Adam Kampa,
Wiceprezes, Polskie Stowarzyszenie Rozwoju Fotowoltaiki

Maciej Kampa,
Członek, Polskie Stowarzyszenie Rozwoju Fotowoltaiki

Agrofotowoltaika

Konkurencja dla rolnictwa czy sposób na podwójne wykorzystanie ziemi?

Czy na tym samym hektarze można jednocześnie produkować żywność i energię elektryczną? Jeszcze niedawno rolnictwo i wielkoskalowa fotowoltaika były często przedstawiane jako konkurenci walczący o ten sam zasób - ziemię. Agrofotowoltaika próbuje zmienić tę perspektywę. Zamiast pytania „rolnictwo czy energia?" stawia inne: „jak produkować jedno i drugie na tym samym terenie?".



Rosnące zapotrzebowanie na energię ze źródeł odnawialnych sprawia, że coraz większego znaczenia nabiera sposób wykorzystania przestrzeni. Jednocześnie grunty rolne mają przede wszystkim służyć produkcji żywności. Połączenie tych dwóch funkcji jest ideą stojącą za agrofotowoltaiką, określaną również jako **Agri-PV lub agrivoltaics**.

Nie oznacza ona jednak zwykłego wybudowania elektrowni fotowoltaicznej na polu. Podstawowym założeniem prawdziwego systemu Agri-PV jest zachowanie działalności rolniczej i zaprojektowanie instalacji fotowoltaicznej w taki sposób, aby mogła z nią współistnieć.

Jedno pole - dwa zastosowania

W klasycznej naziemnej elektrowni fotowoltaicznej podstawowym celem wykorzystania terenu jest produkcja energii. W agrofotowoltaice konstrukcja powinna umożliwiać dalszą uprawę roślin, wypas zwierząt lub prowadzenie innej działalności rolniczej.

Panele mogą być instalowane wysoko nad uprawami, rozmieszczane w większych odstępach między rzędami albo ustawiane pionowo. Możliwe są również konstrukcje wykorzystujące moduły częściowo przepuszczające światło.

Dobór rozwiązania zależy m.in. od rodzaju upraw, nasłonecznienia, lokalnego klimatu oraz maszyn wykorzystywanych przez gospodarstwo. Konstrukcja musi bowiem pozwalać na wykonywanie normalnych prac rolniczych.

To właśnie odróżnia agrofotowoltaikę od zwykłej farmy PV zlokalizowanej na gruncie rolnym.

Czy panele zabierają roślinom słońce?

To jedno z pierwszych pytań pojawiających się przy Agri-PV. Odpowiedź brzmi: **tak, panele zmieniają ilość światła docierającego do roślin, ale nie zawsze musi być to zjawisko niekorzystne**.

Wpływ zacienienia jest silnie zależny od gatunku rośliny, klimatu oraz konstrukcji instalacji. Niektóre rośliny są bardziej tolerancyjne na częściowe zacienienie, podczas gdy inne wymagają dużej ilości promieniowania słonecznego.

Dlatego nie istnieje jeden uniwersalny projekt agrofotowoltaiczny odpowiedni dla każdego gospodarstwa.

Europejskie badania nad podwyższonymi konstrukcjami Agri-PV wskazują, że optymalny stopień pokrycia terenu modułami powinien być dostosowany m.in. do zapotrzebowania konkretnej uprawy na światło i lokalnego poziomu nasłonecznienia. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

Właściwe zaprojektowanie instalacji staje się więc równie ważne jak sama technologia modułów, inwertera i całej instalacji.

Cień może być również sprzymierzeńcem

Zmiana mikroklimatu pod modułami może w określonych warunkach przynieść dodatkowe korzyści.

Panele ograniczają bezpośrednie promieniowanie słoneczne docierające do gleby i roślin. W okresach wysokich temperatur częściowe zacienienie może ograniczać stres cieplny. Konstrukcja może również stanowić częściową ochronę przed niektórymi ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi.

Joint Research Centre Komisji Europejskiej wskazuje właśnie ograniczenie stresu cieplnego roślin oraz możliwość ochrony przed trudnymi warunkami atmosferycznymi jako jedne z potencjalnych korzyści systemów Agri-PV. (Joint Research Centre)

W kontekście coraz częstszych okresów suszy i wysokich temperatur takie funkcje mogą z czasem nabierać jeszcze większego znaczenia.

Nie oznacza to jednak, że instalacja PV automatycznie poprawi warunki każdej uprawy. W jednym miejscu częściowe zacienienie może być korzystne, a w innym spowodować spadek plonów. Dlatego system powinien być projektowany przede wszystkim z uwzględnieniem potrzeb produkcji rolnej.

Energia może zostać wykorzystana w gospodarstwie

Drugim produktem tego samego terenu staje się energia elektryczna.

Może ona zasilać m.in. systemy nawadniania, chłodnie, przechowalnie, wentylację, pompy, urządzenia produkcyjne, czy inne odbiorniki elektryczne funkcjonujące w gospodarstwie.

W połączeniu z magazynem energii może to zwiększać stopień wykorzystania energii na miejscu i ograniczać zależność gospodarstwa od energii pobieranej z sieci.

Znaczenie produkcji energii bezpośrednio w gospodarstwach rolnych dostrzegane jest także w polityce rolnej UE. Najnowszy raport EU CAP Network dotyczący innowacyjnych systemów produkcji energii w gospodarstwach wymienia energię słoneczną, w tym agrofotowoltaikę, wśród rozwiązań mogących wspierać rentowność, autonomię energetyczną i zrównoważony rozwój gospodarstw - pod warunkiem dopasowania rozwiązania do lokalnych warunków. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

Rolnik może stać się również producentem energii

Agrofotowoltaika może stworzyć dodatkowe źródło przychodów lub oszczędności dla gospodarstwa.

Model ekonomiczny może być różny. Rolnik może być właścicielem instalacji, wykorzystywać wyprodukowaną energię na własne potrzeby, albo współpracować z podmiotem energetycznym.

Badania prowadzone w europejskim projekcie HyPErFarm pokazują, że ekonomika takich instalacji zależy m.in. od nakładów inwestycyjnych, kosztów eks-



ploatacyjnych, konstrukcji systemu oraz poziomu autokonsumpcji energii. Oznacza to, że nie można mówić o jednym uniwersalnym modelu opłacalności Agri-PV. Każdy projekt wymaga indywidualnej analizy. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

To istotne, ponieważ konstrukcje agrofotowoltaiczne mogą być bardziej skomplikowane niż standardowe instalacje naziemne. Podniesienie modułów na wysokość umożliwiającą przejazd maszyn rolniczych wymaga odpowiedniej konstrukcji i większej ilości materiałów. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

Ogromny potencjał europejskiego rolnictwa

Skala potencjalnego zastosowania tej technologii jest bardzo duża.

Według analizy Joint Research Centre wykorzystanie zaledwie **1% użytkowanych gruntów rolnych Unii Europejskiej** pod systemy agrofotowoltaiczne mogłoby teoretycznie pozwolić na osiągnięcie **ok. 944 GW mocy w fotowoltaice**.

Dla porównania, wskazany w unijnej strategii solarnej cel na 2030 r., do którego odnosiła się analiza JRC, wynosił 720 GW.

Nie oznacza to oczywiście, że 1% europejskich pól powinien zostać automatycznie pokryty konstrukcjami PV. Pokazuje jednak skalę technicznego potencjału wynikającego z podwójnego wykorzystania już użytkowanych terenów. (Joint Research Centre)

Agrofotowoltaika jako system gospodarowania wodą

Agrofotowoltaika może pełnić jeszcze jedną funkcję, szczególnie istotną dla rolnictwa w warunkach coraz częstszych okresów suszy. Konstrukcja wsporcza oraz powierzchnia modułów fotowoltaicznych mogą stać się elementem **systemu zbierania, magazynowania i wykorzystywania wody opadowej**.

Każdy moduł fotowoltaiczny jest powierzchnią, po której podczas deszczu spływa woda. W typowej instalacji trafia ona bezpośrednio na grunt, często koncentrując się przy dolnych krawędziach paneli. W odpowiednio zaprojektowanym systemie Agri-PV wodę można jednak przechwycić za pomocą rynien i kanałów zamontowanych przy modułach lub zintegrowanych z konstrukcją wsporczą.

Następnie system rur może kierować ją do naziemnych albo podziemnych zbiorników retencyjnych. Po zgromadzeniu woda może zostać wykorzystana wtedy, gdy rośliny rzeczywiście jej potrzebują - na przykład poprzez **nawadnianie kroplowe**.

Powstaje w ten sposób prosty obieg: **opad → moduły PV → system rynien → zbiornik retencyjny → nawadnianie → uprawy**

Takie rozwiązania są już przedmiotem badań. W opublikowanej w 2025 r. pracy dotyczącej zintegrowanego systemu Agri-PV analizowano wykorzystanie powierzchni modułów do zbierania deszczówki, która następnie była kierowana systemem rynien i przewodów do zbiornika oraz wykorzystywana do nawadniania.

Nie tylko zbieranie, ale również kontrolowanie wody

Znaczenie takiego rozwiązania nie ogranicza się do magazynowania desz-

czówki. Instalacja Agri-PV może pozwalać również na **kontrolowanie miejsca, w którym woda trafia na pole**.

Jest to istotne, ponieważ niekontrolowany spływ wody z dużej powierzchni modułów może powodować jej koncentrację wzdłuż krawędzi paneli. W niektórych warunkach może prowadzić do lokalnego wymywania gleby, powstawania kałuż lub nierównomiernego uwilgotnienia gruntu.

System rynien pozwala przejąć część tego strumienia i skierować wodę tam, gdzie jest potrzebna. Może ona trafić do zbiornika, systemu nawadniającego albo odpowiednio zaprojektowanych obszarów infiltracyjnych, umożliwiających stopniowe wsiąkanie wody w glebę.

Europejski projekt dotyczący gospodarki wodnej i mikroklimatu pod instalacjami agrofotowoltaicznymi wskazuje właśnie na możliwość wykorzystania rynien do ograniczenia skoncentrowanego spływu wody z modułów. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

Panele mogą również ograniczać utratę wody

Agrofotowoltaika wpływa na gospodarkę wodną również w sposób pośredni.

Częściowe zacienienie gleby przez moduły ogranicza ilość docierającego do niej bezpośredniego promieniowania słonecznego. Zmienia temperaturę i mikroklimat pod instalacją, a w określonych warunkach może ograniczać parowanie wody.

W jednym z europejskich projektów badawczych obliczona potencjalna ewaporacja pod konstrukcją Agri-PV była **ok. 60% niższa niż na powierzchni referencyjnej**. Wyniku tego nie należy jednak traktować jako uniwersalnej wartości oszczędności wody - zależy ona od konstrukcji instalacji, pogody, gleby i rodzaju upraw, a autorzy projektu zaznaczają ograniczenia przeprowadzonego doświadczenia. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

W praktyce oznacza to interesującą możliwość: **instalacja może jednocześnie pomagać w pozyskiwaniu wody opadowej i ograniczać tempo jej utraty z gleby**.

Energia ze słońca może zasilać nawadnianie

Połączenie gospodarki wodnej z fotowoltaiką daje jeszcze jedną możliwość. Energia wyprodukowana przez moduły może zasilać pompy, zawory, czujniki oraz automatykę odpowiedzialną za dystrybucję zgromadzonej wody.

System można dodatkowo wyposażyć w czujniki wilgotności gleby, informacje z lokalnej stacji meteorologicznej i sterownik zarządzający nawadnianiem.

W bardziej zaawansowanym wariancie gospodarstwo mogłoby więc nie tylko gromadzić wodę, lecz również **decydować automatycznie, kiedy, gdzie i w jakiej ilości należy ją wykorzystać**.

Woda zgromadzona podczas intensywnych opadów mogłaby zostać zachowana na okres, w którym rośliny najbardziej jej potrzebują.

Jedno pole - trzy funkcje

Takie podejście jeszcze bardziej zmienia sposób patrzenia na agrofotowoltaikę.

Początkowo jej główną ideę można było przedstawić bardzo prosto:

jedna powierzchnia → produkcja żywności + produkcja energii.

Po uwzględnieniu retencji można mówić o rozwiązaniu znacznie bardziej kompleksowym:

jedna powierzchnia → żywność + energia + gospodarka wodna.

W przyszłości instalacja Agri-PV może więc przestać być postrzegana wyłącznie jako konstrukcja umożliwiająca ustawienie paneli nad polem. Może stać się elementem **zintegrowanej infrastruktury gospodarstwa rolnego**, łączącej produkcję żywności, wytwarzanie energii, retencję wody, precyzyjne nawadnianie oraz monitoring warunków upraw.

W warunkach rosnącej presji na zasoby ziemi i wody właśnie ta wielofunkcyjność może okazać się jedną z najważniejszych zalet agrofotowoltaiki.

Agri-PV może więc oznaczać nie tylko produkowanie więcej z tej samej powierzchni, ale również bardziej efektywne wykorzystanie tego, co na tę powierzchnię trafia - zarówno promieniowania słonecznego, jak i wody.

Agrofotowoltaika nie może być pretekstem do likwidacji rolnictwa

To jeden z najważniejszych warunków rozwoju tej technologii.

Jeżeli po zbudowaniu instalacji działalność rolnicza staje się jedynie symboliczna, trudno mówić o rzeczywistym Agri-PV.



Dlatego rozwijane w państwach europejskich ramy prawne próbują odróżnić agrofotowoltaikę od konwencjonalnych elektrowni słonecznych. Stosowane lub analizowane kryteria obejmują m.in. maksymalną utratę powierzchni rolnej, wysokość konstrukcji, stopień pokrycia terenu modułami, możliwość demontażu instalacji, czy zachowanie określonego poziomu produkcji rolnej. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

W praktyce może się więc okazać, że jednym z najważniejszych parametrów instalacji Agri-PV przyszłości nie będzie liczba megawatów, lecz odpowiedź na pytanie: **ile produkcji rolnej udało się zachować?**

Są również zagrożenia

Agrofotowoltaika nie powinna być przedstawiana jako rozwiązanie pozbawione wad.

Źle zaprojektowana instalacja może ograniczać dostęp światła, utrudniać pracę maszyn, zmniejszać elastyczność wykorzystania pola, wpływać na krajobraz albo zwiększać koszty prowadzenia gospodarstwa.

Nawet sam etap budowy wymaga ostrożności. Ciężki sprzęt może doprowadzić do zagęszczenia gleby i pogorszenia jej struktury, co później może wpływać na plonowanie. Badania prowadzone w ramach projektu HyPErFarm wskazują na potrzebę stosowania odpowiednich praktyk ograniczających takie skutki już podczas budowy instalacji. (eu-cap-network.ec.europa.eu)

Do tego dochodzą kwestie formalne: klasyfikacja gruntów, pozwolenia, przyłączenie do sieci, zasady wsparcia i jednoznaczne określenie, kiedy instalację można rzeczywiście uznać za agrofotowoltaiczną.

JRC zwraca uwagę, że brak jednolitej definicji Agri-PV w Unii Europejskiej pozostaje jedną z barier rozwoju tego rynku. (Joint Research Centre)

A jak wygląda sytuacja w Polsce?

Także w Polsce rośnie znaczenie łączenia rolnictwa z energetyką odnawialną. We wrześniu 2026 r. ARiMR ogłosiła kolejny nabór dotyczący inwestycji w gospodarstwach rolnych w zakresie OZE i poprawy efektywności energetycznej. Wsparcie obejmuje m.in. mikroinstalacje PV z magazynami energii oraz - przy spełnieniu określonych warunków - pompy ciepła i systemy zarządzania przepływami energii. (Gov.pl)

Nie należy jednak utożsamiać wsparcia dla fotowoltaiki w gospodarstwach z istnieniem kompleksowych regulacji dotyczących samego Agri-PV. W Polsce nadal pojawiają się pytania dotyczące kwalifikacji prawnej konstrukcji agrofotowoltaicznych i sposobu traktowania takich instalacji. To pokazuje, że obok rozwoju technologii potrzebne jest także odpowiednie otoczenie regulacyjne.

Rolnictwo czy fotowoltaika? Być może to źle postawione pytanie

Dyskusja dotycząca wykorzystania gruntów pod OZE często sprowadza się do wyboru: **żywność albo energia**.

Agrofotowoltaika proponuje trzecią drogę.

Jeżeli instalacja zostanie właściwie zaprojektowana, działalność rolnicza może pozostać podstawową funkcją terenu, a produkcja energii stać się funkcją uzupełniającą.

Nie każde pole nadaje się do Agri-PV. Nie każda roślina dobrze reaguje na częściowe zacienienie. Nie każda inwestycja będzie ekonomicznie uzasadniona. I nie każdą farmę fotowoltaiczną na gruncie rolnym należy nazywać agrofotowoltaiką.

Jednak właśnie możliwość **jednoczesnego wykorzystania tego samego terenu do produkcji żywności i energii** sprawia, że jest to jeden z najbardziej interesujących kierunków rozwoju współczesnej fotowoltaiki.

Być może przyszłość energetyki słonecznej nie będzie polegała wyłącznie na poszukiwaniu kolejnych terenów pod instalacje.

Być może coraz ważniejsze będzie nauczenie się, jak z tej samej przestrzeni korzystać mądrzej.

Przykład wdrożenia

Szczególnie dobrym przykładem agrofotowoltaiki jest instalacja w Heggelbach w Niemczech, badana przez Fraunhofer ISE. Moduły umieszczono tam wysoko nad gruntem, dzięki czemu pod konstrukcją można prowadzić normalną produkcję rolną i korzystać z maszyn. Instalacja ma 194,4 kWp i 720 modułów bifacjalnych. □

Źródła:

1. European Commission - Joint Research Centre (JRC), Agrivoltaics alone could surpass EU photovoltaic 2030 goals, 12.10.2023. Analiza potencjału agrofotowoltaiki w UE, w tym szacunek, że wykorzystanie 1% użytkowanych gruntów rolnych mogłoby odpowiadać ok. 944 GW mocy DC.
2. EU CAP Network, Potential of elevated agrivoltaics on arable land in Europe. Materiał dotyczący wpływu rodzaju upraw, nasłonecznienia, tolerancji roślin na zacienienie i stopnia pokrycia gruntu modułami na projektowanie systemów Agri-PV.
3. EU CAP Network / projekt HyPErFarm, Profitable agrivoltaics business models. Analiza ekonomiczna Agri-PV uwzględniająca m.in. CAPEX, OPEX, autokonsumpcję energii i opłacalność różnych konfiguracji instalacji.
4. EU CAP Network / projekt HyPErFarm, Common parameters found in the existing legal frameworks for agrivoltaics in European Member States. Przegląd stosowanych w Europie kryteriów dotyczących m.in. wysokości modułów, pokrycia terenu, zachowania gruntów i produkcji rolnej.
5. Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR), I.10.2 „Inwestycje w gospodarstwach rolnych w zakresie OZE i poprawy efektywności energetycznej" - obszar B, ogłoszenie z 18.09.2026 r. Program obejmuje m.in. mikroinstalacje PV z magazynami energii, a przy spełnieniu warunków także pompy ciepła i systemy zarządzania energią.

ARiMR - nabór OZE dla gospodarstw rolnych 2026.

Zdjęcia: Fraunhofer ISE lub grafiki wygenerowane przez AI