



Zeszyty Naukowe

Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk

rok 2018, nr 105, s. 187–196

DOI: 10.24425/124381

Sławomir SOWA¹

Odnawialne źródła energii jako czynnik wpływający na poprawę efektywności energetycznej

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę wpływu energii wytwarzanej z odnawialnych źródeł na poprawę efektywności energetycznej obiektów użyteczności publicznej oraz gospodarstw domowych. Przedstawiono obecny stan technologii wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł oraz ich udział w ogólnokrajowym systemie energetycznym. Przeprowadzona analiza dotyczy zarówno mikroinstalacji, jak i dużych systemów wytwarzających energię elektryczną. Rosnąca świadomość społeczeństwa w zakresie korzystnego oddziaływania systemów energetyki odnawialnej na środowisko oraz wsparcie w postaci różnych programów dotujących wykonanie nowych instalacji, sprawiają, że wytwarzanie energii z odnawialnych źródeł staje się coraz bardziej popularne i powszechne. Pomimo jeszcze niewielkiego przekonania, co do opłacalności zastosowania systemów energetyki odnawialnej, to instalacje OZE są pozytywnie postrzegane i uznawane jako nowy trend w budownictwie zarówno jedno-, jak i wielorodzinnym. Rosnący udział energetyki odnawialnej w krajowym systemie energetycznym wpływa na zmniejszone zapotrzebowanie w energię wytworzoną z konwencjonalnych źródeł. W oczywisty sposób przekłada się to na zmniejszone zużycie energii pierwotnej, na przykład paliw kopalnych.

W konsekwencji przekłada się to na ograniczenie eksploatacji zasobów tych surowców, a więc przyczynia się do ochrony środowiska przyrodniczego. Działania zmierzające do poprawy efektywności energetycznej i zmniejszenia zużycia energii finalnej są podejmowane przez wiele krajów na świecie oraz Unię Europejską. W 2012 roku Parlament Europejski i Rada Europy opublikowały Dyrektywę 2012/27/UE, która nakłada na kraje członkowskie obowiązek podejmowania działań mających na celu zmniejszenie zużycia energii końcowej o 1,5% w skali roku. W artykule przedstawiono stan wytwarzania w Polsce energii z OZE na przestrzeni ostatnich 13 lat. Wspomniano także o sposobach wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych do poprawy efektywności energetycznej obiektów.

Słowa kluczowe: efektywność energetyczna, odnawialne źródła energii

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, Poznań; e-mail: Sławomir.b.sowa@doctorate.put.poznan.pl

Renewable sources of energy as a factor influencing improvement in energy efficiency

Abstract: The paper presents an analysis of the influence of the energy generated from renewable sources on an improvement in the energy efficiency of public utility building and households. It also presents the current state of the technologies for the production of electricity from renewable sources, as well as their share in the national power supply system. The conducted analysis concerns both micro, as well as large systems generating electricity. Systems generating power from renewable sources are gaining in popularity. With an increasing awareness in the society of the beneficial influence that renewable power generating systems have on the environment, as well as the support in form of various programs offering subsidies for the construction of new systems, power generation from renewable sources is becoming increasingly popular and common. Although the renewable energy systems are still not widely considered to be a profitable solution, systems using renewable sources of energy are positively perceived and treated as a new trend in the construction of multi or single-family residential buildings. The increasing share of the renewable energy in the national power supply system significantly reduces the demand for energy produced from conventional sources. This obviously translates into a reduced consumption of primary energy, for example, fossil fuels, and, in turn, leads to the reduced exploitation of natural resources, thus contributing to the protection of the natural environment. A reduced consumption of fossil fuels also means a significant reduction in environmental pollution during their processing into electricity or heat. Actions aiming at improving energy efficiency and reducing final energy consumption are being undertaken by many countries all over the world, and by the European Union. In 2012, the European Parliament and the Council issued Directive 2012/27/EU obliging the Member States to initiate actions aiming at a reduction in the consumption of final energy by 1.5% a year. The paper presents the current status of generation of energy from renewable sources during the last 13 years. The ways for using energy from the renewable sources to improve the energy efficiency of facilities were also discussed.

Keywords: energy effectiveness, renewable energy sources

1. Systemy Energetyki Odnawialnej

Potencjał systemów energetyki odnawialnej do skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła zainstalowanych w instalacjach OZE w Polsce jest duży. W sposób naturalny jest on uzależniony od położenia geograficznego danych instalacji. Dla instalacji kolektorów słonecznych oraz ogniw fotowoltaicznych szerokość geograficzna będzie odgrywała najistotniejszą rolę w produkcji energii, ze względu na położenie słońca. Dla tych instalacji źródłem energii jest promieniowanie słoneczne, a jego wielkość jest uzależniona od położenia naszej gwiazdy na niebie. W przypadku systemów hydroenergetycznych, które wykorzystują potencjał wód śródlądowych znaczenie będzie miało ukształtowanie terenu oraz bogactwo występowania rzek na danym obszarze. Również warunki terenowe będą miały istotne znaczenie przy pozyskiwaniu energii z gruntu. Instalacje geotermalne pozyskują energię ciepłą, której wielkość jest uzależniona od rodzaju występującego podłoża. Kolejnym źródłem energii odnawialnej jest energia wiatru, której potencjał jest uzależniony także od takich czynników zewnętrznych jak: położenie geograficzne miejsca instalacji oraz warunków wietrznych występujących w danej lokalizacji. Do systemów energetyki odnawialnej zaliczamy także instalacje wytwarzające energię z biomasy. Ich lokalizacja nie jest już zależna od położenia geograficznego, lecz najczęściej jest uzasadniona warunkami ekonomicznymi. Energetyka odnawialna ma znacznie więcej zalet niż wad. Źródła, których zasoby nie ulegają zmniejszeniu, odnawiają ciągle swoją energię. Stworzenie technologii, która pozwoli w znacznym stopniu na wykorzystanie energii odnawialnej, umożliwi zmniejsz-

szenie udziału elektrowni i elektrociepłowni konwencjonalnych w produkcji energii elektrycznej i ciepła. Konieczność ich istnienia jest podyktowana stabilnością pracy KSE. Do wad systemów energetyki odnawialnej najczęściej zalicza się wysokie koszty inwestycyjne instalacji, a także w niektórych przypadkach, na przykład dla elektrowni wiatrowych, wysokie koszty ich utrzymania. Kolejnym minusem jest niestabilność w wytwarzaniu energii, której pozyskanie jest w pewnych przypadkach uzależnione od występujących warunków atmosferycznych, a te bywają nieprzewidywalne.

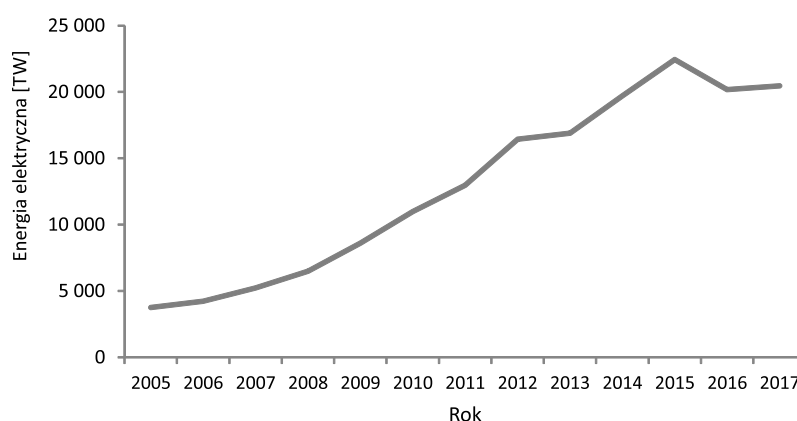
1.1. Energetyka odnawialna na świecie

Rozwój energetyki odnawialnej na świecie jest uzależniony od możliwego do wykorzystania potencjału energetycznego oraz polityki danego kraju w zakresie wspierania rozwoju instalacji OZE. Kraje wysokorozwinięte i położone na terenach sprzyjających rozwojowi OZE, inwestują od wielu lat w energetykę odnawialną, która, jako przyjazna środowisku, ogranicza w znaczącym stopniu zużycie naturalnych zasobów energetycznych, tj. ropy naftowej, węgla czy gazu. Jak wynika z raportu agencji ONZ *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21)* 27,7% zainstalowanej mocy na świecie pochodzi z odnawialnych źródeł. Głównie przyczyniają się do tego energetyka wodna i wiatrowa. Ten udział odpowiada zaspokojeniu w 22,8% globalnego zapotrzebowania na energię. Krajem z największym udziałem OZE w energii końcowej brutto jest Norwegia z 65,5% udziału energii odnawialnej.

Opublikowany 31 marca 2018 roku raport Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej (*IRENA 2018*) podaje, że światowa zdolność do wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych wyniosła na koniec 2017 roku 2179 GW. Jest to wzrost w porównaniu z poprzednim rokiem o 167 GW, czyli o 8,3%. Wskaźnik ten oznacza kontynuację utrzymującej się tendencji rozwojowej z poprzednich lat. Mając na uwadze roczny wzrost, to od kilku lat pierwsze miejsce na świecie w produkcji energii elektrycznej z OZE zajmuje energetyka słoneczna z mocą zainstalowaną 94 GW w roku 2017. Jest to wzrost o 32% w porównaniu z poprzednim 2016 rokiem. Na drugim miejscu znajduje się energetyka wiatrowa, która odnotowała 10% wzrost produkcji energii, o 47 GW. Globalne wykorzystanie energii wody wzrosło o 21 GW, czyli o 2%, a energii biomasy 5 GW, tj. 5%. Najniższy wzrost mocy odnotował sektor energii geotermalnej, 1 GW. Przedstawione dane, które pochodzą z ponad 200 krajów na świecie, dowodzą, że energetyka odnawialna zaczyna odgrywać coraz większą rolę w światowym systemie energetycznym. Światowym liderem wykorzystującym energię odnawialną są Chiny, które poprzez wieloletnie inwestycje dominują w produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Są też krajem, który najwięcej inwestuje w technologie produkcji energii z OZE. W 2016 roku inwestycje w ten sektor energetyki pochłonęły blisko 100 mld USD. W tym samym roku 28% wytwarzanej energii w Państwie Środka pochodziło z odnawialnych źródeł (*East Analytics 2017*).

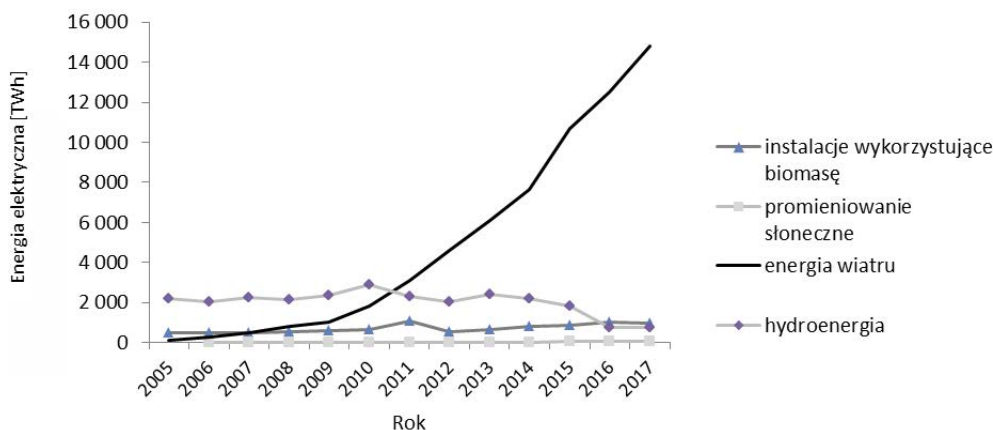
1.2. Energetyka odnawialna w Polsce

Historia energetyki odnawialnej w Polsce sięga jeszcze początku XX wieku, kiedy to uruchamiano niewielkie jak na dzisiejsze czasy elektrownie wodne, np. najstarszą do dziś pracującą elektrownię wodną w Leśnej na rzece Kwisa o mocy 2,7 MW czy większą o mocy 13,3 MW elektrownia Plichowice. W Polsce energetyką zajmuje się Ministerstwo Energii, które wydaje regulacje prawne dotyczące energetyki krajowej. Unia Europejska w kwestii rozwoju energetyki odnawialnej zakłada zwiększenie udziału energii elektrycznej wytworzonej z OZE, w krajowym całkowitym zużyciu tej energii. W roku 2017 udział ten wynosił w Polsce 12%. W 2010 roku Polska rozpoczęła dostosowanie polskich przepisów prawnych do polityki klimatycznej Unii Europejskiej. Ilość energii elektrycznej wytworzonej z odnawialnych źródeł energii w latach od 2005 do 2017 przedstawiono na rysunku 1. Dane na wykresie zostały ukazane na podstawie wydanych przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki świadectw pochodzenia. Widoczna jest stała tendencja wzrostowa obrazująca rozwój energetyki odnawialnej w Polsce. Ewenementem na skalę światową jest nie tylko zahamowanie rozwoju, a nawet spadek produkcji energii z OZE w 2016 roku. W znaczącym stopniu sytuacja ta jest wynikiem wprowadzonej przez polski rząd ustawy, która ograniczyła w znaczący sposób możliwość budowy elektrowni wiatrowych w nowych lokalizacjach, a istniejące objęła dodatkowymi opłatami, powodując zmniejszenie opłacalności produkcji energii elektrycznej. Również spadek cen zielonych certyfikatów, które miały doprowadzić do wzrostu konkurencyjności cen na zieloną energię, ostatecznie doprowadziły do obniżenia rentowności farm wiatrowych, a w niektórych przypadkach nawet do ich wyłączenia (Mirowski 2017). Dodatkowo część hydrozespołów pracujących w elektrowniach wodnych została wyłączona z racji konieczności przeprowadzenia remontów i konserwacji. Na rysunku 2 została przedstawiona produkcja energii elektrycznej w poszczególnych sektorach OZE, na przestrzeni lat 2005–2017. Wieloletnie prognozy dotyczące wykorzystania OZE w Polsce wskazują na wzrost mocy zainstalowanej z tych źródeł w perspektywie do 2050 roku (Gawlik i Mirowski 2016; Malec i Kamiński 2016).



Rys. 1. Łączna ilość energii elektrycznej wytworzonej z OZE w Polsce w latach 2005–2017 (GUS 2018)

Fig. 1. Total electric power produced from renewable energy sources in Poland in 2005–2017



Rys. 2. Produkcja energii elektrycznej w Polsce z poszczególnych rodzajów odnawialnych źródeł energii

Fig. 2. Production of electricity in Poland per individual renewable source of energy

Ważnym parametrem jest udział energii z odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii brutto. Wyrażany jest on w procentach i wyliczany jako iloraz wartości końcowego zużycia energii brutto z odnawialnych źródeł oraz wartości końcowego zużycia energii brutto ze wszystkich źródeł. Wskaźnik udziału energii z odnawialnych źródeł w końcowym zużyciu energii brutto w 2016 roku wyniósł 11,3%, co oznacza wzrost o 4,39% w porównaniu do 2005 roku. W ogólnosięciowym zestawieniu Polska z tym udziałem znajduje się na 21. miejscu. Wskaźnik udziału energii z OZE w finalnym zużyciu energii brutto w ciepłownictwie i chłodnictwie, wyniósł w 2016 roku 14,7% (SHARES 2016).

2. Efektywność energetyczna obiektów

Efektywność energetyczna w najprostszym ujęciu oznacza ilość zaoszczędzonej energii, ustaloną w wyniku pomiaru lub szacowania. Pojęcie efektywności energetycznej znalazło swoją definicję w ustawie z 2016 roku (UEE 2016 – I), gdzie jest określona jako stosunek otrzymanego rezultatu do ilości energii zużytej w celu osiągnięcia tego efektu. Efektywność energetyczną można osiągnąć poprzez zmniejszenie strat energii, które występują podczas konwersji paliw źródłowych, na etapie przesyłu i dystrybucji energii, a także w końcowym zużyciu energii. Wdrożenie rozwiązań, które zmniejszają zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepło jest jednym ze skutecznych środków wzrostu efektywności energetycznej. Użytkownicy obiektów starają się wprowadzać takie zmiany zmniejszające zużycie energii z oczywistych względów finansowych. Mniejsze zużycie energii, to mniejsze koszty utrzymania budynków oraz zmniejszone zanieczyszczenie środowiska. Jeśli nawet nie wytwarzamy bezpośrednio energii np. ciepłej w budynku, to ograniczenie jej zużycia z sieci centralnej, także pośrednio, wpływa na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska. Działania

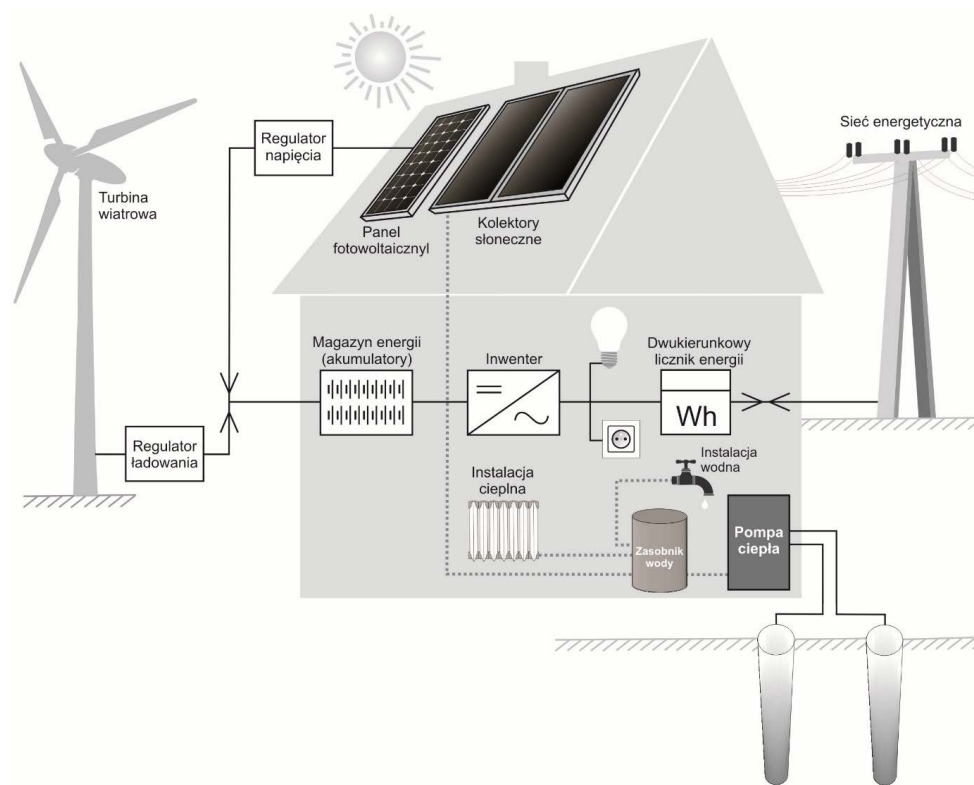
właścicieli obiektów zarówno użyteczności publicznej, jak i gospodarstw domowych, sprowadzają się do ograniczenia strat energii w budynku.

Poprawa efektywności energetycznej budynku w zakresie energii cieplnej sprowadza się zazwyczaj do wykonania odpowiedniej termoizolacji ścian, dachu oraz okien. Inne działania mają na celu wymianę kotłów grzewczych na kotły nowszej generacji, które charakteryzują się wyższą sprawnością oraz emitują mniej szkodliwych substancji. Do obiektów ciepło dostarczane jest przede wszystkim z miejskich sieci ciepłowniczych bądź wewnętrznych instalacji centralnego ogrzewania. Zainstalowane kotły grzewcze wytwarzają ciepło ze spalania paliw stałych, którymi najczęściej są węgiel, olej opałowy i gaz. Zastosowanie instalacji solarnej w warunkach polskich jest w stanie pokryć zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową i co najwyżej wspomóc ogrzewanie domu. Wykorzystując energię ciepła Ziemi, możemy za pomocą instalacji geotermalnej zapewnić całoroczne ogrzewanie obiektu, ponosząc jedynie koszty energii elektrycznej koniecznej do zasilenia pomp obiegowych oraz automatyki sterującej.

Oszczędności w zużyciu energii elektrycznej najczęściej są uzyskiwane poprzez wymianę źródeł oświetlenia na energooszczędne oraz stosowanie odbiorników energii elektrycznej o zmniejszonym poborze energii.

Stosując systemy wykorzystujące energię wiatru i promieniowania słonecznego do produkcji energii elektrycznej, można uzyskać poprawę efektywności energetycznej obiektów w znaczący sposób ograniczając zużycie energii elektrycznej pobieranej z sieci zewnętrznej. Stosując hybrydowe układy wytwarzania, można zapewnić całodobowe zapotrzebowanie w energię elektryczną pochodzącą z OZE (Sowa 2018; Turski i Sekret 2016). Konieczne jest w tym układzie zastosowanie magazynów energii, aby w okresie braku produkcji energii elektrycznej móc zapewnić zasilanie np. z baterii akumulatorów. Połączenie systemów wykorzystujących energię wiatru i promieniowania słonecznego zapewnia ciągłość zasilania w obiekcie w oparciu o energię wygenerowaną w układach OZE. Poglądowy układ hybrydowej instalacji OZE dla niewielkiego gospodarstwa domowego przedstawiono na rysunku 3. Energia cieplna wykorzystywana do podgrzewania ciepłej wody użytkowej jest wytwarzana w układzie solarnym. Instalacja solarna może także służyć do wspomaganie ogrzewania budynku. Zapewnienie nawet pełnego pokrycia w energię ciepłą dla obiektu jest możliwe przy wykorzystaniu instalacji geotermalnej, która odpowiednio dobrana będzie zapewniała ogrzewanie obiektu. Energię elektryczną konieczną do zasilania pomp obiegowych oraz automatyki sterującej możemy zapewnić z ogniw fotowoltaicznych lub turbiny wiatrowej. Właściwie dobrany magazyn energii w postaci baterii akumulatorów oraz zasobnika ciepła pozwoli na zapewnienie ciągłości dostarczania energii elektrycznej i ciepła do obiektu w przypadku braku ich chwilowej produkcji.

Poprawa efektywności energetycznej obiektów użyteczności publicznej będzie charakteryzowała się większym stopniem wykorzystania energii pochodzącej z OZE. Sytuacja taka będzie miała miejsce ze względu na sposób użytkowania tych obiektów, których zdecydowana większość jest wykorzystywana podczas dnia. Najbardziej dogodne warunki do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła za pośrednictwem promieniowania słonecznego, przypadają właśnie w czasie maksymalnego zapotrzebowania w energię. W takich obiektach magazyny energii mogą zostać zminimalizowane do niezbędnego minimum. Wprowadze-



Rys. 3. Uproszczony schemat ideowy hybrydowej instalacji wykorzystującej Odnawialne Źródła Energii (opracowanie własne)

Fig. 3. Simplified diagram of a hybrid system using a source of renewable energy

nie działań zmierzających do poprawy efektywności energetycznej obiektów użyteczności publicznej nakazuje ustawa, która określa cztery sposoby poprawy efektywności energetycznej, np.: uzyskanie niskiego poziomu zużycia energii, ograniczenie kosztów eksploatacji, wykonanie termoizolacji oraz wdrażanie systemu zarządzania środowiskowego (UEE 2016 – II).

W przeciwieństwie do obiektów użyteczności publicznej, gospodarstwa domowe cechuje zapotrzebowanie na energię głównie w okresie popołudniowym i wieczornym. Ten zróżnicowany sposób użytkowania obiektów ma istotny wpływ na sposób doboru systemów wytwarzających energię z OZE. Bardzo ważną rolę będzie odgrywała także automatyka sterująca, która powinna zapewnić optymalne wykorzystanie wszystkich źródeł energii odnawialnej.

Promieniowanie słoneczne może zostać wykorzystane do poprawy efektywności energetycznej nie tylko w aspekcie produkcji energii elektrycznej. Stosując odpowiednie sposoby sterowania oświetleniem, możemy także przyczynić się do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej na oświetlenie (Sowa i Gielniak 2018). Jak wykazały przeprowadzone badania,

stosując odpowiednie algorytmy sterowania oświetleniem, można zaoszczędzić do 48% energii elektrycznej (Sowa i Kamińska 2018). Systemy te wykorzystują oświetlenie dzienne i załączają tylko wybrane źródła oświetlenia sztucznego. Zapewniają także wyłączenie oświetlenia podczas nieobecności użytkownika oraz umożliwiają nadzorowanie sterowania oświetleniem sztucznym w zależności od wielkości natężenia światła dziennego. Biorąc pod uwagę, że zużycie energii elektrycznej na oświetlenie w gospodarstwach domowych wynosi 9,7% całkowitego zużycia energii (GUS 2016), wprowadzenie takich rozwiązań pozwoli na uzyskanie dużych oszczędności w zużyciu energii elektrycznej.

Bardzo ważnym czynnikiem umożliwiającym wdrożenie rozwiązań poprawy efektywności energetycznej obiektów jest Fundusz Termoizolacji i Remontów (Dołęga 2012). Inwestor obiektu wielorodzinnego może otrzymać premię remontową, jeśli realizacja przedsięwzięcia termomodernizacyjnego pozwoli na zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na dostarczaną energię potrzebną do ogrzania oraz wytworzenia ciepłej wody użytkowej (UWTIR 2008). Istnieje wiele innych programów wspierających stosowanie technologii OZE. Wielkość pomocy publicznej, jaką może zapewnić państwo w spieraniu poszczególnych rodzajów instalacji OZE, została zawarta w dokumencie (TGPE 2016).

Analizując energię wytworzoną w systemach wykorzystujących odnawialne źródła energii, możemy przyjąć, że w warunkach polskich dla przeciętnego gospodarstwa domowego można wytworzyć energię przedstawioną w tabeli. Do szacunkowej analizy wyprodukowanej energii przyjęto uśrednione dane dla standardowych urządzeń pracujących w nominalnych warunkach.

Źródło energii	Rodzaj urządzenia	Wytworzona energia/rok [kWh]	Zmniejszenie emisji CO ₂ [kg]
Energia słoneczna	panel PV 250 Wp, 2m ²	2 000	1 562
	kolektor słoneczny płaski 4 m ²	3 600	2 811
Energia wiatru	turbina wiatrowa 3 kW	7 560	5 094
Razem		13 160	9 467

Podsumowanie

Zasoby konwencjonalnych surowców energetycznych, tzn. ropy, węgla czy gazu, wyczerpują się w szybkim tempie. Wzrastające światowe zapotrzebowanie na energię jeszcze bardziej przyspiesza ten proces. Jeśli chcemy racjonalnie dysponować potencjałem energetycznym, jaki daje nam natura, należy rozwijać sektor energetyki odnawialnej. W przeciwnym razie będziemy przyczyniali się do zanieczyszczenia środowiska oraz szybkiego wyczerpywania zasobów naturalnych naszego globu. Chcąc tego uniknąć, powinniśmy stworzyć warunki sprzyjające rozwojowi energetyki odnawialnej. Dostarczana ze źródeł odnawialnych energia jest w stanie obniżyć zużycie surowców pierwotnych i ograniczyć

emisję szkodliwych substancji, które w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła dostają się do atmosfery, negatywnie oddziałując na środowisko naturalne.

Zalety działań mających na celu poprawę efektywności energetycznej są dobrze znane. Wpływają one pozytywnie na gospodarkę, środowisko, społeczeństwo, a konsekwencji nawet na nasze zdrowie i samopoczucie. Wdrażanie energooszczędnych technologii i rozwiązań ograniczających zużycie energii finalnej mają wpływ na poprawę bezpieczeństwa energetycznego, zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska oraz łagodzenia zmian klimatycznych.

Odnawialne źródła energii w istotny sposób wpływają na poprawę efektywności energetycznej. Należy utrzymać tendencję rozwojową w sektorze systemów energetyki odnawialnej, zapewniając wsparcie i rozwiązania zapewniające wdrażanie nowych technologii oraz opłacalność produkcji „czystej energii”.

Literatura

- Dołęga, W. 2012. Prawno-ekonomiczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w budownictwie. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 15, z. 1, s. 77–86.
- Dyrektiva Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dn. 25.10.2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.
- Gawlik, L. i Mirowski, T. 2016. Strategic directions of development of the Polish power sector in the light of climate and energy policy of the European Union. *Humanities and Social Sciences* 21, 23(2), s. 49–62.
- GUS 2016. Efektywność wykorzystania energii w latach 2006–2016, Informacje i opracowania statystyczne, GUS 15.06.2018, Warszawa.
- IRENA 2018. Renewable capacity statistics 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.
- Malec, M. i Kamiński, J. 2016. Wpływ wybranych regulacji środowiskowych na dezaktualizację prognoz zapotrzebowania na energię elektryczną. *Rynek Energii* nr 5, z. 126, s. 27–36.
- Mirowski, T. 2017. Wybrane problemy związane z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii w Polsce. *Zeszyty naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energii PAN* nr 98, s. 5–14.
- REN 21, Agenda ONZ REN21, Renewables 2017 Global Status Report, Paris 2017.
- SHARES_2016 (SHort Assessment of Renewable Energy Sources), Eurostat 2016.
- Sowa, S. 2017. Natężenie światła dziennego w budynku szkoły. *Informatyka, Automatyka i Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska* nr 3, s. 153–162.
- Sowa, S. 2018. Increasing the energy efficiency of hybrid RES installations using KNX system. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*, Springer s. 387–394.
- Sowa, S. i Gielniak, J. 2018. Algorytmy sterowania oświetleniem w budynku szkoły z wykorzystaniem systemu KNX. *Electrical Engineering* nr 96, s. 78–81.
- Sowa, S. i Kamińska, A. 2018. Prognozowane zmniejszenie zużycia energii w budynku szkoły przez sterowanie oświetleniem w systemie KNX. *Przegląd Elektrotechniczny* nr 2, s. 193–197.
- TGPE 2016. *Analiza w celu określenia nakładów inwestycyjnych instalacji referencyjnych dla projektów OZE i wysokosprawnej kogeneracji do obliczenia kwoty pomocy inwestycyjnej*. Warszawa: Towarzystwo Gospodarcze Polskie Elektrownie.
- Turski, M. i Sekret, R. 2016. Nowe rozwiązania dla hybrydowych systemów zaopatrzenia budynków w energię, *Rynek Energii* nr 1, s. 66–74.
- UEE 2016 – I. Ustawa o efektywności energetycznej, art. 2, pkt. 3, Dz.U. RP z dn. 20.05.2016 r., Warszawa.
- UEE 2016 – II. Ustawa o efektywności energetycznej, Dz.U. RP z dn. 20.05.2016 r., poz 231, Warszawa.
- Ustawa o efektywności energetycznej, art. 2, pkt. 3, Dz.U. RP z dn. 20.05.2016 r., Warszawa. UWTIR – Ustawa o efektywności energetycznej, art. 2, pkt. 3, Dz.U. RP z dn. 20.05.2016 r., Warszawa.

