

OCENA TECHNICZNO-EKONOMICZNA STOSOWANIA POMP CIEPŁA W SYSTEMACH OGRZEWANIA WOLNOSTOJĄCYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Część 1

mgr inż. **Justyna SIENIUC**
 dr inż. **Zenon BONCA**
 Katedra Techniki Ciepłej
 POLITECHNIKA GDAŃSKA

Zastosowanie układów ogrzewania z **pompą ciepła** w budynkach jednorodzinnych, wolnostojących pociąga za sobą szereg koniecznych do spełnienia warunków, między innymi: dostępność dolnego źródła ciepła, odpowiednia izolacyjność obiektu, niskotemperaturowy system ogrzewania zainstalowany wewnątrz budynku, itp. Na ogół nie sprawiają one większych trudności z wykonaniem, a na rynku istnieje szereg firm oferujących profesjonalne usługi w zakresie doboru odpowiedniego urządzenia, montażu i wykonania instalacji. Oferowane rozwiązania dotyczą jednak obiektów znajdujących się na etapie projektowym lub we wczesnym stadium budowy. Wynika to z konieczności uwzględnienia w konstrukcji budynku specyficznych elementów i rozwiązań umożliwiających zastosowanie konkretnego systemu ogrzewania i przygotowania c.w.u. Sprężarkowe pompy ciepła (SPC) znajdują zastosowanie w ogrzewaniu domków jednorodzinnych i zakres ich rozpowszechnienia systematycznie rośnie.

Istotę problemu stanowi opłacalność takiej inwestycji w obiektach o kilku, czy kilkunastoletnim okresie eksploatacji. Wymiana systemu ogrzewania w takim przypadku wiąże się często z jego zmianą w znacznej części, dostosowywaniem lub gruntowną przebudową instalacji. Pociąga to za sobą wysokie nakłady inwestycyjne, czyniąc zastosowanie danego systemu grzewczego decyzją nieuzasadnioną ekonomicznie. Niniejszy artykuł poświęcony jest analizie techniczno – ekonomicznej warunków użytkowania sprężarkowej pompy ciepła w systemie ogrzewania piętnastoletniego, wolnostojącego budynku mieszkalnego. Rozpatrzone zostały w nim kryteria umożliwiające zastosowanie tego systemu, ograniczenia i korzyści wynikające z wieku, struktury obiektu oraz jego lokalizacji. Systemy ogrzewania z pompami ciepła z powodzeniem spełniają wymagania techniczne nowobudowanych budynków. Można zatem pokusić się o stwierdzenie, że przy różnorodności typów, charakterystyk i parametrów dostępnych na rynku urządzeń, SPC również dla starszych budynków, pod względem technicznym, okażą się bardzo dobrym rozwiązaniem. Ograniczenia mogą wynikać jedynie z wysokości koniecznych nakładów finansowych niezbędnych dla dostosowania obiektu do nowej instalacji.

Ocena techniczno-ekonomiczna ogrzewania wolnostojącego budynku mieszkalnego będzie obejmowała dwa różne systemy. Ponieważ porównywanie systemu ogrzewania dotychczas stosowanego w budynku z nowym rozwiązaniem nie spełnia swojej roli, analiza opłacalności przeprowadzona zostanie dla układów, których porównanie jest w wysokim stopniu adekwatne do rzeczywistych warunków ekonomicznych i technicznych. Ocenie będą podlegały zatem systemy c.o. i c.w.u. wykorzystujące sprężarkową pompę ciepła lub kocioł olejowy, przy założeniu, że parametry obu systemów są zbliżone.

Budynek mieszkalny jest wyposażony w system ogrzewania oparty na kotle olejowym i tradycyjnych grzejnikach żeliwnych. Kocioł pokrywał również zapotrzebowane ciepło na przygotowanie c.w.u. W tabeli 1 przedstawiono parametry starej instalacji grzewczej. Sterowanie temperaturą w poszczególnych pomieszczeniach ogrzewanych odbywa się za pomocą panelu sterującego kotła i zaworów termostatycznych zainstalowanych na każdym grzejniku. Zbiorniki na paliwo o pojemności 3600 litrów (3 x 1200) znajdują się w pomieszczeniu spiżarni (odpowiednio przystosowanej) na poziomie piwnicy.

Koszty inwestycyjne systemu c.o. i c.w.u. poniesione w momencie realizacji inwestycji w roku 1990:

- kocioł, palnik - 3100 [PLN],
- sterownik, regulator, programator - 900 [PLN],
- podgrzewacz pojemnościowy - 760 [PLN],
- naczynie wzbiorcze - 70 [PLN],
- grupa bezpieczeństwa zasobnika c.w.u. - 210 [PLN],
- filtr oleju i przewody olejowe - 90 [PLN],
- podłączenia hydrauliczne kotła - 110 [PLN],
- podłączenia hydrauliczne zasobnika c.w.u. - 70 [PLN],

Tabela 1. Parametry kotła olejowego istniejącego systemu grzewczego budynku

kocioł olejowy firmy Viessmann	
typ kotła	Vitorond 200
moc grzewcza	32 [kW]
rodzaj palnika	olejowy Bluetwin VEA / Proflame
Sprawność kotła	92 %
zużycie energii elektrycznej	0,2 – 0,6 [kW]
ilość zużywanego oleju	0,12 – 0,79 [kg/h]
temperatura wody grzewczej	60 – 80 [°C]
temperatura wody dla c.w.u.	40 – 60 [°C]
okresy pracy	taryfa nocna, dzienna,
maksymalny czas pracy	8 – 10 [h], 4 okresy zapłonu palnika na godzinę
sterowanie	Vitotronic 150
okres gwarancji	10 lat
zbiornik c.w.u.	Vitotrans 200 WWT
pojemność zbiornika	200 [l]
system ogrzewania	grzejniki żeliwne, 28 [szt]

- rozdzielacz - 130 [PLN],
- zawór mieszający - 90 [PLN],
- licznik godzin pracy - 47 [PLN],
- wykonanie instalacji c.w.u. - 840 [PLN],
- pompy dla c.o. i c.w.u. - 340 [PLN],
- pompa dla zbiorników paliwa - 90 [PLN],
- grzejniki 28 szt. - 1130 [PLN],
- wykonanie instalacji c.o. - 1070 [PLN],
- przystosowanie pomieszczenia spiżarni i kotłowni - 330 [PLN],
- wanna olejowa - 48 [PLN],
- układ odprowadzania spalin - 160 [PLN],
- drzwi ognioodporne dla pomieszczenia kotłowni i magazynu oleju - 210 [PLN],
- zbiorniki na paliwo - 1200 [PLN],
- wyposażenie dodatkowe - 200 [PLN],

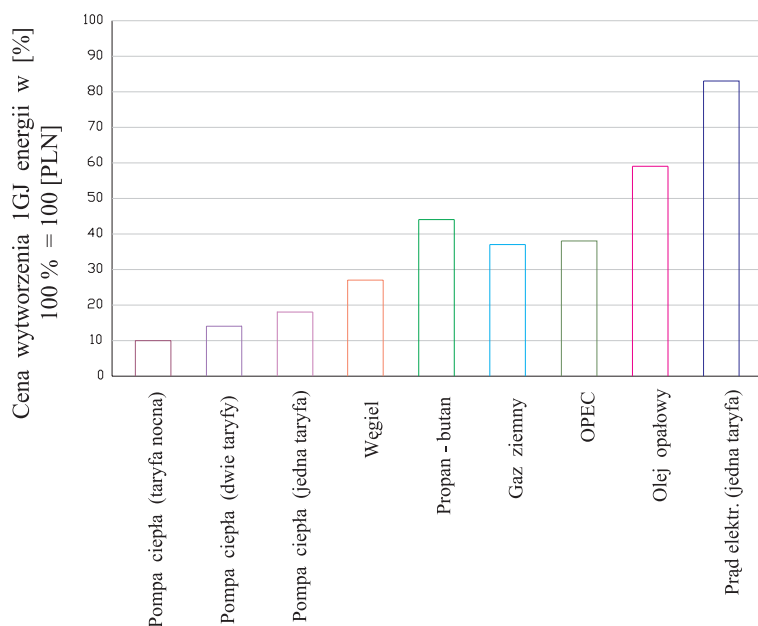
sumaryczna wartość kosztów inwestycyjnych: **11195 [PLN]**.

Koszty eksploatacyjne systemu c.o. i c.w.u. w czasie użytkowania instalacji grzewczej w latach 1990 – 2005:

- sezonowe koszty paliwa z dowozem - 40000 [PLN],
- przeglądy sezonowe - 7500 [PLN]:
 - kontrola aparatury pomiarowej i kontrolnej,
 - nastawa automatyki,
 - sprawdzenie zabezpieczeń kotłowo-palnikowych,
 - konserwacja i regulacja palników,
 - wydruk parametrów spalin,
 - kontrola instalacji zasilających i przegląd mechanizmów
- przegląd roczny - 10700 [PLN]:
 - konserwacja i wykonanie czynności obsługowych według DTR,
 - usunięcie uszkodzeń mechanicznych,
 - sprawdzenie kontroli nastaw,
 - czyszczenie komina,
 - uruchomienie, regulacja i kontrola spalin,
- przegląd stacji uzdatniania wody - 3600 [PLN],
- przegląd systemów bezpieczeństwa gazowego i pożarowego - 4900 [PLN],
- drobne naprawy - 2500 [PLN],
- wymiana palnika (1997 r.) - 2300 [PLN],

sumaryczna wartość kosztów eksploatacyjnych: **79400 [PLN]**.

Budynek przeszedł gruntowny remont elewacji zewnętrznej w celu poprawy jego własności izolacyjnych. Zostały dołożone zewnętrzne warstwy docieplające, wymieniono pokrycie dachowe oraz okna i drzwi. Pojawiła się konieczność przeprowadzenia remontu wewnątrz, wymianie podlegały rury instalacji ogrzewania i ciepłej wody użytkowej oraz grzejniki. Wymieniono stary system c.o. i c.w.u, ponieważ istniejący układ był już pod względem technicznym mało efektywny. Gwarancje na urządzenia upłynęły, koszty napraw są wysokie, system wymaga zastosowania nowych sterowników o bardziej zaawansowanej technologii, ponieważ dla nowej charakterystyki cieplnej budynku, posiada on przewymiarowane parametry. Dostosowanie starego układu do nowego regulatora i instalacji odbiorczej przy wysokim stopniu awaryjności eksploatowanych przez okres 15 lat elementów systemu jest nieekonomiczne. Konieczna stała się analiza techniczno-ekonomiczna dostępnych na rynku systemów c.o. i c.w.u, przeprowadzona pod kątem tendencji zmian cen surowców energetycznych, dostępności niskoprocentowanych kredytów, ulg podatkowych i warunków cieplnych budynku. Ze względu na lokalizację budynku i możliwości wykorzystania określonych surowców energetycznych, ocenie przydatności podlegać będą tylko dwa rodzaje układów: rozwiązania oparte o kocioł olejowy, ale o dużo korzystniejszych parametrach i wykonany w nowszej technologii, oraz systemy wykorzystujące sprężarkowe pompy ciepła współpracujące z kolektorami gruntowymi. W przypadku braku dostępu do gazu ziemnego pozostaje wybór: energii elektrycznej, oleju opałowego lub gazu płynnego. Olej opałowy zyskuje przewagę w kosztach eksploatacji nad gazem płynnym i energią elektryczną. Ma to związek nie tylko z tendencjami wzrostowymi cen tych surowców, ale również z kosztem wytworzenia energii z jednostki danego surowca (rys.1). Jednym z opłacalniejszych rozwiązań "zwielokrotnienia" wsadowej energii elektrycznej jest zastosowanie pompy ciepła. W zestawieniu porównano zastosowanie pompy ciepła i kotła olejowego dla tego samego budynku.



Rys.1. Koszty wytworzenia 1 GJ energii dla poszczególnych technologii grzewczych o zróżnicowanych surowcach energetycznych [11]

Dla przyjętego do analizy budynku zaproponowano system ogrzewania przy wykorzystaniu sprężarkowej pompy ciepła współpracującej z instalacją ogrzewania płaszczyznowego lub konwektorowego oraz kolektorem gruntowym pionowym. Ocenie podlegać będą trzy układy:

1. kolektor gruntowy pionowy - SPC - ogrzewanie płaszczyznowe,
2. kolektor gruntowy pionowy - SPC - ogrzewanie konwektorowe,
3. kocioł olejowy - ogrzewanie grzejnikami aluminiowymi i stalowymi (system przywołany tylko dla celów porównawczych).






1. OCENA TECHNICZNO-EKONOMICZNA SYSTEMU OGRZEWANIA WOLNOSTOJĄCEGO BUDYNKU MIESZKALNEGO

1.1. Krótka charakterystyka budynku



- dom jednorodzinny wolnostojący,
- powierzchnia całkowita 287 [m²],
- powierzchnia ogrzewana 280 [m²],
- maksymalne zapotrzebowanie na ciepło (c.o. i c.w.u) - 30 [kW],
- obecny system pracy – monowalentny,
- obecny system grzewczy: wysokotemperaturowy – grzejniki żeliwne (do wymiany),
- brak dostępu do gazu ziemnego,

1.2. Wybór systemu ogrzewania

 KOCIOŁ OLEJOWY VITOLA 300	 POMPA CIEPŁA VITOCAL 300	 POMPA CIEPŁA VITOCAL 300
typ VT 3	typ BW 226	
moc cieplna 30,0 [kW]	moc cieplna 25,0 [kW]	
pobór mocy 5 [kW]	pobór mocy 5 [kW]	
układ pracy monowalentny	układ pracy biwalentny	
sprawność kotła 94 %	efektywność 4,65	
temperatura wody na zasilaniu 70 - 90 [°C]	temperatura wody na zasilaniu 35 [°C] 50 [°C]	
Regulator Vitotronic 300	sterowanie pogodowe, cyfrowy regulator obiegu grzewczego CD60 z wbudowanym systemem diagnostycznym	
palnik olejowy RotriX-EV	sprężarka Compiat Scroll	
ogrzewanie grzejnikowe – stal i aluminium	ogrzewanie płaszczyznowe podłogowe i ścienne	ogrzewanie konwektorowe
–	kolektor gruntowy pionowy	
 pojemnościowy podgrzewacz wodny Vitocell-V 300 - praca w układzie monowalnetnym.	 pojemnościowy podgrzewacz wodny Vitocell-V 300 - praca w układzie biwalentnym, opcja z przyłączem i grzałką elektryczną	
pojemność 200 [l]		
wymiennik ciepła węzownicowy		

1.3. Wycena inwestycji

Zasada wyceny - uwzględniono wszelkie prace wykonawcze i remontowe wymagane dla dostosowania budynku do nowego systemu ogrzewania, elementy składowe poszczególnych systemów są do siebie zbliżone parametrami, ceny z katalogu producenta na dzień 15.03.2005 roku, koszt prac i urządzeń zawiera podatek VAT 7 i 22 %.

Inwestycja obejmuje wykonanie instalacji c.o. i c.w.u. dla każdego wariantu. W przypadku kotła olejowego nie uwzględniono kosztów przystosowania pomieszczenia do funkcji magazynu oleju, drzwi przeciwpożarowych i wykonania wanny olejowej. Wliczono cenę nowych zbiorników.

Tabela. 2. Zestawienie składowych kosztów inwestycyjnych systemu ogrzewania budynku mieszkalnego opartego na pompie ciepła

POMPA CIEPŁA, KOLEKTOR GRUNTOWY PIONOWY I OGRZEWANIE PŁASZCZYZNOWE	Cena [PLN]	POMPA CIEPŁA, KOLEKTOR GRUNTOWY PIONOWY I OGRZEWANIE KONWEKTOROWE	Cena [PLN]
pompa ciepła VITOCAL 300 typ BW226 o mocy 25 kW, z automatyką typu CD60	24314,00	pompa ciepła VITOCAL 300 typ BW226 o mocy 25 kW, z automatyką typu CD60	24314,00
zbiornik buforowy VITOCCELL 050 100 dm ³	2678,00	zbiornik buforowy VITOCCELL 050 100 dm ³	2678,00

technika chłodnicza i klimatyzacyjna

pompy ciepła

pompy ciepła

pompy ciepła

pompy ciepła

podgrzewacz pojemnościowy VITOCCELL-V 300 200 dm ³	7881,00	Podgrzewacz pojemnościowy VITOCCELL-V 300 200 dm ³	7881,00
wyposażenie pakietowe po stronie obiegu ergolidu (w tym m.in. pompa obiegu ergolidu, naczynie wzbiorcze 5 dm ³)	1875,00	wyposażenie pakietowe po stronie obiegu ergolidu (w tym m.in. pompa obiegu ergolidu, naczynie wzbiorcze 5 dm ³)	1875,00
rozdzielacz ergolidu dla kolektorów gruntowych - 2 szt.	2340,00	rozdzielacz ergolidu dla kolektorów gruntowych - 2 szt.	2340,00
grupa bezpieczeństwa wraz z osprzętem (pompa Grundfos UP-N/B 25-60 240, termostat HP50 z nastawą wewnętrzną, nac. wzb. przeponowe Reflex 20N, Zawór kulowy wodny 1" (4 szt.) Rura Cu ϕ 1, 3/4"),	900,00	grupa bezpieczeństwa wraz z osprzętem (pompa Grundfos UP-N/B 25-60 240, termostat HP50 z nastawą wewnętrzną, nac. wzb. przeponowe Reflex 20N, Zawór kulowy wodny 1" (4 szt.) Rura Cu ϕ 1, 3/4"),	900,00
zawór 3-drogowy przełączający - 6 szt.	656,00	zawór 3-drogowy przełączający - 6 szt.	656,00
czujnik temperatury cieczy - 5 szt.; tuleja osłonowa czujnika - 7 szt.	497,00	czujnik temperatury cieczy - 5 szt.; tuleja osłonowa czujnika - 7 szt.	497,00
termostat przyłgowy dla instalacji podłogowej - 18 szt	420,00	zawory termostatyczne Danfoss - szt. 28	686,00
zawór mieszający Ecovarm	119,00	zawór mieszający Ecovarm	119,00
napęd mieszacza	370,00	napęd mieszacza	370,00
czujnik temperatury na zasilaniu - 21 szt.	684,00	czujnik temperatury na zasilaniu - 14 szt.	358,00
czynnik pośredniczący Ergolid Eco 120 dm ³ + 3 x 25 dm ³	1020,00	czynnik pośredniczący Ergolid Eco 120 dm ³ + 3 x 25 dm ³	1020,00
prace ziemne (ok. 200 PLN/h)	4000,00	prace ziemne (ok. 200 PLN/h)	4000,00
kolektor gruntowy : sondy pionowe, rury, studzienki rozdzielaczowe, zawory,	11520,00	kolektor gruntowy : sondy pionowe, rury, studzienki rozdzielaczowe, zawory,	11520,00
pomocnicze materiały montażowe	300,00	pomocnicze materiały montażowe	300,00
konwektor - Ratec Tivoli T18/22	115,00		
rozdzielacz podłogowo - konwektorowy Techniprot W16x 22	599,00		
główny rozdzielacz z pompa obiegową LFP WR 120-28	1454,00	główny rozdzielacz z pompa obiegową LFP WR 120-28	1454,00
rozdzielacz do zbalansowania pętli Oventrop NP35	304,00	rozdzielacz do zbalansowania pętli Oventrop NP35	304,00
rozdzielacz poziomy z pompą rurową DAB Ferno P 200/300 HP4 - 4 szt.	1769,00	rozdzielacz poziomy z pompą obiegową DAB Ferno C 20/30 MP 2,5 - szt. 5	2134,00
rura Copipe, Copex Oventrop ϕ 1 [cala] 78 mb	540,00	rura HDPE GAMRAT ϕ 1 [cala] 57 mb	430,00
rura HDPE Copipe, Copex Oventrop ϕ 2/3 [cala] 1100 mb	1080,00	rura HDPE GAMRAT ϕ 3/4 [cala] 216 mb	850,00
rura HDPE Copipe, Copex Oventrop ϕ 3/4 [cala] 1400 mb	1660,00		
rura HDPE Copipe, Copex Oventrop ϕ 1/2 [cala] 1680 mb	1834,00	wykonanie instalacji c.o. (zawory, złączki, izolacja, prace remontowe) Unipipe Uponor, Armaflex	8670,00
wykonanie instalacji c.o. (zawory, złączki, izolacja Unipipe Uponor, Armaflex)	9670,00		
wykonanie instalacji c.w.u. (rury miedziane, pokryte PE Oventrop Copex, ϕ 1 1/2, 3/4, 1 cala, złączki SBS, zawory Danfoss, SBS, izolacja, prace remontowe)	6760,00	wykonanie instalacji c.w.u. (rury miedziane, pokryte PE Oventrop Copex, ϕ 1 1/2, 3/4, 1 cala, złączki SBS, zawory Danfoss, SBS, izolacja, prace remontowe)	6760,00
ogrzewanie podłogowe i ściennie około 570 m ² (wykonanie)	8000,00	konwektory KERMI INDROFON KNN 22-32, KSN 22-33-44 (48 szt.)	4780,00
montaż i uruchomienie	1500,00	montaż i uruchomienie	1500,00
Koszty sumaryczne	94859 [PLN]	Koszty sumaryczne	78515 [PLN]

Tabela. 3. Zestawienie składowych kosztów inwestycyjnych systemu ogrzewania budynku mieszkalnego opartego na kotle olejowym

KOCIOŁ OLEJOWY I OGRZEWANIE GRZEJNIKOWE	cena [PLN]
kocioł olejowy VITOLA 300 z palnikiem VITOFLEAME 200 i automatyką VITOTRONIC 200 KW2	13625,00
podgrzewacz pojemnościowy VITOCCELL-V 300 200 dm ³ wraz z połączeniem systemowym	6483,00
rozdzielacz Divicon bez zaworu mieszającego, z pompą obiegową	1971,00
rozdzielacz Divicon z zaworem 4-drogowym i pompą obiegową	2336,00
zestaw uzupełniający do obiegu grzewczego z mieszaczem	970,00
mały rozdzielacz bezpieczeństwa	367,00
Kompletny układ 3-ch zbiorników oleju opałowego (3 × 1200 dm ³)	5790,00
filtr oleju opałowego 2-drogowy	98,00
pompa obiegowa ładująca zasobnik c.w.u. Ebara Laing S1-15	299,00
15 mb przewodu olejowego giętkiego wraz ze złączkami śrubunkowymi	498,00
wykonanie instalacji c.o. (rury miedziane, pokryte PE DAB Ferno, φ 1½, ¾, 1 cala, złączki SBS, zawory Danfoss, SBS, izolacja)	10560,00
grzejniki stalowe Purmo D12 Ral 301, z zaworami termostatycznymi Danfoss (szt. 28)	4200,00
wykonanie instalacji c.o. (rury HDPE, złączki, zawory, izolacja, armatura pomiarowa i zabezpieczająca SBS, Hepworth,	9130,00
Kompletny układ odprowadzenia spalin (φ 130 mm, 8 m wys., trójnik 45°, kolano 45°, wyczystka, czapka kominowa, itd.)	1020,00
Naczynie wzbiorcze przeponowe 30 dm ³	140,00
Wentylacja nawiewno-wywiewna kotłowni oraz magazynu oleju (kanały nawiewne typu "Z" oraz przewody wentylacyjne blaszane wywiewne prowadzone w szachtach kominowych)	850,00
programator pogodowy	178,00
grupa bezpieczeństwa zasobnika c.w.u. pakiet Grundfos Alpha+ /- Danfoss	800,00
przewody olejowe około 5 mb	190,00
grupa bezpieczeństwa dla c.o. pakiet Grundfos Alpha+ / UPE - Danfoss	1000,00
podłączenia hydrauliczne kotła - SBS Hydrojet 25,	464,00
podłączenia hydrauliczne zasobnika c.w.u. - SBS Hydrojet 22,	344,00
Montaż i uruchomienie	1500,00
Koszty sumaryczne	51909,00 [PLN]

Firma Viessmann oferuje asortyment urządzeń, armatury i wyposażenia dla pomp ciepła wielu producentów, umożliwiając dowolny dobór poszczególnych elementów z ich ofert. Przy zakupie zestawów sugerowanych istnieje możliwość uzyskania zniżki na niektóre urządzenia i armaturę do 15 % ceny. Nadzór nad pracami ziemnymi, remontowymi i instalacyjnymi w przypadku podwykonawcy firma wykonuje bezpłatnie.

Przy analizie kosztów inwestycyjnych należy uwzględnić poniższe założenia:

- koszty poniższych składowych inwestycji zostaną odpisane od podatku w wysokości 19 % ulgi remontowej:
 - wykonanie ogrzewania podłogowego i ściennego;
 - wykonanie instalacji c.o. i c.w.u. (orurowanie, armatura);
 - materiały ogrzewania (grzejniki, rury, złączki, zawory, armatura, materiały montażowe i pompy bez rozdzielaczy).

Kwota do odliczenia dla wariantu I 5997,54 [PLN];
 wariantu II 4736,70 [PLN];
 wariantu III 3051,40 [PLN].

2. możliwość kredytowania:

- kredyt w wysokości 50 % inwestycji, okres kredytowania 3 – 5 lat, oprocentowanie 6,6 % w skali roku, rozpoczęcie spłat w momencie zakończenia przedsięwzięcia;
- kredyt do wysokości 80 % kosztów inwestycji o stopie oprocentowania 3 % w skali roku możliwy jest dla inwestorów indywidualnych w przypadku zakupu pompy ciepła współpracującej z kolektorami słonecznymi;
- istnieje możliwość skorzystania z kredytu 40/60 udzielanego przez firmę Viessmann. Wkład własny klienta - 40 % ceny urządzenia, wpłata końcowa 60 %, po roku bez oprocentowania. Kredyt dotyczy jednak tylko samej pompy bez urządzeń współpracujących i pomocniczych, uniemożliwia również korzystanie ze zniżek na produkty preferowanych producentów osprzętu i armatury;

- w rzeczywistych warunkach inwestor jest w stanie pokryć własnym kapitałem około 65 % kosztów inwestycji dla wariantu II. Nadwyżki finansowe zostałyby pokryte kredytem z okresem spłaty - 3 lata. Rozpatrując warunki kredytowania uzyskuje się rzeczywiste koszty inwestycyjne, przy założeniu stałego oprocentowania przez cały okres kredytowania oraz odliczeniu stawek odpisów podatkowych.

Tabela 4 zawiera zestawienie kosztów inwestycyjnych rozpatrywanych systemów ogrzewania po uwzględnieniu możliwości kredytowych oraz ulg podatkowych.

Tabela. 4. Zestawienie kosztów inwestycyjnych wybranych systemów ogrzewania budynku mieszkalnego

System ogrzewania		
SPC + sys. płaszczynowy	SPC + konwektory	Kocioł olejowy
Koszty inwestycyjne [PLN]		
94859	78515	51909
Kapitał własny [PLN]		
52000	52000	52000
Wysokość kredytu [PLN]		
42859	26515	-
Nakłady inwestycyjne uwzględniające raty kredytowe [PLN]		
51345,08	31765	-
Kwota odpisów podatkowych [PLN]		
5997,54	4736,70	3051,40
Całkowite nakłady finansowe [PLN]		
97347,542	79028	48857,6

Porównując składniki kosztów inwestycyjnych dla proponowanych rozwiązań systemu ogrzewania budynku (tabela 5) można zauważyć, że przy wyższych o około 61 % kosztach ogólnych dla pomp ciepła, wykonanie pomieszczenia kotłowni jest o 28 % tańsze, koszty montażu i uruchomienia oraz dokumentacji są zbliżone. Elementem powodującym obniżenie atrakcyjności systemów z pompą ciepła staje się urządzenie wraz z armaturą współpracującą i kolektorem gruntowym. Obniżanie nakładów inwestycyjnych powinno iść w kierunku doboru pompy o optymalnych parametrach, wymienników gruntowych poziomych lub spiralnych, będących w stanie pokryć zapotrzebowanie ciepłe budynku oraz wyboru systemu górnego źródła dostosowanego do stanu budynku i wymagającego minimalnego zakresu prac remontowych.

Tabela 5. Nakłady inwestycyjne na wykonanie kotłowni o mocy 17-25 [kW] dla różnych technologii

System ogrzewania	Wyszczególnienie	Nakłady finansowe [PLN]
Kotłownie olejowe	wyposażenie instalacyjne	45257,6
	koszt montażu i uruchomienia	1500
	dokumentacja	700
	pomieszczenie kotłowni	1400
	nakłady inwestycyjne ogółem	48857,6
Pompy ciepła	wyposażenie instalacyjne	75129
	koszt montażu i uruchomienia	1700
	dokumentacja	900
	pomieszczenie kotłowni	400
	nakłady inwestycyjne ogółem	79029

1.4. Koszty eksploatacji

Roczne nakłady eksploatacyjne wynikają bezpośrednio z bilansu energetycznego układu i aktualnej ceny energii elektrycznej.

- zakładane zapotrzebowanie energii dla ogrzewania budynku: 30000 [kWh/rok];
- średnioroczna sprawność kotła olejowego: 94 [%];
- roczne zapotrzebowanie oleju opałowego (~10 kWh/dm³): 3300 [dm³/rok];
- średnioroczny stopień efektywności pracy pompy ciepła: COP = 3,9;
- roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej dla sprzężarki pompy ciepła oraz urządzeń pomocniczych: 6200 [kWh/rok];

- roczne koszty zakupu oleju opałowego (~1,50 [PLN/dm³]): 4950 [PLN/rok] - bez dowozu;
- roczne koszty zakupu energii elektrycznej (taryfa uśredniona, dzień-noć): 1798 [PLN/rok];
- dodatkowe koszty dla kotłowni olejowej:
 - przeglądy sezonowe - 250 [PLN/rok]:
 - kontrola aparatury pomiarowej i kontrolnej;
 - nastawa automatyki;
 - sprawdzenie zabezpieczeń kotłowo – palnikowych;
 - konserwacja i regulacja palników;
 - wydruk parametrów spalin;
 - kontrola instalacji zasilających i przegląd mechanizmów;
 - przegląd roczny - 200 [PLN/rok];
 - konserwacja i wykonanie czynności obsługowych według DTR;
 - usunięcie uszkodzeń mechanicznych;
 - sprawdzenie kontroli nastaw;
 - czyszczenie komina;
 - uruchomienie, regulacja i kontrola spalin;
 - przegląd stacji uzdatniania wody - 70 [PLN/rok];
 - przegląd systemów bezpieczeństwa gazowego i pożarowego - 80 [PLN/rok];
- dodatkowe koszty dla pompy ciepła - przeglądy serwisowe - 200 [PLN/rok].

Tabela. 6. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych wybranych systemów ogrzewania budynku mieszkalnego

System ogrzewania		
SPC + sys. płaszczynowy	SPC + konwektory	Kocioł olejowy
Koszty eksploatacyjne w ciągu pierwszego roku [PLN]		
1998	1998	5550

1.5. Porównanie kosztów eksploatacji

- Oszczędności: $(4950 + 600) - (1798 + 200) = 3552$ [PLN/rok],
- Podwyższony koszt inwestycji: $79028 - 48857,6 = 30170,4$ [PLN],
- Prosty okres zwrotu droższej inwestycji: $31170,4 / 3552 = 8,5$ roku

Porównując koszty eksploatacji różnych, zaproponowanych wariantów systemów ogrzewania można zauważyć, iż w przypadku sprężarkowej pompy ciepła stanowią one około 36 % kosztów poniesionych podczas rocznego użytkowania kotła olejowego.

Okres zwrotu inwestycji dotyczącej SPC wynosi 8,5 roku, co nie jest korzystnym wynikiem przy tendencji do preferowania inwestycji o szybkiej rentowności.

Wybór systemu o najniższych kosztach eksploatacyjnych jest istotnym zagadnieniem, ale nie zawsze niższe koszty użytkowania pompy ciepła rekompensują wysoką wartość inwestycji.

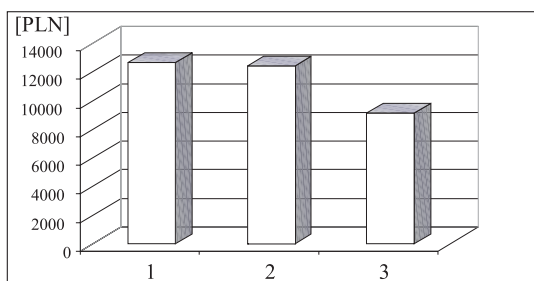
Wysokość kosztów eksploatacji systemów ogrzewania opartych na sprężarkowej pompie ciepła w niewielkim stopniu zależy od rodzaju kolektora. Natomiast koszty inwestycyjne ulegają znacznym zmianom. Dla analizowanego budynku zastosowany został kolektor gruntowy pionowy. Porównując koszty wykonania wymienników o innych konfiguracjach, przy uwzględnieniu ceny za metr rury, ilości zapotrzebowanej jej długości, oraz ilości czynnika pośredniczącego znajdującego się wewnątrz kolektora, można sformułować następujące wnioski:

- ceny wykopów dla różnych kolektorów gruntowych są zróżnicowane i najwyższe w przypadku konfiguracji pionowej;
- ceny rur kolektorów osiągają najwyższe wartości dla wymienników poziomych płaskich;
- cena kolektora jest zależna od ilości czynnika pośredniczącego mieszczącego się w jego wnętrzu;
- korzystnym rozwiązaniem jest kolektor spiralny, ponieważ obniża koszt kolektora o około 30 - 35 % w porównaniu do pozostałych typów kolektorów gruntowych, a to oznacza możliwość obniżenia kosztów całej inwestycji o około 5 % (4000 PLN).

Tabela 7 i rysunek 2 zawierają zestawienie kosztów wykonania kolektora gruntowego dla warunków stawianych systemom ogrzewania wolnostojącego budynku mieszkalnego.

Tabela .7. Porównanie cen pompy ciepła z różnymi kolektorami gruntowymi

Cena [PLN]	Pompa ciepła z kolektorem gruntowym		
	poziomym	pionowym	spiralny
Cena pompy	24314		
Cena 1 m wykopu	22	62	26
Cena mb rury *	3,58	4,03	3,78
Całkowita cena wykopu	6600	10113	6700
Całkowita cena kolektora **	7674	11555	7645
Cena kolektora z płynem pośredniczącym	12674	12430	9145
* rury Pertec - EVOH Roth,			
** całkowita cena kolektora zawiera koszt rury i wykopu,			
Koszty dotyczą urządzeń o mocy grzewczej 25 [kW],			
Ceny zawierają podatek VAT.			



- 1 – kolektor gruntowy poziomy płaski,
- 2 – kolektor gruntowy pionowy,
- 3 – kolektor gruntowy poziomy spiralny,

Rys. 2. Porównanie kosztów wykonania różnych rodzajów kolektorów gruntowych współpracujących z pompą ciepła o mocy 25 [kW]

cdn...