

GABRIELA RUTKOWSKA, PIOTR WICHOWSKI,  
MAREK SROK

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Analiza możliwości wykorzystania pomp ciepła dla budynku  
mieszkalnego zlokalizowanego w Euroregionie Beskidy**

**Wprowadzenie**

Obecnie światowa energetyka poszukuje alternatywnych źródeł energii odnawialnych. Obok paliw konwencjonalnych, z powodzeniem obserwujemy próby wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Energia odnawialna to energia, której zasoby odtwarzają się w sposób naturalny, bez ingerencji człowieka, której wykorzystanie nie powoduje zmiany stanu źródła tej energii ani zakłócenia środowiska naturalnego (Gronowicz 2008). Aby energię tę wykorzystać, należy ją przekształcić. Można tego dokonać wykorzystując pompę ciepła, czyli urządzenie odzyskujące ciepło z otoczenia i przekazujące do odbiornika (Langley 2001). Dzięki pompie ciepła możliwe jest przetwarzanie niskotemperaturowego ciepła na wyższy poziom energetyczny. Umożliwia to efektywne wykorzystanie ciepła w celu ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej, ogrzewania wody w basenach oraz wentylacji i klimatyzacji (Kampa 2008). Pompy ciepła pracują na odwrotnej zasadzie niż tradycyjne systemy ogrzewania. Korzystają z zasobów energii zakumulowanej przez otaczające środowisko, posiadającej temperaturę niższą, niż wymagana jest do ogrzewania budynków czy wody użytkowej i podwyższają ją do niezbędnego poziomu (Rubik 2011).

Stąd też potrzeba badań, w ramach których poznajemy możliwości zastosowania pomp ciepła w systemie ogrzewania budynku mieszkalnego, przygoto-

wanego pod wynajem zarówno w lecie, jak i w zimie. W warunkach polskich do współpracy z pompami ciepła najbardziej nadają się systemy centralnego ogrzewania typu wodnego. Wynika to z faktu, że CO wodne jest najbardziej rozpowszechnionym systemem centralnego ogrzewania. Pompa ciepła w tym systemie może pracować zarówno jako jedyne źródło ciepła, jak i równoległe bądź alternatywne (Nieżgoda 1996; Szargut 1997).

## 1. Cel i metoda badawcza

Celem analizy było ustalenie parametrów pracy solankowej pompy ciepła (SPC) wytwarzającej energię cieplną na potrzeby ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej (CWU) w budynku mieszkalnym, przeznaczonym pod wynajem, położonym na południu Polski w III strefie klimatycznej w Euroregionie Beskidy. Przyjęto wykorzystanie dolnego źródła ciepła w postaci poziomych kolektorów gruntowych w usytuowanych w gruntach gliniastych wilgotnych lub piaszczystych suchych. W poszczególnych wariantach pracy pompy, górne źródło ciepła stanowi wodna instalacja grzewcza o parametrach: temperatura wody zasilającej grzejniki 55°C, temperatura wody powrotnej 45°C lub odpowiednio 45°C/35°C. Przyjęto monowalentny system pracy pompy ciepła.

Analizę przeprowadzono przy wykorzystaniu komputerowego programu symulacyjnego Vito-WP firmy Viessmann ([www.viessmann.pl](http://www.viessmann.pl)). Po wprowadzeniu danych dotyczących lokalizacji oraz sezonowego zapotrzebowania na ciepło, dla założonych parametrów gruntu oraz temperatur instalacji grzewczej program obliczył niezbędną powierzchnię działki, na której zlokalizowana będzie wężownica absorbera. Dodatkowo określił jej długość, średnicę oraz wielkość przepływu solanki. Dla przyjętych powierzchni absorbera program wyznaczył czas pracy pomp w poszczególnych wariantach oraz ilość uzyskiwanej energii cieplnej, a także współczynnik efektywności pompy (COP).

## 2. Charakterystyka budynku mieszkalnego

Analizowany budynek położony jest na południu Polski w III strefie klimatycznej w Euroregionie Beskidy w miejscowości Jawor. Jawor jest obecnie prężnym ośrodkiem z rozwijającym się sektorem handlu i usług. W okolicy znajduje się florystyczny rezerwat przyrody Wąwóz Myśluborski i zbiornik retencyjny Słup. Najbliższa stacja meteorologiczna zlokalizowana w Bielsku-Białej odda-

lona jest o ok. 20 kilometrów. Budynek jednorodzinny wolnostojący posadowiony jest na działce o powierzchni 714 m<sup>2</sup>. Budynek został wybudowany w latach 70. XX wieku, posiada powierzchnię użytkową 88,21m<sup>2</sup>. Poddany został modernizacji w 2000 roku. Kondygnacja mieszkalna składa się z 3 pokoi, kuchni, przedpokoju, łazienki oraz spiżarni. Na kondygnacji parteru ściany zewnętrzne wykonano jako warstwowe z gazobetonu gr. 24 cm oraz cegły pełnej gr. 12 cm ocieplone styropianem gr. 8 cm. Budynek przez cały rok jest wynajmowany. Centralne ogrzewanie wodne zostało zmodernizowane na początku 2000 roku. Istniejące stare żeliwne grzejniki zastąpiono stalowymi grzejnikami płytowymi typu Compact 11 i 22 firmy Purmo (www.purmo.com) Ciepła woda jest przygotowywana w sezonie grzewczym w zasobniku o pojemności 100 litrów współpracującym z instalacją CO.

### 3. Charakterystyka energetyczna budynku

Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło wykonano zgodnie z metodyką zawartą w normach (PN-EN 1254: 2003, PN-EN 13790: 2009) oraz rozporządzeniu (Rozporządzenie...). Przeprowadzona charakterystyka energetyczna pozwoliła na określenie zapotrzebowania na energię użytkową, końcową i pierwotną w analizowanym budynku. Zebrane dane przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1  
Zapotrzebowanie na energię użytkową i końcową

Rodzaj energii	Zasilana instalacja	Zapotrzebowanie sezonowe (kWh/rok)	Zapotrzebowanie sezonowe w odniesieniu do powierzchni (kWh/rok/m <sup>2</sup> )
Energia użytkowa	do ogrzewania $Q_{H,nd}$	10 730,21	121,64
	do podgrzania CWU $Q_{W,nd}$	602,18	6,83
	Suma energii $Q_{H,nd} + Q_{W,nd}$	11 332,39	128,47
Energia końcowa	do ogrzewania $Q_{KH}$	12 056,42	136,68
	do podgrzania CWU $Q_{KW}$	1003,63	11,38
	Suma energii $Q_K$	13 060,05	148,06
Energia pierwotna	do ogrzewania $Q_{PH}$	13 836,41	156,86
	do podgrzania CWU $Q_{PW}$	1103,99	12,52
	Suma energii $Q_P$	14 940,40	169,37

Źródło: opracowanie własne.

#### 4. Analiza wykorzystania pomp ciepła w budynku

Do obliczenia i optymalizacji instalacji z gruntowym wymiennikiem ciepła wykorzystano program symulacyjny firmy Viessmann ([www.viessmann.pl](http://www.viessmann.pl)). Porównano następujące warianty pracy pompy ciepła:

- grunt glina wilgotna, temperatura źródła górnego (grzejniki) 55/45,
- grunt glina wilgotna, temperatura źródła górnego (grzejniki) 45/35,
- grunt piasek suchy, temperatura źródła górnego (grzejniki) 55/45,
- grunt piasek suchy, temperatura źródła górnego (grzejniki) 45/35.

Po wprowadzeniu danych badanego budynku do programu, uzyskano miesięczne zapotrzebowanie na ciepło (rys. 1).



Rysunek 1. Miesięczne zapotrzebowanie na ciepło

Źródło: opracowanie własne.

Zapotrzebowanie dla wszystkich rozpatrywanych wariantów jest jednakowe, gdyż wynika ono z lokalizacji budynku i jego energochłonności, a nie z zastosowanej pompy ciepła. Najwyższe zapotrzebowanie na ciepło obserwujemy w okresie zimowym, kiedy występują najniższe temperatury zewnętrzne. W okresie od czerwca do września zapotrzebowanie na ciepło wynika wyłącznie z przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Obliczony czas pracy pomp dla analizowanych wariantów gruntowo-wodnych przedstawiono w tabeli 2. Czas ten jest zróżnicowany. Najdłużej pracować będzie pompa w gruncie gliniastym wilgotnym przy temperaturze górnego źródła ciepła na poziomie 45°C/35°C, najkrócej natomiast w gruncie piaszczystym suchym na poziomie 45°C/35°C. Związane jest to z rodzajem gruntu. Absorber w gruncie gliniastym pobiera wyższe jednostkowe ilości ciepła, jednakże w czasie trwania sezonu grzewczego na skutek wyziębienia źródła dolnego następuje w kolektorze spadek temperatury solanki i gruntu w otoczeniu kolektora większy niż ma to miejsce w przypadku kolektora poziomego w gruncie piaszczystym. Grunty gliniaste charakteryzują się niższym współczynnikiem filtracji w stosunku do gruntów piaszczystych, co powoduje wolniejszą migrację ciepła i wilgoci w tych gruntach.

Tabela 2

## Czas pracy pomp

Rodzaj gruntu i temperatura źródła górnego	Do ogrzewania budynku (h/rok)	Do przygotowania CWU (h/rok)	Suma (h/rok)
Grunt glina – źródło górne 55°C/45°C	1177	200	1377
Grunt glina – źródło górne 45°C/35°C	1487	258	1745
Grunt piasek – źródło górne 55°C/45°C	1110	190	1300
Grunt piasek – źródło górne 45°C/35°C	1406	245	1651

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 3 zestawiono wielkość pobranego ciepła z dolnego źródła. Wielkości pobranego ciepła z płaskiego kolektora poziomego będą wyższe dla parametrów pracy instalacji 45°C/35°C dla gruntu gliniastego i piaszczystego.

Tabela 3

## Wielkość pobranego ciepła z kolektora gruntowego

Rodzaj gruntu i temperatura źródła górnego	Do ogrzewania budynku (kWh/rok)	Do przygotowania CW (kWh/rok)	Suma (kWh/rok)
Grunt glina – źródło górne 55°C/45°C	8476	1344	9820
Grunt glina – źródło górne 45°C/35°C	8778	1318	10196
Grunt piasek – źródło górne 55°C/45°C	8645	1375	10020
Grunt piasek – źródło górne 45°C/35°C	8923	1351	10274

Źródło: opracowanie własne.

## 5. Roczna wartość współczynnika efektywności (COP)

Porównując roczne wartości współczynnika efektywności (bez energii pomocniczej) najlepsze parametry na poziomie 4,4 uzyskano dla gruntu piaszczystego i parametrów pracy grzejników na poziomie 45°C/35°C. Najniższą wartość współczynnika na poziomie 3,9 odnotowano dla absorbera usytuowanego w gruncie z gliny i parametrach pracy górnego źródła 55°C/45°C. Dane dotyczące dolnego źródła przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Wybrane wyniki obliczeń SPC dla analizowanych wariantów

Rodzaj gruntu	Powierzchnia absorbera (m <sup>2</sup> )	Długość absorbera (m)	Liczba obiegów	Strumień przepływu (m <sup>3</sup> /h)	Współczynnik efektywności COP
Glina wilg. 55/45	235	240	2	2,3	3,9
Glina wilg. 45/35	216	220	2	1,8	4,2
Piasek suchy 55/45	587	599	4	2,3	4,1
Piasek suchy 45/35	518	528	4	1,8	4,4

Źródło: opracowanie własne.

Z uzyskanych danych wynika, że niezbędna powierzchnia działki pod kolektor płaski gruntowy waha się w przypadku wartości skrajnych od 587m<sup>2</sup> dla gruntu piaszczystego (55/45) do 216 m<sup>2</sup> dla gruntu gliniastego (45/35). Dla kolektora w gruncie piaszczystym przy pracy górnego źródła z wartością 55/45 wielkość działki, na której usytuowany jest budynek, okazała się niewystarczająca. Działka ma powierzchnię 714 m<sup>2</sup>, ale poziomego absorbera gruntowego nie można sytuować pod budynkiem zajmującym 121 m<sup>2</sup> oraz powierzchniami utwardzonymi działki zajmującymi 35 m<sup>2</sup>. Liczba obiegów (pętli) w absorberze wyniosła 2 dla rozpatrywanych wariantów dla gruntu gliniastego oraz 4 w przypadku wariantów z gruntem piaszczystym. Dla wszystkich wariantów dobrano poziomy wymiennik ciepła w postaci węzownicy wykonanej z rury polietylenowej o średnicy zewnętrznej 40 mm i grubości ścianki 3,7 mm. Długość poziomego wymiennika zlokalizowanego w gruncie piaszczystym, przy parametrach źródła górnego 55°C/45°C okazała się najdłuższa i wyniosła 599 m. Do kalkulacji program z bazy danych przyjmuje zróżnicowane jednostkowe ilości pobieranego ciepła z 1m wymiennika w zależności od rodzaju gruntu, jego uwilgotnienia i głębokości usytuowania rurociągu.

## Podsumowanie i wnioski

Ograniczeniem w stosowaniu pomp ciepła w budownictwie mieszkaniowym jednorodzinny jest brak technologii czy dostępności pomp ciepła, które występują na rynku o mocach dostępnych praktycznie do każdego typu budynku jednorodzinnego. Barię w wykorzystaniu gruntowych pomp ciepła z płaskimi kolektorami poziomymi może okazać się natomiast zbyt mała powierzchnia działki niezbędna do ułożenia kolektora o żądanej mocy. Należy także wskazać na ograniczenie spowodowane źródłem ciepła na poziomie górnym. Dotyczy to zwłaszcza istniejących budynków jednorodzinnych niepoddanych termomodernizacji, gdzie występuje centralne ogrzewanie wodne typu grzejnikowego. Spadek parametrów grzewczych źródła górnego do wartości 55°C/45°C lub 45°C/35°C niezbędnych do efektywnej pracy pomp ciepła może powodować konieczność głębokiej ingerencji w istniejący system grzewczy. W niektórych sytuacjach może to doprowadzić do konieczności całkowitej wymiany instalacji centralnego ogrzewania a nie tylko poszczególnych grzejników.

Przeprowadzone badania pozwoliły na wyciągnięcie wniosków:

1. Miesięczne zapotrzebowanie analizowanego budynku na ciepło będzie najwyższe w miesiącach grudzień-luty, kiedy to wyniesie 2000–2500 kWh. Wynika to z faktu, że w tym okresie występują najniższe temperatury zewnętrzne, a ciepło potrzebne jest zarówno do ogrzewania, jak i przygotowania CWU.
2. Powierzchnia poziomego gruntowego wymiennika ciepła przy gruntach gliniastych wilgotnych jest prawie 2,5-krotnie mniejsza w porównaniu do gruntów piaszczystych suchych.
3. Dla dobranych powierzchni wymiennika gruntowego czas pracy SPC jest najdłuższy w przypadku wykorzystania gliny wilgotnej i parametrów górnego źródła 45°C/35°C i wynosi 1745 h/rok. Czas pracy SPC jest najkrótszy dla wariantu; piasek suchy i parametru górnego źródła 55°C/45°C i wynosi 1300 h/rok.
4. Dla analizowanych przypadków najkorzystniejszy współczynnik efektywności uzyskano w wariantcie; piasek suchy, temperatura 45/35. Współczynnik ten wynosi 4,4.
5. Współczynnik efektywności pompy ciepła jest wyższy przy współpracy z niskotemperaturowymi górnymi źródłami ciepła.
6. Dla płaskiego kolektora gruntowego pracującego w gruncie piaszczystym i parametrach górnego źródła na poziomie 55°C/45°C powierzchnia działki okazała się niewystarczająca.

## Bibliografia

- Gronowicz J., *Niekonwencjonalne źródła energii pomp ciepła. Dobór gruntowych wymienników ciepła*. „Technika chłodnicza i klimatyzacyjna”, 2008 nr 4 (95).
- Kampa M., Castanas E., *Human health effects of air pollution*, „Environmental Pollution”, 2008, Vol. 151, Issue 2.
- Langley B.C., *Heat Pump Technology*, Prentice Hall 2001.
- Nieżgoda B., *Ekonomiczność stosowania pomp ciepła do ogrzewania budynków mieszkalnych w warunkach polskich*. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, 1996, nr 6.
- Rubik M., *Pompy ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej*, Multico Oficyna Wydawnicza 2011.
- Szargut J., *Pompy ciepła w systemach grzewczych*, Materiały Seminarium Komitetu Problemów Energetyki PAN, Kraków/Zakopane, maj 1997.
- Zaręba D., *Ekoturystyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN 2010.
- PN-EN 12524: 2003, Materiały i wyroby budowlane – Właściwości cieplno-wilgotnościowe – Tabelaryczne wartości obliczeniowe.
- PN-EN 13790: 2009, Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6.11.2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącego samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (Dz.U. nr 201, poz. 1240).
- [www.purmo.com/](http://www.purmo.com/) Katalog techniczny grzejniki płytowe.
- [www.viessmann.pl/pl/strefa\\_projektanta/oprogramowanie/vito-wp.html](http://www.viessmann.pl/pl/strefa_projektanta/oprogramowanie/vito-wp.html).

## **Analysis of the possibilities of using heat pumps for residential building located in the Beskids Euroregion**

### **Summary**

For a rent-intended demonstration dwelling house, placed in the Beskids Euroregion, heat pumps were chosen and the absorber area was calculated for the given object with the use of a computer program Vito-WP Viessmann. Basing on the performed energetic characteristics of the building, the work of a brine heat pump in a monovalent system was analyzed. A lower heat source was assumed in the form of horizontal ground collectors placed in humid clay as well as in dry sand subsoil. There was presented the influence of feeding of the upper heat source with the parameters 55°C/45°C and 45°C/35°C on the work parameters of heat pump.

Translated by: *Gabriela Rutkowska*