

## INNOWACJE W ENERGETYCE SŁONECZNEJ

D. Malinowski<sup>1</sup>, P. Helbik<sup>1</sup>, J. Kopania<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Politechnika Łódzka, Polska

<sup>2</sup>Instytut Energetyki Oddział Techniki Ciepłej „ITC” w Łodzi, Polska

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań modułu fotowoltaicznego (PV) wykonanego z krzemu krystalicznego i umieszczonego w skoncentrowanej wiązce promieniowania słonecznego. Zastosowano moduł przystosowany do pracy w warunkach Standard Test Conditions (STC), o kształcie prostokąta. Do skoncentrowania promieniowania wykorzystano wycinek zwierciadła parabolicznego pokrytego aluminiową folią. W celu utrzymania niskiej temperatury modułu fotowoltaicznego zastosowano układ chłodzenia wodą destylowaną. Wykonane badania pozwoliły na wyznaczenie podstawowych parametrów badanego ogniwa oraz jego charakterystyk prądowo-napięciowych i mocy. Wszystkie pomiary napięcia i natężenia prądu korygowano uwzględniając zmianę temperatury badanego ogniwa. Porównano otrzymane wyniki uzyskane w warunkach zbliżonych do STC z wynikami przy skupieniu promieniowania słonecznego za pomocą wykonanego zwierciadła.

### WSTĘP

W XXI wieku ciągły dostęp do energii elektrycznej jest warunkiem bytowania społeczeństwa, które nie wyobraża sobie bez niej swojej egzystencji. Energia elektryczna jest obecna wszędzie - w baterii telefonu komórkowego, w domu podczas gotowania obiadu w kuchence elektrycznej, w lampach ulicznych w czasie wieczornego spaceru. Człowiek średnio w ciągu roku zużywa blisko 5 tys. kWh (www.worldbank.org). energii, co dla samej Polski stanowi roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną na poziomie blisko 162 tys. GWh (www.pse.pl). Produkcja tak ogromnej ilości energii elektrycznej wiąże się obecnie z wykorzystywaniem surowców naturalnych. Wciąż w największym stopniu do produkcji aż 63% energii, wykorzystuje się paliwa typu węgiel, ropa naftowa czy pierwiastki promieniotwórcze. Niestety prognozy przewidują, że złoża tych dóbr wystarczą jedynie na około 200 lat w skali globalnej. Skończoność tych źródeł to nie jedyne negatywne zjawisko, towarzyszące produkcji energii elektrycznej. Konwencjonalna produkcja energii stwarza ogromne niebezpieczeństwo dla środowiska naturalnego oraz zdrowia i życia człowieka, poprzez przedostawanie się szkodliwych substancji do atmosfery. Towarzyszy temu ogólny wzrost temperatur na świecie, oraz o wiele częstsze występowanie chorób spowodowanych podwyższoną zawartością CO<sub>2</sub> w powietrzu. Pogłębianie się negatywnych skutków zanieczyszczenia środowiska powoduje, że od wielu lat na świecie czyni się starania,

by do produkcji energii elektrycznej wykorzystywać, w coraz większym stopniu, Odnawialne Źródła Energii.

Definicji pojęcia Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) nie da się jednoznacznie przedstawić, gdyż nie jest ona definiowana żadnym dokumentem prawnym. OZE są to źródła, których zasób odnawia się, w krótkim czasie, a ich wykorzystywanie nie wiąże się z ich długotrwałym brakiem. Oznacza to energię pochodzącą z naturalnych, powtarzających się procesów przyrodniczych, pozyskiwaną z niekopalnych źródeł. Grupa Robocza ds. Odnawialnych nośników energii, powołana przez IEA (The Renewable Energy Working Party – REWP) przyjęła następującą szeroką definicję: „odnawialna energia jest tą ilością energii jaką pozyskuje się w naturalnych procesach przyrodniczych stale odnawialnych. Występując w różnej postaci, jest generowana bezpośrednio lub pośrednio przez energię słoneczną lub z ciepła pochodzącego z jądra Ziemi. Zakres tej definicji obejmuje energię generowaną przez promieniowanie słoneczne, wiatr, z biomasy, geotermalną cieków wodnych i zasobów (Renewables in Global Energy Supply, 2002).

Obecnie najszybciej rozwijającą się gałęzią przemysłu energetycznego jest produkcja energii z promieniowania słonecznego. Słońce, to jedna z miliardów gwiazd we wszechświecie. Dla Ziemi, jako planety ma ona ogromne znaczenie. W ciągu roku jądro Słońca generuje promieniowanie elektromagnetyczne o mocy ponad 85 petawatów. Szacuje się, iż około 30% jest rozproszone i odbijane od atmosfery ziemskiej, a 45% jest zamieniane na ciepło, służące do ogrzania Ziemi. W ciągu godziny przez atmosferę dociera większa ilość promieniowania, niż ludzkość jest w stanie zużyć przez cały rok. Jest to zatem niekończące się i najbardziej obfite źródło, pozwalające wytworzyć zarówno energię cieplną jak i elektryczną. Bezpośrednio do Ziemi dociera od 1325 do 1420 W/m<sup>2</sup> energii słonecznej. Dane te są na bieżąco weryfikowane, ponieważ wartość natężenia słonecznego zmienia się co 11 lat i jest zależna od aktywności słońca (Dec, 2016).

Tak duża ilość energii słonecznej dostarczanej do Ziemi powoduje, że rośnie zainteresowanie jej wykorzystaniem. W 2015 roku łączna moc zainstalowanych ogniw fotowoltaicznych na całym świecie wyniosła ponad 230 GW (wzrost o 50GW w stosunku do roku 2014). Produkcja przy wykorzystaniu słońca rozwija się w tempie wzrostu o 40% w stosunku do lat ubiegłych. Również malejące koszty jej pozyskiwania, przekonały analityków i specjalistów z branży energetycznej, że będzie ona odgrywać największą rolę w globalnym wyścigu po

alternatywne źródła energii (<http://blogs.worldwatch.org/revolt/growth-of-global-solar-and-wind-energy-continues-to-outpace-other-technologies>). W Polsce w 2014 roku wytworzono około 18 TWh energii elektrycznej przy wykorzystaniu Odnawialnych Źródeł Energii ([www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)).

## NORMY PRAWNE REGULUJĄCE OZE

W UE zapisy dotyczące bezpieczeństwa energetycznego i ochrony środowiska z tym związanej, pojawiły się po raz pierwszy w 1997 roku, kiedy to Komisja Europejska opublikowała dokument „Biała Księga. Energia dla przyszłości - odnawialne źródła energii” (Oniszk-Popławska, 2005). Plan działania przedstawiony w Białej Księdze zakładał stworzenie odpowiednich warunków rynkowych dla rozwoju OZE bez nadmiernych obciążeń finansowych dla państw członkowskich. Jego podstawowe założenie to 12% udziału OZE w zaspokojeniu zapotrzebowania Unii Europejskiej na energię pierwotną w 2010 r. Dodatkowo przyjęta została dyrektywa nr 2001/77/EC (znowelizowana dyrektywą nr 28/2009/WE) w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym, energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych. Zapisane zostały w niej połączone cele, jak:

1. Wspólne ramy dla promowania energii ze źródeł odnawialnych.
2. Obowiązkowe krajowe cele ogólne w odniesieniu do całkowitego udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto i w odniesieniu do udziału energii ze źródeł odnawialnych w transporcie.
3. Zasady dotyczące:
  - a. statystycznych przekazów określonej ilości energii z OZE między państwami członkowskimi,
  - b. wspólnych projektów między państwami członkowskimi a państwami trzecimi,
  - c. gwarancji pochodzenia,
  - d. procedur administracyjnych,
  - e. informacji i szkoleń,
  - f. dostępu energii ze źródeł odnawialnych do sieci elektroenergetycznej.
4. Kryteria zrównoważonego rozwoju dla biopaliw i biopłynów (Dyrektywa 28/2009/WE).

Jednocześnie w tym samym czasie, Komisja Europejska opublikowała Zieloną Księgę, poświęconą problemom wytwarzania energii i skutkom nadmiernego wykorzystywania konwencjonalnych źródeł do jej produkcji. Zgodnie z przedstawionymi w dokumencie symulacjami, poziom zależności od importowanych nośników energii, sięgnie w 2030 r. ok. 70%. W związku z tak pesymistycznymi wynikami analiz, Komisja zasugerowała wiele działań zapobiegawczych. Jednym z nich jest zwiększenie wytwarzania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł

odnawialnych – RESE (Renewable Energy Sources Electricity) (Bolesta, 2002).

W Polsce nie zawsze wykorzystanie energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych było dobrze uwarunkowane prawnie. Jednak od 1 maja 2004 roku Polska jest członkiem Unii Europejskiej i musi stosować się do jej prawa również z zakresu OZE. Obecnie każdy z tworzonych w Polsce aktów prawnych konstruuje własną definicję pojęcia odnawialnych źródeł energii, nie troszcząc się zbyt o jego zgodność z innymi dokumentami (Polskimi czy Unii Europejskiej) (Norwicz, 2006). Jednak podpisując traktat akcesyjny zobowiązano się do zwiększenia udziału Odnawialnych Źródeł Energii w produkcji elektrycznej z poziomu 1,7% w 1997r. do poziomu minimum 7,5% w 2010 roku. Dodatkowo nasz kraj zobowiązał się do uzyskania minimum 15 % udziału produkcji energii z OZE w 2020 r. Cele, które zostały postawione przed Polską nie są proste do osiągnięcia. Komisja Europejska w 2015 roku sygnalizowała, że Polska może nie wywiązać się z zobowiązań nałożonych dyrektywą 28/2009/WE. W 2014 roku w Polsce wyprodukowano blisko 18 TWh energii z OZE. Oznacza to, że do 2020 roku powinniśmy zwiększyć produkcję z OZE do poziomu około 24 TWh.

Na dywersyfikację źródeł energii oraz zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> próbują oddziaływać również instytucje światowe. Jedną z nich jest Organizacja Narodów Zjednoczonych. W 2015 roku instytucja ta podjęła inicjatywę o dumnej nazwie: „Sustainable Energy for All - Zrównoważona Energia dla Wszystkich”. Głównym dążeniem inicjatywy jest przyspieszenie działań na rzecz celów, które powinny zostać osiągnięte do 2030 r., tj.:

- zapewnienie powszechnego dostępu do energii,
- istotna poprawa efektywności energetycznej
- zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w globalnym miksie energetycznym.

Odpowiedni poziom wsparcia i koordynacja działań pozwoli uwolnić potencjał przemysłu w celu zapewnienia powszechnego dostępu do energii, istotnej poprawy efektywności energetycznej, zwiększenia zużycia energii wytworzonej ze źródeł odnawialnych oraz rozwoju bardziej zrównoważonych produktów i usług ([http://www.efektywniej.pl/artykuly/pozyskiwanie\\_energiei\\_slonecznej](http://www.efektywniej.pl/artykuly/pozyskiwanie_energiei_slonecznej)).

## POZYSKIWANIE ENERGII CIEPLNEJ

Proces pozyskania energii ze Słońca możliwy jest za pomocą dwóch metod. Pierwsza z nich to metoda pasywna. Stosuje się ją w celu zmniejszenia zapotrzebowania na energię ogrzewającą budynki. Pasywna metoda nie wymaga żadnych działań ze strony użytkującej osoby, a system pozyskiwania ciepła dzieli się na dwa podsystemy:

- zysków bezpośrednich, który polega na umiejscowieniu systemu grzewczego na południowej części budynku. Całkowicie

przeszklona ściana w tym kierunku umożliwia docieranie bezpośrednio promieni słonecznych do wnętrza. Tam są one pochłaniane i magazynowane, a tym samym podnosi się temperatura wewnątrz budynku. Niezbędnym elementem w instalacji jest okap, który chroni przed przegrzaniem budynku w okresie letnim, a zatrzymuje ciepło w budynku zimą. System ten posiada jednak defekty, jak chwilowość trwania, w której temperatura pomieszczeń jest ściśle związana z promieniami słonecznymi padającymi w ciągu dnia. Często również dochodzi przez to do dużego wahania temperatur. System ten najczęściej stosowany jest w produkcji rolnej, a przykładem takiego układu jest szklarnia;

- system zysków pośrednich, który odizolowuje pomieszczenie od promieni słonecznych. Wahania temperatur jakie spowodowane są absorpcją promieni przez pomieszczenie może być uciążliwe dla człowieka. Aby nie występowały tak odczuwalne różnice w temperaturze, a także aby była możliwość przesunięcia okresu dostarczenia ciepła o parę godzin stawia się w pomieszczeniu grubą ścianę. Przeniknięcie ciepła przez taką ścianę jest niewielkie. W konstrukcjach takiej ściany, zwanej ścianą Trombe'a, wykorzystuje się szczeliny wentylacyjne między nasłonecznioną powierzchnią a szybą osłaniającą. Proces nasłonecznienia polega na przechodzeniu promieni słonecznych przez szklaną szybę i pochłanianiu ich przez ciemną ścianę akumulacyjną. Następnie w celu ogrzania wnętrza budynku otwierane są kanały łączące pomieszczenie ze szczeliną między szybą a ścianą i dopiero wtedy następuje przepływ ciepłego powietrza przez szczelinę. Poprzez otwieranie i zamykanie kanałów wentylacyjnych można regulować temperaturę w pomieszczeniu w godzinach dziennych. W ścianach przeważnie stosowane są zewnętrzne pokrywy izolacyjne, których zadaniem jest ochrona przegrody przed utratą energii i zwiększenie zysków energii (<http://www.efektywniej.pl>).

Poza cechą ich wspólnego przeznaczenia jakim jest ogrzanie budynku, charakteryzują się zupełnie innymi technikami. Obecnie na rynku ma zastosowanie jeszcze jeden innowacyjny system łączący dwa powyżej wspomniane, nazywany systemem Balcomba, który jest

układem zintegrowanym. W systemie tym od strony południowej ogrzewana jest masywna ściana, której celem jest magazynowanie energii, w odizolowanej od otoczenia całkowicie oszklonej werandzie. Weranda zostaje również ogrzewana w sposób bezpośredni, czyli poprzez promienie słoneczne docierające do niej przez szklaną ścianę. Na tym etapie występują duże wahania temperatur a przestrzeń mieszkalna pozyskuje energię w sposób pośredni.

Druga metoda pozyskiwania energii ze słońca - aktywna, polega na zamianie energii słonecznej na energię cieplną lub prąd. Zamiana energii słonecznej na ciepłą realizowana jest w kolektorach i stawach solarnych. Zamiana energii słonecznej na energię elektryczną dokonywana jest w specjalnych urządzeniach - fotoogniwach, elektrowniach i kominach słonecznych.

## FOTOWOLTAIKA

Kolektory słoneczne służą do zamiany energii słonecznej na ciepłą i daje to nam wiele korzyści przy codziennym użytkowaniu. Jednak to branża, która na świecie obecnie intensywnie się rozwija jest fotowoltaika, czyli produkcja energii elektrycznej ze słońca. Proces fotowoltaiczny, daje możliwość głównie zredukowania kosztów za prąd. Jednak podejmując decyzję o założeniu paneli fotowoltaicznych, trzeba pamiętać, iż jest to zakup kosztowny. Pomimo to koszty poniesione podczas zakładania paneli fotowoltaicznych są jednorazowe i wahają się w zależności od rodzaju paneli, ich jakości, marki, jakości inwertera oraz sposobu montażu.

Z danych pozyskanych od firmy SUNSOL z Gdańska ([www.sunsol.pl](http://www.sunsol.pl)), zajmującej się instalacjami fotowoltaicznymi otrzymano wycenę dwóch instalacji o różnej wielkości mocy. Dla porównania pierwsza z instalacji o mocy 40 kW kosztuje 231 057,59zł, natomiast druga instalacja o mocy 150kW, aż 972 204,80zł. W ofercie wzięto pod uwagę m.in. sprzęt, materiał i montaż oraz założono, że układ skierowany będzie skierowany na południe.

W ofercie zawarto innowacyjne panele Q-Cells, które mają zastosowane dwie nowoczesne technologie przeciwdziałające uszkodzeniu paneli: technologię Anti-PID oraz technologię Hot Spot Protect. Ważnym elementem przy montażu instalacji jest ułożenie paneli na konkretnym dachu, gdyż cena zależy od tego jaka jest konstrukcja dachu. (Tabela 1).

Tabela 1. Przykładowe oferty paneli fotowoltaicznych z wyposażeniem i montażem.

Lp.	Nazwa	Ilość	Jednostka	Brutto zł
OFERTA 1- instalacja fotowoltaiczna o mocy 40kW				
1	Panele Q-Cell Q Plus G 240 W	144	sztuk	173387,64
	Aluminiowa konstrukcja mocująca, dach skośny, klemy anodyzowane czarne			
2	Fronius Symo 17.5-3-M	2	sztuk	30760,01
3	transport, montaż, okablowania, zabezpieczenia typu DC typ I +II Jean Muller; zabezpieczenie typu AC Legrand; złączki MC4 firmy Multicontact; przyłączenie do energetyki (formalności)	1	sztuk	26909,94
<b>Razem brutto</b>		<b>231057,59</b>		
OFERTA 2- instalacja fotowoltaiczna o mocy 150,08 kW				
1	Panele Q-Cell Q Plus G4 280 W	536	sztuk	681365,88
	Aluminiowa konstrukcja mocująca, dach skośny, klemy anodyzowane czarne			
2	Fronius Symo 20.0-3-M	7	sztuk	16790,00
3	transport, montaż, okablowania, zabezpieczenia typu DC typ I +II Jean Muller; zabezpieczenie typu AC Legrand; złączki MC4 firmy Multicontact; przyłączenie do energetyki (formalności)	1	sztuk	274048,92
<b>Razem brutto</b>		<b>972204,80</b>		

Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.sunsol.pl> - informacje od Best Regards, inż. energetyk Małgorzata Otłowska, dział handlowy firmy SUNSOL.

Pomimo bardzo kosztownej inwestycji wiele osób decyduje się na stosowanie paneli PV. Należy wziąć pod uwagę fakt, że instalacja PV pozwoli nam na uniezależnienie się od wzrostu cen energii elektrycznej. Nasze rachunki za prąd są w tym przypadku o wiele mniejsze, a dodatkowo również można na tej energii zarabiać, odsprzedając jej nadmiar do sieci. Panele słoneczne mają wiele korzyści np.: nie powodują drgań, nie hałasują, a przede wszystkim nie są szkodliwe dla środowiska.

### INNOWACJE W FOTOWOLTAICE

W obecnej, dynamicznej dobie rozwoju myśli technologicznej nikogo nie dziwi szybki rozwój różnych zagadnień związanych z energetyką. Na rynku pojawiają się coraz to nowsze produkty, związane z pozyskiwaniem energii słonecznej. Szczególnie perspektywy rozwoju fotowoltaiki są imponujące i ma ona bardzo dobrą passę. Takie rzeczy jak kalkulatory na słońce, lampki solarne, powerbanki zasilane energią słoneczną są już powszechnie stosowane. Pojawiły się również solarne torby, plecaki, pojazdy, obrazy (panele ilustrowane), panele dachowe czy okienne, jak również innowacyjne słoneczne panele polimerowe w postaci elastycznych włókien. Docelowo mają one pozwolić efektywniej ładować urządzenia elektryczne przy stosunkowo niskich kosztach pozyskania energii w sposób przyjazny dla środowiska (Nowak, 2016).

Jednak najbardziej interesuje nas pozyskiwanie energii ze słońca w dużych ilościach. Elektrownie słoneczne wykorzystują różne technologie: panele fotowoltaiczne albo CSP, czyli energię skoncentrowaną. Łączy je natomiast jedno – wytwarzają ogromne ilości energii całkowicie przyjaznej środowisku.

Najbardziej efektywne są elektrownie działające na zasadzie wieży solarnych. Powietrze w takich urządzeniach nagrzewa się w ogromnym kolektorze słonecznym następnie unosi się w górę i ucieka poprzez wysoką wieżę - komin. Poruszające się powietrze napędza turbiny, które produkują energię elektryczną. Pierwsze wzmianki na temat tego typu konstrukcji pojawiły się już w roku 1903 w magazynie „La energia electrica”. Teoretyczne podstawy konstrukcji zostały opracowane przez Hansa Günthera, niemieckiego badacza w roku 1931, a dopiero w 1975 roku Robert E. Lucier przedstawił patenty na wieżę słoneczną. Pierwszy obiekt tego typu został zbudowany w 1982 r. w Hiszpanii. Konstrukcja składała się z komina o wysokości 195 m i średnicy 10 m, oraz kolektora o całkowitej powierzchni 46000 metrów kwadratowych dając na wyjściu moc elektryczną 50 kW. Konstrukcja pilotażowa pracowała około 8 lat, lecz z powodu niestabilności komina musiała zostać rozebrana w roku 1989. Wydajność energetyczna wieży słonecznej zależy pośrednio od dwóch czynników: wielkości kolektora oraz wysokości komina. Przy dużym kolektorze, większa objętość powietrza ulega nagrzaniu, co powoduje jego większą prędkość przepływu przez

komin. Przy wyższym kominie następuje z kolei większa różnica ciśnień wywołana przez tzw. efekt kominowy, co z kolei wymusza większą prędkość przepływającego powietrza. zakłada się, że optymalna wysokość komina, dla dużej elektrowni, powinna wynosić około 1000 metrów. Wadą wież słonecznych jest konieczność pracy w obszarach silnie nasłonecznionych oraz zajęcie znacznej powierzchni pod kolektor. Tereny nadające się do budowy to tereny o niskiej wartości, takie jak np. pustynie. Według szacunków, wieża słoneczna o mocy 200 MW wymaga kolektora o średnicy 7 km i komina wysokości 1000 metrów. Instalacja ta może zapewnić energię dla 200 tysięcy typowych gospodarstw domowych. W przypadku tradycyjnych elektrowni, produkcja tej energii spowodowałaby wydzielanie do atmosfery 900 tys. ton gazów cieplarnianych w ciągu roku. Wydajność takiej elektrowni szacuje się na około 5 W/m<sup>2</sup>. Obecnie największa elektrownia tego typu powstaje w Arizonie.

Najnowszym osiągnięciem w dziedzinie produkcji energii elektrycznej, pochodzącej z promieniowania słonecznego są lustrzane konstrukcje elektrowni solarnych. Jest to innowacyjna i o wiele bardziej wydajna technologia produkcji energii niż wieże solarne. Najstynniejsza taka konstrukcja powstała na amerykańskiej pustyni Mojave i wytwarza 392 MW energii – elektrownia Ivanpah Solar Plant. Zajmuje ona powierzchnię niemal 9 km<sup>2</sup>, a składa się z 300,000 luster, które skupiają światło na trzech 130 metrowych wieżach. W każdej z nich znajduje się ogromny zbiornik wody, w którym dzięki temperaturze pochodzącej ze skupionych promieni słonecznych (około 540°C), wytwarzana jest para napędzająca następnie turbiny produkujące prąd. Elektrownia dostarcza prąd do 140,000 kalifornijskich gospodarstw domowych. Odwiedzających elektrownię Ivanpah najbardziej zaskakuje panująca tam kompletna cisza. Przerywa ją jedynie delikatny odgłos silników elektrycznych, które sterowane komputerowo co kilkadziesiąt sekund korygują kąt nachylenia 170 tys. zwierciadeł, dostosowując go do położenia słońca. Podobna konstrukcja powstaje również w Maroku, która ma produkować 160MW energii.

Największym projektem w dziedzinie CSP jest gigantyczna elektrownia słoneczna w Abu Dhabi, której moc wynosi 100 MW - projekt o nazwie Shems 1. Elektrownia słoneczna jest zlokalizowana w prowincji Masdar, a jej powierzchnia odpowiada wielkości 285 boisk piłkarskich. Uruchomienie projektu Shems 1 to dopiero początek rozwoju energetyki słonecznej w regionie Zatoki Perskiej, gdyż do 2032 roku władze Arabii Saudyjskiej chcą zainwestować w tym sektorze 100 mld dolarów, zwiększając potencjał elektrowni słonecznych do 41 GW.

Jedną z pierwszych w Europie elektrowni słonecznych typu CSP powstała w Danii i ma produkować energię na potrzeby lokalnej sieci ciepłowniczej w mieście Brønderslev. Dodatkowo produkowana energia ma zasilić instalację biomasową typu ORC (ang. organic rankine cycle), która będzie produkować energię elektryczną. Moc cieplna duńskiej elektrowni CSP wynosi 16,6 MWt. Produkcja energii

odbywa się za pomocą 40 rzędów luster, o długości 125 m, natomiast powierzchnia apertury luster odbijających promienie słoneczne wynosi 26,9 tys. m<sup>2</sup>.

Obecnie największa elektrownia CSP wznoszona na pustyni Negrev w Izraelu, która będzie połączeniem dwóch technologii. Pierwszą częścią farmy będzie elektrownia fotowoltaiczna o mocy 30 MW. Druga będzie składać się z pół miliona luster, przekierowujących promieniowanie słońca na specjalnie wybudowaną wieżę.

Na niej zostaną umieszczone sole, które przez skoncentrowane promieniowanie będą podgrzewane do wysokich temperatur. Następnie zgromadzone ciepło zostanie przekazane do rurek wypełnionych oleistą substancją, których wysoka temperatura posłuży do odparowania wody napędzającej turbinę elektryczną, która wygeneruje prąd. Dzięki temu system termofotowoltaiczny będzie efektywnie pracował przez 18 godzin dziennie, a moc na poziomie około 160 megawatów zapewni energię dla 77 tysięcy domostw każdego dnia.

Elektrownie słoneczne w Polsce wytwarzają oczywiście dużo mniej energii. Pomimo umiarkowanego nasłonecznienia, rynek fotowoltaiki w Polsce prężnie się rozwija. Ostatnio pojawiły się również zapowiedzi Ministerstwa Energii, które chce do 2020 roku z wielokrotnie moc elektrowni słonecznych w Polsce. Związane jest to z raportem przygotowanym w 2016 roku przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne w sprawie konieczności wprowadzenia 20 stopnia zasilania. Innym aspektem jest spadek cen modułów fotowoltaicznych, które stanowią największy udział kosztów w całej instalacji, głównie za sprawą Chin. Obecnie w Polsce największą elektrownie słoneczną w gminie Czernikowo koło Torunia uruchomiła Grupa Energa - o mocy prawie 4 MW. Przedsiębiorstwo Energetyczne Gubin również uruchomiło, w Gubinie, farmę solarną o powierzchni 2,6 ha i mocy 1,5 MW, która pozwala na zaspokojenie potrzeb na energię elektryczną około 800 gospodarstw domowych. Cała inwestycja będzie natomiast obejmowała łączną moc elektrowni rzędu 4 MW, na powierzchni 7 ha. Kolejną z rzędu farmę fotowoltaiczną mieszczącą się w Wierzchosławicach ma moc 1MW. Podobnie farma fotowoltaiczna w Kukince w gminie Ustronie Morskie na terenie byłego wysypiska śmieci również ma moc 1 MW i powierzchnię 2 ha. Natomiast elektrownia słoneczna w Rudzie Śląskiej ma moc 311 kW, elektrownia w Polkowicach – 100 kW, a 82 kilowaty – elektrownia w Łodzi należąca do Wojewódzkiego Specjalistycznego Szpitala im. dra Wł. Biegańskiego.

## PODSUMOWANIE

Dynamiczny rozwój produkcji energii z odnawialnych źródeł energii to ogromna szansa dla poprawy bezpieczeństwa energetycznego wielu państw. Dodatkowo jest to szansa na zdecydowane obniżenie emisji zanieczyszczeń - pyłów i CO<sub>2</sub> do atmosfery. W artykule przybliżono tematykę pozyskiwania energii ze słońca. Jest to obecnie bardzo stabilne i dostępne źródło, w którym pokładane są nadzieje ludzkości w pozyskiwaniu energii. Rozwój energetyki słonecznej

jest również szansą na rozkwit państw afrykańskich i azjatyckich, które powinny swój potencjał geograficzny w tym zakresie wykorzystać.

W ostatnich latach potencjał ten znakomicie wykorzystały Chiny, stając się w 2016 roku największym producentem energii słonecznej na świecie. Nowoczesne technologie, które pomagają obniżyć koszty wytworzenia urządzeń do produkcji tego typu energii oraz wzrost wydajności takich urządzeń to szansa dla całego globu. W tym celu należy bezwzględnie pogłębiać badania nad wykorzystaniem słońca do produkcji energii poprzez zwiększenie nakładów finansowych na takie badania oraz odpowiednie uwarunkowanie prawne takich przedsięwzięć. Ważne jest również stworzenie warunków do implementacji tych rozwiązań w przedsiębiorstwach, które dzięki temu mogą znacznie obniżyć koszty energii tak niezbędnej w procesach produkcyjnych.

#### LITERATURA CYTOWANA

- Bolesta K., 2004, Polityka w dziedzinie energii, Wspieranie rozwoju energetyki odnawialnej w państwach UE, Biuletyn Informacyjny, Wspólnoty Europejskiej, nr 1 (124)
- Dec B., Krupa J., 2016, Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w aspekcie ochrony środowiska, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie Katedra Turystyki i Rekreacji
- Dyrektywa 28/2009/WE w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii wytwarzanej ze źródeł odnawialnych
- Norwicz J., 2006, Musielak T., Boryczko B., Odnawialne źródła energii - polskie definicje i standardy, Rynek Energii – nr 1
- Nowak W., Stachel A., 2016, elektory słoneczne i panele fotowoltaiczne jako źródło energii w małych instalacjach ciepłych i elektroenergetycznych, Elektro-innowacje, nr 4, str. 55-64
- Oniszk-Popławska A., 2005, Trendy i przewidywane zmiany w prawodawstwie Unii Europejskiej dotyczące odnawialnych źródeł energii, Wokół Energetyki
- Renewables in Global Energy Supply. An IEA Fact Sheet. International Energy Agency. November 2002. Renewables Information 2002 (with 2000 data). International Energy Agency. November 2002
- <http://blogs.worldwatch.org/revolt/growth-of-global-solar-and-wind-energy-continues-to-outpace-other-technologies>
- [http://www.efektywniej.pl/artykuly/pozyskiwanie\\_energii\\_slonecznej](http://www.efektywniej.pl/artykuly/pozyskiwanie_energii_slonecznej)
- <http://ioze.pl/energetyka-wiatrowa/aktualnosci/w-arizonie-stanie-najwieksza-solarna-wieza-swiata>
- [www.enviromission.com.au/IRM/content/concept.aspx?RID=303](http://www.enviromission.com.au/IRM/content/concept.aspx?RID=303)
- <http://solarkurier.pl/news/160340/1306-na-wisle-zwodowano-lodz-agh-solar-boat-wideo.html>
- <http://solarkurier.pl/news/160939/innowacyjne-ilustrowane-panele-sloneczne-wideo.html>
- [http://wyborcza.pl/1,75400,15465562,Amerykianie\\_wybudowali\\_najwieksza\\_elektronie\\_sloneczna.html?disableRedirects=true](http://wyborcza.pl/1,75400,15465562,Amerykianie_wybudowali_najwieksza_elektronie_sloneczna.html?disableRedirects=true)
- [www.chip.pl/2013/09/w-kaliforni-uruchomiono-najwieksza-na-swiecie-elektronie-sloneczna/](http://www.chip.pl/2013/09/w-kaliforni-uruchomiono-najwieksza-na-swiecie-elektronie-sloneczna/)
- [www.green-projects.pl/2017/03/fotowoltaika-innowacje-perowskity/](http://www.green-projects.pl/2017/03/fotowoltaika-innowacje-perowskity/)
- [www.odnawialnezdlaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/3262-slascy-naukowcy-pracujana-nad-nowa-generacja-ogniw-fotowoltaicznych](http://www.odnawialnezdlaenergii.pl/energia-sloneczna-aktualnosci/item/3262-slascy-naukowcy-pracujana-nad-nowa-generacja-ogniw-fotowoltaicznych)
- [www.pse.pl](http://www.pse.pl)
- [www.sunsol.pl](http://www.sunsol.pl)
- [www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl)
- [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)