

# PRZEGLĄD KONSTRUKCJI WRAZ Z OCENĄ PARAMETRYCZNĄ DOSTĘPNYCH NA RYNKU SPRĘŻARKOWYCH POMP CIEPŁA

mgr inż. Justyna SIENIUC

Obserwowany w ostatnich latach wzrost zainteresowania pompami ciepła w Polsce związany jest głównie z wysoką ceną surowców energetycznych oraz koniecznością ograniczenia emisji do otoczenia szkodliwych produktów spalania. Po przystąpieniu do Unii Europejskiej problem ochrony środowiska stał się szczególnie istotny. W ciągu ostatnich lat można wyróżnić wyraźne wzrosty i spadki popytu na pompy ciepła. Kryzys energetyczny, wysokie koszty inwestycyjne instalacji tych urządzeń, kłopoty eksploatacyjne związane z dużą ich awaryjnością, a głównie instalacji pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego oraz dotychczasowe, stosunkowo łagodne, normy dotyczące izolacji cieplnej budynków, to podstawowe czynniki działające na niekorzyść pomp ciepła. Postęp technologiczny i osiągnięcia techniki umożliwiły budowę pompy ciepła jako urządzenia kompaktowego i kompleksowo wyposażonego, wymagającego tylko podłączenia do źródła energii napędzającego sprężarkę oraz instalacji dolnego i górnego źródła. Jednocześnie nastąpiło zwiększenie wymagań dotyczących izolacji budynków. Powyższe aspekty znalazły odbicie w poprawie koniunktury na pompy ciepła. Dodatkowo od 1997 roku urządzenia te zostały prawnie usankcjonowane, powstały akty normalizujące ich problematykę, np.: PN-EN 255 – 1; 2; 3; 4 : 2000, PN-EN 814 – 1; 2; 3 : 2000, PN-EN 378 – 1; 2; 3 : 2000.

Obecnie na polskim rynku dostępne są pompy ciepła, wraz z odpowiednim wyposażeniem koniecznym do prawidłowej ich pracy, produkcji: polskiej, niemieckiej, austriackiej, szwedzkiej, amerykańskiej, francuskiej, japońskiej. Dostępność informacji o pompach ciepła jest ograniczona, ponieważ firmy instalujące te urządzenia przekierowują wszelkie zapytania ofertowe klientów do producentów, natomiast producenci udostępniają tylko ogólne dane dotyczące parametrów. Dokładne schematy konstrukcyjne urządzeń, kolektorów dolnych źródeł i ich wykonania ze względu na tajemnicę handlową dostarczane są odbiorcy dopiero po podpisaniu umowy. Taka polityka rynkowa, choć ze względów konkurencyjności uzasadniona, powoduje utrudnienia w rozeznaniu rynku pomp ciepła. Dane o obecnie dostępnych pompach ciepła niestety nie są kompletne i posiadają braki zarówno w schematach konstrukcyjnych, parametrach jak i wyposażeniu dodatkowym.

Niniejszy artykuł przybliży sytuację na polskim rynku pomp ciepła. Należy jednak uwzględnić poprawkę ze względu na specyfikę pozyskiwania danych. Producenci pomp, jakkolwiek mogą stanowić dość wiarygodne źródło informacji, nie zawsze podają te parametry, które mogą niekorzystnie wpłynąć na ocenę oferowanego przez nich asortymentu. Ponadto zweryfikowanie rzeczywistych wartości parametrów jest możliwe dopiero po uzyskaniu tych danych od użytkowników pomp. Jak wiadomo niewiele osób udostępnia takie dane.

Zebrane informacje o parametrach i konstrukcji obecnie dostępnych pomp ciepła, ze względów pragmatycznych, zostały ograniczone do SPC o mocy do 30 kW, wykorzystywanych w systemach ogrzewania wolnostojących budynków mieszkalnych. Poniższa tabela daje pogląd na polski rynek tych urządzeń.

Dostępne na rynku pompy ciepła: konstrukcja i parametry

typ pompy	—	- woda / woda
		- grunt / woda
		- powietrze / woda
		- solanka / woda
wydajność cieplna	kW	4,4 ÷ 27,2
efektywność pompy COP	—	1,2 ÷ 8,1 średnio 2 ÷ 5
przeznaczenie	—	c.o., c.w.u., c.o. i c.w.u., klimatyzacja
układ stosowania	—	- monowalentny
		- biwalentny
		- monowalentny lub biwalentny

lokalizacja pompy	—	- <b>wewnątrz budynku</b> - na zewnątrz w odległości 2 ÷ 5 m - częściowo wewnątrz i na zewnątrz
typ układu wspomagającego	—	- <b>grzałka elektryczna,</b> - kocioł olejowy, - kocioł gazowy,
rodzaj sprężarki	—	- tłokowa, - <b>typu scroll</b> - spiralna hermetyczna, (Copeland, Compliant) - łopatkowa, - z krążącym tłokiem,
ilość cylindrów w sprężarce	—	1 ÷ 3
zakres zmienności temp. dolnego źródła	°C	-15 / <b>-5</b> / 0 / +5 / +10 / <b>+15</b> / +30
wydajność skokowa	m <sup>3</sup> /h	12, 15, 22, 30
napęlenie olejem w	dm <sup>3</sup>	0,92 ÷ 2,15
zasilanie elektryczne	V	<b>3 x 380</b> - 420 / 1x 220 - 240 i 50 Hz
maksymalny prąd	A	8 ÷ <b>16</b> / ( <b>20</b> ÷ 40)
maksymalna częstotliwość włączeń	/h	6 / 12 / 14
próba ciśnieniowa	MPa	0,16 ÷ 2,5
gabaryty jednostki	mm	- wysokość 850 ÷ 1750 - szerokość 450 ÷ 1000 - długość 400 ÷ 690 - średnica 400 ÷ 800
rodzaj parownika	—	- <b>plytowy</b> - z wprasowaną magistralą gazową
rodzaj skraplacza	—	- <b>plytowy</b>
temperatura wody po stronie grzewczej	°C	35 ÷ 65 (optymalnie <b>50 ÷ 55</b> )
rodzaj dolnego źródła	—	- <b>grunt,</b> - zbiorniki wodne, - woda gruntowa, - <b>powietrze,</b>
typ wymiennika dolnego źródła	—	- <b>poziomy płaski,</b> - <b>poziomy spiralny,</b> - pionowy,
rodzaj górnego źródła	—	<b>woda, powietrza</b>
typ wymiennika górnego źródła	—	ogrzewanie tradycyjne – grzejnikowe, <b>podłogowe meandrowe,</b> <b>ślimakowe,</b> ścienne ślimakowe, <b>konwektorowe,</b> mieszane,
materiał wymiennika dolnego źródła	—	- aluminium – dla powietrza, - <b>polietylen PE</b> - miedź pokryta PE-HD
materiał systemu górnego źródła	—	- <b>miedź,</b> - stal, - stal nierdzewna, - <b>polietylen,</b>
głębokość umieszczania wymiennika dolnego źródła	m	- poziomy – 0,6/ <b>0,8</b> / <b>1,0</b> / 1,2/ 1,8/ 2,2 - pionowy – <b>17</b> / <b>30</b> / 90 / 200

średnice sond pionowych	mm	φ 20 / 22 / 32 / 50
średnice studni czerpnych i zrzutowych	mm	φ 100 / <b>150</b> / <b>200</b> / 250 / 400 – 15, <b>20</b> 30 m odległości pomiędzy
możliwość pominięcia parownika	—	tak - dla metody bezpośredniego odparowania
rodzaj czynnika roboczego	—	- R22, <b>R407C</b> , R410A, <b>R404A</b> , <b>R290</b> , R134a, R470C - mieszanina propylen – glikol
rodzaj wentylatora	—	wyciągowy, osiowy 35 ÷ 120 kW
minimalna powierzchnia gruntu	m <sup>2</sup>	- poziomy – 200 ÷ <b>800</b> - pionowy – 70 ÷ <b>150</b>
rodzaj buforowego zasobnika ciepła	dm <sup>3</sup>	40 ÷ 600
wielkość zbiornika c.w.u.	l	<b>150</b> / 250 / <b>300</b> / 400
rodzaj wymiennika w zasobniku c.w.u.	—	- gładkorurowy, - przepony perforowane, - <b>dwupłaszczowy</b> ,
izolacja	—	akustyczna i wibracyjna
sterownik	—	- automatyczny, - <b>automatyczny modułowy</b> , - z możliwością sterowania układem wspomagającym, - z możliwością oddzielnego sterowania dla każdego układu,
zastosowanie falownika	—	- <b>elektroniczny chłodzony wodą</b> , - chłodzony powietrzem (wentylatorem), - brak w standardzie,
ochrona	—	- przekaźnik ochronny silnika, - presostat wysokiego i niskiego ciśnienia - termostat płynu niezamarzającego, - ogranicznik temp. dla wspomagania elektrycznego, - termostatyczny zawór wzbiorczy,
prace sondowania gruntu	—	pomiary geotechniczne (rodzaj, podatność)
dotatkowe wyposażenie	—	- pompa obiegowa dolnego źródła - pompa cyrkulacyjna obwodów c.w.u. - pompa cyrkulacyjna obwodów c.o. - zbiornik wyrównawczy obwodu kolektora - termostatyczny zawór mieszający, - presostat pracy i regulacji, - system autodiagnostyki, - termostat przyłgowy dla instal. podłogowej, - cyfrowy pomiar temperatury powietrza zewnętrznego i pokojowej, - cyfrowy regulator pogodowy, - zabezpieczenie przed wpływem kondensatu
dotatkowe wyposażenie	—	- system czasowych obniżen temperatury - dobowe, strefy czasowe, dni robocze,
* Parametry preferowane przez producentów zostały pogrubione.		

Koszty inwestycyjne związane z zainstalowaniem sprężarkowej pompy ciepła stanowią najistotniejszy argument przy podejmowaniu decyzji dotyczącej wyboru systemu ogrzewania i przygotowania c.w.u. Wartości tych kwot są średnio dwa, trzy razy większe niż dla systemów olejowych lub nawet czterokrotnie przekraczają koszt instalacji gazowej. Poniższe zestawienie przedstawia poziom kosztów instalacyjnych SPC z uwzględnieniem poszczególnych składników, prac i elementów.

### **Koszty całkowite 36000 ÷ 68000 PLN**

Koszty całkowite uwzględniają :

- projekt techniczny z doбором poszczególnych elementów,
- dostawę urządzeń i materiałów;
- montaż i uruchomienie;
- nadzór nad pracami ziemnymi,
- nadzór nad projektem, montażem, uruchomieniem pompy - w przypadku prac wykonywanych przez podwykonawców,

W niektórych wypadkach koszty te obejmują również :

- wykonanie prac ziemnych,
- serwis gwarancyjny i pogwarancyjny w całym okresie eksploatacji.

Wyszczególnienie składowych kosztów całkowitych systemów grzewczych opartych na sprężarkowych pompach ciepła.

Składowa	Koszt w PLN
1. Podgrzewacz ciepłej wody użytkowej z grzałką elektryczną i węzownicą.	<b>4300 ÷ 8680</b>
- do kosztu zakupu urządzenia należy doliczyć koszt materiałów montażowych: grupa bezpieczeństwa do 10 bar, zawór bezpieczeństwa 6 bar, naczynie wzbiorcze wody użytkowej, wieszak c.w.u. do naczynia wzbiorczego, pompa ciepłej wody, zawór zwrotny,	<b>450 ÷ 856</b>
2. Kocioł elektryczny (awaryjnie)	<b>1100 ÷ 1680</b>
3. Pompa ciepła w wersji kompaktowej	<b>12500 ÷ 40200</b>
4. Sterowniki	<b>4000 ÷ 7000</b>
5. Zbiornik buforowy	<b>2100 ÷ 3210</b>
6. Wzbiorcze naczynie przeponowe	<b>150 ÷ 280</b>
7. Podgrzewacz pojemnościowy	<b>4300 ÷ 8680</b>
8. Wyposażenie pakietowe po stronie obiegu solanki (w tym m.in. pompa obiegu solanki, naczynie wzbiorcze)	<b>1780 ÷ 2155</b>
9. Pomocnicze materiały montażowe	<b>1500 ÷ 2500</b>
10. Grupa bezpieczeństwa wraz z osprzętem	<b>580 ÷ 1000</b>
11. Rozdzielacz solanki dla kolektorów gruntowych	<b>2570 ÷ 3640</b>
12. Pompa rozdzielaczowa (strona wtórna)	<b>312 ÷ 454</b>
13. Zawór 3-drogowy przełączający	<b>235 ÷ 556</b>
14. Zawór kulowy wodny	<b>187 ÷ 603</b>
15. Czujnik temperatury cieczy z tuleją osłonowa czujnika	<b>466 ÷ 597</b>
16. Termostat przyłgowy dla instalacji podłogowej	<b>124 ÷ 178</b>
17. Napęd mieszacza	<b>570 ÷ 830</b>
18. Czujnik temperatury na zasilaniu	<b>103 ÷ 186</b>
19. Termostat z nastawą wewnętrzną	<b>237 ÷ 890</b>
20. Czynnik grzewczy	<b>1200 ÷ 2300</b>
21. Rura HDPE	<b>1304 ÷ 1850</b>
22. Rura miedziana	<b>1600 ÷ 2100</b>

23. Górne źródło ciepła	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Koszt instalacji systemu ogrzewania podłogowego</b></li> <li>- zawierający elementy : rura do ogrzewania podłogowego, rozdzielacze, szafki do rozdzielaczy, złączki, spinki, dodatek do betonu (plastyfikator), taśma dylatacyjna, materiały z miedzi, thermaflex, redukcje, nypłe, peszel, łuki, zawory oraz robocizna wraz z ułożeniem styropianu.</li> </ul>	60 ÷ 110 za m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Koszt instalacji systemu ogrzewania ściennego</b></li> <li>- zawierający elementy : pętle grzewcze z rury antydyfuzyjnej, zaprawa mocująca, jastrych, listwy dylatacyjne, folie PE, rozdzielacze, szafki do rozdzielaczy, złączki, spinki, dodatek do betonu (plastyfikator), materiały z miedzi, thermaflex, redukcje, nypłe, peszel, łuki, zawory oraz robocizna wraz z ułożeniem styropianu.</li> </ul>	85 ÷ 115 za m <sup>2</sup>
	<b>Koszt instalacji systemu ogrzewania grzejnikowego :</b>	
	parametry wody zasilającej / powrotnej 90 / 70 °C	50 ÷ 80 za m <sup>2</sup>
	parametry wody zasilającej / powrotnej 70 / 55C	65 ÷ 90 za m <sup>2</sup>
	parametry wody zasilającej / powrotnej 50 / 40	75 ÷ 100 za m <sup>2</sup>
	- w systemie rozdzielaczowym z użyciem rur polipropylenowych lub polietylenowych wielowarstwowych, głowice termostatyczne, kolanka złączki, z dodatkowym układem podwieszającym (współpraca z innym rodzajem ogrzewania)	100 ÷ 150 za m <sup>2</sup>
	24. Odwierty geologiczne	3000 ÷ 5000
25. Ekspertyzy geologiczne	1200 ÷ 2500	
26. Wybicie studni wody czerpalnej i zrzutowe	3500 ÷ 6000	
27. Uzbrojenie studni (wraz z pompą głębinową)	1200 ÷ 3500	
28. Prace zimne – wykonanie wykopu dla kolektora gruntowego	1500 ÷ 4000	
29. Montaż i uruchomienie	2000 ÷ 3000	
* Ceny urządzeń i prac zawierają podatek VAT 7%, materiały wykończeniowe, z branży budowlanej oraz projekty techniczne podatek VAT 22%.		

Z zebranych materiałów wynika, że sytuacja pomp ciepła na rynku polskim jest dobra. Pomimo stosunkowo krótkiego okresu od wprowadzenia naturalnych źródeł ciepła jako substytutu w sektorze surowców energetycznych, urządzenia te dynamicznie się rozwinęły i proces ten trwa dalej. Oferowany asortyment pokrywa zapotrzebowania klientów pod względem konstrukcyjnym oraz parametrycznym. Wybór odpowiedniej pompy zależy jedynie od wymagań potencjalnego nabywcy, jego możliwości finansowych, dostępności i jakości dolnego źródła ciepła oraz typu górnego źródła i izolacji cieplnej budynku. Przyjmując parametry podawane przez producentów za adekwatne w znacznym stopniu do rzeczywistych, uzyskiwanych podczas eksploatacji urządzenia, można sformułować następujący wniosek :

**SPC jest optymalnym rozwiązaniem w systemach ogrzewania wolnostojących budynków mieszkalnych, ponieważ:**

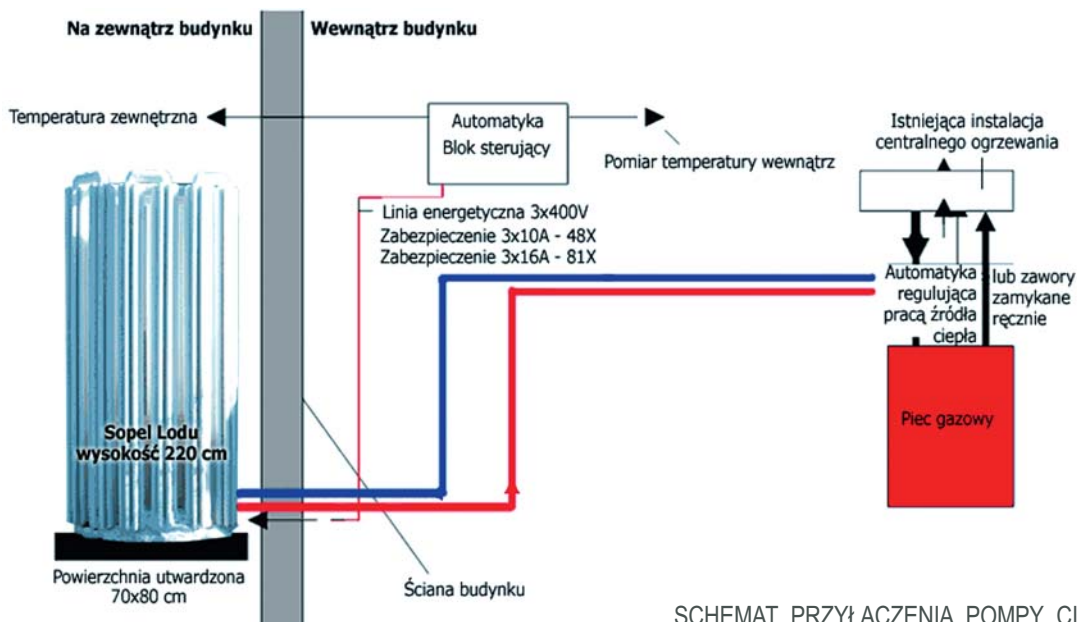
- charakteryzuje się dużą sprawnością cieplną, (z jednego kW doprowadzonej energii można uzyskać nawet do 6 kW mocy grzewczej),
- pokrywa wszelkiego rodzaju zapotrzebowania na ciepło (ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej),
- może wykorzystywać każde z dostępnych źródeł niskotemperaturowych dolnych oraz można ją podłączyć do prawie każdego systemu ogrzewania w pomieszczeniach,
- jest przyjazna dla środowiska i w pełni bezpieczna dla otoczenia,
- łatwa w obsłudze,
- zapewnia komfort cieplny.

Należy jednak pamiętać, że uzyskiwane w czasie eksploatacji parametry mogą odbiegać od wartości podawanych w katalogach firmowych.

Godnym polecenia przykładem jest sprężarkowa pompa ciepła oferowana przez producenta Octopus Energi. Rozwiązanie to spełnia wiele z wymogów stawianych systemowi ogrzewania w dobie budowy domów o umiarkowanej powierzchni i zapotrzebowaniu na ciepło, o ograniczonej dostępności gruntu niezabudowanego na działce.

Pompa ciepła „Sopel lodu” wykorzystuje powietrze jako górne źródło ciepła, zatem nie wymaga dużych powierzchni ani wewnątrz ani na zewnątrz budynku, czynnikiem roboczym jest w niej **propan**, może ona pracować w różnych układach. Jest nieskomplikowana w montażu, a ponadto charakteryzuje się nowoczesnym kształtem i elegancją wykonania. Wszystko to powoduje, że urządzenie to pod względem ekonomicznym jest alternatywą dla olejowych systemów grzewczych.

Parametry techniczne i konstrukcyjne sprężarkowej pompy ciepła firmy Octopus Energi [12].



SCHEMAT PRZYŁĄCZENIA POMPY CIEPŁA SOPEL LODU

modele pompy	—	SOPEL LODU 48X, SOPEL LODU 81X
Typ pompy	—	powietrze - woda
standard wyposażenia	—	z wbudowanym zbiornikiem c.w.u. lub bez
Wydajność cieplna	kW	4 ÷ 8 (10)
efektywność pompy COP	—	3 ÷ 4,5
Przeznaczenie	—	c.o., c.w.u., c.o. i c.w.u.,
układ stosowania	—	- monowalentny - biwalentny
lokalizacja pompy	—	- na zewnątrz budynku
typ układu wspomagającego	—	- grzałka elektryczna, - kocioł olejowy lub gazowy
zakres zmienności temp. dolnego źródła	°C	-15 / +25
rodzaj sprężarki	—	- spiralna hermetyczna,
zasilanie elektryczne	V	3 x 400 i 50 Hz
maksymalny prąd	A	10 ÷ 16 / (25)
próba ciśnieniowa	MPa	1,5 ÷ 3,2
gabaryty jednostki	mm	1050 x 800 x 2250 2100 x 800 x 2250
rodzaj parownika	—	- płytowy
rodzaj skraplacza	—	- płytowy
temp. wody po stronie grzewczej	°C	35 ÷ 40
rodzaj dolnego źródła	—	powietrze
rodzaj górnego źródła	—	woda,

typ wymiennika górnego źródła	—	ogrzewanie	podłogowe, konwektorowe, mieszane,
materiał wymiennika dolnego źródła	—	miedź pokryta PE-HD	
materiał systemu górnego źródła	—	- miedź, - stal nierdzewna,	
głębokość umieszczania wymiennika dolnego źródła	m	poziom gruntu	
minimalna powierzchnia gruntu	m <sup>2</sup>	0,7 ÷ 1,5	
rodzaj czynnika roboczego	—	R 290 - Propan	
wielkość zbiornika c.w.u.	l	150 / 200	
typ wymiennika w zbiorniku c.w.u.	—	węzownicowy, dwupłaszczowy,	
izolacja	—	akustyczna	
sterownik		- automatyczny modułowy	
ochrona	—	- przekaźnik ochronny silnika, - presostat wysokiego i niskiego ciśn., - urządzenie płynnego startu,	
dodatkowe wyposażenie	—	- pompa cyrkulacyjna obwodów c.w.u.,	
		- pompa cyrkulacyjna obwodów c.o.,	
		- cyfrowy pomiar temp. powietrza zewnętrznego,	
		- cyfrowy regulator pogodowy, - system czasowych obniżień temp. (dobowych),	

### Bibliografia:

- [1] Rubik M.: Pompy ciepła w Polsce - zastosowanie i rozwój. Magazyn Instalatora, październik 2004, nr 10 (74).
- [2] Sieniuc J.: Analiza techniczno – ekonomiczna warunków użytkowania sprężarkowych pomp ciepła w systemach ogrzewania wolnostojących budynków mieszkalnych. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Gdańska. Gdańsk, 2005.
- [3] Materiały i katalogi informacyjne firmy Viessmann.
- [4] Materiały i katalogi informacyjne firmy KFAP Vatra.
- [5] Materiały i katalogi informacyjne firmy Hibernatus.
- [6] Materiały i katalogi informacyjne firmy Ochsner.
- [7] Materiały i katalogi informacyjne firmy Stiebel Eltron.
- [8] Materiały i katalogi informacyjne firmy Neuratherm.
- [9] Materiały i katalogi informacyjne firmy Thermia.
- [10] Materiały i katalogi informacyjne firmy Nibe.
- [11] Materiały i katalogi informacyjne firmy Nateo.
- [12] Materiały i katalogi informacyjne firmy Octopus Energi.
- [13] Materiały i katalogi informacyjne firmy Schrag.
- [14] Materiały i katalogi informacyjne firmy Eneragus.
- [15] Materiały i katalogi informacyjne firmy Grundfos.
- [16] Materiały i katalogi informacyjne firmy Wilo.
- [17] Materiały i katalogi informacyjne firmy Danfoss.
- [18] Materiały i katalogi informacyjne firmy Uponor.
- [19] Materiały informacyjne firmy Boryszew S.A.