

## ANALYZE OF DYNAMIC CHANGES OF HEAT POWER OF THE BIOGAS INSTALLATION AND ITS DEMANDS IN THE SELECTED FARM OF WIELKOPOLSKA REGION DURING A YEAR

### Summary

*The heat power production by the 0,25MWe biogas-works was compared with the calculated heat power demands for the 500 ha farm in the climatic conditions of Wielkopolska region, for the consecutive months of one year. There was an analytical investigation of the effect of the temperatures changes: normative, monthly mean for long-terms and monthly minimal mean for long-terms - for the heat power demands for the heating farm buildings and rooms. It was stated that the calculated heat power demands change significantly in the consecutive months and is very dependent on the external temperatures. The higher heat production by biogas-works in the summer months and the lowering of heat power demands observed from January, very low in summer, then increasing to December, cause very high heat power surplus, especially from May to November. The calculation of heat power demands, very strongly depend on external temperatures and those obtained for the normative temperatures are hardly useful for the planning of the use of the dynamically produced heat power by biogas-works and its demands in the farm.*

**Key words:** biogas-works, heat power, production, farm, monthly demands

## ANALIZA DYNAMIKI ZMIAN MOCY CIEPLNEJ BIOGAZOWNI I JEJ ZAPOTRZEBOWANIA W OKRESIE JEDNEGO ROKU W WYBRANYM GOSPODARSTWIE ROLNYM WIELKOPOLSKI

### Streszczenie

*Porównano moc cieplną biogazowni (0,25 MWe) i obliczone zapotrzebowanie mocy cieplnej na cele grzewcze gospodarstwa rolnego o powierzchni ok. 500 ha, w kolejnych miesiącach roku, w warunkach klimatycznych regionu Wielkopolski. Badano analitycznie wpływ zmian temperatur zewnętrznych: normatywnej, średnich miesięcznych wieloletnich i najniższych średnich miesięcznych wieloletnich na zapotrzebowanie mocy cieplnej na cele grzewcze infrastruktury gospodarstwa. Wykazano, że obliczone zapotrzebowanie na moc cieplną zmienia się znacznie w kolejnych miesiącach roku i jest silnie uzależnione od temperatur zewnętrznych. Zwiększona produkcja ciepła w miesiącach letnich przez biogazownię i zmniejszające się znacznie zapotrzebowanie gospodarstwa od stycznia, niskie latem i wzrastające do grudnia powodują bardzo dużą nadwyżkę mocy cieplnej zwłaszcza w okresie od maja do października. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na moc cieplną znacznie zależą od przyjętych do analiz temperatur zewnętrznych. Wyniki tych obliczeń uzyskane dla stałych temperatur normatywnych są mało przydatne do planowania wykorzystania dynamicznie produkowanego ciepła z biogazowni i jego zapotrzebowania w gospodarstwie.*

**Słowa kluczowe:** biogazownia, moc cieplna, produkcja, gospodarstwo rolne, zapotrzebowanie miesięczne

### 1. Wstęp

Zgodnie z założeniami Ministerstwa Gospodarki wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu ma osiągnąć poziom 15% w 2020 roku. Do tego czasu prognozuje się, że w Polsce powstanie 2000 biogazowni rolniczych [1, 2, 3]. Zapoczątkowany proces wdrażania instalacji biogazowych jest związany z wieloma problemami technicznymi i ekonomicznymi oraz z dużą niepewnością inwestorów. Najważniejszym czynnikiem decydującym o ich wdrażaniu jest opłacalność inwestycji uzależniona od wielu uwarunkowań [2, 3, 4, 5, 6]. Produkowana moc cieplna biogazowni jest zbliżona do mocy elektrycznej i z tego powodu jest jednym z ważnych elementów rachunku ekonomicznego. Dlatego ciepło produkowane przez biogazownię powinno być w jak największym stopniu wykorzystane dla uzyskania najwyższej efektywności ekonomicznej inwestycji [4]. Zatem zarówno na etapie planowania infrastruktury biogazowej, jak i podczas eksploatacji biogazowni ważna jest znajomość zmian ilości produkowa-

nego ciepła i zapotrzebowania na ciepło przez odbiorcę.

W analizach najczęściej przyjmuje się ogólną i stałą ilość ciepła produkowanego przez biogazownię, podczas gdy jest ona zmienna, jak również zmienia się zapotrzebowanie na ciepło w gospodarstwach rolnych na cele grzewcze ze względu na zmiany temperatur zewnętrznych [4, 5, 6, 7].

W zakresie planowania i doboru mocy urządzeń grzewczych określa się i przyjmuje moce dla stałych normatywnych wartości temperatur zewnętrznych dla zapewnienia dostarczenia ciepła w warunkach ekstremalnych. Wyniki takich obliczeń wydają się mało przydatne do planowania wykorzystania ciepła z biogazowni, produkującej różną ilość ciepła w kolejnych miesiącach roku, które powinno być całkowicie wykorzystane w warunkach zmiennego jego rocznego zapotrzebowania. Z tego powodu ważna jest wiedza, jak kształtuje się dynamika zmian mocy cieplnych w infrastrukturze elementów biogazowni oraz jak może zmieniać się jego zapotrzebowanie w warunkach produkcyjnych i klimatycznych gospodarstwa rolnego.

## 2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy było określenie zmian mocy cieplnej biogazowni o mocy 0,25 MWe oraz zapotrzebowania na moc cieplną do celów grzewczych, w kolejnych miesiącach roku, większego gospodarstwa rolnego w warunkach klimatycznych regionu Wielkopolski. W tym zakresie badano wpływ zmian temperatur zewnętrznych: normatywnych, miesięcznych średnich wieloletnich i miesięcznych najniższych średnich wieloletnich na zapotrzebowanie na moc cieplną do ogrzewania budynków i pomieszczeń gospodarstwa w okresie roku.

Obliczenia przeprowadzono dla teoretycznej mocy cieplnej założonej biogazowni według metodyki przedstawionej w Polskich Normach: PN-B-03406, PN-91/B-02020, PN-82/B-02402 przeznaczonej do analitycznego określania zapotrzebowania na moc cieplną oraz doboru projektowanych urządzeń grzewczych. Badania przeprowadzono dla warunków klimatycznych Wielkopolski i dla gospodarstwa rolnego o powierzchni około 500 ha o wielokierunkowej produkcji. Do realizacji celu pracy wybrano Rolniczo-Sadownicze Gospodarstwo Doświadczalne Przybroda będące Rolniczym Zakładem Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, położone w odległości około 30 km od Poznania. Badania realizowano analitycznie na podstawie danych gospodarstwa, literaturowych oraz klimatycznych.

## 3. Metody badań

Badane gospodarstwo charakteryzuje produkcja roślinna realizowana na 404 hektarach, produkcja była mlecznego rasy czarno-białej w ilości 95 krów dojnych oraz nasadzenia sadownicze obejmujące 48,3 hektara. Analizą zapotrzebowania na ciepło objęto budynki stanowiące typową infrastrukturę gospodarstwa rolnego: dworek będący budynkiem administracyjno-biurowym o kubaturze 2583 m<sup>3</sup>, budynek gospodarczy (685,5 m<sup>3</sup>), warsztat naprawczy (1573,4 m<sup>3</sup>), pomieszczenie z urządzeniami do jarki mechanicznej (258,6 m<sup>3</sup>), chłodnia i magazyn owoców (4406,1 m<sup>3</sup>). W gospodarstwie jest budowana biogazownia rolnicza mająca produkować energię elektryczną w sposób ciągły. Produkowana energia cieplna będzie wykorzystana na cele grzewcze gospodarstwa oraz ewentualnie bliskich obiektów mieszkalnych.

Obliczenia mocy biogazowni dla warunków gospodarstwa zostały dokonane za pomocą programu komputerowego *Biogaz Inwest v2012* opracowanego przez Instytut Energetyki Odnawialnej [8]. Według Sławińskiego i in. [9] obliczenia produkowanego metanu i wielkości mocy biogazowni za pomocą tego programu są obciążone błędem mniejszym od 6%. Podstawą dokonanej analizy w pracy jest obliczona za pomocą niniejszego programu teoretyczna moc cieplna biogazowni, stała dla całego roku, wynosząca 0,31 MWt. Program ten oblicza również ilość ciepła na sprzedaż produkowaną przez biogazownię, ale ogólną dla całego roku.

Moc cieplną netto biogazowni (na sprzedaż) określono na podstawie wielkości teoretycznej mocy cieplnej brutto produkowanej przez kogenerator z uwzględnieniem sezonowych potrzeb własnych biogazowni, które zaczerpnięto z badań Gadnera i in. [5]. W obliczeniach analizowano następujące składniki wpływające na zmiany mocy cieplnej na sprzedaż w okresie roku: zmienną moc cieplną na potrzeby procesu fermentacji i moc cieplną ogrzewania budynku biogazowni; moc cieplną wytwarzaną przez kogene-

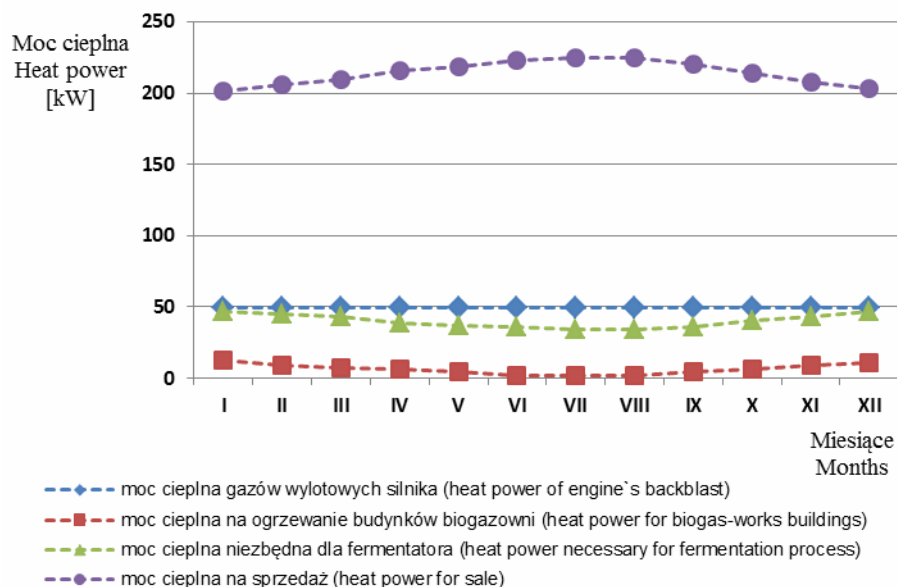
rator i straty cieplnej gazów wylotowych przyjęto jako stałe. Określone składniki teoretycznej mocy cieplnej biogazowni dla poszczególnych miesięcy jednego roku przedstawiono na rys. 1.

Obliczenia zapotrzebowania na moc cieplną do ogrzewania budynków i pomieszczeń gospodarstwa dokonano metodą i z wykorzystaniem danych przedstawionych w Polskich Normach: PN-B-03406, PN-91/B-02020, PN-82/B-02402. Temperaturę normatywną przyjęto z normy PN-82/B-02403, która dla rejonu okolic Poznania wynosi -18°C. Temperatury miesięczne średnie wieloletnie oraz miesięczne najniższe średnie wieloletnie dla miejscowości Przybrody pobrano z danych National Climatic Data Center [10]. Obliczenia zapotrzebowania na moc cieplną dokonano dla miesięcy okresu grzewczego, tj. od października do kwietnia włącznie.

## 4. Wyniki badań i ich omówienie

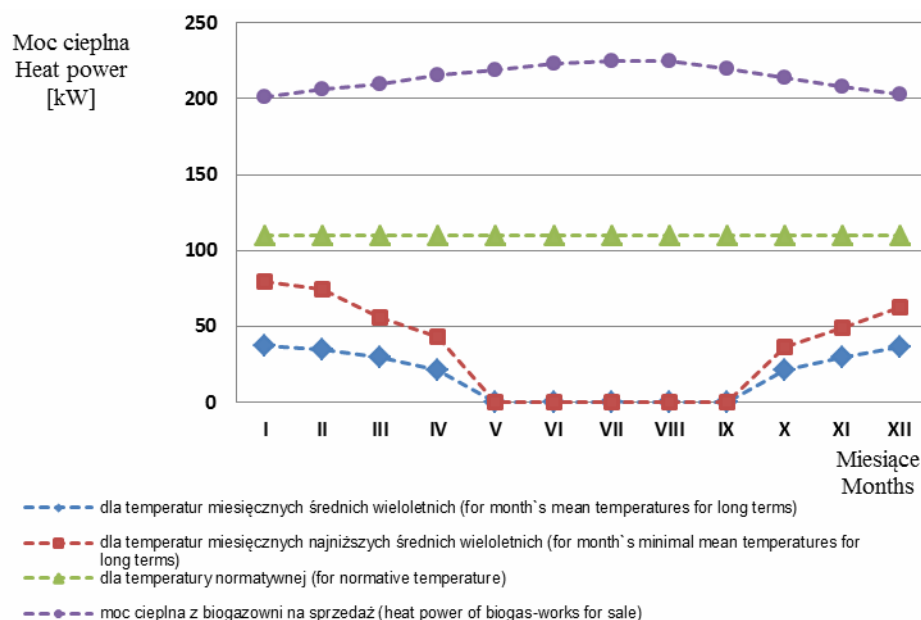
Z wyników badań przedstawionych na rys. 1-3 wynika znaczna zmienność produkcji ciepła przez biogazownię oraz potrzeb cieplnych na cele grzewcze w przykładowym gospodarstwie regionu klimatycznego Wielkopolski w analizowanych miesiącach jednego roku. Z badań literaturowych [5] i przedstawionych w niniejszej pracy (rys. 1) wynika, że produkowana moc cieplna netto biogazowni zmienia się o około 11% w ciągu roku, tj. o ok. 24 kW, która w miesiącach zimowych jest najmniejsza, a w letnich największa. Jest to spowodowane głównie zwiększonym zapotrzebowaniem ciepła na cele procesu fermentacyjnego zwłaszcza w okresie niskich temperatur zimowych. W rezultacie odbiorca ciepła otrzymuje najwięcej ciepła w miesiącach letnich, kiedy zapotrzebowanie na cele grzewcze gospodarstwa jest bardzo małe. Moc cieplna niezbędna dla ogrzewania budynku produkcyjno-biurowego biogazowni jest bardzo niska i w praktyce może być niższa, gdyż można do tego celu wykorzystać ciepło konwekcyjne instalacji kogeneratora ogrzewające jego pomieszczenie, które jest najczęściej usuwane na zewnątrz.

Z analizy danych przedstawionych na rys. 2 i 3 wynika, że zapotrzebowanie gospodarstwa na ciepło zmienia się znacznie w analizowanych miesiącach roku i jest silnie uzależnione od temperatur zewnętrznych. Można z tego wnosić, że wiedza o stałym dla całego roku zapotrzebowaniu na ciepło uzyskana w obliczeniach na podstawie stałej temperatury normatywnej jest mało przydatna dla określenia mocy odbiorników ciepła z biogazowni. Stała wartość mocy cieplnej dla całego roku dla temperatury zewnętrznej ekstremalnej, wynoszącej -18°C - może być tylko punktem odniesienia w niniejszej analizie. Z tego porównania wynika, że w przypadku występowania temperatur zbliżonych do miesięcznych średnich wieloletnich w regionie Wielkopolski zapotrzebowanie na ciepło w styczniu w stosunku do określonego dla temperatury normatywnej może być niższe o około 27%. Natomiast dla temperatur najniższych miesięcznych średnich wieloletnich nawet o około 65% (tab. 1). W przypadku biogazowni produkcja ciepła zachodzi ciągle i w okresie mniejszego zapotrzebowania wystąpią bardzo duże straty ciepła. Odbiorniki ciepła powinny być dostosowane do odbioru produkowanej zmiennej sezonowo ilości ciepła w ciągu roku oraz do zmian poziomu zapotrzebowania na ciepło wynikających z wielkości temperatur zewnętrznych występujących także w różnych latach. Stąd do tych celów bardziej przydatne są wyniki uzyskane w niniejszych badaniach dla temperatur średnich wieloletnich oraz najniższych średnich wieloletnich temperatur dla poszczególnych miesięcy roku.



Źródło: Obliczenia własne w oparciu o wyniki badań Gadnera i in. [5] / Source: own study and [5]

Rys. 1. Zmiany składników mocy cieplnej analizowanej instalacji biogazowej w miesiącach roku  
Fig. 1. Changes of heat power components of the analyzed biogas-works during a year



Źródło: obliczenia własne / Source: own study

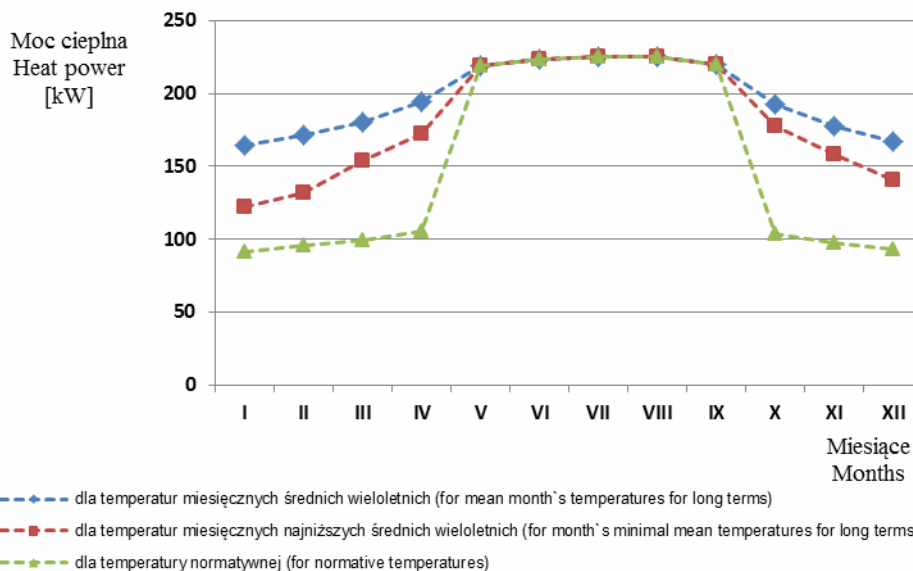
Rys. 2. Zapotrzebowanie na moc cieplną dla analizowanych budynków i pomieszczeń gospodarstwa obliczone dla różnych temperatur zewnętrznych oraz moc cieplna z biogazowni dostarczona do gospodarstwa, przedstawione w kolejnych miesiącach roku

Fig. 2. Heat power demands for the analyzed farm buildings and rooms calculated for the various external temperatures and the heat power from biogas-works provided for the farm, presented for the consecutive months of a year

Tab. 1. Miesięczne średnie i najniższe średnie wieloletnie temperatury [w °C]  
Table 1. Monthly mean and minimal monthly temperatures for long terms [in °C]

Temperatury miesięczne wieloletnie Monthly long terms temperatures	Miesiące / Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średnie / Mean	0	1,2	4	8,9	13,9	16,7	19	18,5	13,7	8,9	3,7	0,2
Najniższe średnie / Minimal mean	-11,8	-10,7	-6,2	-2,1	2,5	6,7	9	8	4,6	0,5	-4,3	-8,3

Źródło / Source: <http://pl.meteo365.net/klimat.poznan,4381.html>



Źródło: obliczenia własne / Source: own study

Rys. 3. Nadwyżki mocy cieplnej w gospodarstwie pochodzącej z inwestycji biogazowej obliczone dla różnych temperatur zewnętrznych, przedstawione dla kolejnych miesięcy roku

Fig. 3. Heat power surplus in the farm from the biogas-works, calculated for the various external temperatures and presented for the consecutive months of a year

Wyniki badań przedstawione na rys. 2 i 3 wskazują jednoznacznie na znaczne zmiany sezonowe zapotrzebowania na moc cieplną do ogrzewania w tzw. okresach grzewczych. Wyniki obliczeń przeprowadzone dla obydwu analizowanych miesięcznych temperatur średnich wieloletnich i najniższych średnich wieloletnich wskazują jednoznacznie (rys. 2 i 3), że zapotrzebowanie na moc cieplną od stycznia do kwietnia maleje nawet dwukrotnie i podobnie wzrasta od października do stycznia zależnie od temperatur zewnętrznych. W okresie 6 miesięcy poza sezonem grzewczym zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania może występować tylko sporadycznie.

Z porównania mocy cieplnej biogazowni na sprzedaż i ogólnego zapotrzebowania na ciepło wynika, że analizowane gospodarstwo dysponuje bardzo dużą nadwyżką mocy cieplnej, bardzo dynamicznie zmieniającej się w miesiącach roku, zależnie od temperatur zewnętrznych. Nadwyżkę tą można wykorzystać do uzyskania ciepłej wody użytkowej do celów gospodarczych i bytowych. Potrzeby gospodarstwa w tym zakresie nie przekraczają 10 kW mocy, co tylko częściowo rozwiązuje problem wykorzystania nadwyżki ciepła, gdyż zużycie ciepłej wody użytkowej mało zmienia się sezonowo.

Wyniki niniejszych badań zostały uzyskane analitycznie i wymagają potwierdzenia w badaniach eksperymentalnych. Występują bowiem różnice podawane w licznych źródłach literaturowych dotyczące ilości produkowanej przez biogazownię energii cieplnej na sprzedaż i najczęściej są one podawane jako stałe dla całego roku. Ponadto zapotrzebowanie na moc cieplną zmienia się dynamicznie i jest uzależnione od wielu uwarunkowań budowlanych i miejscowych klimatycznych. Niemniej jednak wyniki badań niniejszej pracy przeprowadzone według przyjętych norm i w oparciu o wyniki uznanych badań zachodnich wskazują jednoznacznie na występowanie dynamicznych i znaczących tendencji zmian zarówno produkcji energii jak i jej zapotrzebowania w kolejnych miesiącach roku. Może to upoważniać do wyprowadzenia wniosku ogólnego wskazującego, że zróżnicowane temperatury w naszej strefie klimatycznej

w poszczególnych latach mogą znacznie utrudniać wykorzystanie ciepła z biogazowni, co przełoży się niewątpliwie na ich efektywność ekonomiczną. Niedostosowanie systemów odbioru ciepła i jego wykorzystania, skutkujące spadkiem opłacalności inwestycji może być czynnikiem hamującym upowszechnianie tej formy uzyskiwania zielonej energii. Dlatego opracowane nowe metody i sposoby wykorzystania nadwyżek ciepła, niezbędne dla praktyki rolniczej, powinny ściśle uwzględniać sezonowe zmiany jego produkcji i zapotrzebowania uzależnione także od miejscowych warunków klimatycznych.

Należy również podsumować w świetle wyników badań uzyskanych dla różnych temperatur miesięcznych, że wiedza uzyskana z obliczeń mocy grzewczych urządzeń na podstawie stałych temperatur normatywnych stosowanych dla celów doboru urządzeń grzewczych budynków i pomieszczeń jest mało przydatna do planowania wykorzystania dynamicznie produkowanego ciepła z biogazowni i jego zapotrzebowania w gospodarstwie, zwłaszcza w systemach hybrydowych.

## 5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań analitycznych i danych literaturowych sformułowano następujące wnioski:

1. Obliczone zapotrzebowanie na moc cieplną na cele grzewcze w opisanym gospodarstwie w Wielkopolsce zmienia się znacznie w kolejnych miesiącach roku i jest uzależnione od temperatur zewnętrznych. Zwiększona produkcja ciepła na sprzedaż przez biogazownię i znacznie zmniejszone zapotrzebowanie gospodarstwa na ciepło w miesiącach letnich, wskutek wzrostu temperatury zewnętrznej, powoduje bardzo dużą nadwyżkę mocy cieplnej, zwłaszcza w okresie 6 miesięcy poza sezonem grzewczym.
2. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na moc cieplną zależą znacznie od przyjętych do analiz temperatur zewnętrznych. Określanie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania na podstawie stałej temperatury normatywnej dla projektowania wykorzystania ciepła produkowanego przez bioga-

zownie jest mało przydatne. Wskazana jest analiza zapotrzebowania ciepła dla różnych miesięcznych temperatur zewnętrznych charakteryzujących dokładniej warunki strat ciepła z budynków i pomieszczeń.

## 6. Bibliografia

- [1] Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki, 2008, Warszawa, 2010.
- [2] Ocena strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz kierunki rozwoju energetycznego wykorzystania biomasy rolniczej wraz z propozycją działań. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, 2005, Warszawa, sierpień, 2005.
- [3] Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce na lata 2010-2012. Ministerstwo Gospodarki. Dokument przyjęty przez Radę Ministrów 13 lipca 2010 r., Warszawa, 2010.
- [4] Kosewska K., Kamiński J. R.: Analiza ekonomiczna budowy i eksploatacji biogazowni rolniczych w Polsce. Inżynieria Rolnicza, 2008, Nr 1 (99), 189-194.
- [5] Gadener M., Lautenbach M., Fischer T., Eertsch G.: Wärmenutzung bei kleinen landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Augsburg, Bayerisches Landesamt fuer Umwelt, 2007, 8-10.
- [6] Myczko A.: Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych. Wydawnictwo Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego. Warszawa-Poznań, 2011.
- [7] Turowski S., Nowowiejski R.: Analiza układu kogeneracyjnego jako źródła ciepła i energii elektrycznej w modelowym gospodarstwie rolnym. Inżynieria Rolnicza, 2009, Nr 1 (110), 331-338.
- [8] Oniszk-Popławska A.: Przykład obliczeniowy dla biogazowni rolniczej. Instytut Energetyki Odnawialnej. Wrocław, 2011.
- [9] Sławiński K., Piskier T., Bujacek R.: Ocena przydatności kalkulatorów biogazowni przy planowaniu budowy biogazowni rolniczej. Inżynieria Rolnicza, 2012, Nr 4 (139), 369-375.
- [10] <http://pl.meteo365.net/klimat>