

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII NA WYBRANYCH PRZYKŁADACH

Aleksandra OTAWA, Waldemar SKOMUDEK

Streszczenie: Sektor energetyczny przechodzi głębokie przeobrażenia związane z przejściem od energetyki konwencjonalnej w stronę nowych technologii i energii odnawialnej, od scentralizowanego wytwarzania w stronę technologii rozproszonych. Kluczową rolę w tych przeobrażeniach odgrywają innowacje. Artykuł przedstawia przykładowe innowacyjne rozwiązania w zakresie najintensywniej wykorzystywanych odnawialnych źródeł energii: wody, wiatru, słońca oraz biomasy.

Słowa kluczowe: innowacje, innowacyjne rozwiązania, energia odnawialna, odnawialne źródła energii

1. Wstęp

Życie człowieka wydaje się niemożliwe bez stałych dostaw energii (ogrzewanie, oświetlenie itp.). Energia jest również podstawą rozwoju gospodarki, służy innym sektorom, którymi są np. przemysł, transport, rolnictwo, usługi. Energetyka wykorzystuje te surowce i zasoby środowiska naturalnego, które są szczególnie narażone na wyczerpanie. Dlatego bardzo istotne jest aby poszukiwać nowych, alternatywnych źródeł energii m.in. poprzez wykorzystanie odnawialnych zasobów środowiska. Wykorzystanie tych zasobów oraz inwestycje w innowacyjne rozwiązania i technologie w obszarze energii odnawialnej są pożądane i doceniane. Polska i cały świat potrzebuje innowacji oraz kreatywnego podejścia do problematyki wykorzystania zasobów energii. Innowacyjne myślenie w energetyce ma olbrzymie cywilizacyjne znaczenie. Rozwój innowacyjnych rozwiązań w obszarze odnawialnych źródeł energii jest nadzieją na częściowe rozwiązanie narastających globalnych problemów środowiskowych i co za tym idzie, coraz bardziej restrykcyjną politykę w zakresie zmian klimatycznych i środowiska naturalnego. Ważne jest rozwijanie wszystkich perspektywicznych technologii wytwarzania energii, ponieważ odnawialne źródła energii nigdy nie będą w stanie w pełni pokryć całego zapotrzebowania na energię. W dalszej części artykułu zaprezentowano wybrane przykłady innowacyjnych rozwiązań w zakresie odnawialnych źródeł energii, które stają się coraz bardziej powszechne, perspektywiczne i aktualnie warte uwagi.

2. Odnawialne źródła energii

Rozwój ludzkości opierał się tradycyjnie na stosowaniu głównych źródeł energii opartych na paliwach kopalnych – węgla, ropy, gazu oraz uraniu. Są to nieodnawialne źródła energii, które nie odnawiają się w krótkim okresie czasu a ich wykorzystanie jest znacznie szybsze niż uzupełnienie zasobów. Nieodnawialne źródła energii wpływają również niekorzystnie na środowisko przyrodnicze, wywołując w nim zmiany, głównie

w wyniku emisji szkodliwych substancji takich jak: tlenki siarki, azotu, węgla i pyłów. Prędzej czy później nieuchronnie grozi nam wyczerpanie się tych źródeł, dlatego ekologicznie korzystną alternatywą dla nich są odnawialne źródła energii. **Odnawialne źródła energii** wykorzystują energię z naturalnych, powtarzających się procesów przyrodniczych, ich zasoby nie wyczerpują się w skutek eksploatacji, potrafią wystarczająco szybko się uzupełniać, ich koszt jest praktycznie zerowy [1, 2]. Podział odnawialnych źródeł energii wraz z możliwością technicznej konwersji energii pierwotnej na inne, łatwiejsze do wykorzystania jej formy przedstawia tabeli 1.

Tab.1. Podział odnawialnych źródeł energii

Pierwotne źródła energii		Naturalne procesy przemiany energii	Techniczne procesy przemiany energii	Forma uzyskanej energii
Słońce	Woda	Parowanie, topnienie lodu i śniegu, opady	Elektrownie wodne	Energia elektryczna
	Wiatr	Ruch atmosfery	Elektrownie wiatrowe	Energia cieplna i elektryczna
		Energia fal	Elektrownie falowe	
	Promieniowanie słoneczne	Prądy oceaniczne	Elektrownie wykorzystujące prądy oceaniczne	Energia elektryczna
			Elektrownie wykorzystujące ciepło oceanów	Energia elektryczna
		Nagrzewanie powierzchni ziemi i atmosfery	Pompy ciepła	Energia cieplna
			Kolektory i ciepłnice elektrownie słoneczne	Energia cieplna
		Promieniowanie słoneczne	Fotowoltaika i elektrownie słoneczne	Energia elektryczna
			Fotoliza	Paliwa
	Biomasa	Produkcja biomasy	Ogrzewanie i elektrownie ciepłnice	Energia cieplna i elektryczna
Urządzenia przetwarzające			Paliwa	
Ziemia	Rozpad izotopów	Źródła geotermalne	Ogrzewanie i elektrownie geotermalne	Energia cieplna i elektryczna
Księżyc	Grawitacja	Pływy wód	Elektrownie pływowe	Energia elektryczna

Źródło: [2, s.68]

Energia odnawialna jest towarem takim, jak każda inna forma energii. Ma ona do odegrania poważną rolę w spełnianiu zapotrzebowania świata na energię i zmniejszeniu niebezpieczeństwa ocieplania klimatu światowego. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii staje się w ostatnich latach coraz bardziej popularnym sposobem pozyskiwania energii. W dalszej części rozdziału zostaną zaprezentowane wybrane przykłady innowacyjnych rozwiązań w obszarze najintensywniej wykorzystywanych odnawialnych źródeł energii: wody, wiatru, słońca oraz biomasy.

2.1. Hydroenergetyka

Hydroenergetyka jest współcześnie najintensywniej wykorzystywanym odnawialnym źródłem energii. Największym światowym producentem energii wykorzystującym płynące

wody są Chiny. Oprócz Chin do krajów o największej produkcji energii z wody zaliczamy Kanadę, Brazylię, Stany Zjednoczone, Rosję oraz Indie. W Europie dominuje Norwegia, Szwecja, Francja i Włochy. Niektóre kraje, jak np. Norwegia, produkcją energii elektrycznej w elektrowniach wodnych pokrywają prawie 100% swojego zapotrzebowania w tym zakresie. Hydroelektrownie nie tylko produkują czystą ekologicznie energię, ale dzięki tamom umożliwiają również regulowanie zaopatrzenia w wodę, poprzez gromadzenie jej i wykorzystanie w okresie suszy, a także pozwalają powstrzymać fale powodziowe. Aktualnie spośród technologii hydroenergetycznych największe znaczenie ma wykorzystanie spadku wód. Wykorzystuje się jednak także energię pływów morza, fal morskich oraz energię ciepłą mór, a niedługo prawdopodobnie również energię prądów oceanicznych. Ze względu na dużą różnicę pomiędzy ilością produkowanej energii elektrycznej, a potencjałem ekonomicznie opłacalnym, istnieją w Unii Europejskiej dotychczas niewykorzystane możliwości rozwoju energetyki wodnej [3].

Wśród innowacyjnych rozwiązań dotyczących energetyki wodnej warto podkreślić rozwiązania związane z magazynowaniem energii elektrycznej. Z uwagi na częsty brak korelacji pomiędzy podażą energii uzyskiwanej ze źródeł odnawialnych a popytem na energię użyteczną niezbędne jest zastosowanie różnorodnych systemów magazynowania energii. Rozwój systemów magazynowania energii z OZE ma zasadnicze znaczenie dla dalszego rozwoju, wykorzystania i zwiększenia komercyjnej atrakcyjności odnawialnych źródeł energii. W pełni komercyjnie dostępnym i opłacalnym systemem magazynowania są **elektrownie szczytowo-pompowe**, których wykorzystanie jest ograniczone z uwagi na wymóg lokalizowania takich instalacji w pobliżu wielkich zbiorników wodnych i na terenach o odpowiednich uwarunkowaniach geologicznych (o znacznych różnicach wysokości terenu). W tradycyjnej elektrowni szczytowo – pompowej znajdują się dwa zbiorniki: górny i dolny. Gdy nie ma zapotrzebowania na energię elektryczną, pompy transportują wodę do górnego zbiornika. Gdy potrzebna jest energia elektryczna, to woda z górnego zbiornika spływa do dolnego zbiornika, napędzając turbiny produkujące energię [2]. Innym pomysłem na magazynowanie energii elektrycznej za pomocą wody jest magazynowanie energii w morzu. Projekt nosi nazwę **StEnSea – Storing Energy at Sea**. Pomysł opiera się na wydrążonej ogromnej betonowej kuli z wbudowaną turbiną. Kule są o średnicy 30 m, ich ściany mają grubość 3 m, aby wytrzymać ogromne ciśnienie jakie panuje na głębokości, nie trzeba będzie ich kotwiczyć, będą tkwiły nieruchomo na dnie utrzymywane w stałym położeniu pod ogromnym ciśnieniem wody. Za pomocą energii elektrycznej woda jest wypompowana z kuli do morza. Aby wyprodukować energię elektryczną, pompa działa w przeciwnym kierunku i woda wpływa do betonowej przestrzeni. Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik w Kassel zainstalował pilotażową instalację na jeziorze Bodeńskim w Niemczech. Instalacja została zlokalizowana na głębokości 100 metrów. Testy trwały 4 tygodnie. W tym czasie zarówno napełniano jak i rozładowywano zbiornik. Po udanych próbach prowadzone są badania nad magazynem o pojemności 5 MWh i 20 MWh. Takie sfery będą stawiały pewne wymagania lokalizacji: dno powinno być położone na głębokości 600 – 800 metrów i powinno być płaskie, by uniemożliwić kuli przechylenie się. Potencjalne lokalizacje takich magazynów energii wytypowano już na Morzu Śródziemnym i Oceanie Atlantyckim [4].

Skuteczne magazynowanie energii może zapewnić wynalazek kanadyjskiej firmy Hydrostar – czyli system **ciśnieniowych podwodnych balonów – akumulatorów** umieszczonych pod wodą, podłączonych do instalacji zlokalizowanej na brzegu. Energia elektryczna zużywana jest do sprężania powietrza i do wypełniania podwodnych balonów.

Kiedy potrzebna jest energia elektryczna, powietrze przepływa z powrotem z balonów do maszyny rozprężającej, a następnie do napędzania turbiny. Pilotażowa instalacja została zrealizowana już w listopadzie 2015 roku w Toronto. Na głębokości 55 metrów zostały zamontowane balony, które podłączono za pomocą rurociągu do energetycznej sieci. Jak zapewnia firma Hydrostar wytworzona w ten sposób energia jest w stanie zaspokoić zapotrzebowanie na prąd 330 domów, a z prądu można korzystać w dowolnym czasie. Obecnie, trwają prace nad optymalnością wydajności takiego rozwiązania. W planach są również testy takich instalacji w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych i Meksyku [5].

Inne rozwiązanie problemu magazynowania energii to koncepcja **wysp energetycznych**. Zakłada ona przechowywanie energii wytwarzanej przez morskie farmy wiatrowe, a jest opracowywana przy farmie wiatrowej na Morzu Północnym u wybrzeży Holandii. Idea wyspy energetycznej testuje nową, w pewnym sensie odwrotną niż w przypadku elektrowni szczytowo – pompowych koncepcję kumulacji energii na sztucznie stworzonej wyspie/jeziorze. Nadwyżka energii elektrycznej z turbin wiatrowych jest zużywana na pompowanie wody morskiej z wnętrza jeziora. Gdy zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrasta, woda morska przepływa przez generatory z powrotem do wnętrza jeziora. Sztuczne jeziora mogą być budowane na morzu pod warunkiem, że dno morskie posiada wystarczająco dużą warstwę gliny – by zapobiegać niepożądanemu sączeniu się wody do jeziora. Pracuje się również nad opracowaniem pewnego kompromisu pomiędzy głębokością morza, a kosztami budowy takiego zbiornika. Na dzień dzisiejszy taka instalacja jest dopiero w fazie koncepcji. Naukowcy z Norwegii z Det Norske Veritas prowadzą rozmowy z partnerami z Holandii i omawiają plany budowy systemu na dużą skalę [6].

Nowe, ciekawe, całkowicie nietradycyjne rozwiązanie z wykorzystaniem wody do produkcji „zielonej energii elektrycznej” powstało w Portland, największym mieście amerykańskiego stanu Oregon. Opracowano tam **elektrownię wodną umieszczoną w wodociągu**. Czysta woda, doprowadzana do kranów mieszkańców, napędza przy okazji turbiny, produkujące prąd. Wykorzystano w tym celu te fragmenty wodociągu, w których woda s pływa sama, pod wpływem grawitacji. Umieszczono w nich specjalne turbiny, wyprodukowane przez firmę LucidPipe (Rys 1.). Zostały one zaprojektowane tak, by w minimalnym tylko stopniu zmniejszyć prędkość przepływu wody. Cztery turbiny zamontowane na rurze o średnicy 107 cm mają produkować 1100 MWh rocznie, co powinno wystarczyć do zasilania 150 domów i przynieść rocznie około miliona dolarów oszczędności. Przykład innego pomysłu na elektrownię wodną w nietypowym miejscu to wynalazek o nazwie **Pluvia**. Został stworzony przez studentów z Narodowej Politechniki Meksykańskiej a innowacyjność tego rozwiązania polega na zastosowaniu niewielkiej turbiny działającej w rynn timer. Pluvia wykorzystuje wodę deszczową do produkcji elektryczności, a przy okazji oczyszcza ją, sprawiając, że jest zdatna do picia [7].

Jeżeli chodzi o Polskie innowacyjne pomysły związane z pozyskaniem energii za pomocą wody warto tutaj wspomnieć o zaprojektowanych niedawno **podwodnych turbinach na Bałtyku** przez naukowców z Akademii Morskiej w Szczecinie. Dzięki turbinom można pozyskiwać energię z fal morskich. Inspiracją do tego wynalazku była obserwacja lotu mew. Z dala od brzegu na specjalnej platformie został umocowany zespół napędzający. Sercem urządzenia jest przekładnia z łopatkami, które są podobne do skrzydeł mewy, napędzają one generator elektryczny, ruszają się niezależnie od kierunku fal dzięki czemu są efektywniejsze w swojej pracy. Opracowane urządzenie podwodnego zespołu prądotwórczego, w porównaniu do innych obecnie rozwijanych rodzajów elektrowni dostarczających energię z fal morskich, jest znacznie prostsze w konstrukcji, a dzięki temu



Rys. 1. Turbina wewnątrz wodociągu

Źródło: [7]

tańsze i bardziej sprawne, ponieważ nie wykorzystuje pośrednich systemów. Do tej pory przy produkcji energii z fal morskich pojawiał się problem z oszacowaniem i obliczeniem mocy i częstotliwości fal, są one niezwykle zmienne, a tego może elektrownia nie wytrzymać. Problem ten rozwiązała konstrukcja łopatek w polskim pomysśle. Pomysłodawca turbin, prof. Bolesław Kuźniowski, może być pionierem na skalę światową [8].

2.2. Energetyka wiatrowa

Energetyka wiatrowa jest jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się sektorów w ramach energetyki odnawialnej. Światowe zasoby energetyczne wiatru w skali globalnej są trudne do oszacowania. Na świecie, jak dotychczas, dokonano oceny jedynie jego wybranych regionów. Z opracowania European Wind Atlas wynika, że największe zasoby wiatru ma Wielka Brytania i Irlandia, następnie północne części Holandii i Niemiec. Dobre warunki wiatrowe występują również lokalnie (w zależności od specyfiki ukształtowania terenu) we wszystkich krajach europejskich [9]. Światowa moc zainstalowana w energetyce wiatrowej osiągnęła na koniec 2016 r. według Global Wind Energy Council 486,7 GW. Najwięcej mocy zainstalowanej w energetyce wiatrowej znajduje się w Azji i Europie. Liderami w wykorzystaniu wiatru do produkcji energii elektrycznej są Chiny, w Europie dominują Niemcy, Hiszpanie, Wielka Brytania i Francja [10]. W Polsce energetyka wiatrowa ciągle się rozwija, a w roku 2017 źródła wiatrowe wyprodukowały rekordową ilość energii elektrycznej na poziomie ponad 12 tys. GWh co stanowi ok. 8% krajowej produkcji energii [11]. W niektórych europejskich krajach energia wiatru to znaczący udział w ogólnej produkcji prądu. Przykładowo w Danii farmy wiatrowe w 2017 r. wyprodukowały ok. 14,7 TWh energii elektrycznej i tym samym udział energetyki wiatrowej w miksie wytwarzania energii elektrycznej w tym kraju wyniósł aż 43,6% [12].

Przykładem innowacyjnych rozwiązań w zakresie energetyki wiatrowej, które powstały w ostatnim czasie są **pionowe siłownie wiatrowe**. Zostaliśmy przyzwyczajeni, że turbiny wiatrowe posiadają poziomą oś obrotu. Polska nowatorska myśl techniczna udowodniła, że nie jest to ani jedyne ani najlepsze rozwiązanie. Okazuje się że turbiny pionowego obrotu mają wydajność przewyższającą tradycyjne turbiny. Parametry techniczne tych turbin są obiecujące. Turbina może pracować przy wietrze wiejącym z prędkością 0,6-0,8 m/s.

Konstrukcja pozwala na osiągnięcie wysokiej efektywności bez konieczności budowy wysokich masztów oraz umożliwia składanie obiektu z funkcjonalnych segmentów poprzez stawianie jeden na drugim. Żywotność instalacji jest szacowana nawet na 70 lat. Parametry ekonomiczne także są obiecujące, gdyż szacuje się że budowa instalacji o mocy 1 MW finansowo kształtuje się podobnie jak tradycyjnego wiatraka oraz farmy fotowoltaicznej. Jednak w przypadku możliwości produkcyjnych okazuje się, że turbina pionowego obrotu może produkować nawet 3,6 krotnie więcej energii elektrycznej niż farma fotowoltaiczna oraz blisko 50% więcej niż tradycyjne wiatraki. Instalacje są również na tyle rentowne iż nie wymagają rządowej dotacji [13]. Inny nowatorski pomysł dotyczący turbin wiatrowych zaproponowała tunezyjska spółka EnergySaphon, która zaprezentowała **turbinę bez rotujących łopatek**. Turbina jest cichsza od tradycyjnych modeli i podobno o wiele bardziej wydajna. Jej kształt przypomina dużą miskę, jej cena produkcji jest o połowę niższa niż w porównaniu z klasycznymi wiatrakami a w związku z brakiem łopatek nie stanowi zagrożenia dla dziko żyjących ptaków. Kolejną ciekawą alternatywą dla klasycznych wirnikowych turbin wiatrowych jest japoński projekt **soczewek wiatrowych**. Charakteryzują się one kołową obręczą wokół wirnika, która pomaga turbinie w 2-5 krotnym zwiększeniu jej wydajności. Ten typ elektrowni został specjalnie skonstruowany na japońskie wybrzeże, gdzie soczewki wiatrowe mają zostać umieszczone na specjalnych pływających pontonach. Na etapie koncepcji jest **latająca turbina wiatrowa**. Turbina ta wznosi się na liniach holujących, nie posiada sztywnej konstrukcji i jeżeli porusza się na wysokości ok. 4 km, to jest pod względem produkcji energii elektrycznej stosunkowo wydajna. Inny wariant latającej turbiny wiatrowej przypomina kształtem skrzydło samolotu. Jej wykorzystanie jest jednak uzależnione od siły wiatru, ponieważ przy słabym wietrze turbina może nie być w stanie utrzymać niezbędnej wysokości. Kolejnym ograniczeniem jest konieczność zlokalizowania latającej turbiny wiatrowej wyłącznie w strefach wolnych od ruchu samolotów. Większość nietradycyjnie wyglądających turbin wiatrowych powstaje w wyniku modyfikacji tradycyjnych silników wiatrowych. Załączków stożkowej elektrowni wiatrowej można szukać w **turbinie Savoniusa**. Efektem jest błyszczący stożek na statywie ze spiralowymi wycięciami w podstawie, mający łączyć jednocześnie wykorzystanie wyporu i oporu [14].

Cały szereg niecodziennych i innowacyjnych pomysłów na wykorzystanie energii wiatrowej czeka dopiero na realizację w praktyce. Do takich pomysłów należy eksperymentalna koncepcja tzw. **żdźbłowej elektrowni wiatrowej**. Pomysł ten został opracowany dla miasta Masdar w Zjednoczonych Emiratach Arabskich. Pomysłodawcy zainspirowali się ruchem żdźbeł trawy na wietrze. Sztuczne żdźbła o średnicy 10-20 cm i wysokości 55 m powinny pod wpływem wiatru naturalnie falować i poprzez tarcie specjalnych dysków wewnątrz żdźbeł produkować w ten sposób energię elektryczną. Generator w betonowej podstawie, w której osadzone są żdźbła, będzie produkować kolejną porcję energii dzięki kołyszącemu ruchowi żdźbeł. Ponadto cała elektrownia powinna być po zmroku wyraźnym estetycznym elementem miasta dzięki zaplanowanemu oświetleniu LED poszczególnych żdźbeł [14].

Do kontrowersyjnych, trochę nierealnych, ale godnych podziwu pomysłów na polu energetyki wiatrowej należą także koncepcje, które dotyczą wykorzystania **prądów mas powietrza wywoływanych ruchem środków transportu** po autostradach lub w tunelach. W tych przypadkach przewiduje się wykorzystanie turbin wiatrowych znajdujących się w środkowym pasie autostrad lub umieszczonych jako element słupów oświetleniowych czy znaków drogowych (Rys. 2.) Przejeżdżające pojazdy rozkręciłyby łopatki turbiny, która

mogłaby potem służyć jako uzupełniające źródło energii dla oświetlenia publicznego danej drogi itp. [14].



Rys. 2. Koncepcja instalacji turbin wprawianych w ruch prądem powietrza z przejeżdżających samochodów

Źródło: [14]

Innymi innowacyjnymi rozwiązaniami z zakresu energetyki wiatrowej, które przykładowo w Polsce nadal są pewną nowością, ale są z kolei rozwiązaniami bardzo realnymi do zastosowania - są **przydomowe elektrownie wiatrowe**. „Mini elektrownie” w Polsce nie są wykorzystywane na szeroką skalę pomimo tego, że może je wybudować praktycznie każdy i cieszyć się bezpłatną energią w skali mikro, na potrzeby domu jednorodzinnego. Przydomowe elektrownie wiatrowe najlepiej sprawdzają się jako dodatkowe źródło energii, które może w pewnym stopniu uniezależnić od sieci lokalnego dystrybutora energii elektrycznej. Najbardziej niezawodnie sprawdzają się w przypadku zasilania domów „niskoenergetycznych” lub „pasywnych” – czyli takich, które są bardzo dobrze ocieplone, dzięki czemu potrzebują małej ilości prądu. Przed rozpoczęciem instalacji urządzenia należy wykonać pomiary nasilenia wiatru, ocenić opłacalność inwestycji oraz ustalić najlepsze dla niej miejsce. Najczęściej turbinę wiatrową umieszcza się na dachu, obok domu lub wewnątrz specjalnego kanału przechodzącego przez dany budynek. Przydomowa turbina wiatrowa nie gwarantuje jednak stałego, pełnego zaopatrzenia w energię elektryczną gospodarstwa domowego. Efektywność tych urządzeń szacuje się na poziomie 25%, co oznacza, że w przypadku optymalnych wiatrów w ciągu stu dni, przydomowa elektrownia wiatrowa wytworzy prąd elektryczny na okres około 25 dni [15].

2.3. Energetyka słoneczna

Słońce jest podstawowym źródłem energii dla naszej planety. Słońcu zawdzięczamy energię jaką niesie ze sobą wiatr czy fale morskie. Słońce to zdecydowanie największe źródło energii z największym potencjałem do rozwoju. Promieniowanie słoneczne jest źródłem czystej i odnawialnej energii. Najbardziej popularnym sposobem wykorzystania energii słonecznej jest produkcja ciepła w kolektorach słonecznych i produkcja prądu elektrycznego za pomocą ogniw fotowoltaicznych. Mimo tego że w krajach europejskich

nie ma najlepszych warunków do budowy elektrowni słonecznych, to jednak szybki rozwój fotowoltaiki na świecie jest zasługą głównie państw Unii Europejskiej, a w jej ramach szczególnie Niemiec, które posiadają najwięcej na świecie zainstalowanych ogniw słonecznych. Łączna moc fotowoltaiki w Niemczech wynosi obecnie ok. 40GW [16]. Łączna moc zainstalowana w OZE w Polsce w 2016 roku wyniosła ponad 8,5 GW. Udział fotowoltaiki, pomimo ciągłego, znacznego wzrostu od 2014 roku jest nadal znikomy i wynosi zaledwie 2,3% w mocach OZE i 0,5% mocy zainstalowanej w krajowym systemie energetycznym. Według Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej (International Renewable Energy Agency – IRENA), we wszystkich krajach Unii Europejskiej na koniec 2016 roku było 102,5 GW mocy zainstalowanej w fotowoltaice, z czego udział Polski, gdzie wg IRENA moc zainstalowana PV wynosi 99 MW, wyniósł znikomą 0,1%. Biorąc pod uwagę wszystkie kraje UE pod względem łącznej mocy zainstalowanej w PV Polska znalazła się na 20 miejscu (na 28 krajów) [17].

Standardowe ogniwa fotowoltaiczne zrobione są z płytek krzemowych (drogich, nieelastycznych, kruchych) lub materiałów takich jak amorficzny krzem, siarczek kadmu, tellurek kadmu czy miedziano-indowy dwuselen (które często wymagają do obróbki wysokich temperatur lub podciśnienia). Alternatywą dla technologii fotowoltaicznej, opartej na materiałach nieorganicznych, może być obecnie rozwijająca się technologia **organicznych ogniw fotowoltaicznych**, które zbudowane są z naturalnych polimerów. Ich dużą zaletą jest to, że można je rozpuszczać w cieczy, a to znacznie ułatwia nanoszenie na wszelkie powierzchnie. W ten sposób organiczne ogniwa mogą być wytwarzane za pomocą wielu prostych technik: sitodruk, druk atramentowy i natryskiwanie. Niestety, mimo licznych zalet, obecnie produkowane ogniwa organiczne charakteryzują się niską sprawnością, małą stabilnością pracy i krótkim okresem żywotności, ale całkiem możliwe że organiczna fotowoltaika stanie się powszechna w przyszłości [18].

Rozwój nowych fotowoltaicznych technologii energetycznych może przyczynić się do produkcji niedrogiej energii elektrycznej wykorzystującej promieniowanie słoneczne. Ciekawy pomysł w tym obszarze opatentowali Norwegowie wraz z naukowcami z Uniwersytetu w Leicester. Wymyślili produkcję **ogniw w postaci folii**, którą można nałożyć używając sprayu. Transparentna folia może służyć pokrywaniu okien, ścian budynku i tym sposobem zamieniać je w panele fotowoltaiczne. Zaletą takich paneli jest ich niski koszt, prosta instalacja i efektywne wykorzystanie różnych powierzchni do produkcji energii. Wady takiego rozwiązania to póki co niska wydajność energetyczna takich ogniw [19].

Dużym osiągnięciem w dziedzinie fotowoltaiki jest użycie w ogniwach fotowoltaicznych **perowskitów**. To odkrycie jest zasługą polskiej fizyk Olgi Malinkiewicz. Metoda wytwarzania ogniw słonecznych na bazie perowskitów może przyczynić się do znacznego obniżenia kosztów ogniw fotowoltaicznych. Perowskity to minerały, które są świetnymi pochłaniaczami światła, znacznie lepszymi od najbardziej popularnego krzemu. W efekcie są w stanie pochłonąć światło w ultra cienkich warstwach, dzięki czemu przynajmniej trzykrotnie zmniejsza się zużycie materiału koniecznego do wyprodukowania takiego ogniwa. Wydajność ogniw słonecznych z wykorzystaniem perowskitów jest porównywalna z innymi wiodącymi technologiami fotowoltaicznymi, takimi jak krystaliczny krzem, CdTe i CIGS i wynosi obecnie ok. 20%. Perowskity znajdują zastosowanie w przedmiotach elektronicznych, takich jak smartfony czy tablety, będą np. wykorzystywane przy produkcji ekranów smartfonów co pozwoli na ich samodzielne doładowywanie [19]. Pomysły z samodzielnym ładowaniem naszych urządzeń z wykorzystaniem energii słonecznej pojawiały się już nie raz. Jeden z takich pomysłów

polegał na stworzeniu telefonów wyposażonych w **panele słoneczne na tylnej ścianie obudowy telefonów**, mających służyć jako narzędzie do ładowania baterii. Jednak to rozwiązanie sprawdziło się tylko wtedy gdy telefon przez większość czasu leżał na słońcu np. w Kenii, w Europie gdzie niestety przeważnie dni są pochmurne ok. tydzień ładowania wystarczał na niespełna 1,4 h użytkowania [20]. Inne, nowe rozwiązanie, coraz powszechniej stosowane, związane z ładowaniem urządzeń elektronicznych to **ładowarka solarna**. Jest to całkiem dobry pomysł dla osób, które długo przebywają na łonie natury, dużo podróżują i mają ograniczony dostęp do elektryczności. Ładowarka solarna posiada małe panele słoneczne, dzięki którym można doładować telefon lub baterię do aparatu czy kamery praktycznie za darmo, w każdym miejscu na ziemi.

Naukowcy pracują nad rozwiązaniami, które pozwolą za pomocą światła słonecznego ładować wiele różnorodnych urządzeń. Aktualnie baterie słoneczne z powodzeniem zasilają proste urządzenia takie jak kalkulatory biurowe czy też zabawki dla dzieci, ale również urządzenia meteorologiczne, satelity, radia i przenośne telewizory. Panele słoneczne stanowią też niezależne źródło zasilania łodzi takich jak niemiecki katamaran oceaniczny Planet Solar, Turystyczny Solar z Politechniki Gdańskiej czy łódka Fiten Solar Team, skonstruowana przez gdyńskich inżynierów na potrzeby międzynarodowych regat. Odbył się także pierwszy międzypaństwowy lot szwajcarskiego samolotu Solar Impulse zasilany tylko energią ze słońca [21]. Być może niedługo uda się także dopracować i rozwinąć produkcję pojazdów zasilanych energią słoneczną. Innowacyjne pomysły związane ze stworzeniem takiego pojazdu, opierają się o pomysł zasilania go energią pobieraną z akumulatorów i paneli fotowoltaicznych. Powstałe prototypy aut póki co nie pozwalają na ich czynny udział w ruchu ulicznym, ale np. w Australii regularnie są organizowane wyścigi specjalnie skonstruowanych pojazdów, które są napędzane za pomocą promieni słonecznych. W ubiegłym roku na konkursie World Solar Challenge Polskę reprezentował zespół innowatorów z Łodzi, którzy stworzyli na tą okoliczność pojazd o nazwie „**Eagle Two**”. Eagle Two to bolid o wadze około 400 kg, napędzany przy użyciu dwóch silników elektrycznych zamontowanych bezpośrednio w kołach bolidu i zasilanych poprzez znajdujące się na dachu bolidu panele fotowoltaiczne. Pojazd może pomieścić pięć osób tak jak tradycyjne auto, osiąga maksymalną prędkość 140 km/h [22]. Te innowacyjne pojazdy zasilane promieniami słonecznymi, które są aktualnie konstruowane dla potrzeb rozrywki oraz na potrzeby badań nad wykorzystaniem paneli fotowoltaicznych mogą być początkiem pojawienia się w przyszłości przełomowej technologii produkcji pojazdów zasilanych energią elektryczną powstałą z OZE. Dzięki takim pojazdom na pewno zmniejszyłaby się emisja szkodliwych spalin do środowiska a ich użytkowanie byłoby również znacznie tańsze. Potrzeba jednak znalezienia jeszcze wielu rozwiązań, które umożliwiłyby korzystanie z takich aut w każdych warunkach pogodowych.

Kolejne innowacyjne rozwiązanie dotyczące produkcji energii elektrycznej przy wykorzystaniu słońca to produkcja tej energii przy pomocy **autostrad** łączących państwa i kontynenty. W 2011 roku we Włoszech otwarto pierwszą zasilaną słońcem autostradę. Autostrada produkująca energię łączy dwa miasta – Catanę i Siracusę. Wzdłuż 30-kilometrowego odcinka wszystkie elementy takie jak wyświetlacze, lampy tunelowe, oznakowanie świetlne, telefony alarmowe i inne sprzęty elektryczne, zasilane są energią uzyskaną z ogniw słonecznych zainstalowanych przy drodze. Ogniwa słoneczne produkują 12 mln kWh energii elektrycznej w ciągu roku, co pozwala zmniejszyć emisję CO₂ o równowartość 10 tys. ton każdego roku. Obecnie w Stanach Zjednoczonych trwają prace nad podobną inwestycją jednakże ogniwa słoneczne nie zostaną ustawione tutaj wzdłuż drogi, ale mają być wbudowane w asfalt. Największym wyzwaniem jest stworzenie ogniw

odpornych na nieustanny ciężar dużych samochodów dostawczych przejeżdżających codziennie. Jeżeli uda się zrealizować pomysł to 1,5 – kilometrowy odcinek powinien wystarczyć do zaspokojenia potrzeb energetycznych dla 500 rodzin [23].

Perspektywa wybudowania autostrad produkujących energię elektryczną jest na pewno odległa w przypadku Polski. Niemniej jednak coraz powszechniej w Polsce w obrębie dróg i autostrad stosuje się do zasilania sygnalizatorów świetlnych, oświetlenia ulicznego, przejść dla pieszych, niebezpiecznych miejsc w ruchu drogowym **lampy hybrydowe**. Lampy hybrydowe należą do najnowszych rozwiązań stosowanych w ramach inteligentnego sterowania oświetleniem drogowym. Zasilane są dwoma źródłami czystej energii: z baterii słonecznych i małej turbiny wiatrowej. Zainstalowane lampy hybrydowe posiadają czujnik zmierzchu i są zupełnie niezależne od sieci energetycznej, mogą być wykorzystywane wszędzie tam gdzie podłączenie do sieci energetycznej jest niemożliwe lub bardzo kosztowne [21, 24].

2.4. Biomasa

Biomasa to najstarsze i najszerzej współcześnie wykorzystywane odnawialne źródło energii. Należą do niej zarówno odpadki z gospodarstwa domowego, jak i pozostałości po przycinaniu zieleni miejskiej. Biomasa to cała istniejąca na Ziemi materia organiczna, wszystkie substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego ulegające biodegradacji. Biomasa są resztki z produkcji rolnej, pozostałości z leśnictwa, odpady przemysłowe i komunalne. Biomasa stanowi trzecie co do wielkości na świecie naturalne źródło energii. W warunkach polskich głównym źródłem OZE jest biomasa. Z niej pozyskiwane jest ok. 4/5 energii odnawialnej. Pozostałe odnawialne źródła mają zdecydowanie mniejsze znaczenie [25]. Biomasa może być wykorzystywana energetycznie na 3 zasadnicze sposoby [21]:

- spalanie bezpośrednio w kotłach (słoma, drewno, pellety, zrębki),
- współspalanie z konwencjonalnymi nośnikami energii (olej opałowy, węgiel, gaz),
- spalanie produktów powstałych z przetwarzania biomasy – fermentacji czy estryfikacji (biogaz, biodiesel, metanol, etanol).

Rozwój energetyki opartej na biomase jest obiecujący i w tym obszarze również nie brakuje nowatorskich rozwiązań. Pierwszy przykład, który zostanie tu przytoczony to wynalazek o nazwie **Bio-Hydrogen**. Jest to projekt Pana Grzegorza Wcisło przy współpracy z Uniwersytetem Rolniczym w Krakowie. Bio-Hydrogen to urządzenie do produkcji energii elektrycznej z paliw i biopaliw do zasilania indywidualnych domów, firm lub domów kempingowych. Jest to unikatowa polska technologia zeroemisyjna, produktem ubocznym, zamiast spalin, jest tu woda, a wyprodukowana energia może być przechowywana lub od razu zużyta [26].

Do innowacyjnych rozwiązań wciąż można zaliczyć skojarzoną metodę produkcji ciepła i energii elektrycznej (**tzw. kogenerację, CHP**) z użyciem biogazu. Kogeneracja to zamiana energii zawartej w paliwach na ciepło, chłód, energię elektryczną lub mechaniczną, realizowana w jednym urządzeniu lub zespole kilku połączonych ze sobą urządzeń [27]. Może ona być realizowana zarówno na dużą skalę w elektrociepłowniach zawodowych jak i w tzw. skali mikro czyli przy użyciu agregatów kogeneracyjnych pracujących bezpośrednio na potrzeby obiektu, w którym zostały zainstalowane. Całkowite sprawności układów kogeneracyjnych dochodzą do 80 – 85%. Biogaz powstający podczas biologicznej konwersji biomasy, w przypadku wysokiej zawartości metanu (na poziomie 40-70%), jest szczególnie atrakcyjnym nośnikiem energetycznym dla modułów CHP.

Kogeneracja oparta na biogazie jest wyjątkowo opłacalna w przypadku dostępu do odnawialnego, praktycznie darmowego nośnika energii, mianowicie w oczyszczalni ścieków, wysypiskach odpadów komunalnych bądź odpowiednio ukierunkowanych gospodarstwach rolno – przemysłowych. Zastosowanie biogazu do produkcji ciepła i energii elektrycznej na sprzedaż może stanowić cenne źródło dochodu dla wielu przedsiębiorstw [28].

Nowe perspektywy otwiera również zastosowanie biomasy z odpadów jako źródło łatwo dostępnego **wodoru**. Wodór posiada wyjątkowo wysoką wartość opałową (143 MJ/kg) i nie powoduje emisji gazów cieplarnianych podczas spalania. Naukowcy od dawna uważają go za paliwo przyszłości i alternatywę dla konwencjonalnych paliw nieodnawialnych. Jednak podstawowym warunkiem, by wodór mógł zastąpić bieżące nośniki energii jest opracowanie taniej, wydajnej i szybkiej metody produkcji wodoru. Taką metodę opracowała polska firma Bioelektra Group, która stworzyła innowacyjną technologię zagospodarowania odpadów komunalnych, polegającą na ich sterylizacji w urządzeniu **RotoSTERIL** i następnie automatycznym sortowaniu na czyste frakcje. Najbardziej optymalnym źródłem czystej biomasy do procesu biosyntezy wodoru okazały się odpady komunalne przetworzone w procesie RotoSTERIL. Jest to bardzo obiecująca technologia [29].

3. Podsumowanie

Wiele innowacyjnych rozwiązań z zakresu odnawialnych źródeł energii znajduje się jeszcze w fazie rozwoju lub nie są dostatecznie dopracowane. Innowacyjne technologie wykorzystujące odnawialne źródła energii często są zbyt drogie, przez co stają się mało atrakcyjne dla potencjalnych odbiorców. Wysokie koszty są niewątpliwym elementem ograniczającym innowacje w sektorze energetyki. Mimo wszystko warto szukać innowacyjnych rozwiązań, ponieważ potrzeby energetyczne rosną a zasoby energii się kurczą. Odnawialne źródła energii ciągle są obszarem, w którym naukowcy, inżynierowie mogą się wykazać opracowując kolejne innowacyjne rozwiązania.

Literatura:

1. Krawiec F.: Odnawialne źródła energii w świetle kryzysu energetycznego: wybrane problemy. Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2010.
2. Lewandowski W.M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2010.
3. Leszczyński T.Z.: Hydroenergetyka w Unii Europejskiej. Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki nr 6/2009.
4. Kowalski K.: Energię elektryczną można magazynować na dnie morza, <http://www.rp.pl/Nowe-technologie/311219904-Energie-elektryczna-mozna-magazynowac-na-dnie-morza.html>, dostęp: 05.01.2018 r.
5. Kierzkowska A.: Balony jako magazyn energii? <https://energiadirect.pl/aktualnosci/balony-jako-magazyn-energii/>, dostęp: 05.01.2018 r.
6. Redakcja GlobEnergia: 4 nowe sposoby magazynowania energii odnawialnej, <http://globenergia.pl/4-nowe-sposoby-magazynowania-energii-odnawialnej/>, dostęp: 05.01.2018 r.
7. Dee R.: LucidPipe, czyli prąd z wodociągów, <http://www.robertdee.pl/lucidpipe-czyli-prad-z-wodociagow/>, dostęp: 07.01.2018 r.

8. Rembelski D.: Prąd z fal morskich zasili domy nad Bałtykiem, bez strat energii, <http://innpoland.pl/115861,prad-z-fal-morskich-zasili-nadmorskie-pensjonaty>, dostęp: 07.01.2018 r.
9. Soliński I., Soliński B., Solińska M.: Rola i znaczenie energetyki wiatrowej w sektorze energetyki odnawialnej. *Polityka Energetyczna*, 2008, t.11, z. 1, s.451 – 463.
10. Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej: Stan energetyki wiatrowej w Polsce w 2016 roku, <http://psew.pl/wp-content/uploads/2017/06/Stan-energetyki-wiatrowej-w-Polsce-w-2016-r.pdf>, dostęp: 07.01.2018 r.
11. Polskie wiatraki biją rekordy produkcji energii, <http://biznesalert.pl/farmy-wiatrowe-polska-2017-rekord/>, dostęp: 07.01.2018 r.
12. Energetyka wiatrowa z rekordowym udziałem w Miksie Danii, <http://gramwzielone.pl/energia-wiatrowa/29581/energetyka-wiatrowa-z-rekordowym-udzialem-w-miksie-danii>, dostęp: 07.01.2018 r.
13. Pionowe Siłownie Wiatrowe. Polski wynalazek przyszłością OZE, <http://odnawialnezrodlaenergii.pl/energia-wiatrowa-aktualnosci/item/1158-pionowe-silownie-wiatrowe-polski-wynalazek-przyszloscia-oze>, dostęp: 07.01.2018 r.
14. Alternatywne i innowacyjne typy wirników elektrowni wiatrowych, http://www.eip-cz.pl.eu/pl/index.php?D=11&cmd=33&file=Oblast_1&view=1&category=&id=44, dostęp: 07.01.2018 r.
15. Przydomowe elektrownie wiatrowe, <http://ioze.pl/energetyka-wiatrowa/kategoria-artikulow/przydomowe-elektrownie-wiatrowe>, dostęp: 08.01.2018 r.
16. Chiny: rekordowy potencjał instalacji fotowoltaicznych w 2016 r., <http://gramwzielone.pl/energia-sloneczna/25054/chiny-rekordowy-potencjal-instalacji-fotowoltaicznych-w-2016>, dostęp: 08.01.2018 r.
17. Instytut Energetyki Odnawialnej: Rynek Fotowoltaiki w Polsce, http://www.cire.pl/pliki/2/2017/raportpv_2017_final_18_05_2017.pdf, dostęp: 08.01.2018 r.
18. Pokladko – Kowar M., Gondek E., Danel A.: Ogniwa fotowoltaiczne na bazie organicznych materiałów. *Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej*, 2011, zeszyt 22, s. 77-83.
19. Antonowicz M.: Nowe trendy fotowoltaiki – organiczna, w sprayu, w folii, <http://dlaklimatu.pl/nowe-trendy-pv/>, dostęp: 08.01.2018 r.
20. Telefony na baterie słoneczne nie sprawdziły się, <http://technowinki.onet.pl/aktualnosci/telefony-na-baterie-sloneczne-nie-sprawdzily-sie/x7jbr>, dostęp: 08.01.2018 r.
21. Dec B., Krupa J.: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w aspekcie ochrony środowiska, <https://www.wsiz.rzeszow.pl/pl/Uczelnia/kadra/jkrupa/Documents/Wykorzystanie%20odnawialnych%20%C5%BAr%C3%B3de%C5%82%20energii.pdf>, dostęp: 09.01.2018 r.
22. Eagle Two – Polski samochód na słońce, <https://polakpotrafi.pl/projekt/lodzsolarteam>, dostęp: 09.01.2018 r.
23. Najbardziej innowacyjne źródła energii, <http://chemiatomy.pl/najbardziej-innowacyjne-zrodla-energii-2/>, dostęp: 09.01.2018 r.
24. Pabjańczyk W.: Hybrydowe systemy zasilania oświetlenia w technologii LED, <http://www.elektroonline.pl/a/5712,Hybrydowe-systemy-zasilania-oswietlenia-w-technologie-LED,Technika-swietlna>, dostęp: 09.01.2018 r.

25. Wróblewski R.: Biomasa w energetyce, http://www.cire.pl/pliki/2/wr__blewskirobert1.pdf, dostęp: 10.01.2018 r.
26. Bio-Hydrogen – unikatowe polskie urządzenie – Prąd bez spalin, <http://iluminaci.com/ads/bio-hydrogen-unikatowe-polskie-urządzenie-prad-bez-spalin/>, dostęp: 10.01.2018 r.
27. Mielczarski W.: Rozwój systemów elektroenergetycznych – wybrane aspekty, Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej, 2004.
28. Kaleta P., Wałek T.: Innowacyjna metoda zaopatrywania małych i średnich przedsiębiorstw produkcyjnych w ciepło i energię elektryczną, [w:] Systemy wspomagania w inżynierii produkcji, 2014.
29. Bień J. D.: Mechaniczno – cieplne przetwarzanie odpadów komunalnych w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 20(2), s.221-236.

Mgr inż. Aleksandra OTAWA
Dr hab. inż. Waldemar SKOMUDEK, prof. PO
Politechnika Opolska
Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów
45 – 370 Opole, ul. Ozimska 75
e-mail: a.otawa@po.opole.pl
w.skomudek@po.opole.pl