni niebieskich kryształów krzemowych, o sprawności w granicach 12-18 % osiągając maksymalny współczynnik mocy powierzchniowej 175 W/m².</p>	
<p>Krzem amorficzny</p> 	<p>Ogniwa CIS i CISG</p>	<p>Niekrystaliczna forma silikonu zwana również panelami cienkowarstwowymi, które są stosowane jako depozyty na różnych powierzchniach, panel elastyczny, który może być stosowany w zakrzywionych lub nieregularnych powierzchniach. I generują sprawność w granicach 6-10 %.</p> <p>Ogniwa stosowane w cienkowarstwowym panelach słonecznych, wykonane z miedzi, indu, selenu i galu. Wraz z krzemem amorficznym jest to jedna z trzech głównych cienkowarstwowym technologii fotowoltaicznych (jest jeszcze trzecia zwana tellurkiem kadmu). Warstwy CISG są elastyczne i zwykle wykorzystuje się w nich wysokotemperaturowe techniki osadzania, ale aby w pełni wykorzystać ich wydajność, lepiej jest stosować je w ogniwach osadzonych na szkle. Chociaż ten typ ogniw przewyższa polikrzem na poziomie ogniw, to ich sprawność modułowa jest niższa z powodu mniej dojrzałego upscalingu.</p>

Konstrukcje wsporcze dla paneli fotowoltaicznych

Moduł fotowoltaiczny jest podtrzymywany i uzyskuje niezbędne nachylenie w celu uzyskania maksymalnej wydajności przez konstrukcję. Konstrukcja odpowiada również za umocowanie modułów fotowoltaicznych przed podmuchami wiatru oraz podtrzymuje połączenie przewodów.

Wykonana z anodowanego aluminium (łatwiejsza w transporcie i mniej waży), lub ze stali galwanizowanej.

Istnieją różne rodzaje konstrukcji, które wspierają panele słoneczne:

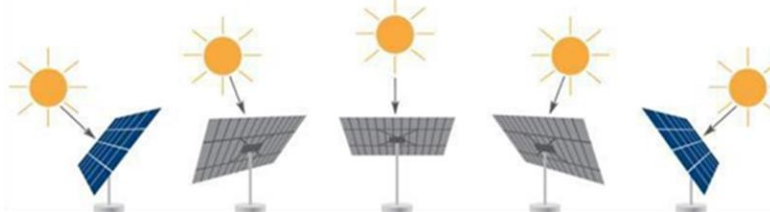
- Struktura stała: jest to typ struktury, która jest zakotwiczona i zabezpieczona w miejscu. Może być koplanarna lub nachylona.
 - Strukturę koplanarną umieszcza się równoległe do powierzchni zainstalowanych paneli, aby zoptymalizować ich integrację. Zaleca się pozostawienie przestrzeni wentylacyjnej dla paneli pomiędzy powierzchnią a konstrukcją..



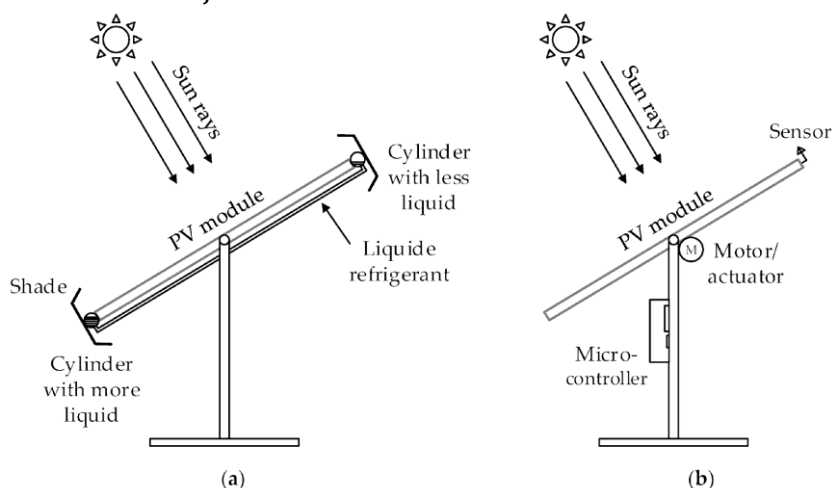
Rodzaj konstrukcji, w której można ręcznie zmieniać nachylenie kąta instalacji z dwóch pozycji, aby uzyskać idealne nachylenie dla instalacji.



Struktura śledząca słońce: jest to typ struktury, która może śledzić jedną oś z ruchem wzdłuż jednej osi lub dwie osie, aby zmienić nachylenie panelu. Ten typ struktury jest najbardziej wydajny, ponieważ może osiągnąć do 40% wydajności produkcji



fotowoltaicznej.



Regulatory i maksymalizatory

- **Regulatory:** sprzęt elektroniczny, który zwykle ma napięcie wejściowe 12, 24 lub 48V, który kontroluje i stabilizuje ładowanie baterii, aby uzyskać zbyt niski lub zbyt wysoki, optymalizując ich żywotność.
- **Maksymalizatory (Maximum Power Point Tracking - MPPT):** są to nowe technologie kontroler ładuje sprzęt (konwertery mocy), używane do analizy i porównania energii przepływu panelu fotowoltaicznego z ich wewnętrznym

algorytmem i osiągnąć najlepsze wykorzystanie ich, mogą nawet osiągnąć napięcie wejściowe 150cc.

Baterie

Bateria jest systemem odbiorczym, który może przechowywać energię ze źródła. Technologia wciąż wprowadza innowacje i obecnie istnieją różne rodzaje baterii, szczególnie do wykorzystania w obszarze energii odnawialnej, więc możemy opisać

- Bateria monoblokowa: jest to ekonomiczna bateria o niskim poziomie utrzymania, która może osiągnąć nawet 400 cykli do 75% rozładowania. Są one zwykle używane przy niskim zapotrzebowaniu w przyczepach kempingowych, statkach lub domach weekendowych.
- Akumulatory monoblokowe GEL i AGM: to typ akumulatorów, które podczas eksploatacji nie emitują gazów, mają niskie samorozładowanie i mogą utrzymać ładunek przez 6 miesięcy, dzięki czemu tracą mniejszą pojemność w okresie eksploatacji ze względu na niższe zasilanie. Akumulatory żelowe i AGM monoblokowe są idealnym typem akumulatora dla statków, przyczep kempingowych i instalacji solarnych, ponieważ mają niższą.
- Baterie monoblokowe półstacjonarne: Typ akumulatorów, które zwykle są używane w energetyce słonecznej i aplikacji o wysokim cyklu, mają dwa różne modele w tych typach akumulatorów: Flat plate lub tube plate, z jedyną różnicą między oboma jest to, że technologia tube plate duplikuje żywotność technologii flat plate.
- Baterie CPZS: skomercjalizowane baterie o napięciu 2V, które zawierają nieprzezroczysty polipropylen, dzięki któremu są odporne na głębokie rozładowania i mogą osiągnąć żywotność 3000 cykli przy 50 % rozładowania.
- Baterie OPZS: najbardziej zalecane baterie do instalacji fotowoltaicznych, poziom elektrolitu, który jest widoczny dzięki ich ściance, pomaga w niskiej konserwacji tych baterii. Mogą stracić połowę swojej żywotności, jeśli nie będą odpowiednio używane w zalecanej rozmiarze, ale normalnie są przygotowane na głębokie rozładowania do 3000 cykli przy 50%.
- Akumulatory OPZV: akumulatory z płytami rurowymi z elektrolitem z przodu w postaci żelu. Są to takie akumulatory, które można zainstalować w każdej pozycji, o wyższej wydajności w okresie eksploatacji ze względu na niską zawartość siarczanów. OPZV to akumulatory polecane tam, gdzie woda jest niekontrolowana oraz do obiektów komunikacyjnych. Mają wyższą sprawność energetyczną i są droższe od akumulatorów OPZS.
- Akumulatory niklowo-żelazowe: akumulatory odnawialne, które można wymieniać co 7 lub 8 lat ze względu na elektrolit, który posiadają, a który ich nie niszczy, dlatego są to akumulatory o długiej żywotności opatentowane przez Williama Edisona w XX wieku do stosowania w samochodach z elektroniką.
- Bateria litowo-jonowa: tego typu baterie bardzo się rozwinęły w ostatnich latach. Obecnie są one bardzo wykorzystywane w fotowoltaice, ponieważ zwiększyły swoją żywotność z gwarancją na około 10 lat. Pozwalają na około 6000 cykli (liczba ładowań) i nie wymagają konserwacji. Ponadto mają dużą pojemność magazynowania i niski współczynnik objętości masy.

Inwerter mocy

Inwertery mocy to urządzenia, które służą do przekształcenia prądu stałego z akumulatora lub bezpośrednio z paneli fotowoltaicznych, na prąd zmienny o napięciu i częstotliwości sieciowej.

Istnieją dwa rodzaje falowników

- Inwerter Grid-tie: tego rodzaju inwertery potrzebują sygnału z sieci, aby przekształcić energię wytwarzaną w tym samym tempie w sieci. Mogą one mieć moc od 20-300W dla falowników wbudowanych w moduły fotowoltaiczne do średnich i centralnych falowników, które mogą osiągnąć ponad 100kW.
- Falowniki samodzielne: tego typu falowniki jedynie przetwarzają energię na wybrane wcześniej wartości, pomiędzy tymi falownikami. Możemy wyróżnić 3 różne typy:
 - Falowniki kwadratowe: falowniki, które mogą być używane tylko do zasilania telewizora, komputera lub małych urządzeń elektrycznych, ponieważ są mniej wydajne niż inne i nie nadają się do silników indukcyjnych ze względu na zbyt wiele harmonicznych, które wytwarzają i które powodują zakłócenia.
 - Falowniki o zmodyfikowanej fali sinusoidalnej: te rodzaje fal prezentowały najlepszą cenę i jakość do zasilania oświetlenia, telewizji lub, zostały zmodyfikowane, aby być bliżej sinusa.
 - Falowniki z czystą sinusoidą: są typem falowników, które wymagają skomplikowanej technologii, a wytwarzają czystą sinusoidę.

2.2 Rodzaje instalacji

Istnieją trzy rodzaje fotowoltaicznych instalacji słonecznych, w zależności od przeznaczenia:

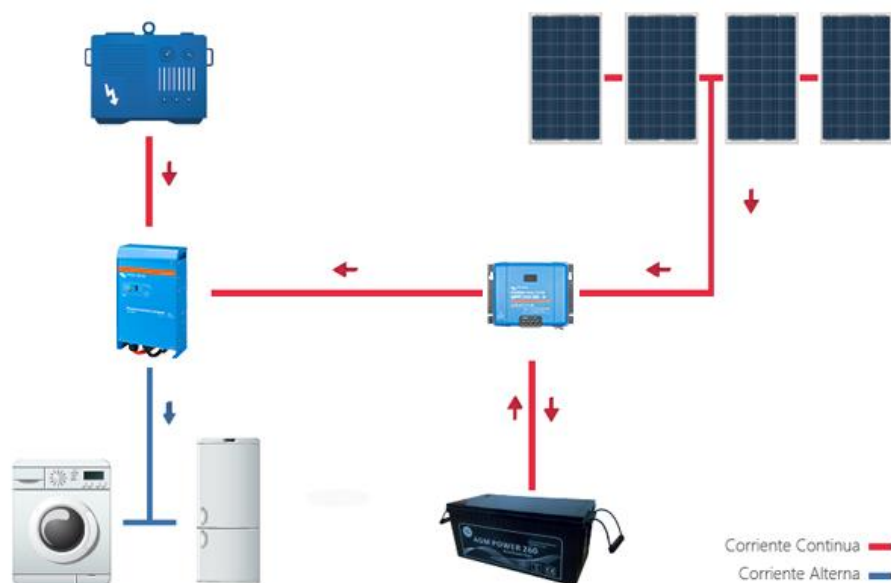
- Off-Grid (poza siecią)

Jest to rodzaj instalacji elektryfikacyjnej, która jest stosowana dla odizolowanych domów, hoteli, przemysłu i obszarów wiejskich.

- Instalacja ta ma miejsce tam, gdzie wytworzona i zmagazynowana energia jest przeznaczona do innego wykorzystania. Tego rodzaju instalacje nie są podłączone do dystrybucji sieciowej. Instalacja ta występuje w miejscach, gdzie stworzenie sieci dystrybucyjnej jest ważne z ekonomicznego punktu widzenia lub gdzie nie ma dostępu do sieci dystrybucyjnej.

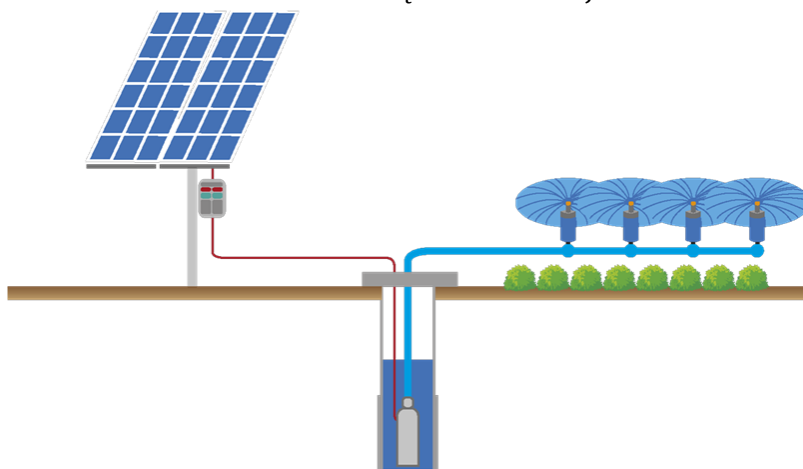
Elementami składowymi tego rodzaju instalacji są:

- Panel fotowoltaiczny.
- Regulator/ maksymalizator
- bateria akumulatorów
- Ładowarka inwerterowa
- Generator pomocniczy



W tego typu instalacji regulator ładuje akumulator energią wytworzoną przez panel lub prądem stałym, a do odebrania energii zgromadzonej w akumulatorze przez regulator potrzebny jest falownik.

- Off the grid stosowany jest również w instalacjach, które nie potrzebują zmagazynowanej energii do ich wykorzystania i działa tylko tam, gdzie jest produkcja fotowoltaiczna jak: pompa solarna, nawadnianie solarne, basen, oczyszczacz czy urządzenia wentylacyjne.
- Pompowanie i nawadnianie słoneczne: rodzaj instalacji do systemów nawadniających, które wymagają sterownika regulującego przepływ nawadniający lub pompujący do złoża w zależności od występującego promieniowania (niektóre pompy zawierają sterownik). obecnie powszechne jest stosowanie zmienników częstotliwości jako sterowników pomp solarnych.

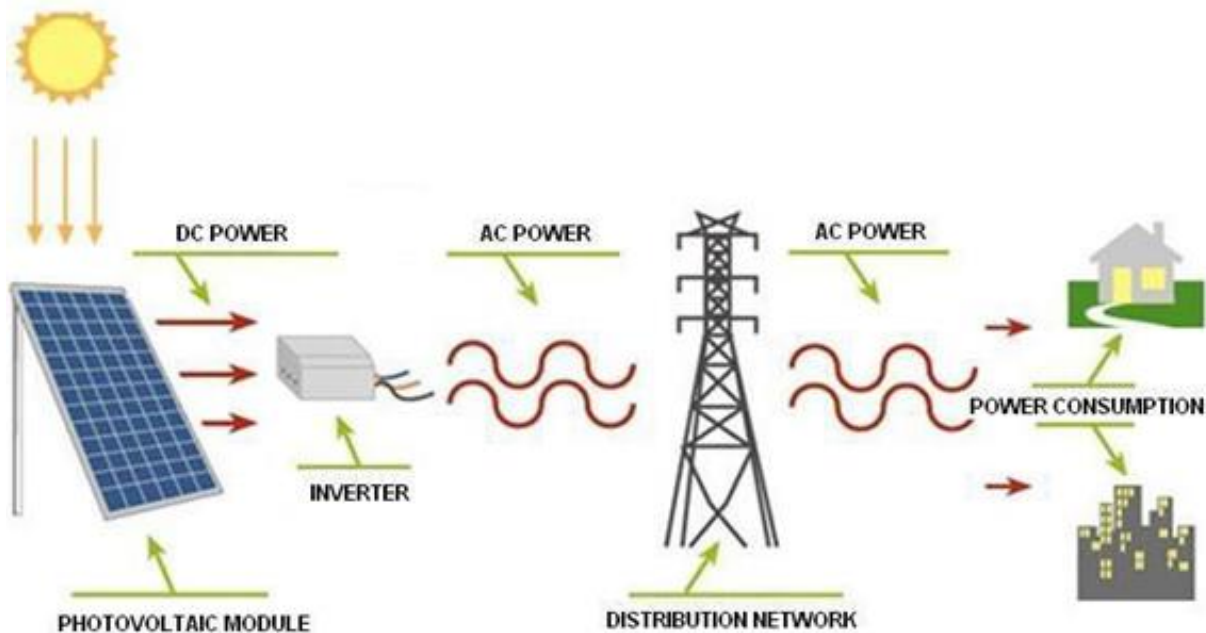


- Solarne oczyszczanie basenów: rodzaj instalacji, w której fotowoltaiczne panele słoneczne przekazują wytworzoną energię bezpośrednio do sterownika pompy w celu regulacji prądu.

- **Instalacja typu "Grid-tie**

Typ instalacji stosowany na rynku elektrycznym, który jest rodzajem instalacji fotowoltaicznej wykorzystującej całą wygenerowaną energię do sieci dystrybucyjnej.

Do tego typu instalacji potrzebne są jedynie: panele fotowoltaiczne solarne oraz inwerter Grid-tie.

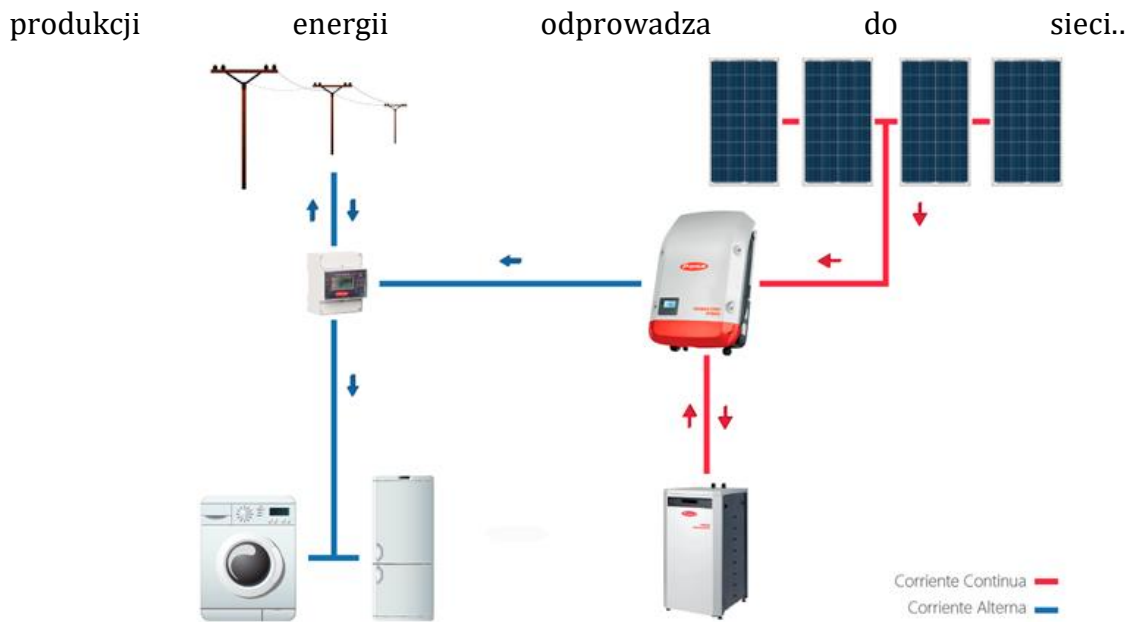


- **Instalacja fotowoltaiczna do samodzielnej konsumpcji**

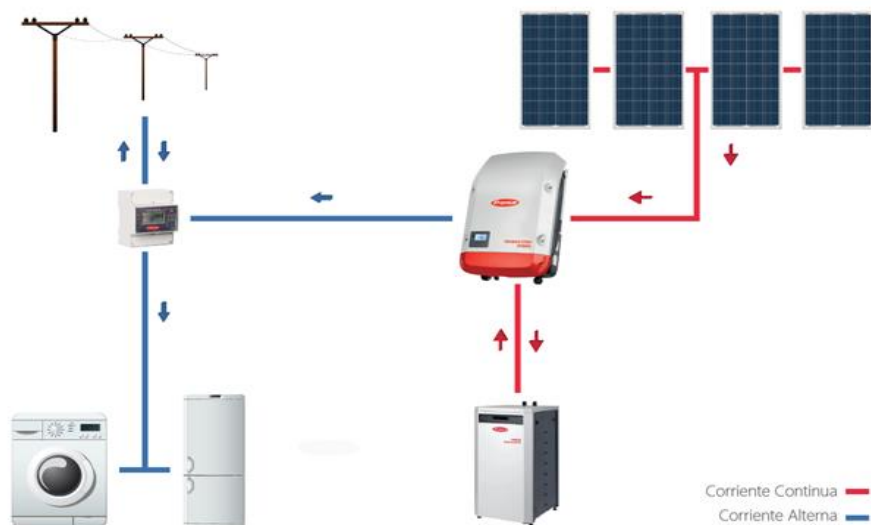
Fotowoltaika samokonsumpcyjna jest typem instalacji, która miesza system instalacji Grid tie i Off-grid. Typ instalacji, która zużywa niezbędną energię i odprowadza nadwyżkę produkcji energii do sieci.

Istnieją dwa rodzaje systemu samokonsumpcji:

- **Samożycie bezpośrednie:** Typ instalacji, w której lokalna opłata zużywa bezpośrednio i natychmiastowo energię wytworzoną przez instalację, a nadwyżkę



- Samodzielna konsumpcja z akumulacją: Jest to typ instalacji, w której ładowanie lub rozładowywanie akumulatorów, jest zarządzane przez dodatkowe urządzenia, a nadwyżka wyprodukowanej energii jest rozładowywana w akumulatorach do czasu, gdy jest bardziej przydatna.



2.3 Obliczenia i projektowanie

Ten podrozdział pozwoli studentom poznać podstawy prawidłowego doboru wielkości systemu PV. Obejmuje on obliczenia zapotrzebowania na energię, straty w systemie oraz wymiary poszczególnych elementów instalacji. Pojęcia te są bardzo ważne dla optymalnej, długotrwałej pracy urządzeń.

Obliczenie zapotrzebowania na energię

Dzienne zużycie energii jest potrzebne przy projektowaniu systemu fotowoltaicznego. Dlatego konieczne jest zestawienie wszystkich urządzeń i dziennej liczby godzin pracy w ich użytkowaniu.

Tabela1. Pobór mocy przez poszczególne urządzenia

Urządzenie	Zużycie mocy (W)	Running hour/ days
Lodówka klasy A+	80	10h
Telewizor ledowy	70	3h
Pralka	350	1.5h
Mikrofalówka	900	0.3h
Blender	200	0.25h
Komputer	200	2h
Oświetlenie kuchni/jadalni	26 x 6 jdn.	3h
Oświetlenie pokoju	26	1h
Konsumpcja własna	4	24h

Obliczenie wymaganej mocy E_d (Wh), uzyskuje się poprzez pomnożenie mocy znamionowej P (w), przez godzinę pracy (h) lub urządzenia.

$$E_d \text{ (Wh)} = E \text{ (P (W). h)}$$

- **System losses**

Określony kąt nachylenia musi być uwzględniony przy obliczaniu energii generowanej przez panel.

Współczynnik wydajności (PR), zwany stratami systemowymi, wynosi 0,6, gdy zainstalowany jest system akumulatorów, jeśli wynosi 0,8 i występuje akumulacja systemowa, jest to więc system generacji bezpośredniej.

Współczynniki wydajności oblicza się:

Loss orient	=	Straty z powodu orientacji (Wartość orientacji południowej wynosi 0)
Loss dirt	=	to straty przez zabrudzenia, to 5% obciążeń środowiska
Loss shade	=	straty spowodowane cieniem
Loss cable	=	szacowane na 3%, straty na okablowaniu
Perf inv	=	szacowane na 94-96%, jest to wydajność falowników, i jest to uzyskane z arkuszy danych technicznych
Perf reg	=	uzyskana z arkuszy danych technicznych, jej suma jest obliczana na 98% dla Maximisera; jest to sprawność Regulatora/Maximisera
Perf bat	=	the battery's performance, calculated by the following formula:
Loss deter	=	strata spowodowana pogorszeniem się stanu paneli, określona przez kartę techniczną paneli, i wynosi 20% straty paneli

- **Wymiar pola fotowoltaicznego**

Gdy już znamy dzienną ilość energii do dostarczenia i straty systemu energetycznego, charakterystykę (typ) paneli do zainstalowania, (monokrystaliczne, polikrystaliczne, amorficzne).

Oficjalna baza danych dostępna dla każdego kraju lub regionu, określa obszar napromieniowania paneli, a także zapewnia promieniowanie w panelach nachylonych powierzchni, które zostaną zainstalowane. W niektórych z tych baz danych, całkowite dzienne i miesięczne wartości energii są generowane. Na przykład PVGIS (Photovoltaic geographical information system), poprzez interring wymaganego parametru, produkcja PV może być obliczona przez kliknięcie na zakładce miesięczne promieniowania, i wybrać lokalizację instalacji map i kliknij na "napromieniowanie pod wybranym kątem: deg" po prawej stronie, aby określić instalację kątów panelu.

Rzeczywista energia, która zostanie wykorzystana jest obliczana poprzez pomnożenie sprawności systemu (współczynnik wydajności obliczony za pomocą EC.2) przez uzyskane napromieniowanie ($H(45)$).

- Dla dziennego PSH

1000W/m² hipotetyczny czas napromieniowania słonecznego znany jako szczytowe godziny słoneczne (PSH), powszechnie stosowany w panelach fotowoltaicznych, jest równoważną liczbą godzin napromieniowania słonecznego, które są wykorzystywane codziennie, i zmienia się co miesiąc w zależności od obszaru promieniowania

- Dla miesięcznego PSH

Zatem moc zainstalowaną (P_i) dla miesiąca (i), uzyskuje się dzieląc energię potrzebną do zasilania odbiorów (E_d) przez miesięczny PSH.

P_i dzieli się pomiędzy wybrane moce szczytowe (W_p) paneli, aby znaleźć liczbę paneli (n_p), które mają być zainstrowane.

- **Obliczanie regulatora lub maksymalizatora MPPT**

Prąd obciążenia charakteryzuje Regulatory i maksymalizatory na wyjściu regulatora, oraz napięcie wyjściowe na akumulatorach.

W zależności od tego, czy jest to regulator ładowania, czy maksymalizator MPPT, prąd obciążenia obliczany jest inną metodą. Zainstalowane akumulatory bankowe mają być wyjściowym napięciem regulatora lub maksymalizatora.

- **Obliczenie regulatora**

Zwykle zaleca się dobór regulatora tak, aby był odporny na jednoczesne przeciążenie na:

Prąd wyjściowy regulatora: ten on powinien być co najmniej o 25% większy od prądu obciążenia w warunkach maksymalnego poboru, a jego wzór to:

I_{max_cons} = maksymalny prąd obciążenia odbiorów, a oblicza się go dzieląc maksymalną moc zapotrzebowaną przez lokalne obciążenie, przez napięcie akumulatorów (napięcie wyjściowe regulatora).
Wzór:

Prąd wejściowy regulatora: obliczony jako 25% ma być większy od prądu generatora zwarciovego.

Jego wzór to.:

Isc	=	prąd zwarciovego panelu
Npp	=	ilość paneli zamontowanych równolegle w stosunku do szeregowych

- **Obliczanie wydajności baterii**

Jednym z najważniejszych punktów w systemie energii fotowoltaicznej jest wydajność akumulatorów, która określi jakość prądu.

Pojemność akumulatorów potrzebną do zasilania instalacji można obliczyć według wzoru:

Cbat[Ah]	=	wymagana pojemność baterii
N	=	dni autonomii, można ją osiągnąć w przedziale 2-5 dni w zależności od potrzeb i sposobu użytkowania
Ed	=	energia dzienna, która jest potrzebna dla domu [Wh]
Vbat	=	napięcie banku akumulatorów [V]
DODmax	=	maksymalne rozładowanie akumulatora śmierci, i może być podjęte między (60-80) dla akumulatora kwasowo-ołowiowego

- **Obliczenia dotyczące przetwornicy**

Gdy znamy już pojemność akumulatora, możemy określić moc falownika potrzebnego do instalacji według wzoru:

Pinv[W]	=	moc falownika, który ma być zainstalowany [W]
Peqsim	=	jednocześnie podłączonych urządzeń [W]

3. Agri-PV

3.1 Wprowadzenie do Agri-PV

Europejski Zielony Ład określa wizję osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. Będzie to wymagało głębokiej transformacji społeczeństwa i gospodarki Europy; w szczególności jej sektorów energetycznego i rolno-spożywczego.

Pakiet Czystej Energii ("CEP"), przyjęty przez Unię Europejską w 2019 r., określił ramy dla redukcji emisji gazów cieplarnianych o 40% do 2030 r., częściowo poprzez osiągnięcie co najmniej 32% udziału energii odnawialnej w końcowym zapotrzebowaniu na energię. W 2020 roku Komisja Europejska zaproponowała europejskie prawo klimatyczne, które oprócz bardziej ambitnych celów na rok 2030 ustanowiłoby prawnie wiążący cel zerowej emisji gazów cieplarnianych netto do 2050 roku.

Od 1962 r. główną polityką w dziedzinie rolnictwa na poziomie UE jest wspólna polityka rolno ("WPR"). WPR zapewniła 58,82 mld euro wsparcia dla rolników w 2018 roku

(Komisja Europejska, 2020) w ramach swoich dwóch filarów: pierwszy filar obejmuje bezpośrednie wsparcie dla rolników, a drugi filar ukierunkowany jest na zrównoważony rozwój obszarów wiejskich. Komisja Europejska zaproponowała w 2018 roku rewizję WPR na okres 2021-2027, która jest obecnie negocjowana. Rewizja ma na celu modernizację i "zazielenienie" polityki rolnej UE, dostosowując ją do zmieniającego się kontekstu rolnego, energetycznego i zmiany klimatu.

W tych ramach fotowoltaika rolnicza ("Agri- PV") oferuje możliwość jednoczesnej realizacji Europejskiego Zielonego Ładu, spełnienia celów UE w zakresie dekarbonizacji i osiągnięcia celów WPR.

Zasada działania Agri-PV jest prosta: inteligentne połączenie infrastruktury rolniczej z instalacją fotowoltaiczną. Połączenie to otwiera szereg przełomowych zastosowań, które wykorzystują synergię między energią słoneczną a rolnictwem. Agri-PV pozwala na połączenie energii słonecznej z konkretnymi działaniami na obszarach wiejskich i w rolnictwie, zapewniając rozwiązania dla potrzeb rolników i społeczności wiejskich poprzez napędzanie inwestycji i tworzenie miejsc pracy na obszarach wiejskich, wspieranie tradycyjnych i zrównoważonych praktyk rolniczych lub zwiększanie odporności działalności rolniczej na klimat.

UE odgrywa kluczową rolę w promowaniu licznych synergii między rolnictwem a wytwarzaniem energii elektrycznej z energii słonecznej, które umożliwiają systemy Agri-PV. Zainstalowana bezpośrednio nad uprawami energia słoneczna zapewnia cień, chroni uprawy przed gradem lub mrozem, umożliwia stabilne plony i zwiększa wydajność elektryczną paneli PV (Barron - Gafford, 2019). Solar może być zainstalowany na hangarach rolniczych lub na szklarniach i może wspierać rozwój nowoczesnej infrastruktury, która poprawia konkurencyjność sektora rolniczego. Farmy słoneczne na skalę użytkową stanowią doskonałe otoczenie dla wypasu owiec (Kochendoerfer i in., 2019). Ogólnie rzecz biorąc, istnieje już ogromna liczba metod integracji energii słonecznej z infrastrukturą rolniczą, a innowacje regularnie pojawiają się na rynku. Polityka publiczna powinna stymulować wdrażanie uznanych systemów Agri-PV, jednocześnie wspierając innowacyjne rozwiązania Agri-PV.

Oszacowano, że wdrożenie Agri-PV na zaledwie 1% globalnych pól uprawnych mogłoby pomóc w zaspokojeniu całkowitego globalnego zapotrzebowania na energię (Adeh, Good, Calaf i Higgins, 2019). Od 2014 roku na świecie wdrożono około 2800 systemów Agri-PV o łącznej mocy około 2,9 GWp (Bay War.e.). Sektor odnotował znaczący wzrost w Japonii, Korei Południowej i Chinach, gdzie ramy regulacyjne i systemy wsparcia funkcjonują już od kilku lat (Schindele i in., 2020).

Potencjał Agri-PV w Europie jest ogromny: możliwości techniczne, gdyby Agri-PV zostało wdrożone na zaledwie 1% gruntów ornych UE (Komisja Europejska, 2018), wynoszą ponad 700 GW. Jednak rozwój Agri-PV w Europie jest rozdrobniony wśród państw członkowskich UE. Rozwój Agri-PV w Europie mógłby ustanowić europejski przemysł słoneczny globalnym liderem w tym szybko rozwijającym się segmencie rynku.

Aby UE mogła wykorzystać swój potencjał i stać się światowym liderem w dziedzinie Agri-PV, konieczne jest stworzenie europejskich ram, które pobudzą rozwój tego sektora. W niniejszym opracowaniu staramy się podkreślić synergię pomiędzy Agri-PV a polityką UE w zakresie zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, przyszłości sektora rolno-spożywczego, dostosowania do zmian klimatu oraz dekarbonizacji wysp. Ponadto, przedstawiamy konkretne zalecenia polityczne, które mogą zostać

uwzględnione przez decydentów zajmujących się rolnictwem, energią, klimatem i środowiskiem na poziomie unijnym, krajowym, regionalnym i lokalnym.

3.2 Umożliwienie zrównoważonego rozwoju na obszarach wiejskich

Oprócz pełnego wdrożenia CEP, a w szczególności dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii (Unia Europejska, 2018), Unia Europejska i jej państwa członkowskie powinny wspierać rozwój Agri-PV w Europie poprzez co najmniej cztery inicjatywy polityczne:

1. Rewizja WPR: Agri-PV może umożliwić osiągnięcie celów WPR. Drugi filar WPR powinien promować wdrażanie Agri-PV, a państwa członkowskie powinny włączyć plany rozwoju Agri-PV do swoich planów strategicznych WPR.
2. Realizacja strategii Farm to Fork: Agri-PV może być podstawą nowoczesnego, zrównoważonego, zdrowego i sprawiedliwego systemu żywnościowego. Horyzontalne wdrożenie strategii "od pola do stołu" powinno uwzględniać różne wkłady Agri-PV w celu zwiększenia zrównoważonego rozwoju, poprawy odporności i pobudzenia innowacji w sektorze rolno-spożywczym.
3. Rewizja strategii UE w zakresie dostosowania do zmian klimatu: Rozwiązania Agri-PV przyczyniają się do odporności klimatycznej praktyk rolniczych. Zmieniona strategia adaptacji do zmian klimatu UE powinna zapewnić ukierunkowane wsparcie dla rozwiązań Agri-PV, które poprawiają odporność rolnictwa na zmiany klimatu.
4. Inicjatywa "Czysta energia dla wysp UE": regiony ubogie w ziemię są szczególnie odpowiednie do wdrażania Agri-PV. Wyspy UE powinny włączyć plany wdrożenia Agri-PV w celu wsparcia bezpieczeństwa żywnościowego i energetycznego do swoich programów transformacji czystej energii.

3.3 Agropaliwa a przyszłość celów WPR

Jednym z głównych celów Europejskiego Zielonego Ładu jest zapewnienie, że zmieniona WPR w pełni odzwierciedla ambicje klimatyczne UE. Ma to być osiągnięte częściowo poprzez zapewnienie, że co najmniej 40% całkowitego budżetu WPR przyczynia się do działań na rzecz klimatu. Ponadto WPR obejmuje finansowanie i środki wspierające rozwój obszarów wiejskich, czyli "drugi filar". W budżecie na lata 2014-2020 instrument finansowania drugiego filaru, Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich ("EFRROW"), miał budżet w wysokości około 100 mld euro.

Wniosek Komisji w sprawie WPR ma na celu modernizację zarządzania drugim filarem i jego realizacji poprzez ustanowienie jasnych celów i umożliwienie państwom członkowskim opracowania własnych strategii zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Komisja zaproponowała 9 celów szczegółowych (zob. rysunek 1), które "koncentrują się na rentowności, odporności i dochodach gospodarstw rolnych, na zwiększonej wydajności środowiskowej i klimatycznej oraz na wzmocnionej tkance społeczno-gospodarczej obszarów wiejskich" (Komisja Europejska, 2018). Państwa członkowskie UE przygotowują obecnie "Plany strategiczne WPR", które wyszczególnią interwencje, jakie przeprowadzą, aby osiągnąć te cele, które będą finansowane z funduszy EFRROW. Plany te będą oceniane przez Komisję Europejską i zawierają konkretne cele oraz będą podlegać rocznej sprawozdawczości państw członkowskich.

Zgodnie z celami przyszłej WPR, państwa członkowskie UE powinny włączyć Agri-PV do swoich planów strategicznych WPR. Takie działania będą napędzać inwestycje w społecznościach wiejskich, zapewni możliwości zatrudnienia na obszarach wiejskich, przyczyni się do odporności praktyk rolniczych, zwiększy efektywność wykorzystania gruntów i poprawi gospodarkę wodną, jak również umożliwi osiągnięcie 9 celów WPR.



#EUBudget #FutureofCAP

3.4 Jak Agri-PV przyczynia się do realizacji celów WPR?

Różnorodność zastosowań Agri-PV prowadzi do wielu korzyści przyczyniających się do realizacji celów WPR przedstawionych powyżej.

1. Inwestycje solarne dla rolnictwa

Cele 1, 2, 7, 8

Dochody rolników w UE są nadal znacznie niższe niż średnie dochody w wielu państwach członkowskich (Komisja Europejska, 2018). Sektor Agri-PV generuje inwestycje, które wspierają konkurencyjność sektora rolnego poprzez modernizację gospodarstw i

sprzętu. Zarówno rolnicy indywidualni, jak i spółdzielnie rolnicze mogą czerpać korzyści z wdrożenia Agri-PV, co jak wykazano, zwiększa dochody gospodarstw rolnych o ponad 30% (Dinesh i Pearce, 2016).

Istnieją różne modele w zależności od własności systemu Agri-PV. Deweloperzy Agri-PV mogą działać jako "inwestorzy trzeciej strony", w których rozwijają projekt bez kosztów dla rolników. Deweloperzy otrzymują wynagrodzenie ze sprzedaży energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, podczas gdy rolnicy czerpią korzyści z nowej infrastruktury rolniczej, takiej jak nowa lokalna przestrzeń magazynowa lub trwałe systemy ochrony upraw, które zwiększyły wydajność gospodarstwa, lub z uzupełnienia dochodów w postaci czynszu płaconego za użytkowanie ich ziemi.

Rolnicy mogą również zainwestować i zlecić deweloperowi Agri-PV opracowanie systemu Agri-PV. W tym modelu rolnicy muszą partycypować w kosztach CAPEX związanych z projektem. Następnie czerpią korzyści z obniżonych rachunków za energię, jeśli sami konsumują energię elektryczną, oraz stabilnego uzupełnienia dochodów, jeśli wprowadzają energię do sieci.

2. Miejsca pracy związane z energią słoneczną dla społeczności wiejskich

Cele 6, 8

Bezrobocie w społecznościach wiejskich, zwłaszcza wśród młodych ludzi, jest ważnym wyzwaniem. W latach 2015-2017 średnia stopa bezrobocia dla młodych ludzi na obszarach wiejskich wynosiła 18% (Komisja Europejska, 2019). Ponadto, populacja wiejska zmniejsza się w całej UE. W latach 2013- 2017 około 500 000 osób opuściło obszary wiejskie na rzecz większych ośrodków miejskich (Komisja Europejska, 2019). Przemysł solarny stymuluje społeczną i gospodarczą tkankę obszarów wiejskich, generuje nowe możliwości zatrudnienia i dywersyfikuje strukturę ekonomiczną społeczności wiejskich.

Energia słoneczna tworzy więcej miejsc pracy na każdy megawat wytworzonej mocy niż jakiegokolwiek inne źródło energii (Solar Power Europe, 2019). Rozwój projektów Agri-PV wspiera miejsca pracy w działalności downstream sektora PV, takiej jak instalacja, inżynieria lub operacje i konserwacja instalacji Agri-PV.

Modernizacja infrastruktury wiejskiej i zwiększenie produktywności gospodarstw rolnych sprawia, że społeczności wiejskie stają się bardziej dynamiczne. Kiedy instalacja Agri-PV zastępuje tymczasową infrastrukturę (np. plastikową szklarnię), może przyczynić się do stabilizacji możliwości zatrudnienia i zmniejszenia sezonowości pracowników.

3. Ochrona upraw za pomocą energii słonecznej

Cele 2, 3, 4, 9

Rolnictwo jest szczególnie narażone na zmiany klimatu. Wyższe temperatury, niedobór wody, nowe szkodniki czy ekstremalne zjawiska pogodowe zagrażają odporności naszych systemów rolno-spożywczych. Ponadto w UE zwiększa się powierzchnia upraw szklarniowych, co ma zróżnicowany wpływ na środowisko w zależności od rodzaju zastosowanej szklarni (EIP-Agri, 2019). Agri-PV rozwiązuje oba wyzwania, zwiększając odporność klimatyczną rolnictwa i poprawiając zrównoważony rozwój szklarni.

Rozmieszczenie energii słonecznej nad uprawami zapewnia synergię, która zwiększa odporność klimatyczną rolnictwa. Środowiska suche są szczególnie odpowiednie dla instalacji Agri-PV, umożliwiając synergię między produkcją niektórych upraw, ochroną

wody i produkcją energii odnawialnej, oprócz zapewnienia lokalnych usług ekosystemowych (Barron-Gafford i in., 2019). Instalacje Agri-PV zapewniają również możliwości wdrażania fizycznych środków kontroli szkodników, zmniejszając potrzebę stosowania chemicznych środków kontroli szkodników.

Agri-PV tworzy uzasadnienie biznesowe dla zastąpienia plastiku z tanich szklarni oraz dla zapewnienia czystej energii elektrycznej dla zaawansowanych technologicznie szklarni. W pierwszej sytuacji plastik zastępuje się bardziej trwałymi materiałami, a dodatkowe koszty są rekompensowane przez wytwarzanie czystej energii elektrycznej. W drugim przypadku wysokie zużycie energii związane z ogrzewaniem, chłodzeniem i utrzymaniem złożonych usług cyfrowych można zaspokoić dzięki samodzielnie produkowanej energii elektrycznej.

4. Bardziej efektywne wykorzystanie terenu

Cele 4, 5, 6

W latach 2000-2017 każdego roku tracono około 80 000 hektarów gruntów rolnych (Europejska Agencja Środowiska, 2019). Utratę gruntów rolnych przypisuje się głównie porzucaniu gruntów, a uszczelnianie gruntów stanowi zagrożenie dla odporności na zmiany klimatu. Aby temu zaradzić, Komisja Europejska zaproponowała w 2011 r. ustanowienie celu "zerowego poboru ziemi netto" (Komisja Europejska, 2011). Agri-PV umożliwia podwójne wykorzystanie gruntów, zmniejszając ich zajęcie i minimalizując konkurencję pomiędzy rolnictwem a energią odnawialną.

Rozwiązania Agri-PV nad uprawami mogą poprawić produktywność na hektar, jednocześnie zmniejszając degradację gleby i zużycie wody. Produktywność zwiększa się dzięki zastosowaniu dynamicznych systemów śledzenia, które mogą regulować cień dostarczany uprawom (Valle i in., 2017).

5. Solar do poprawy gospodarki wodnej

• Cele 1, 2, 4, 5, 6

Rolnictwo, leśnictwo i rybołówstwo stanowią lwią część zużycia wody w UE, odpowiadając za około 40% zasobów wodnych w 2015 roku (Komisja Europejska, 2019). Zrównoważone zarządzanie ograniczonymi zasobami wodnymi będzie miało zasadnicze znaczenie dla utrzymania praktyk rolniczych w UE. Agri-PV przyczynia się do obniżenia zapotrzebowania na wodę w rolnictwie poprzez osłonę upraw przed ciepłem oraz poprzez zmniejszenie ewapotranspiracji (Barron-Gafford i in., 2019).

Gleba pod cieniem paneli PV utrzymuje wilgotność gleby, zapewniając idealne warunki dla niektórych rodzajów upraw (Ibid). Zużycie wody można dodatkowo zoptymalizować dzięki cyfrowym rozwiązaniom Agri-PV, które mogą śledzić napromieniowanie słoneczne i lepiej regulować warunki mikroklimatyczne pod panelami słonecznymi. Ponadto, energia słoneczna może być wykorzystywana do zasilania pompowania wody podziemnej do nawadniania, zastępując generatory diesla.

3.5 Włączenie Agri-PV do planów strategicznych WPR

Należy wykorzystać synergię pomiędzy Agri-PV, celami przyszłej WPR oraz celami UE w zakresie klimatu i energii. W tym celu potrzebne są odpowiednie mechanizmy wsparcia,

które stymulują prywatne inwestycje w sektor Agri-PV. Osiągnięcie wystarczającego poziomu inwestycji wygeneruje niezbędne korzyści skali, które przyczynią się do zwiększenia konkurencyjności europejskiego sektora Agri-PV.

W ramach przyszłej WPR należy sformalizować "europejską strategię Agri-PV". Strategia ta powinna stymulować wdrażanie ustalonych systemów Agri-PV, promować wiodącą rolę UE w innowacjach technologicznych Agri-PV, zwiększać produktywność sektora rolniczego i umożliwiać wdrażanie odnawialnych źródeł energii na obszarach wiejskich. Opracowana w ścisłej współpracy z ekspertami w dziedzinie rolnictwa strategia Agri-PV powinna mieć na celu umożliwienie przejścia na czystą energię na obszarach wiejskich, w oparciu o cele WPR i strategii integracji systemu energetycznego (Komisja Europejska, 2020).

Na poziomie krajowym inwestycje w energię słoneczną powinny być traktowane priorytetowo w ramach planów strategicznych WPR, jak podkreślono w strategii Farm to Fork. Komisja Europejska powinna wydać jasne wytyczne dla państw członkowskich, w jaki sposób ich plany strategiczne WPR mogą zmaksymalizować wykorzystanie agropaliw, zgodnie z ich krajowymi planami energetyczno-klimatycznymi.

Ponadto, państwa członkowskie powinny włączyć plany rozwoju ram regulacyjnych Agri-PV jako część swoich planów strategicznych WPR. Kilka krajów i regionów podkrajowych na świecie opracowało już ramy regulacyjne dotyczące Agri-PV. Należą do nich Japonia, Korea Południowa, Chiny, Francja i Massachusetts (Schindele i in., 2020). Ramy regulacyjne dla Agri-PV są w trakcie opracowywania w Holandii, Szwajcarii, Austrii, Niemczech, Indiach i Kalifornii.

Projektując ramy regulacyjne w celu wsparcia rozwoju Agri-PV, decydenci powinni skupić się na 6 konkretnych działaniach:

1. Wdrożenie ukierunkowanych mechanizmów finansowych wspierających małe, średnie i duże Agri-PV poprzez dotacje, taryfy gwarantowane Agri-PV ("FiT") oraz przetargi na energię Agri-PV.
2. Zaprojektowanie ram umożliwiających Agri-PV, zapewnienie rolnikom wdrażającym systemy Agri-PV dotacji w ramach WPR oraz promowanie Agri-PV kierowanych przez społeczność.
3. Opracowanie indeksów Agri-PV, które ujmują agroekonomiczne, środowiskowe i społeczne efekty zewnętrzne systemów Agri-PV.
4. Ustalenie jasnych i solidnych kryteriów oceny jakości projektów Agri-PV oraz zapewnienie niezależnej i okresowej oceny trwałości projektu.
5. Zagwarantowanie, że ramy dotyczące systemów Agri-PV są spójne z polityką w zakresie energii, rolnictwa, środowiska i klimatu oraz że ich opracowanie jest procesem partycypacyjnym, w którym uczestniczą wszystkie zainteresowane strony.
6. Nadanie priorytetu publicznemu finansowaniu badań i rozwoju w zakresie programów badawczych wspierających transformację energetyczną na obszarach wiejskich.

3.6 Zrównoważone rolnictwo i fotowoltaika

Agrisolar może przyspieszyć przejście na zrównoważony system rolniczy, który przyczynia się do realizacji europejskich celów Zielonego Ładu, w szczególności celów Europejskiego Prawa Klimatycznego, dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii, WPR, strategii różnorodności biologicznej oraz strategii "Farm to Fork". Konkretnie, Agrisolar może:

1. Przyczynianie się do odpowiedzialnego korzystania z zasobów naturalnych, takich jak ziemia i woda

Projekty Agrisolar są odpowiedzialnym sposobem zarządzania ziemią i wodą. Jeśli są zaprojektowane i zarządzane w sposób zrównoważony, mogą zwiększyć produktywność na hektar, jednocześnie zmniejszając degradację gleby, zużycie wody lub wykorzystanie jednorazowych tworzyw sztucznych.

Systemy agrivoltaiczne, które kolokowały instalację PV i zrównoważoną działalność rolniczą, mogą przyczynić się do obniżenia zapotrzebowania na wodę w rolnictwie poprzez osłonę upraw przed ciepłem i poprzez zmniejszenie ewapotranspiracji (Barron-Gafford i in., 2019). Nadmierne zacienienie jest szczególnie korzystne dla obszarów suchych i ograniczonych w wodę, a także dla ochrony przed poważnymi suszami w określonych geograficznie miejscach (Dinesh i in., 2016). Jedno z badań wskazało, że w zależności od poziomu zacienienia od paneli PV, oszczędności wody mogą sięgać od 14-29% (Marrou et al., 2013). Rośliny o mniejszej gęstości korzeni i wysokim współczynnikiem fotosyntezy netto są idealnymi kandydatami do uprawy w ramach systemu Agri-PV (Adeh et al., 2018).

2. Promowanie zrównoważonych praktyk rolniczych

Instalacje Agri-PV mogą na przykład wdrożyć fizyczne środki kontroli szkodników, takie jak siatki, a tym samym zmniejszyć zużycie chemicznych produktów do zwalczania szkodników (Solar Power Europe, 2020) i mogą przyczynić się do bezpieczeństwa żywności i ochrony różnorodności biologicznej.

Ostatnie badania niemieckiego stowarzyszenia innowacji rynku energetycznego BNE (Bundesverband Neue Energiewirtschaft eV., 2019) wykazały, że wielkoskalowe elektrownie fotowoltaiczne, jeśli są zaprojektowane w sposób zgodny z naturą, zapewniają pozytywny wpływ na różnorodność biologiczną w porównaniu z większością konwencjonalnych i monokulturowych zastosowań.

Systemy Agri-PV mogą również przyczynić się do zwiększonego wychwytywania dwutlenku węgla (Barron-Gafford et al., 2019), co zostało określone przez Międzynarodowy Panel ds. Zmian Klimatu ("IPCC") jako posiadające znaczny potencjał w zakresie ograniczania emisji gazów cieplarnianych (Międzynarodowy Panel ds. Zmian Klimatu, 2020).

3. Zwiększenie odporności rolnictwa UE na zmianę klimatu oraz inne wstrząsy i stresy

Rozwiązania Agrisolar mogą być zaprojektowane tak, aby przeciwdziałać negatywnym skutkom zmian klimatu dla rolnictwa. Dlatego mogą one chronić i zacieniać działalność rolniczą przed niespodziewanymi i ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi, takimi jak grad, nadmierne promieniowanie słoneczne, a także przed szkodnikami i chorobami.

4. Umożliwienie zrównoważonego rozwoju na obszarach wiejskich poprzez wyższe plony i nowe możliwości biznesowe

Inteligentne połączenie infrastruktury solarnej i rolniczej może umożliwić społecznościom wiejskim uzyskanie większej konkurencyjności i zrównoważonego rozwoju (Solar Power Europe, 2020). Kolokacja rolnictwa i PV umożliwia osiągnięcie wyższej efektywności wykorzystania gruntów. Symulacje wskazują, że systemy Agrivoltaic mogą zwiększyć efektywność wykorzystania gruntów do 60-70%, w porównaniu do równoważnych systemów mono (Dupraz et al., 2011). Eksperymentalny system Agri-PV z ziemniakami w Niemczech doprowadził do uzyskania 103% plonu w porównaniu z kontrolą, podczas gdy systemy PV wygenerowały 83% energii elektrycznej, która zostałaby wygenerowana na podobnej działce, co doprowadziło do 86% wzrostu efektywności wykorzystania terenu (Fraunhofer ISE, 2020).

Zachowując rolnicze użytkowanie jako podstawowe, podwójne użytkowanie ziemi służy również dywersyfikacji dochodów rolników, chroniąc dochody i rozwój społeczno-gospodarczy w społecznościach wiejskich nawet w przypadku ekstremalnej suszy (Santa et al., 2017). Dodatkową korzyścią jest m.in. obniżenie kosztów ubezpieczenia od potencjalnego niepowodzenia upraw.

Sprzężenie upraw tolerujących cień z systemami Agri-PV zwiększa wartość ekonomiczną gospodarstw w porównaniu do konwencjonalnych praktyk rolniczych (Dinesh i Pearce, 2015). Współlokowanie PV nad uprawami pomaga w niektórych przypadkach ustabilizować plony upraw i może nawet zwiększyć wydajność elektryczną PV, dzięki efektowi chłodzenia roślin na panelach PV (Barron - Gafford et al., 2019). Dodatkowy dochód przynosi bezpośrednie korzyści społecznościom wiejskim i poprawia infrastrukturę wiejską, łańcuchy wartości i rozproszone dostawy energii elektrycznej, co z kolei może promować lokalne rolnictwo (Majumdar, 2018).

Badanie z 2017 roku (Carreño-Ortega, Á., Galdeano-Gómez, E., Pérez- Mesa, J.C., and del Carmen Galera-Quiles, M., 2017) pokazuje, że można zebrać ważne korzyści dla rolników, zwłaszcza na południu Europy. W konkretnym przypadku Hiszpanii pokazuje, że przy normalnych warunkach wdrożenia ze szklarnią o powierzchni 1,8 ha (duża skala), rentowność gospodarstwa wzrosłaby o 9,89%, co wzrosłoby do 14,1%, jeśli inwestycje byłyby wspierane przez pomoc państwa. Inne badanie wskazało, że wdrożenie Agrivoltaics może zwiększyć dochody gospodarstwa o ponad 30% (Dinesh i in., 2016).

Energia słoneczna, jako najbardziej skalowalna i opłacalna technologia czystej energii, upoważnia rolników do bycia w centrum europejskiego Zielonego Ładu i zielonego ożywienia po COVID. Energia słoneczna tworzy więcej miejsc pracy na każdy megawat zainstalowanej mocy niż jakiegokolwiek inne źródło energii (Międzynarodowe Biuro Pracy, 2011). Modele biznesowe Agrisolar mogą przyczynić się do tworzenia nowych obywatelskich społeczności rolniczych i zajmujących się energią odnawialną.

Projekty Agrisolar są odpowiedzialnym sposobem zarządzania ziemią i wodą. Jeśli są zaprojektowane i zarządzane w sposób zrównoważony, mogą zwiększyć produktywność na hektar, jednocześnie zmniejszając degradację gleby, zużycie wody lub wykorzystanie jednorazowych tworzyw sztucznych.

Systemy agrivoltaiczne, które kolokowały instalację PV i zrównoważoną działalność rolniczą, mogą przyczynić się do obniżenia zapotrzebowania na wodę w rolnictwie poprzez osłonę upraw przed ciepłem i poprzez zmniejszenie ewapotranspiracji (Barron-Gafford i in., 2019). Nadmierne zacienienie jest szczególnie korzystne dla obszarów suchych i ograniczonych w wodę, a także dla ochrony przed poważnymi suszami w określonych geograficznie miejscach (Dinesh i in., 2016). Jedno z badań wskazało, że w zależności od poziomu zacienienia od paneli PV, oszczędności wody mogą sięgać od 14-

29% (Marrou et al., 2013). Rośliny o mniejszej gęstości korzeni i wysokim współczynniku fotosyntezy netto są idealnymi kandydatami do uprawy w ramach systemu Agri-PV (Adeh et al., 2018).

4. Koncepcja zrównoważonego rolnictwa

Trwałość każdego projektu solarnego jest związana z jego wartością społeczno-ekonomiczną i środowiskową. W tym rozdziale omówiono kryteria, które mogą najlepiej ocenić wartość środowiskową i społeczno-ekonomiczną dostarczaną przez projekty Agrisolar. Dalsze informacje na temat maksymalizacji trwałości projektów solarnych w ogóle można znaleźć w Solar Sustainability Best Practices Benchmark (Solar Power Europe, 2021).

Aby zapewnić efektywne działanie, zarówno jako infrastruktura rolnicza, jak i urządzenia do wytwarzania energii fotowoltaicznej, oraz aby zmaksymalizować synergię agroekologiczną zidentyfikowaną w głównej sekcji, Agrisolar i zrównoważone rolnictwo, deweloperzy projektów Agrisolar muszą pójść o krok dalej i zdefiniować koncepcję zrównoważonego rolnictwa (SAC).

Ogólnie rzecz biorąc, SAC powinna zapewnić, że projekt nie będzie kolidował z użytkowaniem gruntów rolnych i rentownością (a w niektórych przypadkach ciągłością) działalności rolniczej. Powinien on zostać opracowany w początkowych etapach fazy planowania projektu i obejmować ocenę agronomicznych, środowiskowych i społeczno-ekonomicznych skutków projektu. SAC będzie wykorzystywany do planowania działalności rolniczej, zapewnienia, że system Agrisolar jest w pełni dostosowany do działalności rolniczej, a także, że odpowiedni monitoring wydajności systemu w całym okresie jego użytkowania został wcześniej ustalony.

SAC powinien również dążyć do minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko i maksymalizacji potencjalnych synergii środowiskowych. Zapewni on również, że projekt będzie ekonomicznie opłacalny dla wszystkich stron, zarówno z punktu widzenia działalności rolniczej, jak i wytwarzania energii elektrycznej. SAC zakłada "indywidualne podejście" do każdego projektu, dostosowując instalacje Agrisolar do wielkości gospodarstwa, jego lokalizacji, topografii gleby, lokalnych warunków klimatycznych, wpływu na różnorodność biologiczną i gospodarkę wodną, a także uwzględniając lokalne społeczności wiejskie.

SAC powinien obejmować trzy ogólne obszary, w tym definicję działalności rolniczej, która pasuje do konkretnego typu systemu Agrisolar; ocenę wpływu systemu na środowisko; oraz ocenę wpływu społeczno-ekonomicznego projektu. SAC powinien zawierać plan monitorowania wydajności rolniczej i fotowoltaicznej systemu przez cały okres jego użytkowania. Konkretna zawartość SAC będzie się różnić w zależności od konkretnego projektu i rozwiązania Agrisolar. Poniżej przedstawiamy kilka wymagań, które muszą być zawarte w SAC, ważne elementy, które powinny być zawarte w SAC oraz elementy opcjonalne, które mogą zmaksymalizować synergię agroenergetyczną i zapewnienie trwałości systemu Agrisolar, jeśli zostaną uwzględnione

1. Definicja działalności rolniczej, która pasuje do określonego typu systemu Agrisolar.

SAC musi zawierać ogólne informacje o działalności rolniczej i systemie PV związanym z systemem Agrisolar, ocenę potrzeb zaangażowanych podmiotów rolniczych, informacje o terenie objętym projektem oraz plan techniczny instalacji Agrisolar. W SAC należy

również ocenić sprzęt i maszyny wykorzystywane do prowadzenia działalności rolniczej. Ważność SAC musi być potwierdzona przez niezależną stronę trzecią, aby zapewnić kompatybilność działalności rolniczej i systemu fotowoltaicznego.

W przypadku płodozmianu, SAC powinien zawierać ocenę przewidywanego harmonogramu płodozmianu. Szczególnie w przypadku systemów Agri-PV połączonych z uprawą roślin, SAC powinien zawierać ocenę rozkładu światła i warunków mikroklimatycznych wymaganych do wzrostu upraw (takich jak temperatury, wilgotność i wiatr). W przypadku projektów Agrisolar dla hodowli zwierząt, SAC powinien rozważyć wpływ systemu Agrisolar na dobrostan zwierząt.

Dodatkowe elementy, które można rozważyć to poprawa odporności działalności rolniczej, w szczególności jakie rodzaje systemów ochrony upraw można zastosować.

2. Ocena wpływu systemu na środowisko naturalne

Podobnie jak w standardowych projektach fotowoltaicznych, skuteczna ocena wpływu danego projektu na środowisko jest niezbędnym elementem projektów Agrisolar (Solar Power Europe, 2020). Projekty Agrisolar muszą być zgodne z wymogami prawnymi w kraju, w którym realizowany jest projekt, a także zgodne z przyjętymi na arenie międzynarodowej standardami, takimi jak standardy działania IFC i zasady Equator (Ibid). W związku z tym może być wymagane kilka zezwoleń, w tym ocena oddziaływania na środowisko (EIA).

Biorąc pod uwagę rolniczy wymiar projektów Agrisolar, SAC musi również zawierać ocenę spodziewanego wpływu na erozję gleby i spodziewane zamulenie gleby, ocenę dostępności wody i wpływu systemu Agrisolar na efektywność wykorzystania wody.

SAC powinien również zaplanować bezresztkowy montaż i demontaż systemu solarnego, co powinno zminimalizować wpływ projektu na ziemię.

Dodatkowymi elementami, które można rozważyć, są wpływ na sekwestrację dwutlenku węgla i świadczenie usług dla lokalnych ekosystemów, takich jak różnorodność biologiczna.

3. Ocena skutków społeczno-gospodarczych projektu

Musi to obejmować plan operacyjny dla projektu, oszacowanie efektywności ekonomicznej projektu oraz obliczenie efektywności wykorzystania gruntów. Naukowy organ doradczy musi również zawierać ocenę warunków pracy w gospodarstwie, w tym wszelkie względy bezpieczeństwa związane z rozmieszczeniem urządzeń elektrycznych.

Należy również uwzględnić oszacowanie spodziewanych oszczędności finansowych w okresie eksploatacji, wynikających z zastąpienia materiałów krótkotrwałych trwałym systemem Agrisolar.

SAC może również zawierać lokalny plan działania, który integruje poglądy i interesy społeczności lokalnych. SAC może zawierać plan marketingowy dla produktów rolnych lub analizę rynku regionalnego dla produktów rolnych, które będą produkowane w gospodarstwie Agrisolar. W tym zakresie można by również rozważyć wpływy projektu na lokalne łańcuchy dostaw.

4. Ocena wydajności w całym cyklu życia

Biorąc pod uwagę podwójny charakter systemów Agrisolar, program SAC powinien obejmować monitorowanie wydajności zarówno systemu rolniczego, jak i fotowoltaicznego.

Projekty Agrisolar, które wykazują poprawę wyników lub które wykraczają poza działania początkowo zaplanowane w SAC, mogą uzyskać wzrost oceny. Z drugiej strony, projekty osiągające gorsze wyniki lub te, które nie przestrzegają swoich SAC, mogą doznać obniżenia oceny. W najgorszym przypadku, gdy nie można wykazać żadnej znaczącej działalności rolniczej lub wydajności energetycznej, status projektu jako projektu Agrisolar może zostać cofnięty.

Projekty Agrisolar powinny gromadzić odpowiednie dane agronomiczne, energetyczne, środowiskowe i społeczno-ekonomiczne, które mogą być przydatne do dalszej poprawy jakości projektu Agrisolar w przyszłości.

Można również ocenić okres eksploatacji projektu, w tym szczegółową ocenę działania ekosystemu i usług społeczno-gospodarczych świadczonych przez projekt.

4.1 W kierunku trzygwiazdkowego poziomu odniesienia dla projektów Agrisolar

W celu oceny jakości konkretnych projektów Agrisolar, ramy mogłyby przyjąć formę 3-gwiazdkowego punktu odniesienia, który mógłby być stosowany przed opracowaniem projektu i przez cały okres jego trwania.

Wytyczne te mają inspirować rozwój solidnych ram regulacyjnych dla Agrisolar.

Trzygwiazdkowy benchmark pokazuje, jak dobrze zaprojektowany i obsługiwany jest konkretny projekt Agrisolar pod względem synergii agroenergetycznych, które tworzy, oraz jego ogólnego zrównoważonego rozwoju społecznego i środowiskowego. Synergie agroenergetyczne i ich zrównoważony rozwój można schematycznie przedstawić na rysunku 12.

- **Jak czytać kryteria 3-gwiazdkowego benchmarku**

Projekt Agrisolar, który spełnia podstawowe kryteria SAC ("kryteria konieczne"), takie jak przygotowanie samego SAC, kwalifikuje się jako projekt Agrisolar z oceną jednogwiazdkową. Jeśli projekt spełnia dodatkowe kryteria ("Should criteria"), takie jak wykazanie synergii pomiędzy systemem PV a działalnością rolniczą, lub czy projekt przyczynia się do zrównoważonych praktyk społecznych lub środowiskowych, projekt będzie miał tendencję do oceny dwugwiazdkowej. Wreszcie, idealny projekt spełniający dodatkowe najlepsze w swojej klasie kryteria ("Could criteria"), które maksymalizują synergię agroenergetyczną lub zapewniają znaczące usługi ekosystemowe, otrzyma pełną ocenę trzygwiazdkową.

Należy pamiętać, że o ile spełnienie kryteriów "Must" jest podstawowym wymogiem, aby zostać uznanym za Agrisolar, to spełnienie kryteriów "Should" i "Could" pozostaje opcjonalne. Niespełnienie jednego lub więcej z tych opcjonalnych kryteriów nie wyklucza uzyskania przez system wyższej oceny jakości. Co ważne, kryteria określone w niniejszych wytycznych nie są wyczerpujące i mają jedynie charakter orientacyjny.



	MUST CRITERIA ★ ☆ ☆	SHOULD CRITERIA ★ ★ ☆	COULD CRITERIA ★ ★ ★
DIMENSION 1: Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Has a SAC concept which includes general information of agricultural activity and PV system, assessment of needs of agricultural stakeholder, information on project land, technical plan of Agrisolar system, assess the use of equipment/machinery. • Fulfills need of agricultural activity and generates green electricity. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrate synergies between PV and agriculture. • Evaluation of light distribution and micro-climatic conditions • Water management performed. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maximise synergies between PV and agriculture. • Improvements on the resilience of the agricultural activity.
DIMENSION 2: Environment	<ul style="list-style-type: none"> • Effective assessment of environmental impact of the project (standard Environmental Impact Assessment). • Assessment of impacts on soil erosion, soil silting, assessment of water availability. 	<ul style="list-style-type: none"> • Min standards soil preservation during construction and dismantling • Efficient tech, degradability of structures. • Lifecycle approach • Transitioning biodiversity, more sustainable agricultural practices. 	<ul style="list-style-type: none"> • Provision of ecosystem services. • Increased biodiversity measures "BNE guide" (no pesticide, local seeds). • Soil regeneration and carbon capture.
DIMENSION 3: Socioeconomics	<ul style="list-style-type: none"> • Business plan for the project • Assessment of farm working conditions, including safety considerations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of lifetime financial savings from replacement of short lived materials. • Impacts on local supply chain considered. 	<ul style="list-style-type: none"> • Local action plan integrating views and interests of local communities. • Establishment of/Integration within local agriculture and renewable energy community.
DIMENSION 4: LCA	<ul style="list-style-type: none"> • Performance monitoring of the system. 	<ul style="list-style-type: none"> • Data collection on performance (Agricultural, Environmental, Energy, Socio-economics). 	<ul style="list-style-type: none"> • Detailed evaluation of performance of ecosystem and socioeconomic services provided.

4.2 Istniejące wyzwania dla Agrisolarów

Bariery regulacyjne, finansowe i techniczne ograniczają obecnie rozwój rynku Agrisolar w całej UE.

- **Bariery regulacyjne i administracyjne**

Jednym z głównych wyzwań dla rozwoju Agrisolar w całej Europie jest niska jakość lub brak ram regulacyjnych wspierających rozwój projektów Agrisolar. W wielu krajach, które mają znaczny potencjał do rozwoju Agrisolar, takich jak Hiszpania, Portugalia czy Włochy, brakuje obecnie ram prawnych dla rozwoju Agrisolar. Jednym z wyjątków jest Francja, gdzie Komisja Regulacji Energetyki w Dokumentacji Przetargowej podaje definicję systemów Agrisolar (CRE, 2017). Jednakże, francuskie ramy przetargowe ramy przetargowe nie są tak specyficzne jak system regulujący przetargi na naziemne elektrownie słoneczne.

Mówiąc dokładniej, istniejące ramy przetargowe nie zapewniają odpowiednich zachęt do rozwoju projektów Agrisolar. Podczas gdy kilka rozwiązań Agrisolar odniosło sukces komercyjny w ciągu kilku lat, innowacyjny charakter niektórych systemów Agri-PV oznacza, że nie zawsze są one konkurencyjne w porównaniu z tradycyjnymi naziemnymi systemami słonecznymi. Ponieważ większość przetargów jest rozstrzygana w oparciu o cenę energii, projekty Agri-PV nie mogą jeszcze konkurować w standardowych przetargach na energię odnawialną. Jedynym wyjątkiem są tu przetargi na innowacje we Francji i Niemczech. W konsekwencji skutkuje to mniejszym zainteresowaniem potencjalnych inwestorów i mniejszym zapewnieniem pomocy publicznej dla ich rozwoju.

Kolejną bardzo ważną barierą dla rozwoju Agrisolar w Europie jest potencjalna utrata dotacji w ramach WPR przez rolników, którzy zainstalują kolektory słoneczne na swoich gruntach. W Niemczech rolnicy zostali pozbawieni bezpośredniego wsparcia dochodowego po wdrożeniu systemu Agri-PV, który miał umożliwić wypas owiec na miejscu. Decyzja ta została uchylona przez sądy jako naruszenie prawa UE, argumentując, że wdrożenie WPR w Niemczech nie było zgodne z prawem UE (Sąd Administracyjny w Regensburgu, wyrok z 15 listopada 2018 r.).

Deweloperzy Agrisolar napotykają trudności w uzyskaniu pozwoleń na budowę i innych niezbędnych zezwoleń. Wynika to z braku wiedzy i braku lokalnych administracji wydających pozwolenia, które mogą ocenić pliki.

- **Bariery techniczne**

Jedną z ważnych barier technicznych jest dostępność paneli słonecznych, modułów i struktur, które są odpowiednie dla projektów Agri-PV. Główni producenci modułów nie wprowadzają jeszcze na rynek modułów o odpowiedniej wielkości i wydajności dla systemów Agrivoltaic. Na przykład moduły PV powinny być raczej lekkie, ponieważ często są bardziej wyniesione. Moduły i konstrukcje muszą być również zaprojektowane w taki sposób, aby cienie rzucane na ziemię były optymalne dla upraw. W tym względzie przezroczyste blachy tylne są szczególnie przydatne w systemach Agri-PV, ponieważ oferują możliwość optymalizacji przejrzystości paneli PV, które są najbardziej odpowiednie dla konkretnych upraw.

Bezpieczeństwo elektryczne jest również bardzo ważnym wyzwaniem, ponieważ pracownicy rolni, maszyny rolnicze i zwierzęta będą obecne na miejscu. Konstrukcje systemów Agri-PV powinny być również zaprojektowane tak, aby wytrzymać potencjalnie silniejsze uderzenia wiatru.

Wpływ pyłu roznoszonego przez produkty, komponenty i nawozy stosowane w rolnictwie w celu zapewnienia produkcji roślinnej może wpłynąć na niezawodność i trwałość materiałów, z których wykonane są moduły PV, a także na moc systemu.

Dostępność może być również wyzwaniem w rozwoju projektów Agrisolar. Drogi dojazdowe mogą nie być dobrze utrzymane, a komunikacja może być utrudniona ze względu na niższą jakość dostępu do Internetu i sieci telefonicznej. Kolejną ważną barierą techniczną dla projektów Agrisolar są połączenia sieciowe. Obszary wiejskie mogą mieć mniejszą istniejącą pojemność sieci, co może zwiększyć koszty podłączenia i pogorszyć uzasadnienie biznesowe projektu.

- Bariery finansowe

Innowacyjny charakter wielu rozwiązań Agrisolar skutkuje wyższym kosztem kapitału w porównaniu do tradycyjnych naziemnych instalacji solarnych. Ponadto wyższe ryzyko związane ze złożonymi projektami łączącymi inwestycje rolnicze i energetyczne sprawiło, że inwestorzy finansowi i ubezpieczyciele niechętnie wspierają rozwój projektów Agrisolar.

- Inne bariery

Jedną z dodatkowych barier dla rozwoju projektów Agrisolar jest trudność w określeniu własności ziemi. Rolnicy nie zawsze są właścicielami uprawianych przez siebie gruntów, co może powodować dodatkowe komplikacje przy zawieraniu umów o ustanowieniu hipoteki i służebności. Ponadto mogą pojawić się konflikty interesów pomiędzy właścicielami gruntów a rolnikami, co może prowadzić do sytuacji "split incentives".

Ponadto, brak wiedzy na temat sektora energii słonecznej wśród partnerów rolnych może prowadzić do dodatkowych przeszkód. Partnerzy rolni mogą nie być zaznajomieni z typowym harmonogramem rozwoju projektu, okresem eksploatacji projektu oraz technicznymi aspektami integracji działalności rolniczej z wytwarzaniem energii elektrycznej z energii słonecznej. W niektórych przypadkach przewyciężenie niskiego poziomu zaufania interesariuszy wiejskich do deweloperów systemów solarnych wymaga dalszych wysiłków. Kluczowym filarem sukcesu może być reagowanie na zastrzeżenia ze strony interesariuszy rolnych.

4.3 Jak wspierać Agrisolar?

Biorąc pod uwagę potencjał Agrisolar w zakresie wspomaganie przejścia na zrównoważone środowiskowo praktyki rolnicze, w celu dekarbonizacji systemu energetycznego, władze regulacyjne i polityczne (na poziomie unijnym, krajowym, regionalnym i lokalnym) powinny zapewnić ukierunkowane wsparcie w celu pokonania barier określonych powyżej. Takie działanie przyspieszy osiągnięcie celów Europejskiego Zielonego Ładu i wzmocni wiodącą pozycję UE w zakresie przyszłościowych innowacji technologicznych.

Agrisolar doskonale nadaje się do wspierania celów Europejskiego Zielonego Ładu, w szczególności tych zawartych w pakiecie Fit-for-55 i rewizji WPR. Rewizja dyrektywy o energii odnawialnej ("REDII") powinna wyznaczyć ambitne cele w zakresie wykorzystania energii odnawialnej oraz wzmocnić przepisy dotyczące wydawania pozwoleń na realizację projektów z zakresu energii odnawialnej oraz dostępu do gruntów. Ponadto w ramach drugiego filaru przyszłej WPR należy promować realizację projektów typu Agrisolar. Konkretnie rodzaje projektów Agrisolar mają znaczny potencjał w zakresie napędzania zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich i przyczyniania się do osiągnięcia dziewięciu celów przyszłej WPR. W związku z tym rolnicy, którzy wdrażają projekty Agrisolar (które utrzymują rolnicze wykorzystanie gruntów), powinni nadal otrzymywać wsparcie dochodów w ramach WPR.

Ogólnie rzecz biorąc, zasadnicze znaczenie będzie miało opracowanie ogólnounijnego standardu dla technologii Agrisolar, który zapewni wspólne ramy i będzie wspierał harmonizację przepisów w państwach członkowskich UE. Standard unijny powinien jednak zapewniać wystarczającą elastyczność, aby dostosować się do krajowych i regionalnych różnic w praktykach rolniczych, warunkach klimatycznych, jakości gleby lub kosztach gruntów, wśród wielu innych czynników.

Państwa członkowskie UE powinny również promować Agrisolar poprzez opracowanie ram regulacyjnych i umożliwiających rozwój projektów Agrisolar. Ogólnie rzecz biorąc, ramy te powinny promować rozwój projektów Agrisolar jako strategię rozwiązywania problemów z dostępem do gruntów rolnych oraz promowania zrównoważonych praktyk rolniczych i rozwoju obszarów wiejskich.

Konkretnie, ramy polityki Agrisolar powinny skupiać się na 6 obszarach (Solar Power Europe, 2020). Po pierwsze, ramy polityki Agrisolar powinny ustanowić ukierunkowane mechanizmy finansowe w zależności od wielkości projektów. Ponadto należy zapewnić ulgi podatkowe lub dodatkowe źródła dochodów dla projektów Agrisolar, które zapewniają ważne usługi w zakresie różnorodności biologicznej i wychwytywania dwutlenku węgla.

Po drugie, uzupełniając solidne mechanizmy finansowania, rządy powinny stworzyć ramy ułatwiające rozwój projektów Agrisolar. Ramy te powinny eliminować nieuzasadnione bariery administracyjne dla projektów, wspierać finansowanie projektów i zapewniać wsparcie techniczne dla rolników i społeczności wiejskich, które chcą rozwijać projekty Agrisolar. Przyspieszona procedura wydawania pozwoleń na realizację projektu powinna być dozwolona w przypadku przedstawienia solidnego i certyfikowanego SAC.

Po czwarte, państwa członkowskie UE powinny opracować solidne ramy oceny jakości projektów Agrisolar, zgodnie z czterema wymiarami SAC. Co najważniejsze, państwa członkowskie UE powinny zapewnić harmonizację takich ram zapewniania jakości w różnych jurysdykcjach, aby uniknąć niepotrzebnych barier rynkowych.

Po piąte, ramy polityki Agrisolar powinny zapewniać spójność w ramach polityki rolnej, energetycznej, środowiskowej i dotyczącej zmiany klimatu. Powinny one zostać opracowane w procesie partycypacyjnym, który uwzględni potrzeby zainteresowanych stron z obszarów wiejskich oraz branży energii słonecznej.

Wreszcie ramy Agrisolar powinny ukierunkować publiczne i prywatne finansowanie badań i rozwoju na programy badawcze skupiające się na identyfikacji upraw odpowiednich do uprawy w połączeniu z PV, na wpływie systemów Agri-PV na plony i rentowność oraz na demonstracji różnych koncepcji PV.

Po trzecie, w oparciu o ramy przedstawione w niniejszych wytycznych, rządy powinny opracować "indeksy Agrisolar", które uchwycą agroekonomiczne, środowiskowe i społeczne efekty zewnętrzne systemów Agri-PV. Wskaźniki te mogą być wykorzystane do opracowania map, które pokazują najbardziej odpowiednie tereny dla rozwoju projektów, biorąc pod uwagę dostępność sieci.

5. Technologia

Sposób wytwarzania energii jest taki sam dla agrivoltaiki i systemów fotowoltaicznych montowanych na ziemi. Jednak wymagania dotyczące elementów technicznych i podpór

systemu są zupełnie inne w przypadku agrowłókniny ze względu na uprawę ziemi: wysokość i ustawienie systemu, konstrukcja montażowa lub fundament i ewentualnie konstrukcja modułu - wszystko powinno być dostosowane do uprawy za pomocą maszyn rolniczych i potrzeb roślin. Dla maksymalizacji plonów ważne jest również przemyślane zarządzanie światłem i wodą.

Aby umożliwić podwójne wykorzystanie gruntów rolnych do uprawy i wytwarzania energii elektrycznej, moduły słoneczne są zwykle instalowane na wysokości od trzech do pięciu (w przypadku uprawy chmielu także ponad siedmiu) metrów nad polem. Dzięki temu duże maszyny rolnicze, takie jak kombajny, mogą obrabiać ziemię pod systemem agrarnym. Aby zapewnić roślinom wystarczającą ilość światła i opadów, odstęp między rzędami modułów są zwykle większe w porównaniu z konwencjonalnymi systemami fotowoltaicznymi montowanymi na ziemi. Dzięki temu stopień pokrycia powierzchni zmniejsza się do około jednej trzeciej. W połączeniu z wysokimi podporami takie podejście zapewnia jednorodny rozkład światła, a tym samym równomierny wzrost roślin. Po zainstalowaniu modułów śledzonych zarządzanie światłem może być specjalnie dostosowane do etapu rozwoju i potrzeb roślin uprawnych (B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, and A. Christophe, *Applied Energy* 206 (2017)).

Tutaj wybór konstrukcji montażowej, a po części także modułów słonecznych, jest z reguły zupełnie inny niż w przypadku naziemnych systemów fotowoltaicznych. Różne technologie i konstrukcje powinny spełniać specyficzne dla danego miejsca wymagania i warunki rolnicze. Dlatego zaleca się uwzględnienie zarządzania światłem w planowaniu systemu. Ogólnie rzecz biorąc, systemy agrivoltaiczne powinny być zgodne z aktualnym stanem techniki i spełniać powszechnie przyjęte zasady i normy.

5.1 Podejścia do agrivoltaiki

Systemy agrivoltaiczne, jak np. we Francji i Japonii, są często montowane na wysokich podporach. W tym przypadku wysokość prześwitu określa pionową, niezakłóconą przestrzeń pomiędzy podłożem a najniższym elementem konstrukcyjnym. W dalszej części opisano różne możliwości podwójnego wykorzystania gruntów

rolnych.



Systemy z wysokimi wspornikami mają duży potencjał dla efektów synergii. Muszą one jednak umożliwiać uprawę pod modułami PV (rys. 14).

Moduły PV mogą również pełnić ważną funkcję ochronną przed gradem, deszczem, nocnymi przymrozkami i innymi ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi. Na rysunku 13 przedstawiono instalację badawczą firmy BayWar.e. nad sadem. W tej instalacji w Holandii zastosowano moduły o większym rozstawie ogniw, co zwiększa funkcję zadaszenia i ochrony, a jednocześnie zapewnia roślinom więcej światła słonecznego niż inne systemy PV.

Efekty synergii można również osiągnąć dzięki modułom zainstalowanym blisko ziemi. Firma Next2Sun osiąga to dzięki modułom bifacial, które są instalowane pionowo. Chociaż ten typ systemu jest bardziej opłacalny ze względu na niską wysokość konstrukcji montażowej, to jednak dostępne opcje zarządzania światłem są również ograniczone. Systemy zainstalowane blisko ziemi mogą jednak przynieść korzyści poprzez zmniejszenie prędkości wiatru, co również wpływa na parowanie.

Kolejną opcją są rurowe moduły fotowoltaiczne zainstalowane poziomo na wspornikach, wdrożone przez firmę TubeSolar AG. To innowacyjne podejście obiecuje równomierną przepuszczalność światła i wody na całej powierzchni, co jest ważne dla równomiernego wzrostu roślin. Firma partnerska Agratio GmbH łączy te nowatorskie moduły z niedrogim wsparciem. Rury solarne są tutaj montowane na wspornikach i zawieszane nad powierzchnią uprawną, dzięki czemu uzyskuje się półcień, który jest korzystny dla większości zastosowań rolniczych.

W Japonii pod nazwą "solar sharing" montuje się bardzo wąskie moduły nad gruntami ornymi, aby dostosować dostępność światła. W tym przypadku instalacje agrarne służą jako dodatkowe źródło dochodu i zabezpieczenie emerytalne dla rolników. Możliwe jest wiele innych rozwiązań technicznych, które mają różne zalety i wady.

5.2 Technologie modułów

Zasadniczo w systemach agrarnych można stosować wszystkie rodzaje modułów słonecznych. Moduły z krzemowymi ogniwami słonecznymi w formie płytek stanowią około 95 procent światowego rynku PV. Przyjęta kompozycja wymaga szyby z przodu i białej folii pokrywającej z tyłu. Nieprzezroczyste ogniwa słoneczne są połączone szeregowo w odległości 2-3 mm i zalaminowane pomiędzy tymi dwoma elementami. Do montażu i stabilizacji służy metalowa ramka.

W przypadku przezroczystego pokrycia tylnego (szkło, folia), przestrzenie pomiędzy ogniwami pozwalają na to, aby światło w dużej mierze przechodziło i docierało do roślin znajdujących się poniżej. W przypadku konwencjonalnych modułów przestrzenie między ogniwami stanowią od czterech do pięciu procent powierzchni. Przestrzenie te można powiększyć, a ramy modułów zastąpić mocowaniami zaciskowymi, aby zwiększyć przepuszczalność światła. Moduły o większym stosunku powierzchni przezroczystej do całkowitej mogą chronić rośliny przed wpływami środowiska, nie ograniczając w tym samym stopniu dostępności światła.

Moduły bifacjalne mogą również wykorzystywać światło otoczenia padające na odwrotną stronę do wytwarzania energii. W zależności od poziomu promieniowania padającego na odwrotną stronę, wydajność energetyczna może wzrosnąć nawet o 25 procent (typowo między 5 a 15 procent). Ponieważ w przypadku agrivoltaiki odległość między rzędami jest większa, a wsporniki wyższe, ilość światła dostępnego na stronie odwrotnej modułów jest szczególnie wysoka. Dlatego też moduły bifacjalne dobrze nadają się do agrivoltaiki. W projekcie badawczym Heggelbach zastosowano bifacjalne moduły szklane. Kolejną zaletą modułów z podwójną strukturą szklaną jest wytrzymałość resztkowa w przypadku pęknięcia szkła - korzystna dla zdrowia i bezpieczeństwa pracy.

Moduły cienkowarstwowe (CIS, CdTe, a-Si/ μ -Si) mogą być realizowane na elastycznych podłożach, co umożliwia ich cylindryczne wygięcie. Przy identycznej strukturze ich masa na jednostkę powierzchni jest o około 500 g/m² (gramów na metr kwadratowy) niższa w porównaniu z modułami z krzemowymi ogniwami słonecznymi opartymi na płytkach. Sprawność jest jednak nieco niższa. Również koszt na jednostkę powierzchni modułów cienkowarstwowych ulega niewielkiej redukcji.

Dotyczy to również fotowoltaiki organicznej (OPV). Zasadniczo możliwe jest również selektywne dopasowanie spektralne warstw aktywnych OPV, co oznacza, że część widma słonecznego może być transmitowana i wykorzystywana przez rosnące pod spodem rośliny. OPV jest jednak wciąż w fazie wprowadzania na rynek. Do wyzwań należą niska sprawność i trwałość.

W fotowoltaice koncentratorowej (CPV) światło jest skupiane przez soczewki lub lustro na małych powierzchniach fotoaktywnych. Moduły CPV muszą być wdrażane z funkcją śledzenia słońca, z wyjątkiem systemów o bardzo niskiej koncentracji. Światło rozproszone jest w dużej mierze transmitowane. Obecnie istnieje niewielu dostawców modułów OPV i CPV do zastosowań w agrivoltaice.

5.3 Konstrukcja montażowa i fundamenty

- **Projektowanie konstrukcji montażowej**

Rodzaj konstrukcji montażowej musi być dostosowany do konkretnego zastosowania rolniczego i jego odpowiednich potrzeb. Przykładem może być planowanie wysokości systemu i odległości pomiędzy stalowymi wspornikami. Należy przy tym uwzględnić uwrocia, wysokość prześwitu i szerokość roboczą maszyn rolniczych. Instalacja badawcza

w Heggelbach została zaprojektowana tak, aby nawet duże kombajny mogły pod nią przejechać. Odległość między podłożem a spodem konstrukcji wynosi pięć metrów. Oprócz możliwych efektów synergii, korzyści z dużej wysokości prześwitu obejmują łatwy dostęp pojazdów do terenu i bardziej jednorodne rozłożenie światła pod systemem. Z drugiej strony, koszty inwestycji w konstrukcję montażową są generalnie niższe dla mniejszych wysokości, ponieważ wymagana jest mniejsza ilość stali i odpowiednio zmniejszone są wymagania statyczne.

Rozstaw rzędów, ustawienie i wysokość instalacji agrarnej mają kluczowe znaczenie, ponieważ decydują o dostępności światła. Parametry te powinny być zawsze dostosowane do potrzeb roślin uprawianych pod systemem agrolotniczym. Na przykład w zakładzie badawczym w Heggelbach rozstaw rzędów wynosi 9,5 metra przy szerokości rzędu modułów 3,4 metra. Wyższe lub niższe wartości są możliwe w zależności od tolerancji na zacinienie uprawianych roślin. Znacznie większa odległość między rzędami zwiększa jednak zapotrzebowanie na teren, a tym samym koszty instalacji w stosunku do uzysku energii elektrycznej.

- **Śledzenie jedno- i dwuosiove**

Istnieją systemy, na przykład we Francji, które pracują z jedno- lub dwuosiowym śledzeniem, co oznacza, że moduły słoneczne podążają za słońcem za pomocą mechanizmu śledzącego. W przypadku śledzenia jednoosiowego moduły fotowoltaiczne podążają za słońcem w poziomie zgodnie z kątem padania promieni słonecznych (wysokość) lub w pionie zgodnie z orbitą słoneczną (azymut). Dwuosiove trackery realizują obie te funkcje i dzięki temu maksymalizują uzysk energii. Jednak systemy dwuosiove z dużymi stołami modułów mogą tworzyć umbrę pod modułami, podczas gdy inne części pola nie otrzymują w ogóle cienia. Podczas wstępnych badań systemu w Heggelbach uznano, że śledzenie modułów PV jest nieekonomiczne dla lokalizacji w Niemczech. Niezależnie od wyższych kosztów nabycia i utrzymania, tracking może jednak zoptymalizować zyski energetyczne i zarządzanie światłem przy uprawie roślin (B. Valle, T. Simonneau, F. Sourd, P. Pechier, P. Hamard, T. Frisson, M. Ryckewaert, and A. Christophe, Applied Energy 206 (2017) (rozdział 5.4 Light Management). Poprzez płaskie pokrycie dachowe, dwuosiove systemy nadążne mają potencjał do ochrony roślin przed gradem lub ekstremalnym słońcem, podczas gdy zacinienie może być zredukowane w fazie wzrostu.

- **Posadowienie i fundamenty**

Zakotwienie lub fundamenty zapewniają statykę i stabilność instalacji agrarnej. Przy budowie instalacji należy przedstawić dowód spełnienia tych wymogów bezpieczeństwa. W przypadku instalacji agrivoltaicznych nie zaleca się stosowania stałych fundamentów betonowych, aby zachować cenne grunty rolne. Alternatywą są fundamenty palowe lub specjalne kotwienie za pomocą kotew Spinnanker. Ponieważ nie stosuje się betonu, system można zdemontować bez pozostawiania śladów.

Mobilne koncepcje agrowłókniny umożliwiają montaż, ponowny demontaż i instalację w innym miejscu bez użycia większych maszyn. Możliwa korzyść: Pozwolenie na budowę może nie być wymagane, ponieważ nie jest to zmiana konstrukcyjna. Mobilna agrivoltaika umożliwia zatem elastyczne dostosowanie do rolnictwa, w tym spontaniczne rozmieszczenie w regionach kryzysowych.

5.4 Zarządzanie światłem

Zacienienie na polach uprawnych zmienia się w zależności od dziennego przebiegu słońca i jego zmiennego położenia w ciągu roku. Jednorodne światło jest pożądane dla zdrowego wzrostu roślin, równomiernego dojrzewania i maksymalizacji efektów synergii. Można to osiągnąć na różne sposoby:

1. W Heggelbach nie wybrano orientacji południowej (0°). Na podstawie symulacji i pomiarów najbardziej odpowiednia jest orientacja południowo-zachodnia lub południowo-wschodnia, odpowiednio z odchyleniem 45° od południa. W obliczeniach uwzględniono zmniejszenie produkcji energii o około pięć procent. Rzeczywiste ustawienie może odbiegać od normy ze względu na warunki lokalne.
2. Inną opcją jest zachowanie orientacji południowej i zastosowanie węższych modułów PV, tak jak w przypadku współdzielenia energii słonecznej w Japonii.
3. Jednorodne oświetlenie można również uzyskać przy ustawieniu modułów w kierunku wschód-zachód. Przy tej orientacji ruch cienia w ciągu dnia jest maksymalny. Aby uniknąć cienia pod stałymi modułami, które są całkowicie nieprzepuszczalne dla światła, szerokość rzędów modułów powinna być znacznie mniejsza niż wysokość systemu. Z reguły wysokość prześwitu powinna być co najmniej 1,5 razy większa od szerokości rzędów modułów. W przypadku modułów gąsienicowych współczynnik ten powinien wynosić co najmniej 2. Moduły nadążne natomiast zmniejszają ten współczynnik w obu przypadkach, w zależności od stopnia przepuszczalności światła (patrz rozdział 5.3.2 Śledzenie).
4. Dwuosiove śledzenie modułów PV jest kolejną opcją selektywnego zarządzania światłem i wyższego uzysku energii elektrycznej. Jak już opisano w rozdziale 4.3.2, wiąże się to jednak z wyższymi kosztami inwestycji i utrzymania. Systemy z dużymi stołami modułów i dwuosiowym śledzeniem zwykle nie nadają się do uprawy roślin uprawnych ze względu na umbrę za modułami. Inne części pola są z kolei stale wystawione na pełne światło słoneczne.

W Heggelbach odstęp między rzędami modułów PV o nachyleniu 20° został zwiększony o około 60 procent w porównaniu z konwencjonalnymi systemami fotowoltaicznymi montowanymi na ziemi, dzięki czemu około 69 procent całkowitego promieniowania słonecznego zostało udostępnione roślinom.

5.5 Gospodarka wodna

Woda deszczowa spływająca z okapu modułów może powodować erozję gleby poprzez jej wymywanie.

Aby uniknąć negatywnych konsekwencji dla wzrostu roślin w zagrożonych miejscach i zastosowaniach, w projekcie systemu można uwzględnić różne podejścia do zarządzania wodą: Podobnie jak w przypadku zarządzania światłem, wąskie lub rurowe moduły PV mogą zapobiegać gromadzeniu się większych ilości wody pod krawędzią modułu. Jeśli moduły mają stanowić strukturalną ochronę dla upraw, z drugiej strony, śledzenie modułów PV (Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron, and G. Belaud, Hydrol. Earth Syst. Sci.22.2, 2018) do rozprowadzania opadów spływających z okapów lub kierowanie wody deszczowej to lepsze opcje. W tym ostatnim przypadku należy zapewnić wystarczającą ilość wody poprzez nawadnianie. Zbieranie i magazynowanie wody

deszczowej może pomóc w zachowaniu zasobów wód gruntowych, zwłaszcza w regionach jałowych, lub w ogóle umożliwić rolnictwo.

5.6 Wielkość systemu PV

Średnia wielkość zainstalowanych systemów agrarnych różni się znacznie w zależności od kraju. Oprócz opłacalności ekonomicznej, decentralizacji i aspektów społecznych, kluczowymi kryteriami, które należy wziąć pod uwagę, jest wpływ na krajobraz, a tym samym akceptacja społeczna. Mniejsze systemy o mocy od 30 do 120 kWp występują na przykład w Japonii. Z drugiej strony w Chinach zbudowano już elektrownie o mocy kilkuset MWp.

Table 3. Overview of approval steps for agrivoltaics

ETAPY PROCESU	INSTYTUCJA	UWAGI
Pozwolenie na budowę	Gmina	Mapa zagospodarowania przestrzennego i plan zabudowy
Wymagane opinie biegłych	Certyfikowany ekspert	Raport środowiskowy, glebowy i ochrony przed olśnieniem. Testy obciążenia wiatrem.
Rejestracja służebności	Notariusz	Prawo drogi i struktura własności, na przykład
Ubezpieczenie	Zakład ubezpieczeń	Badanie przeprowadzone we współpracy z firmą ubezpieczeniową Gothaer Versicherung wykazało, że suma ubezpieczenia dla systemu agrowłókninowego nie powinna być znacząco wyższa niż dla porównywalnej, konwencjonalnej instalacji solarnej.

Droga, którą podążają Niemcy, pozostaje otwarta i prawdopodobnie będzie różnie postrzegana w zależności od regionu. Mniejsze systemy, zwykle instalowane nad specjalnymi uprawami, pasują do regionów południowych Niemiec, które charakteryzują się mniejszymi działkami i większą wrażliwością estetyczną. Z kolei w regionach północnych i wschodnich Niemiec o dużych powierzchniach, większe systemy agrivoltaiczne mogą być sensowne dla dużych gospodarstw rolnych, aby ekonomicznie zrekomensować niższe roczne promieniowanie słoneczne poprzez korzyści skali.

Zapotrzebowanie na teren dla systemów agrivoltaicznych jest zwykle o 20-40 procent wyższe w porównaniu z naziemnymi systemami fotowoltaicznymi o tej samej mocy nominalnej. Obecnie system agrivoltaiczny ma wydajność od 500 do 800 kWp na hektar, podczas gdy konwencjonalny system PV ma wydajność od 600 do 1100 kWp na hektar w zależności od projektu. Zastosowanie modułów bifacjalnych może zwiększyć uzysk energii elektrycznej: W pierwszym roku eksploatacji uzysk z instalacji badawczej w Heggelbach wyniósł 1284 kWh na kWp mocy, podczas gdy konwencjonalna instalacja solarne w tym miejscu produkuje jedynie 1209 kWh na kWp.

5.7 Dopuszczenie, montaż i eksploatacja

Proces zatwierdzania systemów agrarnych

W procesie zatwierdzania budowy instalacji agrowłókninowej należy uwzględnić pewną specyfikę. Wymagana dokumentacja powinna być przygotowana w ścisłej koordynacji z partnerami technologicznymi. Przegląd wymaganych zezwoleń, ekspertyz i dokumentów przedstawiono w tabeli 3.

W zakładzie badawczym w Heggelbach grunt orny pod instalacją agrowłókniny został określony jako obszar specjalnego wykorzystania. W ten sposób trwale utracono prawo do dopłat do gruntów rolnych, mimo że gospodarka rolna jest kontynuowana. Ponadto technologia agrivoltaiczna nie jest wspierana ani przez rozporządzenie o przetargach na fotowoltaikę naziemną, ani przez taryfę gwarantowaną EEG.

W Niemczech nie istnieje jak dotąd żaden system certyfikacji dla systemów agrowłókniny. Fraunhofer ISE pracuje obecnie z partnerami projektu nad przygotowaniem specyfikacji DIN, która definiuje standardy jakości, które służą jako kryteria dla przetargów, kwalifikowalności finansowania lub uproszczonych procesów planowania. Obejmuje to definicję indeksów agrivoltaicznych i odpowiednich procedur testowych, które mogą być stosowane przez instytucje certyfikujące, takie jak VDE (Association for Electrical, Electronic & Information Technologies) lub TÜV.

Instalacja systemu agrarnego na przykładzie Heggelbach

Instalacja agrarna powinna być dostosowana do odpowiednich warunków lokalnych i metod uprawy. Planowaniem projektu i zagospodarowaniem terenu zajmuje się z reguły specjalistyczna firma. W przypadku zakładu badawczego w Heggelbach zadania te przejęła firma BayWar.e.

Partnerzy techniczni są odpowiedzialni za całe planowanie i procesy związane z budową, instalacją i eksploatacją systemu. Obejmuje to:

- Znalezienie partnerów do zakupu nadwyżki energii elektrycznej oraz do wprowadzania jej do sieci Zakup materiałów i planowanie logistyczne.
- Budowa instalacji i ochrona gleby
- Konfiguracja systemu
- Koncepcja podłączenia, ochrony odgromowej i monitoringu
- Podłączenie do sieci
- Konserwacja techniczna i usuwanie

Pierwsze przesłuchanie w sprawie planu zagospodarowania zakładu badawczego przez radę gminy Herdwangen-Schönach odbyło się 13 października 2015 r., a zgłoszenie budowy zostało złożone zaledwie sześć miesięcy później, 6 kwietnia 2016 r. Fraunhofer ISE uzyskał zgodę na przyłączenie do sieci od Netze BW w dniu 24 lipca 2015 r. Pozwolenie na budowę zostało wydane 3 maja 2016 roku. Zgoda na budowę była jednak związana z przeglądem statystyk przez niezależne biuro inżynieryjne zajmujące się badaniami. Sporządzono również ekspertyzę gruntową w celu obliczenia i udokumentowania rzeczywistej siły trzymania fundamentu.

Wyniki tej ekspertyzy oraz informacje zwrotne od inżyniera testowego zostały uwzględnione w rewizji konstrukcji montażowej agrivoltaic. Zamówienia na montaż instalacji agrarnej zostały udzielone różnym firmom zgodnie z rozporządzeniem o zamówieniach publicznych, a kolejność budowy została szczegółowo skoordynowana w

ściłym porozumieniu ze Stowarzyszeniem Hofgemeinschaft Heggelbach. Elektronika i okablowanie instalacji agrowłókniny zostały zainstalowane w taki sposób, aby po zakończeniu budowy można było szybko podłączyć instalację badawczą do sieci. Wykonano obliczenia statyczne i odpowiednio dostosowano instalację agrowłókniny. Oprócz kotwic Spinnanker do posadowienia instalacji agrivoltaicznej należało zainstalować kotwicę Alpinanker.

Zgodnie z pierwotnym harmonogramem, rozpoczęcie budowy planowane było na lipiec 2016 roku. Jednak prace wstępne nie mogły zostać zakończone na czas ze względu na różne opóźnienia związane z prawem budowlanym, więc rozpoczęcie budowy zostało opóźnione do sierpnia 2016 roku. Mimo to system został pomyślnie ukończony na czas przed uroczystościami otwarcia w dniu 18 września 2016 roku.

Agrivoltaics w eksploatacji

Ze względu na uprawę roślin i wysokość konstrukcji nośnej moduły słoneczne zawsze nie są w pełni dostępne. Dlatego też konserwację i naprawy należy przeprowadzać na polach odłogowanych. Bezpieczeństwo jest najważniejsze i nie wszystkie pojazdy do konserwacji nadają się do pracy na polach. W przyszłości ma zostać opracowana stosowna koncepcja konserwacji i napraw, w której zostaną ustalone terminy konserwacji i zakres prac konserwacyjnych, a także wyliczone ewentualne koszty.

6. Pytania testowe

1. Jaki rodzaj kryteriów może najlepiej ocenić wartość środowiskową i społeczno-ekonomiczną dostarczaną przez projekty Agrisolar? Uzasadnij swoją odpowiedź.
2. Zdefiniuj trzy najczęściej spotykane typy paneli z ogniwami słonecznymi.
3. Jakie konstrukcje nie są stałe? Koplanarne; śledzące słońce i pochylone.
4. Jakie istnieją rodzaje instalacji fotowoltaicznych? Uzasadnij swoją odpowiedź.
5. Co to jest MPPT? Uzasadnij swoją odpowiedź.

Referencje, przydatne strony internetowe:

Adeh, E., Selker J.S., & Higgins, W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. Retrieved from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203256>

Adeh Elnaz, H., Good, P., Calaf, M., & Higgins, W. (2019). Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. Scientific Reports volume. Retrieved from www.nature.com/articles/s41598-019-47803-3

Barron-Gafford, Greg A., et al. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands. Retrieved from: <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0364-5>

- Bundesverband Neue Energiewirtschaft e. V. (2019). Solar parks – profits for bio-diversity. Retrieved from https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Dokumente/Englisch/Publications/201911_bne_study_biodiversity_profits_from_pv.pdf
- Carreño-Ortega, Á., Galdeano-Gómez, E., Pérez- Mesa, J. C., & del Carmen Galera-Quiles, M. (2017). Implicaciones políticas y medioambientales de los sistemas fotovoltaicos en la agricultura en el sureste de España: ¿Pueden los invernaderos reducir el efecto invernadero?, Almería, España: Universidad de Almería.
- CRE (2017). Appeld'offesportant sur la réalisation et l'exploitation d'installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire. Retrieved from <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-innovantes-a-partir-de-l-energie-solaire>
- Dinesh, H., & Pearce, J.M. (2016). The potential of Agrivoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211501103X>
- EIP-Agri (2019). EIP-AGRI Focus Group Circular horticulture - Final Report. Retrieved from https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eip-agri_fg_circular_horticulture_final_report_2019_en.pdf
- European Commission (2011). Roadmap to a Resource Efficient Europe. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm
- European Commission (2018). CAP specific objective: Ensuring viable farm income. Retrieved from: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap_specific_objectives_-_brief_1_-_ensuring_viable_farm_income.pdf
- European Commission (2018). Trends in the EU agricultural land within 2015-2030. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc113717.pdf>
- European Commission (2019). CAP specific objective: Jobs and growth in rural areas. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-specific-objectives-brief-8-jobs-and-growth-in-rural-areas_en.pdf
- European Commission (2019). CAP specific objective: Structural change and generational renewal. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/cap-briefs-7-structural-change_en.pdf

- European Commission (2019). Evaluation of the Impact of the CAP on Water. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/food-farming-fisheries/key_policies/documents/ext-eval-water-final-report_2020_en.pdf
- European Commission (2020). Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf
- European Environmental Agency (2019). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>
- European Union (2018). DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
- European Commission (2021). Solar power. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/solar-power_en
- Eurostat (2019). Renewable energy statistics. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Online_publications
- Fraunhofer ISE (2020). Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition. A guideline for Germany. Retrieved from <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/agrivoltaics-opportunities-for-agriculture-and-the-energy-transition.html>
- International Labour Office (2011). Investment in renewable energy generates jobs. Supply of skilled workforce needs to catch up. Retrieved from https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_168354.pdf (17/06/2021)
- International Panel on Climate Change (2020). Climate Change and Land. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/agri-pv-how-solar-enables-the-clean-energy-transition-in-rural-areas/>
- IRENA (2019). Renewable Energy Auctions. Status and trends beyond price. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2019/Dec/Renewable-energy-auctions-Status-and-trends-beyond-price>
- IRENA (2020). Solar energy Data. Retrieved from <https://www.irena.org/solar>

- Joint Research Centre (2020). Energy communities: an overview of energy and social innovation. Retrieved from <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119433>
- Kochendoerfer (2019). The agricultural, economic and environmental potential of co-locating utility scale solar with grazing sheep. Retrieved from https://docs.wixstatic.com/ugd/6a0421_0d7f1a7b233f4318916feac42b781cd6.pdf
- Marrou, H., Dufour, L., & Wery, J. (2013). How does Shetler of Solar Panles Influence Water Flows in a Soil-Crop System? – European Journal of Agronomy. (2013; 50, 38-51).
- Majumdar, D. (2018) – Dual use of agricultural land: Introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA – Landscape and Urban Planning. (170, 150–168).
- Regensburg Administrative Court, judgment of November 15, 2018 - RO 5 K 17.1331.
- Santra et al. (2017). Agri-voltaics or Solar farming: The Concept of Integrating Solar PV Based Electricity Generation and Crop Production in a Single Land use System – International Journal of Renewable Energy (Research 7(2): 694-699).
- Schindele, S., et al. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. Applied Energy Volume 265 (2020). Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030626192030249X>
- Segarra Murria, J., & Jorro Ripoll, J. (2006). Principles concerning the use of photovoltaic energy. Conditions for efficient exploitation. La Valld’Uixó, Spain: Heliotec S.L.
- Segarra Murria, J., & Jorro Ripoll, J. (2006). Calculations and design. La Valld’Uixó, Spain: Heliotec S.L.
- Solar Energy Association Industries (SEIA). Solar energy. Retrieved from <https://www.seia.org/initiatives/about-solar-energy>
- Solar Power Europe (2019). Solar Factsheets – Employment and job creation. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/solar-factsheets-employment-and-job-creation/>
- Solar Power Europe (2020). AGRI-PV: How solar enables the clean energy transition in rural areas. Retrieved from <https://www.solarpowereurope.org/agri-pv-how-solar-enables-the-clean-energy-transition-in-rural-areas>

Solar Power Europe (2021). Solar Sustainability Best Practices Benchmark. Retrieved from: <https://www.solarpowereurope.org/solar-sustainability-best-practices-benchmark/>

Valle, B., et al. (2017). Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. Retrieved: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>

Y. Elamri, B. Cheviron, A. Mange, C. Dejean, F. Liron, and G. Belaud, Hydrol. Earth Syst. Sci. 22, 2 (2018).

Anneks

Słownik

CPzS: Tubular lead plate vibration resistant battery with liquid electrolyte and opaque container./ Rurowy akumulator odporny na wibracje z płytą ołowianą, z płynnym elektrolitem i nieprzezroczystym pojemnikiem.

EU-28: abbreviation of European Union which consists a group of 28 countries - from 1st of July 2013 to 31st of January 2020 - (Belgium, Bulgaria, Czech Republic, Denmark, Germany, Estonia, Ireland, Greece, Spain, France, Croatia, Italy, Cyprus, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Hungary, Malta, Netherlands, Austria, Poland, Portugal, Romania, Slovenia, Slovakia, Finland, Sweden, United Kingdom) that operates as an economic and political block. /skrót od nazwy Unia Europejska, która od 1 lipca 2013 do 31 stycznia 2020 składa się z 28 państw (Belgia, Bułgaria, Czechy, Dania, Niemcy, Estonia, Irlandia, Grecja, Hiszpania, Francja, Chorwacja, Włochy, Cypr, Łotwa, Litwa, Luksemburg, Węgry, Malta, Holandia, Austria, Polska, Portugalia, Rumunia, Słowenia, Słowacja, Finlandia, Szwecja, Wielka Brytania), które funkcjonują jako blok gospodarczy i polityczny.

OPzV: Tubular lead plate stationary battery with solid electrolyte in gel form./ Bateria stacjonarna z płytą ołowianą w kształcie rurki, ze stałym elektrolitem w postaci żelu.

Lista skrótów ang.:	Lista skrótów:
AC: Alternative current	AC: Prąd zmienny.
AGM: Absorbent glass mat	AGM: Absorbująca mata szklana
Agri-PV: Agricultural Photovoltaics	Agri-PV: Fotowoltaika rolnicza
a-Si: Amorphous silicon	a-Si: Krzem amorficzny
CAP: Common Agricultural Policy	CAP: Wspólna Polityka Rolna
CapEx: Capital expenditures	CapEx: Nakłady kapitałowe
CC: Constant Current	CC: Constant Current
CdTe: Cadmium Telluride	CdTe: Tellurid kadmu
CEP: Clean Energy Deal	CEP: Clean Energy Deal
CIS: Copper, Indium and Selenium	CIS: miedź, ind i selen

CISG: Copper, Indium, Gallium and Selenide	CISG: Miedź, Ind, Gal i Selenek
CO2: Carbon Dioxide	CO2: Dwutlenek węgla
CPV: Concentrator photovoltaics	CPV: Fotowoltaika koncentrowana
CSP: Concentrated solar power	CSP: Skoncentrowana energia słoneczna
DC: Direct current	DC: prąd stały
EAFRD: European Agricultural Fund for Rural Development	EFRR: Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich
ED: Energy division	ED: Dział Energii
EEG: in German stands for Erneuerbare-Energien-Gesetz, meaning Renewable Energy Sources Act	EEG: w języku niemieckim skrót od Erneuerbare-Energien-Gesetz, czyli ustawy o odnawialnych źródłach energii
EIA: Environmental Impact Assessment	EIA: Ocena oddziaływania na środowisko
EU: European Union	EU: Unia Europejska
FiT: Feed-in-Tariffs	FiT: Feed-in-Tariffs
GHG: Greenhouse gases	GHG: gazy cieplarniane
GWP: Global Warming Potential	GWP: Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego
IEA: International Energy Agency	IEA: Międzynarodowa Agencja Energii
IPCC: International Panel on Climate Change	IPCC: Międzynarodowy Panel ds. Zmian Klimatu
KW: Kilowatt	KW: Kilowat
MPPT: Maximum Power Point Tracking	MPPT: Śledzenie maksymalnego punktu mocy
MtCO2: Metric tons of carbon dioxide equivalent	MtCO2: Tony metryczne równoważnika dwutlenku węgla
Mtoe: Mega tonnes of oil equivalent	Mtoe: Mega tony ekwiwalentu ropy naftowej
OPEC: Organisation of Petroleum Exporting Countries	OPEC: Organizacja KrajóW Eksportujących Ropę Naftową
OPV: Organic photovoltaics	OPV: Organiczna fotowoltaika
OPzS: It stands for O = Ortsfest (stationary) Pz = PanZerplatte (tubular plate) S = Flüssig (flooded); a flooded type of tubular-plate, lead acid, deep cycle batteries	OPzS: skrót od O = Ortsfest (stacjonarny) Pz = PanZerplatte (płyta rurowa) S = Flüssig (zalany); zalany typ baterii rurowo-płytkowych, kwasowo-olowiowych, typu deep cycle
OTEC: Ocean Thermal Energy Conversion	OTEC: Konwersja Energii Termicznej Oceanu
PR: Performance Ratio	PR: Performance Ratio

PSH: Peak Sun Hours	PSH: Godziny największego nasłonecznienia
PV: Photovoltaic(s)	PV: Fotowoltaika (fotowoltaika)
R&D: Research and development	R&D: Badania i rozwój
RES: Renewable Energy Source(s)	RES: Odnawialne źródło(a) energii
SAC: Sustainable Agriculture Concept	SAC: Koncepcja zrównoważonego rolnictwa
SHC: Solar heating and cooling	SHC: Solarne ogrzewanie i chłodzenie
TWh: Terawatt-hour	TWh: Terawatogodzina
UK: United Kingdom	UK: Zjednoczone Królestwo
V: Volt	V: Volt
W/m ² : Watt per square metre	W/m ² : Watt na metr kwadratowy
W: Watts	W: Waty
WP: Watt peak	WP: Wat szczytowy

