

Lucjan KURZAK, Agnieszka MACIĄGOWSKA  
Politechnika Częstochowska

## WYKORZYSTANIE POMP CIEPŁA W BUDYNKACH JEDNORODZINNYCH

W artykule dokonano analizy modernizacji dotychczasowego systemu grzewczego z zastosowaniem pomp ciepła. Przedstawiono opis systemu ogrzewania przed i po modernizacji. Przeprowadzono również analizę efektu ekonomicznego planowanej inwestycji.

**Słowa kluczowe:** pompy ciepła, budynek jednorodzinny, systemy ogrzewania

### WPROWADZENIE

Koszty związane z zapotrzebowaniem domów jednorodzinnych na energię stale wzrastają. Łączy się to z rosnącą ceną głównego nośnika grzewczego, jakim jest węgiel kamienny i brunatny. W Polsce 98% energii dostarczane jest z konwencjonalnych nośników energii, wśród których dominuje węgiel kamienny i brunatny (76%), ropa naftowa (13%) i gaz ziemny (9%) [1]. Eksploatacja wymienionych źródeł energii wpływa negatywnie na środowisko naturalne, jak również pociąga za sobą wszystkie koszty związane z wydobyciem i transportem surowców energetycznych. Rozwój nowoczesnych technologii podąża w kierunku minimalizacji zużycia nieodnawialnych źródeł energii przy jak największym wykorzystaniu alternatywnych źródeł wszechobecnie dostępnych. Na tle budownictwa w rozwiniętych gospodarczo krajach europejskich budownictwo polskie znajduje się na niskim poziomie. Współczesny polski dom jednorodzinny jest energochłonny, niedostosowany do wzrastających cen energii, drogi w eksploatacji, jak również niedostosowany do współczesnego standardu życia. Jednak warto zauważyć, że wraz z rozwojem technologii zużycie energii w budownictwie może być znacznie zredukowane, a w konsekwencji prowadzi do upowszechniania się domów nowo wznoszonych jako samowystarczalnych energetycznie. Samowystarczalność budynków jest możliwa przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, takich jak: energia wodna, energia geotermalna, energia wiatru, energia słoneczna oraz biomasa. Zaletą odnawialnych źródeł energii jest to, iż są one praktycznie niewyczerpalne, jak również proekologiczne. Jednakże wysokie koszty związane z montowaniem urządzeń niezbędnych do pobierania energii i jej przetwarzania skutecznie zniechęcają potencjalnych odbiorców. W Polsce coraz częstszą, choć wciąż mało popularną, metodą ogrzewania domu jednorodzinnego jest pozyskiwanie ciepła z ziemi, powietrza,

wody za pomocą pomp ciepła. Metoda ta zwiera wiele zalet, choć niestety możemy doszukać się w niej także pewnych wad.

## 1. CHARAKTERYSTYKA POMP CIEPŁA

Pompa ciepła to urządzenie przenoszące ciepło z gruntu, wody lub powietrza (dolne źródło ciepła) do górnego źródła ciepła w postaci ciepła o wyższej temperaturze [1]. Jednakże do funkcjonowania tego procesu konieczne jest dostarczenie prądu. Ponadto pompa ciepła musi być projektowana do każdego obiektu budowlanego indywidualnie. Pompę ciepła można instalować praktycznie w każdych warunkach, jednak nie w każdych otrzymamy taki sam efekt cieplny. Jeżeli budynek, dla którego chcemy zamontować pompę ciepła, znajduje się w pobliżu stawu, rzeki, jeziora, to istnieją idealne warunki, by przy stosunkowo niedużym nakładzie finansowym uzyskać jak największą wydajność pompy. Nie trzeba wtedy ponosić kosztów związanych z odwiertami, a jedynie zanurzyć w wodzie rury odbierające ciepło [2]. Natomiast jeśli chcemy pozyskać źródło ciepła z powietrza, nie mamy ograniczeń związanych z lokalizacją budynku. Wystarczy tylko, by występował stały dopływ powietrza, co jest procesem dość oczywistym. Pompa ta może funkcjonować nawet w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ , jednak wraz ze spadkiem temperatury jej wydajność spada, a co za tym idzie - w tak niskich temperaturach pompa staje się nieekonomiczna [2].

W zależności od sposobu pobierania energii pompy ciepła można podzielić na:

- pompa typu solanka-woda
- pompa typu powietrze-woda
- pompa typu woda-woda

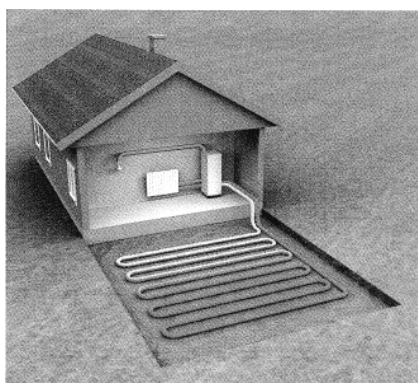
Najbardziej rozpowszechnione wśród pomp ciepła są pompy solankowo-wodne, które pobierają energię z wnętrza ziemi za pomocą wymiennika gruntowego, przez który przepływa niezamarzająca ciecz, zwana solanką, czyli mieszanina wody z glikolem. Aby pompa ta mogła odebrać ciepło z gruntu, należy umieścić na odpowiedniej głębokości zestaw rur, przez które przepływie ciecz o temperaturze niższej niż temperatura gruntu. Podczas takiego przepływu nastąpi przejmowanie ciepła przez ciecz od gruntu.

Możemy wyróżnić dwa rodzaje wymienników gruntowych:

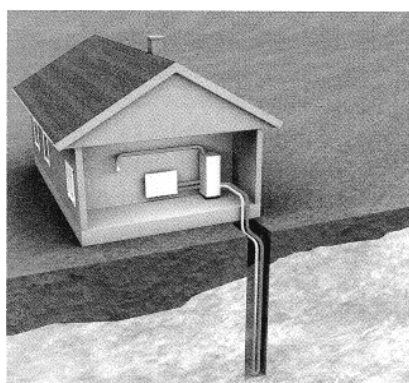
- kolektory poziome
- kolektory pionowe

Kolektory poziome przedstawione na rysunku 1, których optymalne posadowienie jest na głębokości 1,5 m, zajmują dość dużą powierzchnię - znacznie przekraczającą powierzchnię domu. Niestety, nie zawsze inwestor dysponuje tak dużą działką, by móc pozwolić sobie na wybór tego rodzaju ogrzewania. A nawet jeśli budynek znajduje się na działce o dużej powierzchni, mogą pojawić się inne przeszkody, uniemożliwiające ułożenie kolektora poziomego. Należy zauważyć, że powierzchnia nad wymiennikiem nie powinna być niczym osłonięta, ponadto powierzchnie wybetonowane, wybrukowane czy zalesione również nie spełniają koniecznych wymogów. Rozwiązaniem powyższych problemów może być zainsta-

lowanie kolektorów pionowych na głębokości około 100 metrów, co zostało przedstawione na rysunku 2. Są one rozwiązaniem konkurencyjnym, gdyż nie wymagają znacznej powierzchni terenu, jak również działka w większości może być pokryta kostką brukową oraz zawierać drzewa i krzewy. Jednakże koszt wykonania kolektorów pionowych znacznie przewyższa koszt kolektorów poziomych, co niewątpliwie związane jest z kosztownością odwiertów, jakie należy wykonać przy wymiennikach pionowych.



Rys. 1. Kolektor poziomy [2]



Rys. 2. Kolektor pionowy [2]

Kolejnym przykładem pomp są pompy typu woda-woda. Należy zauważyć, że woda gruntowa jest bardzo dobrym akumulatorem ciepła. By pobrać wodę gruntową, niezbędne są dwie studnie: czerpalna oraz zrzutowa, a odległość między nimi powinna być mniejsza niż 10 m [2]. Zasada działania tego rodzaju pomp jest bardzo zbliżona do pomp typu solanka-woda. Różnicą jest jedynie fakt, iż zamiast solanki w wymienniku krąży woda gruntowa. Wydajność tego rodzaju pompy zależy przede wszystkim od miejscowych uwarunkowań geologicznych. Oznacza to, że jeśli na danym terenie nie będzie zapewniony odpowiedni dopływ wody, należy wtedy w inny sposób pozyskać energię odnawialną. Ponadto należy przeprowadzić analizę wody gruntowej i ustalić, czy woda ta nadaje się do użycia w parowniku pompy ciepła. Ostatnią czynnością, jaką należy wykonać, jest sprawdzenie zawartości żelaza. Jeśli woda zawiera duże ilości żelaza, inwestor może spodziewać się zamulenia studni zrzutowej [2].

Ostatnim z trzech typów pomp ciepła jest pompa typu powietrze-woda. Sposób pozyskiwania ciepła jest tu stosunkowo łatwy i tani, gdyż pochodzi ono z powietrza. Teoretycznie pompa ciepła może pobierać ciepło zarówno w temperaturze  $+20^{\circ}\text{C}$ , jak i w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ . Jednakże wraz ze spadkiem temperatury otoczenia spada też wydajność pompy. Takie rozwiązanie nie spełnia dostatecznie wymagań potencjalnego inwestora, gdyż im zimniej na zewnątrz budynku, tym większe zapotrzebowanie na ciepło wewnątrz obiektu. Pompa ta pracuje samodzielnie do temperatury ok.  $-7^{\circ}\text{C}$ , poniżej tej temperatury, zwanej punktem biwalencji, konieczne jest włączenie źródła wspomagającego [2]. Dlatego pompy ciepła typu powietrze-woda są rzadko wykorzystywane jako samodzielne źródła energii. Jednak należy podkreślić,

że ogromną zaletą tego rozwiązania jest cena, która kształtuje się na zdecydowanie niższym poziomie niż cena pompy typu solanka-woda czy woda-woda. W związku z tym pompa ta może doskonale sprawdzić się jako pomocnicze źródło energii w domu jednorodzinnym.

## 2. ANALIZA SYSTEMU OGRZEWANIA W BUDYNKACH JEDNORODZINNYCH

Przedmiotem analizy jest modernizacja systemu ogrzewania budynków jednorodzinnych o powierzchni 200 m<sup>2</sup> usytuowanych w Częstochowie, zbudowanych przed 2005 rokiem. Dotychczas budynki poddane analizie były ogrzewane za pomocą tradycyjnego kotła grzewczego, zasilanego węglem kamiennym. W projekcie przyjęto cenę węgla kamiennego 800 zł/t, określoną na podstawie cenników lokalnych firm sprzedających ten surowiec. Planowana modernizacja dotyczyć będzie wymiany dotychczasowego systemu grzewczego na nowy, bardziej wydajny model ogrzewania budynku. Jako podstawowe źródło ciepła w projektowanym obiekcie przyjęto pompę typu solanka-woda, gdzie dolnym źródłem ciepła jest gruntowy wymiennik ciepła. Przeprowadzona analiza została wykonana za pomocą programu RETScreen, dostępnego na międzynarodowej platformie naukowo-informatycznej RETScreen International ([www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)) [3]. Na rysunku 3 został przedstawiony opis systemu ogrzewania dla budynku przed modernizacją, natomiast na rysunku 4 widoczny jest opis systemu ogrzewania po modernizacji.

Część cieplownicza	Jednostka
<b>System cieplowniczy - stan bazowy</b>	Pojedynczy budynek - ogrzewanie
Powierzchnia ogrzewana budynków	m <sup>2</sup> 200
Rodzaj paliwa	Węgiel
Sprawność sezonowa	% 73%
<b>Obliczanie zapotrzebowania ciepła/mocy</b>	
Jedn. zap. ciepła/mocy - budynek	W/m <sup>2</sup> 60,0
Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową	% 20%
Łączne zapotrzebowanie ciepła	MWh 32
Łączne szczytowe zapotrzebowanie mocy grzewczej	kW 12,0
Zużycie paliwa - rocznie	t 5
Cena paliwa	PLN/t 800,000
Koszty paliwa	PLN 3 723
<b>Planowane przedsięwzięcia energooszczędne</b>	
Przedsięwzięcia energooszczędne - odbiory końcowe	% 0%
Szczytowe zapotrzebowanie mocy cieplnej netto	kW 12,0
Zapotrzebowanie na ciepło netto	MWh 32

Rys. 3. Opis systemu ogrzewania dla budynku przed modernizacją

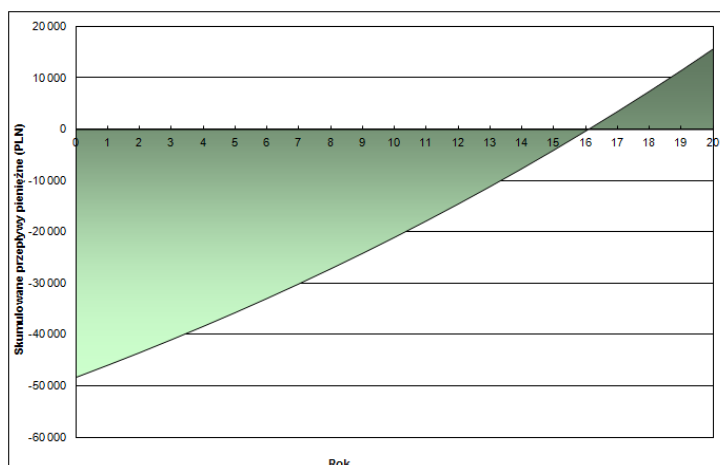
Planowany system cieplowniczy	
Wybór systemu	Obciążenie podstawowe systemu
Obciążenie podstawowe - ciepło	
Technologia	Pompa ciepła
Metoda wyboru paliwa	Pojedyncze paliwo
Rodzaj paliwa	Energia elektryczna
Cena paliwa	PLN/MWh 320,000
<b>Pompa ciepła</b>	
Moc	kW 12,0 100,0%
Ciepło dostarczone	MWh 32 100,0%
Producent	NIBE
Model	bar 1 jednostka(-i)
Sprawność sezonowa	% 460%
Zapotrzebowanie paliwa	GJ/h 0,0

Rys. 4. Opis systemu ogrzewania po modernizacji

Projektowany model grzewczy będzie zasilany za pomocą energii elektrycznej, której cena za MWh wynosi 320 zł. Wybrana pompa ciepła to NIBE F1245, której cena według [4] to 32 900 zł. NIBE F1245 to pompa nowej generacji, która została nagrodzona Złotym Medalem MTP na targach INSTALACJE 2010 w Poznaniu. Jej moc grzewcza to 12 kW, a COP to 4,6 [4].

### 3. EFEKT EKONOMICZNY PLANOWANEJ INWESTYCJI

Przeprowadzona analiza ekonomiczna obejmuje zestawienie poniesionych kosztów, tj. projektu nowego układu grzewczego 4000 zł, zakupu pompy ciepła 32 900 zł, zakupu i montażu gruntowego wymiennika ciepła 11 380 zł. W konsekwencji łączna kwota poniesionych kosztów to 48 280 zł. W wyniku planowanej inwestycji przewidziane są także roczne oszczędności, wynikające z bilansu dotychczasowych rocznych wydatków oraz obecnych rocznych wydatków. Dzięki przeprowadzonej analizie w programie RETScreen można zauważyć, że zwrot poniesionych kosztów nastąpi już w trakcie trwania 16 roku, licząc od dnia zakończenia inwestycji, co zostało przedstawione na rysunku 5.



Rys. 5. Skumulowane przepływy pieniężne

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonej analizy dotychczasowego i planowanego systemu ogrzewania budynku jednorodzinnego można stwierdzić, że zaproponowana modernizacja posiada wiele zalet, do których należą:

- pompa ciepła to urządzenie ciche i łatwe w obsłudze,
- brak emisji zanieczyszczeń do atmosfery,
- niska cena (w okresie użytkowania) ogrzewania domu jednorodzinnego,
- praca całoroczna i całodobowa.

Jednakże nie można zapomnieć, że przedstawione rozwiązanie jest także obciążone kilkoma wadami, do których bez wątpienia należy koszt zakupu i montażu pompy ciepła, jak również długi czas zwrotu poniesionych kosztów.

Podsumowując zalety oraz wady, bez wątpienia możemy stwierdzić, że pompy ciepła są urządzeniami energooszczędnymi oraz proekologicznymi. Należy pamiętać, że dzięki nim możemy zmniejszyć nie tylko koszty ogrzewania, ale również zredukować emisję trujących gazów. Przedstawiony przykład pokazał, że już w 16 roku od zakończenia inwestycji nastąpi zwrot poniesionych nakładów finansowych. Niestety, dla wielu potencjalnych inwestorów 16 lat to zbyt długi okres zwrotu kosztów, jak również koszt około 50 000 zł znacznie przewyższa możliwości finansowe przeciętnej polskiej rodziny. Pomimo że pompy ciepła są jednymi z najlepszych źródeł energii odnawialnej, to koszty im towarzyszące zniechęcają potencjalnego inwestora.

## LITERATURA

- [1] Zimny J., Odnawialne źródła energii w budownictwie niskoenergetycznym, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Kraków 2010.
- [2] Oszczak W., Ogrzewanie domów z zastosowaniem pomp ciepła, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2011.
- [3] <http://www.retscreen.net>
- [4] <http://www.biawar.com.pl/index.php/pompy-ciepła/nibe-f1245/menu-id-504.html>

## THE USE OF HEAT PUMPS IN DETACHED HOUSE

**This paper presents an analysis of the modernization of the existing heating system by the use of heat pumps. There is description of the heating system before and after modernization. Moreover, there is analysis of economic effect for planned investment.**

**Keywords:** heat pumps, detached house, heating system