

# ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA MIKROKOGENERACJI GAZOWEJ W JEDNORODZINNYCH BUDYNKACH MIESZKALNYCH W POLSCE

WAŁEK Tomasz

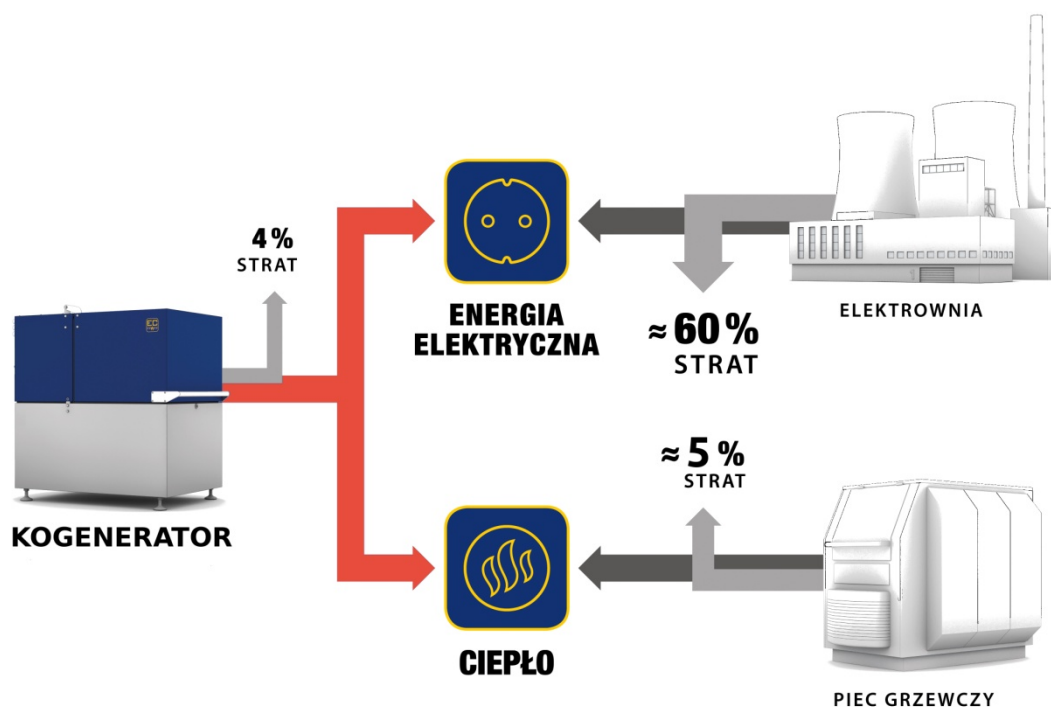
Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Produkcji, Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze, PL  
E-mail: tomasz.walek@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono uwarunkowania dotyczące aplikacji wysokosprawnej mikrokogeneracji gazowej w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych. Przedstawiono analizę profili zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną w tego typu budynkach i przeprowadzono dobór układu mikrokogeneracji w dwóch wariantach – urządzeń z silnikiem Stirlinga (1 kW mocy elektrycznej i 3-5,8 mocy grzewczej) oraz z tłokowym silnikiem spalinowym (2,5-6 kW mocy elektrycznej i 8-13 kW mocy grzewczej). Dla obu wariantów przeprowadzono analizę techniczną i ekonomiczną optymalnego zastosowania tej technologii. Niskie wartości podstaw poboru energii elektrycznej i ciepła w tego typu budynkach w skali roku i co za tym idzie możliwość stosowania jedynie najmniejszych urządzeń mikrokogeneracyjnych spośród typoszeregu dostępnych na rynku jednostek znacznie negatywnie wpływają na wielkość uzyskiwanych oszczędności eksploatacyjnych. Wskazano na kluczowe uwarunkowania jakie powinny być spełnione w celu uzyskania akceptowalnych oszczędności eksploatacyjnych oraz okresów zwrotu nakładów inwestycyjnych.

**Słowa kluczowe:** Gazowa mikrokogeneracja, budynki mieszkalne, uwarunkowania techniczne, korzyści eksploatacyjne, czas zwrotu nakładów inwestycyjnych, energetyka prosumencka.

## 1 Wprowadzenie

Gazowa mikrokogeneracja jest wysokosprawną technologią jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w ramach jednego procesu i urządzenia. Paliwo gazowe (gaz ziemny lub LPG) zasila silnik spalinowy, który bezpośrednio przekazuje energię mechaniczną do napędu generatora energii elektrycznej. Silnik spalinowy i generator elektryczny w trakcie pracy podlegają chłodzeniu, a uzyskane w ten sposób ciepło jest odbierane za pomocą ciekłego medium (woda lub roztwór glikolu) i przekazywane do wykorzystania. Generator elektryczny wytwarza energię elektryczną prądu zmiennego w układzie jedno lub trójfazowym. Uzyskane są w ten sposób jednocześnie dwa strumienie energii. Stąd można tu mówić o skojarzonym, wysokosprawnym wytwarzaniu energii (Rys. 1).



**Rys. 1. Różnice w występowaniu strat w układzie rozdzielnego i skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła**

Określenie „mikro” w nazwie mikrokogeneracji oznacza, że jest to układ kogeneracyjny, w którym wytwarza się do 40 kW energii elektrycznej i do 70 kW ciepła w jednym urządzeniu [1]. Urządzenia te charakteryzują się niewielkimi gabarytami, co pozwala na zamontowanie ich w każdej kotłowni bądź pomieszczeniu technicznym istniejącego lub nowo-projektowanego budynku. Oznacza to możliwość wytwarzania energii elektrycznej i ciepła bezpośrednio w miejscu ich wykorzystania, co wiąże się z brakiem strat przesyłowych i przez to dodatkowym zwiększeniem sprawności układu i oszczędności eksploatacyjnych. Zastosowanie paliw gazowych jest elementem pozwalającym na redukcję niekorzystnych emisji środowiskowych, a wysoka sprawność procesu przyczynia się do redukcji zużycia paliw pierwotnych w porównaniu z rozdzielną produkcją w technologiach tradycyjnych.

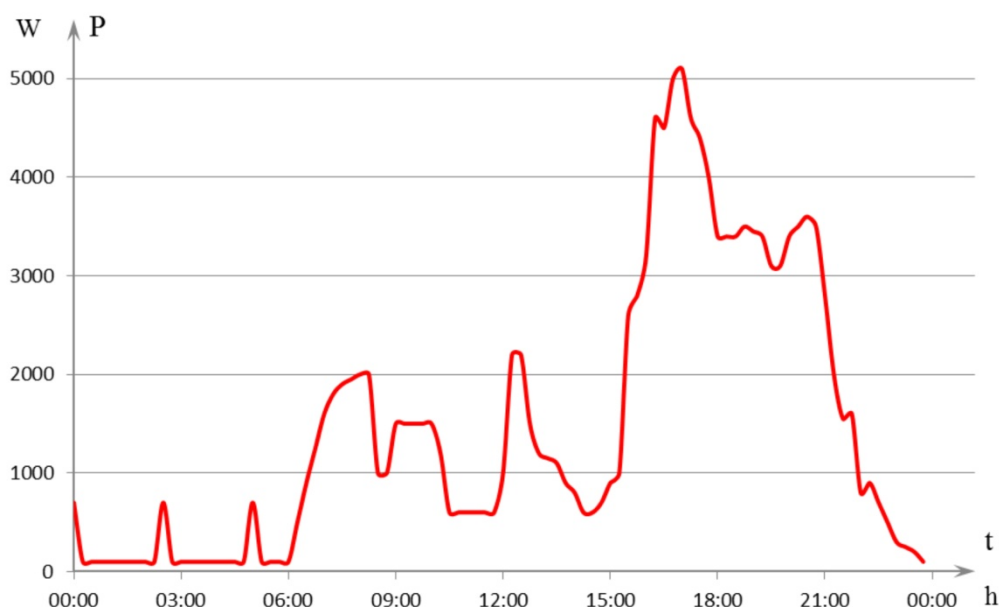
Wszystkie te elementy oznaczają, że zastosowanie wysokosprawnej gazowej mikrokogeneracji jest korzystne zarówno ze względów ekonomicznych jak i środowiskowych, jednak w bardzo dużej mierze ostateczny efekt zależeć będzie od prawidłowo dobranej mocy układu kogeneracyjnego w stosunku do zapotrzebowania na energię w obiektach o zróżnicowanych profilach poboru energii elektrycznej i ciepła [2]. Aby zainstalowany układ mikrokogeneracyjny przynosił oczekiwane oszczędności konieczne jest przede wszystkim aby obydwa strumienie wytwarzanej w nim energii były stale zużywane. Taki stały i jednoczesny odbiór energii elektrycznej i ciepła konieczny jest aby urządzenie mogło podjąć i utrzymywać pracę. Każdy obiekt charakteryzuje się innym poborem energii elektrycznej i ciepła, dodatkowo zmieniającym się w skali doby oraz w sezonie zimowym i letnim. Wynika stąd konieczność przeprowadzenia analizy zapotrzebowania energii w danym budynku i odpowiedniego doboru mocy jednostki/jednostek kogeneracyjnych. Dlatego nie każdy obiekt spełnia warunki jednoczesności zapotrzebowania energii elektrycznej i ciepła na określonym, odpowiednim dla układu kogeneracyjnego poziomie.

## 2 Charakterystyka energetyczna jednorodzinnego budynku mieszkalnego

Typowy jednorodzinny budynek mieszkalny w Polsce to obiekt o powierzchni około 100 m<sup>2</sup> [3]. Najczęściej budynek taki zaopatrywany jest w energię elektryczną z sieci energetycznej poprzez instalację elektryczną trójfazową. Ciepło na potrzeby grzewcze najczęściej jest zapewniane poprzez budynekowy system centralnego ogrzewania z kotłem grzewczym zasilanym gazem ziemnym lub węglem kamiennym. Najczęściej system centralnego ogrzewania jest systemem dwufunkcyjnym i jednocześnie w systemie tym wytwarzana jest ciepła woda użytkowa.

### 2.1 Zapotrzebowanie na energię elektryczną

Z punktu widzenia aplikacji systemu kogeneracyjnego w budynku mieszkalnym, jednym z elementów, który musi być dokładnie przeanalizowany jest profil poboru mocy elektrycznej przez budynek. Na Rys. 2 przedstawiono przykładowy pobór mocy elektrycznej w jednorodzinny budynek mieszkalny zarejestrowany w okresie zimowym.



Rys. 2. Pobór mocy elektrycznej w jednorodzinny budynek mieszkalny [4]

Przedstawiony na Rys. 2 pobór mocy w budynku to pobór sumaryczny jaki występuje łącznie na wszystkich trzech fazach instalacji elektrycznej w danym czasie. Zatem możliwe jest występowanie w tym przypadku sytuacji, kiedy obciążenie faz jest nierównomierne – np. 5 kW na pierwszej oraz 1 kW na drugiej i 1 kW na trzeciej fazie. Taka nierównomierność wpływa niekorzystnie na pracę układu kogeneracji i należy dążyć do wyrównywania obciążenia na fazach choćby przez stosowanie układów symetryzujących [5]. Jeżeli po zastosowaniu odpowiedniego symetryzatora obciążenie faz zostanie wyrównane, wówczas dopiero możemy przystąpić do ustalenia podstawy zapotrzebowania na energię elektryczną, czyli wartości poniżej której pobór mocy w budynku nie spada w skali roku przez określony czas. Najoptymalniejsze z punktu widzenia skrócenia czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych jest ustalenie wartości podstawy występującej przez cały rok, tj. 8760 h, jednak nie we wszystkich budynkach mieszkalnych będzie to możliwe – zależy to w dużej mierze od rodzaju i ilości odbiorników energii elektrycznej pracujących w trybie ciągłym.

## 2.2 Zapotrzebowanie na ciepło

Zapotrzebowanie na ciepło w jednorodzinym budynku mieszkalnym wynikać będzie z potrzeb grzewczych (w okresach przejściowych i w okresie zimowym), oraz z potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej (całorocznie). Budynki tego typu wyposażone są w zdecydowanej większości w wentylację grawitacyjną i nie występuje tu podgrzew powietrza wentylacyjnego.

W zależności od rodzaju materiałów wykorzystanych przy budowie obiektu oraz od zastosowanej zewnętrznej izolacji termicznej ścian, zapotrzebowanie na moc grzewczą zawarte będzie w przedziale od 10-20 kW. Jest to moc źródła, która powinna zapewnić ogrzanie budynku przy temperaturach obliczeniowych stosowanych przez projektantów, co w przypadku Polski oznacza wartość od -16 do -24 °C, w zależności od lokalizacji. Zatem jest to moc źródła dobierana szczytowo. Przy uwzględnieniu bezwładności cieplnej budynku moc ta może być w pewnym stopniu przy doborze kogeneracji obniżona.

Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową wyznaczane jest na podstawie odpowiednich norm i rozporządzeń [6-8]. Moc grzewcza na potrzeby produkcji ciepłej wody użytkowej w okresie zimowym i w części okresów przejściowych pochodzi z pracującej w trybie dwufunkcyjnym instalacji ogrzewania centralnego. Zatem z punktu widzenia pracy układu kogeneracji istotna będzie moc potrzebna do wytworzenia ciepłej wody użytkowej w okresie letnim. Ilość ciepłej wody użytkowej zużywanej w budynku mieszkalnym nie zależy już od jego kubatury ani sposobu wykonania, a jedynie od ilości mieszkańców. Biorąc pod uwagę rodzinę 3-5 osobową wystarczająca będzie moc 1-2 kW przy zapewnieniu zasobnika ciepłej wody o odpowiedniej pojemności (200-500 dm<sup>3</sup>).

## 3 Dobór układu mikrogeneracyjnego

Na podstawie analiz przedstawionych w Rozdz. 2 możliwe jest oszacowanie wielkości możliwego do zastosowania w jednorodzinym budynku mieszkalnym układu mikrogeneracji. Podstawa zapotrzebowania na energię elektryczną będzie wynosić 2 kW przez okres ~5000 h w skali roku, w tym 3,5 kW przez okres ~2000 h.

Jeżeli chodzi o konsumpcję ciepła w budynku, to układ kogeneracyjny powinien zapewnić moc grzewczą około 10 kW i powinien być wyposażony w zbiornik/zbiorniki magazynujące ciepło o pojemności 2-3 tys. dm<sup>3</sup>. Dodatkowo instalacja grzewcza powinna być uzupełniona o zasobnik ciepłej wody użytkowej wyposażony w niezależny układ grzałek elektrycznych (rezerwowo i na potrzeby wygrzewu antybakteryjnego).

Wskazane wartości poboru energii elektrycznej i ciepła są niewielkie nawet przy odniesieniu do typoszeregu dostępnych na rynku jednostek mikrogeneracyjnych [9]. W związku z tym na potrzeby dalszych analiz wzięto pod uwagę jednostkę mikrogeneracyjną opartą na silniku Stirlinga o wyjściowej mocy elektrycznej 1 kW (model Dachs Stirling) oraz jednostkę mikrogeneracyjną opartą na cylindrowym silniku spalinowym o wyjściowej mocy elektrycznej modulowanej w zakresie 2,5-6 kW (model EC Power XRGBI 6). Ze względu na niewielkie wartości podstaw zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło, w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych możemy mówić jedynie o stosowaniu pojedynczych jednostek mikrogeneracyjnych, które i tak przez część roku nie będą pracować lub też pracować będą z modulacją (obniżeniem) mocy wyjściowych.

## 4 Analiza oszczędności eksploatacyjnych i czasów zwrotu nakładów inwestycyjnych

Przy analizie opłacalności zastosowania układów kogeneracyjnych, w tym mikrokogeneracyjnych, w budynkach mieszkalnych zawsze mamy do czynienia z sytuacją, że z jednej strony musimy ograniczać moc jednostki kogeneracyjnej tak, aby dostosować się do niskich wartości podstaw poboru energii elektrycznej całorocznie i ciepła w okresie letnim, a z drugiej strony zmniejszanie mocy układu kogeneracji oznaczać będzie jednocześnie mniejsze oszczędności eksploatacyjne i dłuższe czasy zwrotu nakładów inwestycyjnych. Niemniej jednak dostosowanie się tu do podstaw poboru mocy elektrycznej i ciepła jest nadrzędne, ponieważ zbytne przewymiarowanie jednostki kogeneracyjnej mogłoby doprowadzić do sytuacji, w której moc elektryczna/ciepło pobierane przez budynek jest zbyt małe i jednostka kogeneracyjna w ogóle się nie załącza. Sytuacja taka następuje w przypadku kiedy moc odbierana jest mniejsza niż 50% mocy nominalnej kogeneratora. Układ sterowania zatrzymuje wówczas kogenerację, ponieważ praca przy tak małym obciążeniu silnika spalinowego byłaby nieuzasadniona ekonomicznie i zbyt dużo paliwa byłoby konsumowane przy zbyt małej produkcji energii.

Zastosowanie w budynku jednostki mikrokogeneracyjnej bazującej na silniku Stirlinga (o mocy wyjściowej elektrycznej 1 kW bez modulacji i mocy wyjściowej cieplnej z modulacją 3-5,8 kW) oznaczałoby możliwość pracy układu przez ~5000 h w skali roku. Oznacza to uzyskanie oszczędności eksploatacyjnych na bazie kosztów unikniętych zakupu energii elektrycznej z sieci w wielkości 5000 kWh, co przy cenie 0,5 PLN/kWh oznacza oszczędności 2500 PLN/rok. Dodatkowo właściciel układu kogeneracji może uzyskać dopłatę z tytułu wytwarzania energii elektrycznej w wysokosprawnym układzie kogeneracyjnym (tzw. żółte certyfikaty) w wysokości ~0,1 PLN/kWh. Oznacza to dodatkowe oszczędności w wysokości 500 PLN/rok. Przy cenie instalacji układu mikrokogeneracyjnego ~60 tys. PLN oznacza to czas zwrotu nakładów inwestycyjnych na poziomie 20 lat.

Zastosowanie w budynku jednostki mikrokogeneracyjnej bazującej na tłokowym silniku spalinowym (o mocy wyjściowej elektrycznej modulowanej w zakresie 2,5-6 kW i mocy wyjściowej cieplnej modulowanej w zakresie 8-13 kW) oznaczałoby pracę układu z modulacją (na poziomie około 3,5 kW) przez zaledwie 2000 h (ograniczeniem jest tu profil poboru mocy elektrycznej). Oznacza to uzyskanie oszczędności eksploatacyjnych na bazie kosztów unikniętych zakupu energii elektrycznej z sieci w wielkości 7000 kWh, co przy cenie 0,5 PLN/kWh oznacza oszczędności 3500 PLN/rok. Dodatkowe oszczędności z tytułu żółtych certyfikatów wyniosą 700 PLN/rok. Przy cenie instalacji układu mikrokogeneracyjnego ~120 tys. PLN oznacza to czas zwrotu nakładów inwestycyjnych na poziomie 28 lat. [2]

Należy tu jeszcze uwzględnić koszty obsługowe i serwisowe, co czasy te wydłuży o dodatkowe ~5%. Zatem widoczne jest, że w przypadku silnika Stirlinga (1 kW<sub>el</sub>) urządzenie ma zbyt małą moc wyjściową aby mogło przynieść odpowiednio wysokie oszczędności, natomiast w przypadku silnika spalinowego (6 kW<sub>el</sub>) urządzenie pracuje na obciążeniu częściowym przez część czasu w skali roku i przez to również nie jest w stanie wygenerować optymalnych oszczędności i krótkiego czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych. Podobne wyniki przedstawione zostały dla mikrokogeneratorów o innych zakresach mocy wyjściowych energii elektrycznej i ciepła [9]. Oznacza to, że w przypadku pracy układu mikrokogeneracji na potrzeby własne jednorodzinne go budynku mieszkalnego nie jest to optymalne rozwiązanie ze względu na ograniczony i niepermanentny pobór energii elektrycznej i ciepła.

## 5 Możliwości poprawy efektywności układu

Aby można było mówić o optymalnym zastosowaniu układów mikrokogeneracyjnych w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych należy podjąć działania zmierzające do usunięcia barier stwarzanych przez profile poboru energii elektrycznej i ciepła w tego typu budynkach.

Bariera stwarzana przez zapotrzebowanie na energię elektryczną może być wyeliminowana poprzez odprowadzanie nadwyżek energii elektrycznej do sieci. Jest to rozwiązanie technicznie możliwe, jednak jest ono formalnie uciążliwe do przeprowadzenia a także nie przynosi tak dużych oszczędności jak unikanie zakupu energii elektrycznej z sieci. Ustawa Prawo Energetyczne [10] przewiduje ułatwienia przy podłączaniu i obsłudze tzw. mikroinstalacji do sieci energetycznej, jednak pod pojęciem mikroinstalacji zdefiniowano układ odnawialnego źródła energii o mocy do 40 kW<sub>el.</sub>, a gazowa mikrokogeneracja pomimo odpowiedniego zakresu mocy nie może być jako taka klasyfikowana, ponieważ gaz ziemny czy LPG nie są traktowane jako paliwa odnawialne. Koszty uniknięte zakupu energii elektrycznej z sieci to oszczędności ~0,5 PLN/kWh, natomiast przy odsprzedaży energii elektrycznej do sieci właściciel budynku jest w stanie uzyskać tylko ~0,15 PLN/kWh. Niemniej jednak rozwiązanie to umożliwia znaczne wydłużenie czasu pracy układu kogeneracji, a tym samym zwiększenie oszczędności eksploatacyjnych.

Fakt odprowadzania energii elektrycznej do sieci bez ograniczeń spowoduje wydłużenie czasu pracy układu z silnikiem Stirlinga (1 kW<sub>el.</sub>) do 8760 h, czyli układ będzie pracował 3760 h dłużej z odsprzedażą w tym czasie 3760 kWh energii elektrycznej do sieci w cenie ~0,15 PLN/kWh. Wraz z czasem podstawowym 5000 h (kiedy oszczędności wynoszą 0,5 PLN/kWh) i żółtymi certyfikatami daje to łącznie oszczędności eksploatacyjne na poziomie 3940 PLN/rok. Czas zwrotu uległ skróceniu z 20 do 15 lat.

Natomiast w przypadku układu kogeneracyjnego z tłokowym silnikiem spalinowym (2,5-6 kW<sub>el.</sub>) czas pracy mógłby również ulec wydłużeniu do 8760 h w skali roku, jednak tutaj ograniczeniem stanie się profil zapotrzebowania budynku na ciepło. Nawet przy minimalnej modulacji pracy tej jednostki strumień ciepła będzie zbyt duży do odbioru ciągłego. Wykorzystane zostaną wówczas zbiorniki magazynujące ciepło, lecz czas pracy układu będzie mimo wszystko zredukowany. Możliwe jest uzyskanie w tym układzie czasu pracy 2000 h w skali roku z pełną mocą nominalną, a ze względu na profil cieplny w okresie letnim i w części okresów przejściowych przez kolejne 3000 h układ musiałby pracować z modulacją. Wraz z żółtymi certyfikatami wynikają z tego oszczędności eksploatacyjne łącznie 9125 PLN/rok i oznacza to skrócenie czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych z 28 do 13 lat.

Dopiero w przypadku całkowitego zniesienia bariery również po stronie odbioru ciepła, co byłoby możliwe w przypadku połączenia większej liczby budynków mieszkalnych w wewnętrzną współdzieloną sieć ciepłowniczą układ kogeneracji mógłby pracować nieprzerwanie przez cały rok z pełną mocą nominalną. Oznaczałoby to oszczędności rzędu 16,6 tys. PLN/rok, co byłoby równoznaczne z czasem zwrotu nakładów inwestycyjnych na poziomie 7,2 roku.

## Wnioski

Przedstawione w publikacji uwarunkowania dotyczące aplikacji wysokosprawnej mikrokogeneracji gazowej w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych wskazują na zbyt dużą rozbieżność pomiędzy poziomami mocy elektrycznej i ciepła konsumowanymi przez budynek w skali roku a wymaganą mocą układu kogeneracyjnego jaka może zapewnić optymalną pracę układu pod względem oszczędności eksploatacyjnych i krótkiego czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych. Aby układ kogeneracji mógł wydajnie pracować przynosząc korzyści dla obiektu konieczne jest aby miał zapewniony pełny jednoczesny odbiór wytwarzanego przez niego zarówno strumienia energii

elektrycznej jak i strumienia ciepła. Podstawa zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło w tego typu budynkach jest na tyle niska, że możliwe jest tu jedynie ewentualne zastosowanie najmniejszych jednostek mikrokogeneratorów spośród typoszeregu urządzeń dostępnych na rynku, i dodatkowo urządzenia te muszą przez część roku pracować w trybie modulacji (obniżenia) mocy wyjściowej. Ta zależność wpływa niekorzystnie na uzyskiwane oszczędności eksploatacyjne, ponieważ im mniejsza moc układu kogeneracyjnego, tym mniej energii elektrycznej jest on w stanie wytwarzać, zatem jednocześnie proporcja pomiędzy energią elektryczną zakupioną z sieci a wytworzoną w obiekcie niekorzystnie się zmniejsza. Oszczędności eksploatacyjne w układzie mikrokogeneracji wynikają głównie z uniknięcia zakupu części energii elektrycznej z sieci. Im większa jest ta część, im więcej budynek samodzielnie wytworzy energii, tym korzystniej.

Małe moce jednostek kogeneracyjnych możliwych do zastosowania w tego typu budynkach, ich praca w trybie modulacji, okresowe przerwy w pracy w skali roku, to wszystko powoduje, że czasy zwrotu nakładów inwestycyjnych takich instalacji w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych przekraczają 20 lat. Zniesienie blokady odbioru energii elektrycznej poprzez odprowadzanie jej nadwyżek do sieci energetycznej powoduje skrócenie czasu zwrotu do około 13 lat i jest to okres stosunkowo długi. Dla porównania można przytoczyć analizę czasów zwrotu nakładów inwestycyjnych mikrokogeneracji w obiektach o większym i stałym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i ciepło, jak obiekty sportowo-rekreacyjne, szpitale, baseny i hotele, gdzie czasy te wynoszą 4-5 lat [11].

Spośród wymienionych usprawnień, jakie mogłyby spowodować poprawę opłacalności stosowania układu mikrokogeneracji w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych, jedynie zwiększenie odbioru energii elektrycznej poprzez odprowadzanie jej nadmiaru do sieci jest rozwiązaniem praktycznie osiągalnym bez znacznych przebudów instalacji budynkowych. Rozwiązanie to poza standardowym zgłoszeniem przyłączenia jednostki wytwórczej do sieci wymagać będzie umowy na odsprzedaż energii oraz montażu licznika dwukierunkowego wraz z osprzętem zabezpieczeniowym i telemetrycznym. Trudniejszym do realizacji jest zwiększenie możliwości odbioru ciepła z jednostki kogeneracyjnej poprzez połączenie sąsiadujących budynków we współdzieloną sieć ciepłą – zarówno ze względów dotyczących uzgodnień formalnych jak i podziału kosztów inwestycyjnych oraz na późniejszym etapie podziału kosztów i oszczędności eksploatacyjnych. Prościej ze względu na formalności i rozliczenia rozwiązaniem wydaje się budowa podziemnych zbiorników magazynujących ciepło na terenie przynależnym do danego budynku mieszkalnego, jednak w sytuacji kiedy kogenerator przez cały rok 24 h na dobę wytwarza ciepło w trakcie pracy w ilości 8-13 kW, magazynowanie nadmiarowej części tego ciepła (części niewykorzystanej przez budynek) nie ma sensu, ponieważ przy ciągłej pracy kogeneratora nie występowałyby w skali roku okresy, kiedy zmagazynowane ciepło mogłoby być wykorzystane.

Mikrokogeneracja budynkowa jako element energetyki prosumenckiej, aby móc optymalnie funkcjonować w ramach sieci rozproszonej energetyki prosumenckiej musi być rozszerzona przynajmniej o możliwość odprowadzania nadwyżek wytworzonej energii elektrycznej do sieci. Aby układ taki mógł powszechniej zacząć funkcjonować musiałyby zostać wprowadzone ułatwienia w przepisach prawnych dotyczących przyłączenia i odsprzedaży energii elektrycznej również dla mikroinstalacji (urządzeń do 40 kW mocy elektrycznej) zasilanych paliwami gazowymi takimi jak gaz ziemny czy LPG. Również podniesienie cen zakupu energii elektrycznej od prywatnych prosumentów oraz utrzymanie systemu żółtych certyfikatów dla kogeneracji i zwiększenie ich wartości będą czynnikami sprzyjającymi rozwojowi tego obszaru energetyki prosumenckiej w Polsce.

## Literatura

- [1] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, Dz.U. 2015 poz. 478, z późniejszymi zmianami.
- [2] Popczyk J., Wałek T., Kaleta P., Juszczyk J., Skrzypek A., Referencyjne zastosowania gazowej mikrokogeneracji MCHP XRGI w prosumenckiej energetyce budynkowej, Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej, 2014.
- [3] Główny Urząd Statystyczny, Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2015 r., Warszawa 2017.
- [4] Fice M., EV jako zasobnik dla EP – koszty magazynowania energii w rzeczywistych zasobnikach, Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej, 2014.
- [5] Wałek T., Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w budynkach wspólnot mieszkaniowych jako element rozwoju energetyki prosumenckiej, Syst. Wspomag. Inż. Prod., 7(6)2017, s. 267-276.
- [6] Norma PN-92/B-01706, Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu.
- [7] Norma PN-EN 15316-3, Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania zapotrzebowania na energię instalacji i sprawności instalacji.
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej, Dz.U. 201, poz. 1240, 2008.
- [9] Iwan A., Paska J., Analiza produkcji ciepła i energii elektrycznej w układzie micro-CHP na potrzeby gospodarstw domowych, w: Rynek energii elektrycznej – polityka i ekonomia, Politechnika Lubelska, 2017, s. 123-138.
- [10] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne, z późniejszymi zmianami, Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348.
- [11] P. Kaleta, T. Wałek, Porównanie efektywności i czasów zwrotu instalacji gazowej mikrokogeneracji MCHP XRGI w obiektach o zróżnicowanym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i ciepło. Cz. 2., Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja, nr 8, 2015, s. 300-306.

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF GAS-FUELED MICRO-COGENERATION APPLICATION IN SINGLE-FAMILY DWELLING BUILDINGS IN POLAND

**Abstract:** Conditionings related to application of high-efficiency gas micro-cogeneration in single-family dwelling buildings were presented in this paper. Analyses of power and heat demand profiles in this type of buildings were shown and a selection process of micro-cogeneration system was conducted in two variants – devices with a Stirling type engine (1 kW electric and 3-5,8 kW heating capacity) and a piston internal combustion type engine (2,5-6 kW electric and 8-13 kW heating capacity). For both the variants technical and economical analyses of optimal application of this technology were performed. Low values of base-load consumption of heat and power in this type of buildings in a scale of a year, and hence a possibility of application of the smallest micro-



cogeneration units available on the market only, significantly negatively influence an amount of running-cost savings obtained. Key-importance conditionings which should be fulfilled in the aim to obtain acceptable running-cost savings and return of investment periods were pointed.

**Keywords:** Gas micro-cogeneration, dwelling buildings, technical conditions, running-cost savings, return of investment period, prosumer energy system.