

Ocena efektywności ekonomicznej zastosowania magazynu energii w instalacji fotowoltaicznej pracującej w ramach programu Prosument

Streszczenie. W artykule przedstawiono ocenę celowości zastosowania magazynu energii w instalacji fotowoltaicznej o mocy 5 kWp, która pracuje w ramach programu Prosument, zgodnie z przepisami obowiązującymi od 2022 roku. Analiza została wykonana w oparciu o dane rzeczywiste uzyskane w czasie trzyletniej eksploatacji systemu fotowoltaicznego. Na podstawie zebranych danych określono ilość energii wyprodukowanej przez system fotowoltaiczny, wielkość nadwyżki, którą przesłano do sieci oraz ilość energii pobranej. Dane te pozwoliły na optymalny dobór pojemności zestawu akumulatorów, oszacowanie ilości energii, która może zostać zmagazynowana, kosztów inwestycyjnych oraz wartości rocznych korzyści związanych z zastosowaniem systemu. Następnie dokonano oceny efektywności ekonomicznej dla zaproponowanego układu magazynowania energii.

Abstract. This paper presents an assessment of the advisability of using energy storage in a 5 kWp photovoltaic system that operates under the Prosument program, according to the regulations in force since 2022. The analysis was performed based on actual data obtained during the three-year operation of the photovoltaic system. Based on the collected data, the amount of energy produced by the photovoltaic system, the amount of surplus that was sent to the grid and the amount of energy consumed were determined. These data allowed for optimal selection of the capacity of the battery set, estimation of the amount of energy that can be stored, investment costs and the value of annual benefits associated with the use of the system. The economic efficiency for the proposed energy storage system was then evaluated. **(Assessment of the economic effectiveness of the use of energy storage in a photovoltaic installation operating under the Prosument program)**

Słowa kluczowe: prosument; mikroinstalacja PV; magazynowanie energii; analiza ekonomiczna

Keywords: prosument; micro photovoltaic installation; energy storage; economic analysis

Wprowadzenie

O energetyce prosumenckiej w Polsce mówi się przy okazji rozwoju energetyki odnawialnej. Odnawialne źródła energii zgodnie z przyjętą przez rząd Polityką Energetyczną Polski do 2030 roku mają stanowić 20% całości wytwarzanej w Polsce energii [1]. W skali globalnej szacuje się, że prosumenci będą generować ok. 10% dostaw, natomiast w poszczególnych regionach ten udział może być znacznie większy. W aktualnie obowiązującej ustawie o odnawialnych źródłach energii [2] (która jest implementacją Dyrektyw: w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych [3] oraz w sprawie efektywności energetycznej [4]) wprowadzono zasady i warunki wykonywania działalności w zakresie wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii oraz mechanizmy i instrumenty wspierające wytwarzanie energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Wprowadzona nowelizacja Dyrektywy [5,6] zmienia definicję prosumenta i umożliwia mu bezpieczny udział w rynku energii. Unijna dyrektywa mówi, że prosument oznacza odbiorcę końcowego, który wytwarza energię z OZE na własne potrzeby oraz który może sprzedawać samodzielnie wytworzoną energię elektryczną. W ślad za zmianami w prawie europejskim następują zmiany na gruncie krajowym. Planowana jest nowelizacja ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii [7], która zakłada, iż od 2022 r. nowi prosumenci nie będą już mieli prawa korzystać z tzw. opustów. Jeśli projekt nowelizacji ustawy o OZE zostanie zaakceptowany przez Sejm, Senat i Prezydenta RP, po 1 stycznia 2022 roku każdy, kto zamontuje i uruchomi własną instalację fotowoltaiczną, będzie mógł już tylko sprzedawać nadwyżki energii bez opcji rozliczenia barterowego. Dziś prosumenci mogą odebrać z sieci 80 proc. oddanej do niej energii elektrycznej bez żadnych dodatkowych opłat przy półrocznym okresie rozliczenia. W praktyce sieć służy prosumentowi za magazyn. Projekt ministerstwa zakłada, że od 2022 r. nowi prosumenci będą sprzedawać nadwyżkę energii co najmniej po cenie rynkowej. Dodatkową energię

na własne potrzeby będą musieli kupić, ponosząc pełne opłaty. Rozliczenia tego dokonuje się na podstawie rzeczywistych wskazań urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych. Według nowej wersji ustawy [9], sprzedając nadwyżkę prądu, dostawca energii zapłaci 256 zł/MWh. Jeśli prosument będzie chciał dokupić brakującą energię, będzie musiał zapłacić 667 zł/MWh. Dokument zakłada również promowanie instalacji, w których powstające nadwyżki energii będą magazynowane (np. mikroinstalacje PV z magazynem energii). Mimo wielu prowadzonych zachęt podstawowym kryterium warunkującym instalację konkretnego systemu energetycznego jest rachunek ekonomiczny [8]. Analiza energetyczna nie może być w praktyce czynnikiem decydującym o wyborze rozwiązania. Potencjalny użytkownik chcący zainstalować mikroinstalację fotowoltaiczną powinien ocenić zarówno aspekty techniczne jak i ekonomiczne każdego z rozpatrywanych systemów i wybrać ten, który w perspektywie całkowitego okresu eksploatacji będzie najbardziej korzystny. W literaturze przedmiotu można znaleźć informacje i analizy techniczno-ekonomiczne dotyczące mikroinstalacji (PV) produkujących energię na potrzeby odbiorców indywidualnych (w oparciu o obejmujące net-metering) dla różnych typów paneli fotowoltaicznych [9,10], niemniej jednak brakuje porównania jak wprowadzone zmiany w rozliczaniu prosumentów, które mają obowiązywać od roku 2022 wpłyną na opłacalność inwestycji w system fotowoltaiczny oraz czy zastosowanie systemu magazynowania energii wpłynie na obniżenie kosztów energii dla użytkowników w instalacjach pracujących w ramach programu Prosument.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest analiza porównawcza systemu fotowoltaicznego zamontowanego w rzeczywistym budynku mieszkalnym jednorodzinny, który będzie rozliczany według programu Prosument zgodnie z zapisami nowelizacji ustawy OZE. Analiza porównawcza będzie wykonana w oparciu o dane rzeczywiste uzyskane w czasie

trzyletniej eksploatacji systemu. Dzięki czemu będzie można określić ilość energii wyprodukowanej przez system fotowoltaiczny, ilość energii wysłanej do sieci oraz ilość energii, która została pobrana z sieci a także całkowite koszty ponoszone przez beneficjenta. Analiza obejmuje dwa warianty, to jest wariant odniesienia, gdzie Prosument rozlicza na podstawie rzeczywistych wskazań urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych – sprzedaż nadwyżek, zakup niedoborów energii. Oraz wariant drugi, hybrydowy w którym mikroinstalacja PV zostanie wyposażona w magazyn energii, w którym będzie magazynowana część z powstających nadwyżek energii. Nadwyżki, które nie mogą być zakumulowane – będą przesyłane do sieci, a ewentualne niedobory, pobierane z sieci.

Obiekt badań

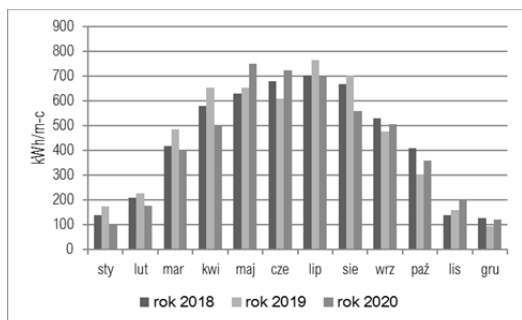
Obiektem badań jest mikroinstalacja fotowoltaiczna (PV) o mocy znamionowej 5,04 kWp produkująca energię elektryczną służąca do pokrycia potrzeb bytowych mieszkańców (oświetlenie, urządzenia RTV, AGD i inne) w budynku mieszkalnym zlokalizowanym na południu Polski.

Instalacja ta została zamontowana i uruchomiona pod koniec 2017 roku. Moc instalacji została dobrana w oparciu o dane o rzeczywistym zużyciu energii elektrycznej w budynku, które za lata 2015-2017 wynosiło średnio 4190 kWh/rok. W skład instalacji wchodzi 18 paneli fotowoltaicznych, każdy o mocy 280 Wp, które współpracują z trójfazowym inwerterem o mocy znamionowej 6 kW. Panele zamontowane zostały na dachu o kącie nachylenia 25° z ekspozycją południową.

Analizowany budynek został podłączony za pośrednictwem licznika dwukierunkowego do sieci. Odczyty energii wysłanej i pobranej z sieci prowadzone są w sposób zdalny i archiwizowane na serwerze dostawcy usług w serwisie e-licznik. Zamontowany u beneficjenta inwerter, jest połączony za pośrednictwem sieci WiFi z serwerem (Solarman), na którym są zapisywane wszystkie parametry, w tym dane o ilości wyprodukowanej energii. Zdalna archiwizacja danych pozwoliła na dokonanie szczegółowych odczytów energii wyprodukowanej (przez mikroinstalację), energii wysłanej do sieci oraz energii, która została pobrana z sieci. Na potrzeby niniejszej analizy wzięto pod uwagę trzy pełne okresy rozliczeniowe tj. lata 2018, 2019 oraz 2020.

Omówienie wyników badań

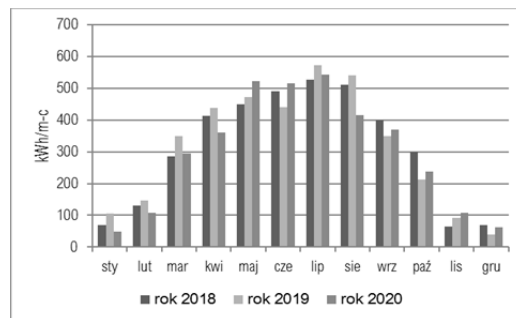
Zebrane dane z urządzeń pomiarowych za okres trzech lat pozwoliły na szczegółową analizę wydajności mikroinstalacji fotowoltaicznej (PV), pracującej na potrzeby odbiorców w budynku mieszkalnym jednorodzinny. Wielkość rocznej produkcji energii elektrycznej przez system fotowoltaiczny przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Wielkość rocznej produkcji energii elektrycznej przez mikroinstalację fotowoltaiczną o mocy 5,04 kWp

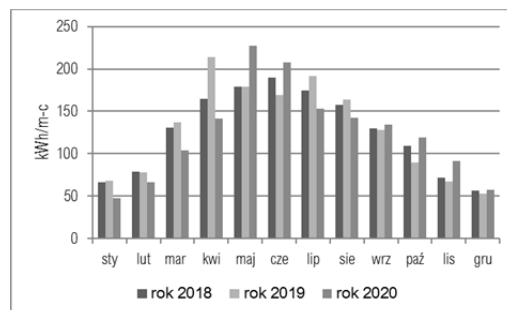
W analizowanym okresie roczna produkcja energii elektrycznej przez mikroinstalację fotowoltaiczną (PV)

zawierała się w przedziale od 5074 do 5293 kWh co daje wartość średnią na poziomie 5195 kWh. Analizując wartości zestawione na wykresie można stwierdzić, że najwięcej energii (88%) produkowane jest w okresie od marca do października. W grudniu, produkowane jest zaledwie 2% energii. Wartości te mogą wynikać z niskiego kąta (25°) nachylenia połaci dachowej na której zamontowano panele fotowoltaiczne. Wyprodukowana przez mikroinstalację energia elektryczna zużywana jest na bieżące potrzeby odbiorców, natomiast jej nadwyżki zostają przesłane do sieci elektroenergetycznej. Na rysunku 2 zestawiono ilość energii, która została odprowadzona do sieci w poszczególnych miesiącach.

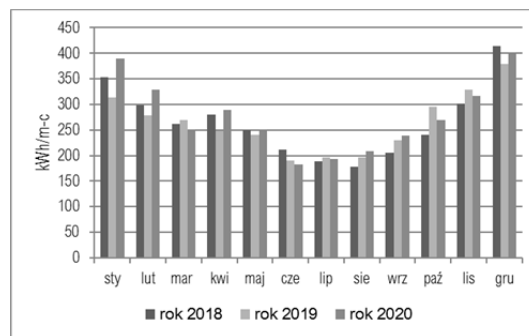


Rys. 2. Ilość energii oddanej do sieci elektroenergetycznej

Ilość energii elektrycznej oddanej do sieci w analizowanym okresie zawierała się w przedziale od 3580 do 3750 kWh/rok co daje wartość średnią na poziomie 3680 kWh/rok. Wolumen energii oddanej do sieci stanowi 71% energii, która została wyprodukowana przez system fotowoltaiczny. Poziom autokonsumpcji, czyli ilość energii zużywanej na bieżące potrzeby odbiorców (obliczona jako różnica między energią wyprodukowaną a oddaną do sieci) została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. Autokonsumpcja wyprodukowanej energii przez mikroinstalację fotowoltaiczną



Rys. 4. Ilość energii pobranej z sieci elektroenergetycznej

W rozpatrywanym przedziale czasowym, ilość energii zużywanej na bieżące potrzeby wynosiła od 1490 do 1540 kWh/rok, daje to wartość średnią na poziomie 1514

kWh/rok. Najwyższa wartość autokonsumpcji występuje w miesiącach od listopada do stycznia i wynosi ona około 48% wyprodukowanej energii. W okresie wakacyjnym (lipcu i sierpniu) wynosi 24%, natomiast w okresie od marca do czerwca i września do października, kształtuje się na poziomie ok. 28%. Niedobory energii są pobierane z sieci elektroenergetycznej, ich rozkład miesięczny został przedstawiony na rysunku nr 4.

Ilość energii pobranej z sieci elektroenergetycznej w latach 2018-2020 zawierała się w przedziale od 3165 do 3317 kWh/rok, co dało wartość średnią na poziomie 3220 kWh/rok. Najwyższy pobór występuje w grudniu oraz styczniu, natomiast najmniej energii jest zużywane w miesiącach od czerwca do sierpnia.

Porównując średnie zużycie energii przed założeniem instalacji fotowoltaicznej, gdzie średnio roczne zużycie energii elektrycznej wynosiło 4190 kWh/rok i po jej uruchomieniu – zużycie 4734 kWh/rok (pobór z sieci plus autokonsumpcja) można stwierdzić, obecnie wzrosło ono o około 13%. Zebrane dane pozwoliły na dobór magazynu (bufora) energii. Obliczenia wykonano zgodnie z metodyką zaprezentowaną w pracy [11], za pomocą, której dobrano jednocześnie akumulatorów żelowych o pojemności 200 Ah każdy, akumulatory te będą magazynowały nadwyżki energii, przy założeniu, że maksymalna głębokość wyładowania nie przekroczy 60%. Pozwoli to na zachowanie trwałości zestawu akumulatorów przy zachowaniu wszystkich parametrów i odpowiednio wydłużyć ich żywotność [12]. Wybór zestawu z akumulatorami żelowymi (kwasowo-ołowowymi) został podyktowany ceną zakupu, ponieważ w tym przypadku (zastosowanie stacjonarne) masa i objętość nie są najważniejsze. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły określić ilość energii, która może być zmagazynowana w akumulatorach a następnie przekazana do pokrycia potrzeb energetycznych w budynku. Szacuje się, że wprowadzenie bufora energii pozwoli na zmagazynowanie około 2338 kWh/rok co stanowi 63% wyprodukowanej nadwyżki energii. Do sieci może zostać wysłane ok. 1342 kWh/rok, natomiast odebrane ok. 1066 kWh/rok.

Wskaźniki efektywności ekonomicznej mikroinstalacji fotowoltaicznej z magazynem energii

Ocena konkretnego rozwiązania powinna opierać się na obiektywnych kryteriach. Powszechnie uważa się, że takim kryterium jest nadwyżka efektów nad nakładami [8,9]. Analizę ekonomiczną wykonano w oparciu o metody oceny inwestycji rzeczowych, oparte na stopie procentowej (dyskontowej), uwzględniające zmianę wartości pieniądza w czasie, do takiego kryterium można zaliczyć tzw. koszt zaoszczędzonej energii CCE (Cost of Conserved Energy). Jeżeli koszt zaoszczędzonej energii jest mniejszy lub równy cenie płaconej za energię, istnieją przesłanki, że inwestycja jest opłacalna [8].

$$(1) \quad CCE = \frac{(NI + Ke, o \cdot n) \cdot \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}}{\Delta E}$$

gdzie:

NI – koszty początkowe (koszt zakupu i uruchomienia instalacji), zł;
Ke,o – roczne koszty użytkowania instalacji (obsługa, ubezpieczenia i amortyzacja instalacji), zł;

i – stopa dyskonta (3%);

n – 1..20 kolejny rok kosztów (zakładana ilość lat cyklu życia instalacji);

ΔE – roczna oszczędność energii, kWh.

Wielkość nakładów inwestycyjnych (NI) dla systemu magazynowania została oszacowana na podstawie analizy rynku, gdzie brano pod uwagę ceny kompletnych zestawów magazynowania o pojemności zbliżonej do tej, która została dobrana dla analizowanego budynku. Oferty zawierały się w przedziale 17,7 do 21,6 tys. zł. Do obliczeń przyjęto wartość średnią na poziomie 19 tys. zł.

Analiza obejmuje sposób rozliczania prosumenta indywidualnego, według przepisów, które zaczną obowiązywać od 2022 roku, czyli rozliczenia na podstawie rzeczywistych wskazań urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych – sprzedaż nadwyżek, zakup niedoborów energii, zgodnie z projektem nowelizacji ustawy OZE, gdzie beneficjent, sprzedając nadwyżkę energii, może otrzymać 256 zł/MWh, natomiast chcąc dokupić brakującą energię, będzie musiał zapłacić 667 zł/MWh.

Pod uwagę zostaną wzięte dwa warianty mikroinstalacji PV, to jest, tradycyjna, gdzie wszystkie nadwyżki energii zostają przesłane do sieci oraz system wyposażony w magazyn energii. Pozwoli to na określenie efektywności (opłacalności) ekonomicznej takiego zestawu.

W obu przypadkach zakup energii obejmuje dwa składniki jakimi są opłaty stałe niezależne od wielkości zużytej energii elektrycznej oraz opłata zmienna, czyli koszt jej zakupu (sprzedaży) zależny od ilości sprzedanej/kupionej energii. Wartość opłaty stałej została przyjęta zgodnie z obowiązującą umową kompleksową jaką beneficjent podpisał z firmą TAURON dystrybucja Sp. z o.o. i w ujęciu rocznym wynosi 255 zł. W przypadku systemu magazynowania energii dodatkowym składnikiem kosztów jest amortyzacja zestawu akumulatorów, których żywotność określona jest liczbą cykli ładowania. Dla analizowanej instalacji przyjmuje się, że czas eksploatacji akumulatorów wyniesie 10 lat a zatem koniecznym jest uwzględnienie ich wymiany w rocznych kosztach użytkowania instalacji. Na potrzeby obliczeń przyjęto amortyzację liniową, gdzie wartość tego składnika wyniesie 1760 zł/rok. Do oszacowania zysków ze sprzedaży oraz kosztów zakupu energii dla wariantu, w którym beneficjent będzie się rozliczał przyjęto wartości średnie dla energii oddanej oraz pobranej z sieci za lata 2018-2019, które zostały zestawione w tabeli 1.

Tabela 1. Ilość energii elektrycznej oddanej i pobranej z sieci oraz wartość uzyskanych przychodów i poniesionych kosztów na jej zakup dla systemu tradycyjnego

wyszczególnienie	kWh/rok	przychód/koszt zł/rok
energia oddana do sieci	3680	942
energia pobrana z sieci	3220	2147

W przypadku zastosowania systemu magazynowania energii wartości zostały pomniejszone o ilość energii zmagazynowaną w zestawie akumulatorów, co przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Ilość energii elektrycznej oddanej i pobranej z sieci oraz wartość uzyskanych przychodów i poniesionych kosztów na jej zakup dla systemu z magazynowaniem energii

wyszczególnienie	kWh/rok	przychód/koszt zł/rok
energia oddana do sieci	1342	344
energia pobrana z sieci	1066	711

Kwota (koszt zmienny) za zakup energii elektrycznej jaką poniesie beneficjent, obliczona jako różnica między

kosztem zakupu a przychodem ze sprzedaży nadwyżek energii wynosi 1205 zł/rok. Uwzględniając koszty stałe wynikające z umowy, które wynoszą 255 zł/rok, beneficjent zapłaci 1460 zł/rok. W przypadku mikroinstalacji PV z magazynem energii koszty opłat za energię mogą ulec obniżeniu do poziomu 367 zł/rok. Natomiast po uwzględnieniu kosztów stałych mogą wynieść ok. 622 zł/rok. Zainstalowanie magazynu energii może przynieść roczne oszczędności, które mogą wynieść ok. 838 zł.

Założenia ekonomiczne do obliczeń dla mikroinstalacji fotowoltaicznej z systemem magazynowania energii przedstawiono w tabeli 3, natomiast otrzymane wartości wskaźnika oceny ekonomicznej CCE zestawiono w tabeli 4.

Tabela 3. Podstawowe założenia do obliczeń ekonomicznych

wyszczególnienie	Instalacja z magazynowaniem energii
nakłady inwestycyjne NI [zł]	19000
roczne koszty użytkowania (amortyzacja) Ke,o [zł]	1760
roczna oszczędność energii ΔE, kWh	2338

Tabela 4. Wynik analizy ekonomicznej

wyszczególnienie	wartość wskaźnika oceny
CCE [zł/kWh]	1,05

Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że przy obecnym (proponowanym) poziomie cen za zakup i sprzedaż energii w ramach programu Prosument, montaż systemu magazynowania energii jest rozwiązaniem nieopłacalnym dla beneficjenta. Świadczy o tym wartość wskaźnika oceny ekonomicznej, który jest wyższy od ceny zakupu energii. Przy czym możemy stwierdzić, że inwestycja ta zacznie być korzystna w przypadku, gdyby cena zakupu energii z sieci wzrosła powyżej 1,06 zł/kWh. Podobne wyniki zostały zaprezentowane w pracy [12] gdzie analizowano koszty magazynowania energii w baterii akumulatorów służących do napędu pojazdów, gdzie ich poziom został oszacowany na 1,18 zł/kWh. A więc uzyskane wyniki obliczeń można uznać za porównywalne.

Podsumowanie

Wykonano obliczenia opłacalności montażu magazynu energii do mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy 5,04 kWp w rzeczywistym budynku mieszkalnym jednorodzinny, który jest rozliczany według programu Prosument. Analiza została wykonana w oparciu o dane rzeczywiste uzyskane w czasie trzy letniej eksploatacji systemu fotowoltaicznego. Na podstawie zebranych danych określono ilość energii wyprodukowanej przez system fotowoltaiczny, która wyniosła średnio 5195 kWh/rok, do sieci przesłano 3680 kWh/rok, natomiast pobrano z niej 3220 kWh/rok. Dane te pozwoliły na optymalny dobór pojemności zestawu akumulatorów, oszacowanie ilości energii, która może zostać zmagazynowana, kosztów inwestycyjnych oraz wartości rocznych korzyści związanych z zastosowaniem systemu. Następnie dokonano oceny efektywności ekonomicznej dla proponowanego układu magazynowania energii. Szacuje się, że zastosowanie baterii akumulatorów pozwoli zmagazynować około 2340 kWh/rocznie. Pozwoli to na uzyskanie oszczędności w kwocie 840 zł/rok. Jednak

wysokie koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne związane z użytkowaniem zestawu akumulatorów powodują, że koszt zaoszczędzonej energii (wyrażony przez wskaźnik CCE) wynoszący 1,05 zł/kWh jest wyższy od ceny jej zakupu z sieci. Daje to jednak pogląd na opłacalność takiego systemu w aspekcie rosnących cen energii elektrycznej dla konsumentów indywidualnych.

Autorzy: dr inż. Stanisław Lis, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Bioprocusów, Energetyki i Automatykacji, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, e-mail: S.Lis@ur.krakow.pl; dr inż. Tomasz Szul, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Inżynierii Bioprocusów, Energetyki i Automatykacji, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, e-mail: T.Szul@urk.edu.pl; doc. Ing. Jozef Krilek, PhD. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta Techniky, Študentská 26, 960 01 Zvolen, e-mail: jkrilek@gmail.com; Ing. Ján Melicherčík, PhD. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta Techniky, Študentská 26, 960 01 Zvolen, e-mail: janmelichercik88@gmail.com; Ing. Tomáš Kuvík, PhD. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta Techniky, Študentská 26, 960 01 Zvolen e-mail: t.kuvik14@gmail.com.

LITERATURA

- [1] Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Dokument Rady Ministrów z dnia 10.11.2009 r. https://wfosigw.wroclaw.pl/files/download_pl/773_polityka-energetyczna-polski-do-2030.pdf.
- [2] Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 roku o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2016 poz. 925).
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dz. Urz. UE L 140 z 05.06.2009, str. 16, z późn. zm.).
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej (Dz. Urz. UE L 315 z 14.11.2012).
- [5] RED II - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych; (Dz. Urz. UE L 328/82 z 21.12.2018).
- [6] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/944 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej (Dz. Urz. UE L 158/125z 14.6.2019).
- [7] Rządowe Centrum Legislacji. Projekt ustawy o zmianie ustawy - Prawo energetyczne i ustawy o odnawialnych źródłach energii (nr UC74 w Wykazie prac legislacyjnych i programowych Rady Ministrów).
- [8] Bartnik R., Bartnik B., Rachunek ekonomiczny w energetyce. Wydawnictwo WNT (2014) ISBN 978-83-7926-198-7.
- [9] Szul T., Prosumer Energy — a Benefit or Loss for Beneficiaries in the Light of the Act on Renewable Sources of Energy, Barometr Regionalny. Analizy i Prognozy. (2015) s.101-116. ISSN 1644-9398, 13/2
- [10] Szul.T, Lis S., Tomasiak M. Ocena efektywności energetycznej i ekonomicznej systemu grzewczego opartego na pompach ciepła typu powietrze woda współpracującego z mikroinstalacją fotowoltaiczną Przegląd Elektrotechniczny. (2020) nr 4, s. 49-97. ISSN 0033-2097.
- [11] Knaga J., Szul T.: Optimizing the selection of batteries for photovoltaic applications, w: TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. (2012) nr. 12/1, s: 73-77.
- [12] Park Naukowo Technologiczny Euro-Centrum. Koszty magazynowania energii w rzeczywistych zasobnikach. <http://pnt.euro-centrum.com.pl/files/post/830/Koszty-magazynowania-energii-w-rzeczywistych-zasobnikach.pdf>.