

**Jakub Bernatt**

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

## OGRZEWANIE DOMU JEDNORODZINNEGO POMPĄ CIEPŁA - CZY WARTO?

### HEATING A SINGLE-FAMILY HOUSE WITH A HEAT PUMP - IS IT WORTH IT?

**Streszczenie:** Niniejszy artykuł przedstawia koszty eksploatacji rzeczywistego obiektu (domu jednorodzinnego o powierzchni użytkowej 200m<sup>2</sup> zlokalizowanego w Tychach) ogrzewanego pompą ciepła o parowaniu bezpośrednim. Porównano też koszty ogrzewania w przypadku gdyby zastosowano inne systemy grzewcze, jak również przeprowadzono analizę techniczno-ekonomiczną instalacji pomp ciepła.

**Abstract:** Article presents operating costs of the real object (a single-family house with an usable area of 200m<sup>2</sup> located in Tychy) heated by direct evaporating heat pump. Operating costs of other heating systems are compared and techno-economic assessment of the heat pump installation has been performed.

**Słowa kluczowe:** pompa ciepła, oszczędność energii, efektywność energetyczna

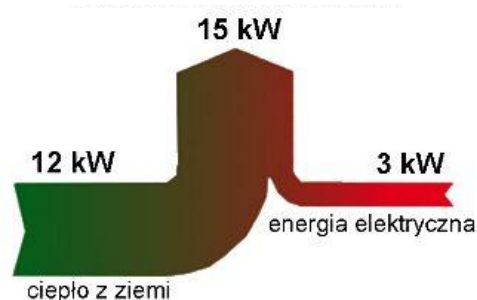
**Keywords:** heat pump, energy saving, energy efficiency

#### 1. Wstęp

Pochodząca od słońca energia cieplna zgmagazynowana w ziemi, wodzie lub powietrzu ma zbyt niską temperaturę aby mogła być bezpośrednio używana do ogrzewania. Dlatego do korzystania z nieprzebranych zasobów energii ze źródeł odnawialnych potrzebne jest odpowiednie nowoczesne wyposażenie techniczne. Takimi urządzeniami są np. pompy ciepła, które są w stanie pobrać energię i przekazać do budynku, jednocześnie podnosząc jej temperaturę. Pobierają one energię cieplną z otoczenia i po zmianie jej parametrów oddają to co pobrały. Nie bez powodu nazwane są one pompami, a nie generatorami ciepła. System taki pracuje podobnie jak np. lodówka, która z jednej strony grzeje, a z drugiej chłodzi.

Zadaniem pompy ciepła jest pobranie z otoczenia niskotemperaturowej energii i podwyższenie jej temperatury do poziomu umożliwiającego ogrzewanie budynków. Korzystają one wprawdzie z energii elektrycznej, lecz stanowi ona tylko pewien procent w ogólnym bilansie energii.

Zasada pracy urządzenia wygląda następująco: sprężarka spręża gaz do ciśnienia około 20-25 bar, który podczas tego procesu ogrzewa się do temperatury około +100 stopni C. W skraplaczu (np. wodnym wymienniku ciepła) następuje oddanie ciepła do medium chłodzącego (np. wody obiegu centralnego ogrzewania).



Rys. 1. Bilans cieplny pompy ciepła

Oddanie ciepła oznacza jednocześnie zamianę pary w ciecz, czyli następuje jej skroplenie. Następnie ciecz przepływa do parownika, do którego dostarczana jest energia cieplna niskotemperaturowa (na przykład woda) o temperaturze +10°C; odbywa się tu rozprężanie i jednocześnie parowanie czynnika chłodniczego. Jak zawsze parowanie jest pobieraniem ciepła z otoczenia. W tym przypadku ciecz parująca ma na przykład -10°C i w związku z tym pobiera ciepło (od wody) i tak "ogrzana" para cieczy mając już temperaturę +3°C jest zasysana przez elektrycznie napędzaną sprężarkę.

Zatem pompa ciepła transportuje energię z otoczenia. Jednocześnie zużywana jest energia elektryczna służąca do napędu sprężarki i pomp obiegowych. Ta energia elektryczna jest również zamieniona na ciepło.

Rozróżnia się pompy ciepła z parowaniem pośrednim, gdzie parownikiem jest wymiennik

ciepła, w którym skroplona ciecz pobiera ciepło np. z wodnego roztworu glikolu, który to roztwór krąży np. w gruntowym wymienniku ciepła (pobiera ciepło z gruntu). Inną odmianą pomp są instalacje o parowaniu bezpośrednim, w których skroplony gaz jest przetłaczany bezpośrednio do gruntowego wymiennika ciepła (tj. np. do rur zakopanych pod powierzchnią gruntu), gdzie następuje jego parowanie.

Współczynnik efektywności energetycznej COP jest stosunkiem ilości otrzymanej energii grzewczej do włożonej energii elektrycznej. Im większy jest ten współczynnik tym pompa ciepła pracuje oszczędniej. Wartość współczynnika COP zależy od konstrukcji pompy ciepła i od temperatury źródła ciepła. Wartość współczynnika mówi wprost o spodziewanych kosztach ogrzewania. Jeżeli znane jest roczne zapotrzebowanie na ciepło w budynku, to po podzieleniu go przez współczynnik efektywności energetycznej otrzymuje się ilość energii elektrycznej, którą trzeba będzie zakupić do napędzenia pompy ciepła.

Najważniejszym zadaniem przy projektowaniu systemu grzewczego jest właściwy wybór sposobu pozyskiwania ciepła. To tzw. dolne źródło ciepła decyduje o kosztach eksploatacyjnych. Najłatwiej jest korzystać z ciepła wody jeziora lub stawu. Gdy takich możliwości brak, projektowany jest odpowiedni kolektor gruntowy lub stosuje się urządzenia pobierające ciepło z powietrza. Do oddawania ciepła w pomieszczeniu najlepsze jest ogrzewanie podłogowe, które dzięki temu, że jest niskotemperaturowe, pozwala na ekonomiczną pracę pompy ciepła i daje najwyższy możliwy komfort. Warto zaznaczyć, że im niższa różnica temperatur między temperaturą dolnego źródła ciepła (parownika) a temperaturą górnego źródła (wody pompowanej do układu CO), tym wyższa jest sprawność pompy ciepła COP. Zatem prawidłowo zaprojektowane i wykonane ogrzewanie podłogowe jest obok kolektora ziemnego najważniejszym składnikiem instalacji grzewczej.

## 2. Opis instalacji grzewczej w budynku mieszkalnym oraz sposób jej sterowania

Poniżej przedstawiono koszty eksploatacji rzeczywistego obiektu (domu jednorodzinny o powierzchni użytkowej 200m<sup>2</sup>) ogrzewanego pompą ciepła o parowaniu bezpośrednim. Budynek zlokalizowany jest w Tychach koło Katowic.



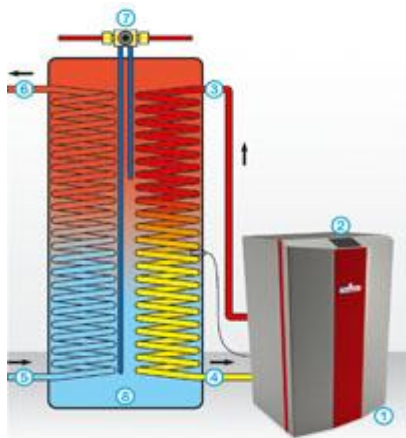
Rys. 2. Ogrzewany pompą ciepła dom jednorodzinny

Według przeprowadzonego audytu energetycznego zapotrzebowanie budynku na ciepło wynosi 82kWh/m<sup>2</sup> (na rok), czyli obliczone roczne zapotrzebowanie na ciepło określono jako 16400 kWh. Natomiast w zależności od temperatury zewnętrznej, według projektanta budynku, zapotrzebowanie domu na ciepło wynosi:

temp. -5st.	Q= 5,9kW
temp. -10st.	Q= 7,7kW
temp. -15st.	Q= 9,7kW
temp. -20st.	Q= 11,6kW

W opisywanej instalacji CO zamontowano pompę ciepła z bezpośrednim parowaniem typu ZIRIUS M2 o mocy cieplnej 11 kW (moc pobierana z sieci elektroenergetycznej wynosi zależnie od warunków pracy 3÷4 kW). Pompa pełni również funkcje związane z przygotowaniem ciepłej wody użytkowej (CWU) na potrzeby 4-osobowej rodziny. Pompa składa się z dwóch osobnych jednostek: jednostki kompresora i zbiornika akumulacyjnego (Rys. 3). Ciepło jest pobierane bezpośrednio z gruntu poprzez zestaw 4 połączonych równolegle rur miedzianych o długości 60m każda, umieszczonych na głębokości ok. 0,8 m pod powierzchnią ziemi.

Pompa została tak dobrana, aby jej moc pokrywała około 90% maksymalnego zapotrzebowania na ciepło domu jednorodzinny o powierzchni użytkowej ok. 200m<sup>2</sup>. Pozostałe 10% zapotrzebowania może pokryć grzałka zainstalowana wewnątrz zbiornika lub inne źródło ciepła (np. kominek). Dodatkowo założono, że pompa będzie aktywna głównie podczas tzw. taryfy nocnej energii elektrycznej, czyli w godz. 22-6 oraz 13-15 (taryfa G12).



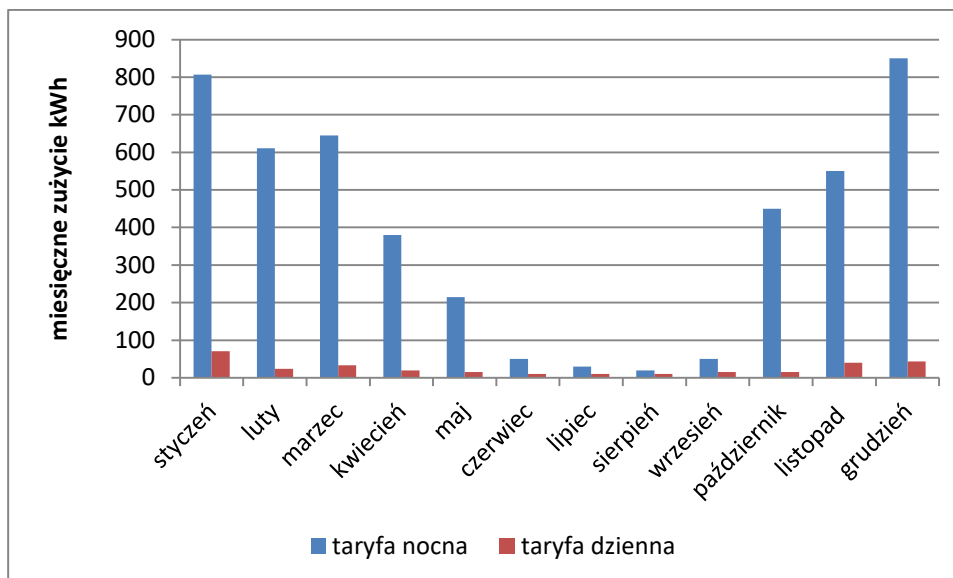
Rys. 3. Rysunek poglądowy zestawu pompy ciepła. 1-właściwa pompa ciepła (sprężarka); 2-sterownik; 3,4-skraplacz gazu (oddaje ciepło gorącego gazu do otaczającej wody); 5,6- przepływowy wymiennik ciepła dla wody użytkowej CWU, 7-zawór trójdrożny (regulator temperatury) i odpływ wody do CO, 8-zbiornik akumulacyjny (bufor) ciepła

Ponieważ w budynku zainstalowano system wodnego ogrzewania podłogowego, do którego ciepło dostarczane jest z zasobnika (8) przedstawionego na rys. 3, a cechą ogrzewania podłogowego jest duża bezwładność cieplna (nagrzewana jest warstwa betonu o grubości około 7 cm, w której zatopione są rurki, w których krąży woda), dlatego wyłączenie dopływu ciepła do budynku w godzinach obowiązywania taryfy dziennej energii elektrycznej nie powoduje powstawania dyskomfortu cieplnego w przeważającej części sezonu ciepłego. Jeżeli wziąć pod uwagę, że aby ograniczyć koszty zużywanej energii elektrycznej zainstalowany sterownik nie włącza automatycznie pompy w godzinach obowiązywania taryfy dziennej (godz. 6-13 i 15-22), jest to możliwe jedynie w trybie ręcznego włączenia, na podstawie świadomej decyzji użytkownika, czyli, że efektywny czas pracy pompy ciepła wynosi za-

zwyczaj nie więcej niż 10 godzin w ciągu doby, to jej moc uśredniona za okres doby wynosi max ok. 4,6 kW. Z poczynionych ponad 4-letnich obserwacji wynika, iż taki reżim pracy (pompa pracuje tylko w nocy i 2 godziny w ciągu dnia) jest w zupełności wystarczający dla większości sezonu ciepłego, tj. dla miesięcy październik, listopad oraz w większości grudnia, stycznia, luty) pompa musi być włączana również w czasie obowiązywania taryfy dziennej energii elektrycznej lub należy zastosować inne źródło ciepła. W omawianym przypadku, zamiast zezwalać pompie na dłuższą pracę w czasie drogiej taryfy energii elektrycznej, korzysta się z kominka z płaszczem wodnym, który rozprowadza ciepło równomiernie po całym budynku. Warto przy tym zauważyć, że mimo iż w miesiącach styczeń, luty czasami notuje się temperatury  $-20^{\circ}\text{C}$  (lub nawet niższe), to średnia miesięczna temperatura w Tychach, gdzie zlokalizowany jest budynek, rzadko kiedy jest niższa od około  $-6^{\circ}\text{C}$  [1].

### 3. Zużycie energii i aspekty ekonomiczne

Poniżej przedstawiono zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła za okres 09.2014 – 09.2018. Ogółem w ciągu 4 lat pobrano 17728 kWh energii w taryfie nocnej i 980 kWh w taryfie dziennej, co średnio za 1 rok wynosi 4432 kWh w taryfie niskiej (noc) i 245kWh w taryfie wysokiej (dzień). Dla cen energii z 2019 roku (łącznie z przesyłem) 0,2471zł/kWh w nocy i 0,5512 zł/kWh w dzień (według cen Tauron + Tauron Dystrybucja), średni koszt energii zużywanej na potrzeby CO + CWU wynosi 1230 zł rocznie. Na poniższym wykresie przedstawiono uśredniony rozkład zapotrzebowania na energię elektryczną pobieraną przez pompę ciepła w latach 2014-2018.



Rys. 4. Średnie miesięczne zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła

Oprócz energii elektrycznej, w celach „towarzystwo-ciepłowniczych” użytkowany jest kominek z płaszczem wodnym, który wspomaga pompę ciepła, wtedy gdy z uwagi na niską temperaturę na zewnątrz budynku koniecznym byłaby praca pompy w czasie tzw. wysokiej taryfy energii elektrycznej (dzień). W miesiącach grudzień-styczeń-luty zużywane jest około 3 tony metry przestrzenne drewna opałowego, którego koszt wynosi około 500zł.

Uwzględniając koszt energii elektrycznej i koszt drewna kominkowego całkowity roczny koszt ogrzewania przedstawionego budynku (CO) i przygotowania ciepłej wody użytkowej (CWU) dla 4 osobowej rodziny wynosi 1730 zł, tj. 144 zł miesięcznie.

Natomiast, gdyby dom był ogrzewany jedynie pompą ciepła (bez wykorzystania kominka), to biorąc po uwagę roczne zapotrzebowanie na ciepło wynoszące 16400 kWh i średnią sprawność pompy (COP) określoną na poziomie 3,2 to pompa musiałaby pobrać z sieci energię około 5125 kWh, czyli o 693 kWh więcej niż zaobserwowano średniorocznie w latach 2014÷2018. Koszt tej dodatkowej energii wyniósłby około 380 zł, czyli mniej niż wynosi koszt drewna spalane w kominku (500 zł). Jest to zdumiewający wniosek, ale poparty ponad 4-letnimi pomiarami i obserwacjami. W tym miejscu warto podkreślić, że sprawność pompy ciepła wynosi ok. 3,2 a kominka 0,7. Biorąc pod uwagę, że drewno kominkowe ma

wartość energetyczną około 4kWh/1kg, a masa tzw. metra przestrzennego dobrze wysuszonego drewna to około 400kg, oraz że cena 1 metra przestrzennego to 170-200 zł, to koszt 1 kWh ciepła wytworzonego przez kominek (z uwzględnieniem jego sprawności wynoszącej 0,7) wynosi  $0,16 \div 0,18$  zł/kWh. Natomiast koszt ciepła wytwarzanego przez pompę ciepła to dla taryfy nocnej 0,075 zł/kWh, a dla taryfy dziennej 0,172 zł/kWh.

#### 4. Ceny pompy ciepła – czy warto ją instalować?

Poniżej zestawiono obliczone roczne koszty ogrzewania opisywanego budynku przy uwzględnieniu różnych nośników ciepła. Jeżeli uwzględnić, że koszt instalacji pompy ciepła o mocy 11 kW wynosi (według cen z 2012r) około 40 tys. zł, czyli jest o około 50-60% wyższy od ceny kotłowni gazowej (z uwzględnieniem jej kosztów dodatkowych jak przyłącze, instalacje gazowe, kominy itp.), a z drugiej strony, że roczny koszt ogrzewania pompą ciepła jest o około 2600 zł niższy od kosztu ogrzewania gazem, to prosty okres zwrotu nakładów poniesionych na instalację pompy ciepła wynosi ok. 7 lat. Jest to czas krótki biorąc pod uwagę czas użytkowania budynku mieszkalnego.

Reasumując, pompa ciepła jest wartą zastosowania alternatywą w stosunku do innych źródeł ciepła, zarówno ze względu na opłacalność ekonomiczną, jak i komfort oraz brak konieczności obsługi.

	pompa ciepła	piec opalany ekogroszkiem	kominek opalany drewnem	gaz ziemny
roczny koszt ogrzewania	1610 zł	2400 zł	2600 zł	4200 zł
uwagi	Taryfa I – 693kWh Taryfa II- 4432kWh	3 tony, 800 zł/t	15 m <sup>3</sup> , 170 zł/m przestrzenny	16401 kWh 0,255 zł/kWh

**Literatura**

- [1]. [www.imgw.pl/wl/internet/zz/pogoda/tempsred.html](http://www.imgw.pl/wl/internet/zz/pogoda/tempsred.html).  
 [2]. [www.ogrzewamy.pl](http://www.ogrzewamy.pl).  
 [3]. [www.mojaenergia.pl](http://www.mojaenergia.pl).  
 [4]. [www.kuraszyk.eu](http://www.kuraszyk.eu).

**Autor**

dr hab. inż. Jakub Bernatt, prof. KOMEL  
 Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL  
 40-203 Katowice, Al. Roździeńskiego 188  
[jakub.bernatt@komel.com.pl](mailto:jakub.bernatt@komel.com.pl)