

WYKORZYSTANIE SILNIKA SPALINOWEGO DO NAPĘDU SPRĘŻARKOWEJ POMPY CIEPŁA W SYSTEMIE OGRZEWANIA WOLNOSTOJĄCEGO BUDYNKU MIESZKALNEGO



inż. Mateusz MIELCAREK
Wydział Mechaniczny
Politechnika Gdańska



dr inż. Waldemar TARGAŃSKI
Wydział Mechaniczny
Politechnika Gdańska

Sprężarkowe pompy ciepła zyskują coraz większą popularność jako źródła ciepła dla nowoczesnych systemów grzewczych w domach jednorodzinnych. Poprawnie zaprojektowana, wykonana i użytkowana instalacja wykazuje się niskimi kosztami eksploatacji, a co za tym idzie, osiąga krótkie czasy zwrotu zainwestowanych środków w porównaniu do tradycyjnych źródeł ciepła.

Zdecydowana większość pomp ciepła przeznaczonych do ogrzewania budynków mieszkalnych, to urządzenia, których sprężarka napędzana jest przez zintegrowany silnik elektryczny, stanowiąc wraz z nim hermetyczny agregat sprężarkowy. W artykule przedstawiono projekt oraz ocenę techniczno-ekonomiczną systemu grzewczego opartego o pompę ciepła, której sprężarka napędzana jest silnikiem spalinowym z odzyskiem jego ciepła odpadowego.

ZASTOSOWANIE SILNIKA SPALINOWEGO DO NAPĘDU SPRĘŻARKI POMPY CIEPŁA

Uproszczony bilans energetyczny pompy ciepła napędzanej silnikiem elektrycznym przedstawiono na rysunku 1a. Rozwiązanie takie jest bardzo wygodne pod względem produkcji samego agregatu sprężarkowego, z uwagi na oszczędność materiałów i prostszą konstrukcję. Eksploatacja urządzenia napędzanego elektrycznie również niesie ze sobą wiele zalet, jak choćby brak konieczności przechowywania paliwa oraz cichą i „czystą” pracę pompy ciepła. Zastąpienie tradycyjnego

silnika elektrycznego silnikiem spalinowym otwiera jednak wiele nowych możliwości, które mogą zostać wykorzystane dla zwiększenia efektywności pracy całego systemu grzewczego.

1.1. Możliwości płynące z zastosowania silnika spalinowego

1.1.1. Odzysk ciepła odpadowego

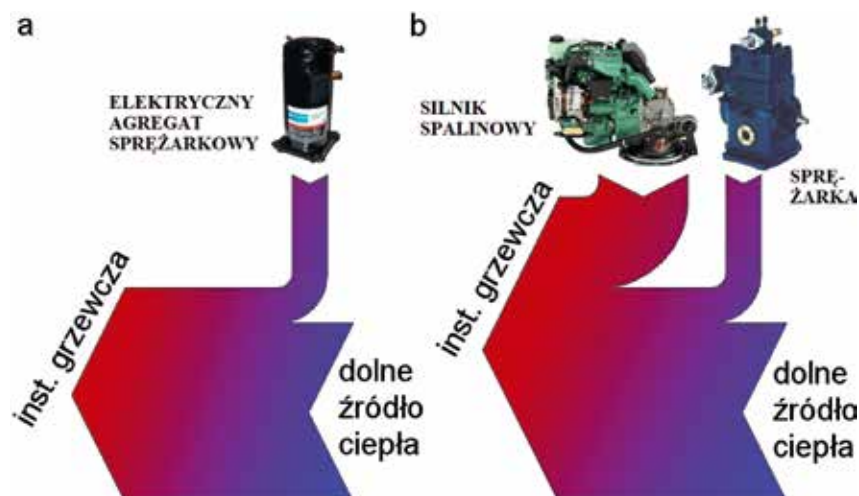
Sprawność silnika spalinowego jest dalece niższa niż sprawność silnika elektrycznego, który około 90% dostarczonej energii elektrycznej przekształca w pracę mechaniczną. Maksymalne sprawności osiągalne dla silnika spalinowego – i to tylko w optymalnych warunkach pracy – w zależności od konstrukcji zamykają się w przedziale od 20 do 40% [4,7,10]. Jak każdy silnik ciepły, przekształca on w pracę mechaniczną tylko część dostarczone-

go ciepła spalania paliwa. Pozostała jego część odbierana jest przez układ chłodzenia oraz odprowadzana wraz ze spalinami do otoczenia.

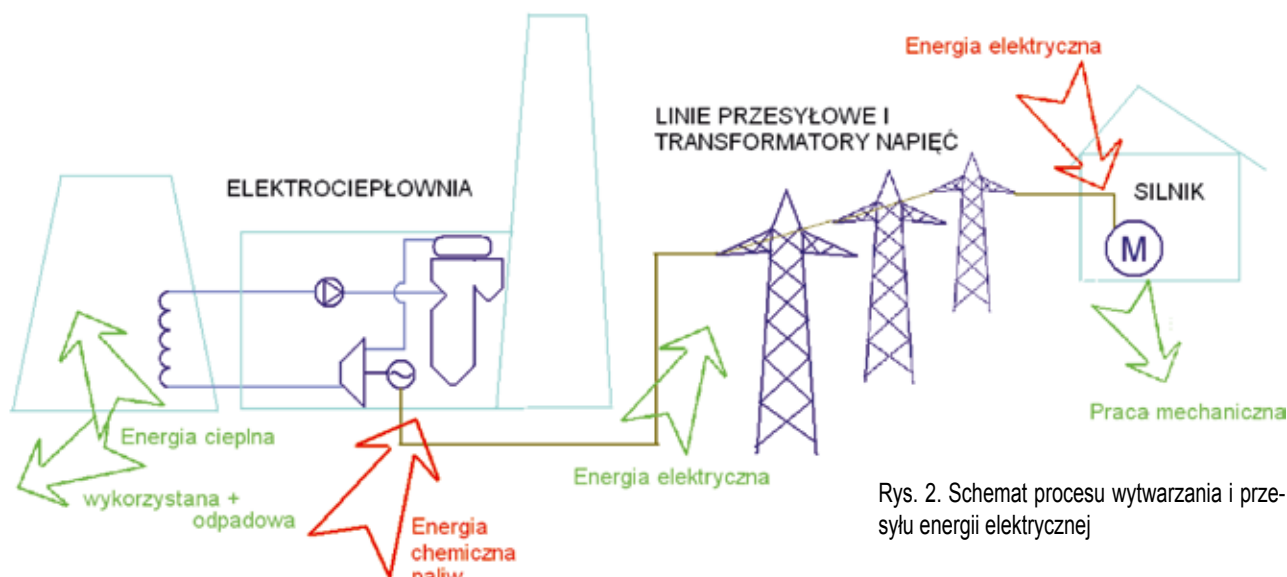
Biorąc jednak pod uwagę cały proces konwersji energii, przedstawiony schematycznie na rysunku 2, w którym należy uwzględnić straty w procesie wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej oraz transformacji napięć, obie metody napędu sprężarki pompy ciepła wykazują zbliżoną całkowitą efektywność energetyczną. Przewagą omawianego rozwiązania, którego bilans energetyczny przedstawiono na rysunku 1b, jest bezpośredni dostęp użytkownika do ciepła odpadowego, które może zostać odzyskane i wykorzystane w instalacji grzewczej.

1.1.2. Możliwości regulacyjne

W przeciwieństwie do typowych silni-



Rys. 1. Uproszczony bilans energetyczny pompy ciepła: a) z hermetycznym agregatem sprężarkowym, b) napędzanej silnikiem spalinowym z wykorzystaniem ciepła odpadowego.



Rys. 2. Schemat procesu wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej

ków elektrycznych, zasilanych bezpośrednio z sieci elektrycznej, silniki spalinowe posiadają możliwość płynnej regulacji osiąganej mocy i prędkości obrotowej w szerokim zakresie. W dodatku regulacja ta w pewnym przedziale prędkości obrotowych nie wpływa znacząco na sprawność tych maszyn, a polega na prostej w technicznej realizacji zmianie porcji paliwa dostarczonej przez układ zasilania do komory spalania. Regulacja prędkości obrotowej wału korbowego silnika, a co za tym idzie również sprzężonego z nim wału sprężarki dławnicowej, reguluje wydajność objętościową sprężarki

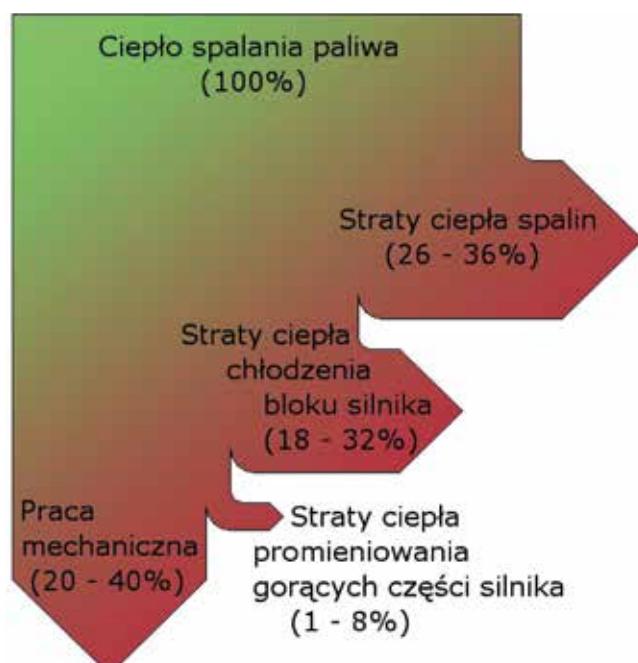
i dostosowuje ją do zmiennego zapotrzebowania instalacji pompy ciepła.

1.1.3. Możliwość pracy instalacji bez zasilania z sieci elektrycznej

Problem braku infrastruktury elektroenergetycznej jest zjawiskiem rzadko spotykanym w krajach rozwiniętych, ciągle mogącym jednak wystąpić na terenach trudno dostępnych i oddalonych od ośrodków przemysłowych. Zastosowanie do napędu pompy ciepła silnika spalinowego stwarza możliwość przyłączenia do układu sprężarka – silnik małego generatora, ładującego akumulator energii elektrycznej. Magazy-

nowana energia może następnie posłużyć do napędu urządzeń peryferyjnych całego systemu grzewczego, uniezależniając go od zewnętrznego zasilania z sieci elektrycznej.

zyskiwanego z pracującego silnika pokrywa znaczną część zapotrzebowania instalacji grzewczej na ciepło. Wymagana wydajność grzewcza skraplacza pompy ciepła jest więc niższa o wartość odzyskiwanego strumienia ciepła. W związku z tym również wydajność chłodnicza parownika, czyli strumień ciepła obciążający dolne źródło ciepła, zmniejsza się. W praktyce oznacza to obniżenie kosztów inwestycyjnych związanych z budową mniejszej instalacji dolnego źródła ciepła. Dodatkowo, koszt związany z samym modułem pompy ciepła również ulega obniżeniu, na skutek zastosowania urządzeń o niższej wydajności.



Rys. 3. Przykładowy bilans energetyczny silnika spalinowego

1.1.5. Obniżenie temperatury skraplania czynnika chłodniczego w skraplaczu

Jeżeli odzyskane ciepło odpadowe przekazywane będzie do przewodu wodnego za skraplaczem, to uzyskany zostanie pewien przyrost temperatury wody grzewczej w tym przewodzie. Przy założeniu stałej wymaganej temperatury zasilania instalacji grzewczej, wymagana temperatura wody za skraplaczem oraz temperatura i ciśnienie skraplania czynnika chłodniczego obniżą się, co doprowadzi do podniesienia efektywności energetycznej układu samej pompy ciepła.

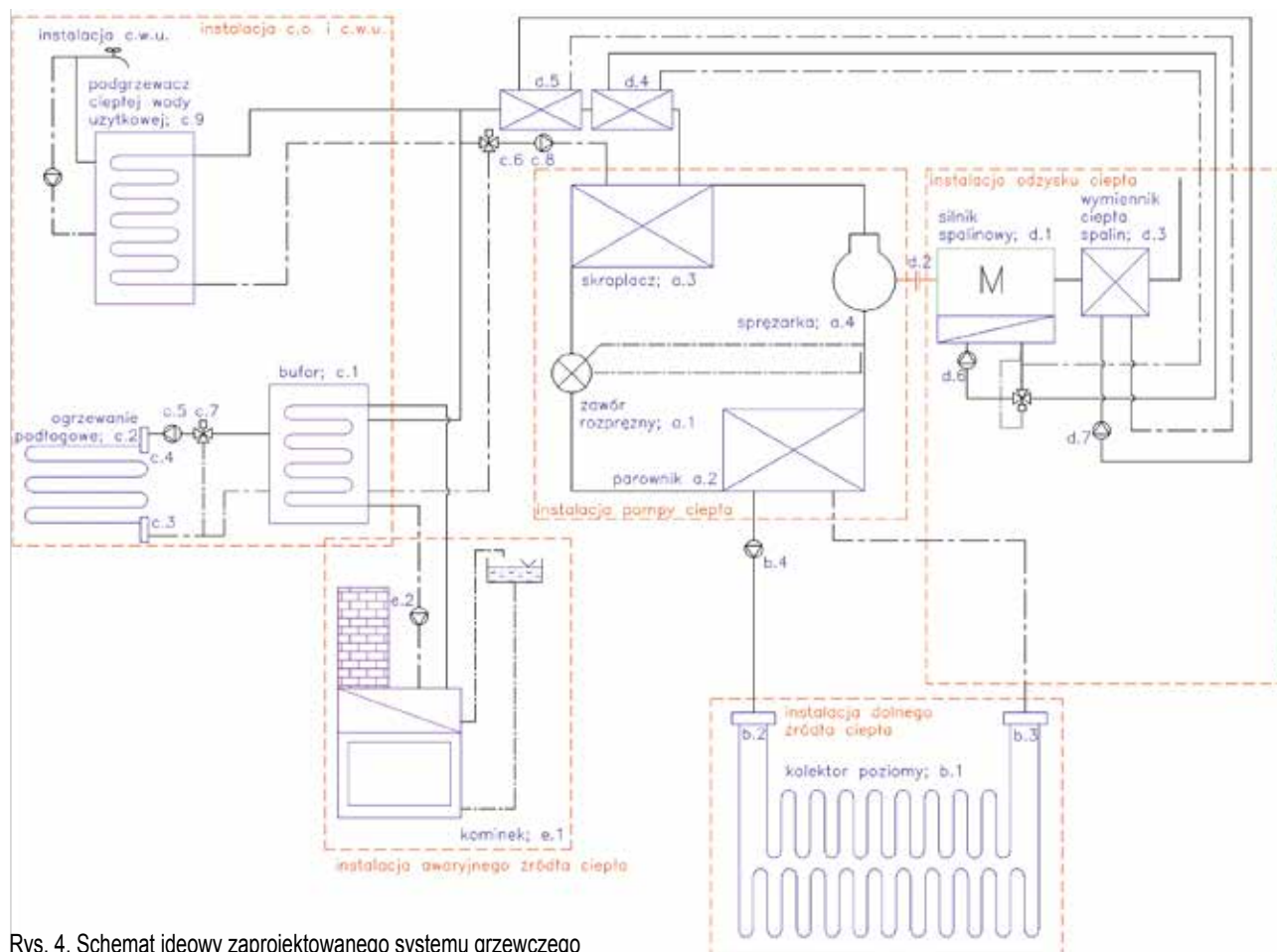
1.2. Bilans cieplny silnika spalinowego

Jak już wspomniano, maksymalna sprawność różnego typu silników spali-

nowana energia może następnie posłużyć do napędu urządzeń peryferyjnych całego systemu grzewczego, uniezależniając go od zewnętrznego zasilania z sieci elektrycznej.

1.1.4. Obniżenie wymaganej pojemności cieplnej dolnego źródła ciepła

Strumień ciepła odpadowego od-



Rys. 4. Schemat ideowy zaprojektowanego systemu grzewczego

wentylacja.biz klimatyzacja.biz chłodnictwo.biz

Nowości

E-mailingi

Banery reklamowe

Informacje branżowe

Promocje

Katalog Firm

Sondy

Wydarzenia i targi

Katalog Produktów

Elektroniczne zapytania ofertowe

email: redakcja@wentylacja.biz
 email: redakcja@klimatyzacja.biz
 email: redakcja@chlodnictwo.biz
 tel.: 052 343-73-35; fax: 052 347-23-25

Kontakt bezpośredni:
 Dominik Kostrzak
 tel.: 052 343-73-35, kom.: 665-471-228
 dominik.kostrzak@vertica.pl

nowych mieści się w zakresie od 20 do 40%. Pozostała część ciepła spalania dostarczonego paliwa jest odprowadzana w postaci ciepła, co ilustruje rysunek 3.

Szerokie zakresy wartości zamieszczonych na wykresie wynikają głównie z mnogości istniejących konstrukcji silników spalinowych oraz stosowanych w nich układów doładowania, zasilania, oczyszczania spalin i innych. Największy jednak udział w całkowitych stratach ciepła w silniku spalinowym mają niezmiennie straty ciepła gazów wylotowych oraz ciepło odprowadzane przez płyny chłodzące blok silnika. Przyjęta metoda odzysku ciepła została więc ukierunkowana przede wszystkim na te dwa składniki. Temperatura płynu chłodzącego opuszczającego blok rozgrzanego silnika spalinowego oscyluje w granicach 80 do 110°C. Temperatura spalin jest zależna od wielu parametrów pracy maszyny, można jednak bezpiecznie założyć, że przekracza 500°C [4,7,10]. Strumień masowy spalin powstały w wyniku spalania metanu w silniku o mocy 1 kW obliczono w [8] i wynosi on około 3,65 kg/h.

1.3. Silnik spalinowy do napędu sprężarki pompy ciepła

Moc niezbędna do napędu sprężarki pompy ciepła ogrzewającej typowy dom jednorodzinny jest stosunkowo niewielka, rzędu kilku kilowatów. Na rynku nie jest dostępnych wiele silników spalinowych tej mocy, tym bardziej takich, które jednocześnie posiadają cieczowy system chłodzenia bloku silnika oraz możliwość zasilania paliwem gazowym. Większość zastosowań tego typu maszyn, to napęd różnego rodzaju agregatów oraz narzędzi budowlanych i ogrodowych, stąd stosuje się w nich mniej skomplikowany powietrzny system chłodzenia. Obszarem odpowiednim do poszukiwań pożądanej jednostki są napędy łodzi motorowych, w których powszechnie stosuje się wodne systemy chłodzenia.

W zaprojektowanej w [8] instalacji, na potrzeby jej późniejszej analizy ekonomicznej, przyjęto kilka możliwych wariantów zasilania silnika napędowego sprężarki:

- gazem sieciowym (NG), silnik o zapłonie iskrowym (ZI);

- gazem płynnym (LPG), silnik o zapłonie iskrowym (ZI);
- olejem napędowym, silnik o zapłonie samoczynnym (ZS);

Dla przeprowadzenia obliczeń parametrów instalacji wybrano dwucylindrowy silnik spalinowy o zapłonie samoczynnym, chłodzony cieczą **D1-13** firmy Volvo o mocy maksymalnej 9 kW. Wybór ten motywowany był dostępnością niezbędnych charakterystyk jednostki podawanych przez jej producenta [23]. W późniejszej analizie ekonomicznej, na podstawie przeglądu ofert rynkowych, oszacowano koszt zakupu silnika o mocy dostosowanej do zapotrzebowania, na poziomie 7000 zł.

2. OBIEKT OGRZEWANY

Jako obiekt ogrzewany wybrano wolnostojący, parterowy budynek mieszkalny o powierzchni ogrzewanej 298 m² i kubaturze całkowitej 987 m³. Budynek wyposażony jest w układ wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła prowadzonym w centrali wentylacyjnej za pomocą rekuperatora płytkowo-krzyżowego.

Obliczone według normy PN-EN ISO 12831 [14] całkowite projektowe obciążenie cieplne tego obiektu wynosi **12 kW**. Na podstawie danych meteorologicznych z ostatnich czterech lat wyznaczono średnie sezonowe obciążenie cieplne budynku, które wyniosło 5,3 kW, stąd też ilość ciepła potrzebna do ogrzania budynku w sezonie grzewczym wynosi 27602 kWh, czyli 99369 MJ.

Założono dobowe zużycie ciepłej wody użytkowej (c.w.u.) na poziomie 80 dm³/osobę/dobę, co przy zamieszkujących dom pięciu osobach daje 400 dm³ wody na dobę. Ilość ciepła niezbędna do jej ogrzania w ciągu całego roku, to 7812 kWh, czyli 28123 MJ. Szczegółowe obliczenia wszystkich wartości zawiera [8].

3. ELEMENTY NIEZBĘDNE DLA ZAPEWNIENIA PRAWIDŁOWEJ PRACY SILNIKA SPALINOWEGO W KOTŁOWNI BUDYNKU MIESZKALNEGO

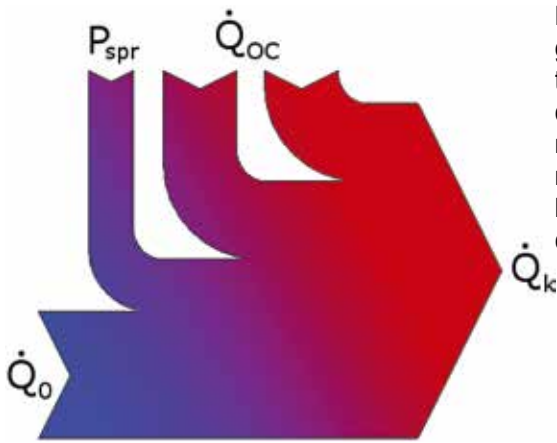
Aby silnik spalinowy mógł zostać za-

instalowany w typowej kotłowni budynku jednorodzinnego i prawidłowo współpracować z systemem grzewczym oraz instalacją pompy ciepła, niezbędne są dodatkowo:

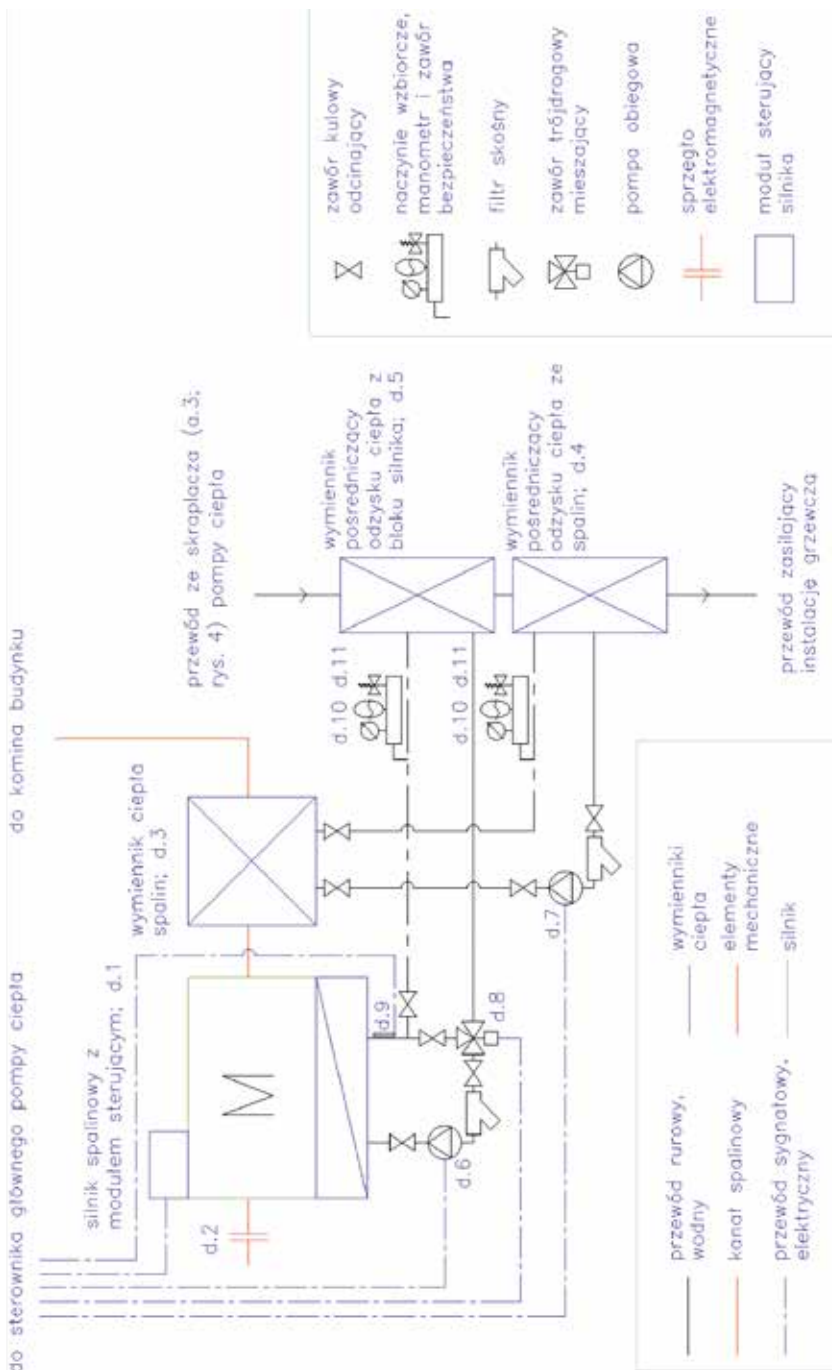
- **układ powietrzno-spalinowy** doprowadzający świeże powietrze do silnika i odprowadzający spaliny z wymiennika ciepła spalin. W analizie ekonomicznej uwzględniono współosiowy system powietrzno-spalinowy (WSPS) dla kotłów kondensacyjnych;
- **modyfikacja układu chłodzenia silnika**, polegająca na wymianie fabrycznego zaworu termostatycznego na zawór trójdrogowy z siłownikiem regulowanym ze sterownika głównego pompy ciepła;
- **instalacja doprowadzania paliwa do silnika** oraz zbiornik do jego przechowywania. W zależności od rozpatrywanego wariantu zasilania silnika (gaz ziemny, gaz płynny, olej), przewidziano odpowiedni układ zapożyczony z praktyki instalacyjnej kotłów kondensacyjnych;
- **reduktor prędkości obrotowej silnika**. W zaprojektowanej instalacji, ze względu na wrażliwość niektórych sprężarek chłodniczych na częste zmiany prędkości obrotowej, przewidziano przekładnię o stałym przełożeniu;
- **sprzęgło elektromagnetyczne** umożliwiające sterownikowi automatyczne rozsprężanie układu silnik – sprężarka i rozruch silnika;
- **rama nośna** z odpowiednim układem tłumienia drgań oraz obudowa dźwiękoszczelna.

4. SCHEMAT IDEOWY SYSTEMU GRZEWczego

Rysunek 4 przedstawia schemat ideowy zaprojektowanego systemu grzewczego, na który składa się pięć współpracujących instalacji: układ chłodniczy pompy ciepła, obieg nośnika ciepła źródła dolnego i górnego, układ odzysku ciepła z silnika oraz dodatkowe źródło ciepła w postaci kominika z płaszczem wodnym. Bilans energetyczny tego systemu pokazano na rysunku 5, natomiast na rysunku 6



Rys. 5. Uproszczony bilans energetyczny zaprojektowanego systemu grzewczego: \dot{Q}_0 - wydajność dolnego źródła ciepła, P_{spr} - moc napędowa sprężarki, \dot{Q}_{oc} - strumień ciepła odzyskiwany z silnika spalinyowego, \dot{Q}_k - wydajność ciepła



przedstawiono szczegółowy schemat instalacji odzysku ciepła.

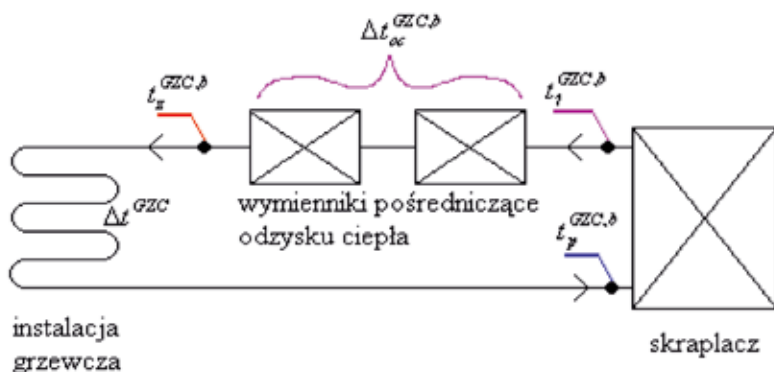
Ciepło chłodzenia bloku silnika (d.1, rys. 6) oraz ciepło odzyskane ze spalin w wymienniku spalin-ywoda (d.3), przekazywane jest do czynnika (wody) krążącego w dwóch osobnych obiegach pośredniczących. Gorąca ciecz kierowana jest do pośredniczących wymienników ciepła typu woda-woda (d.4 i d.5), w których ciepło przekazywane jest do przewodu zasilającego instalację grzewczą za skraplaczem (a.3 na rys. 4) pompy ciepła jak na rysunku 7.

Instalacja chłodnicza systemu, oprócz konstrukcji zastosowanej sprężarki, nie różni się znacznie od typowych instalacji elektrycznych pomp ciepła oferowanych na rynku. Zastosowano w niej płytowe lutowane wymienniki ciepła oraz termostatyczny zawór rozprężny z zewnętrznym wyrównaniem ciśnienia. Na schemacie ideowym nie umieszczono wszystkich elementów instalacji. Szczegółowe schematy całego systemu zawiera [8].

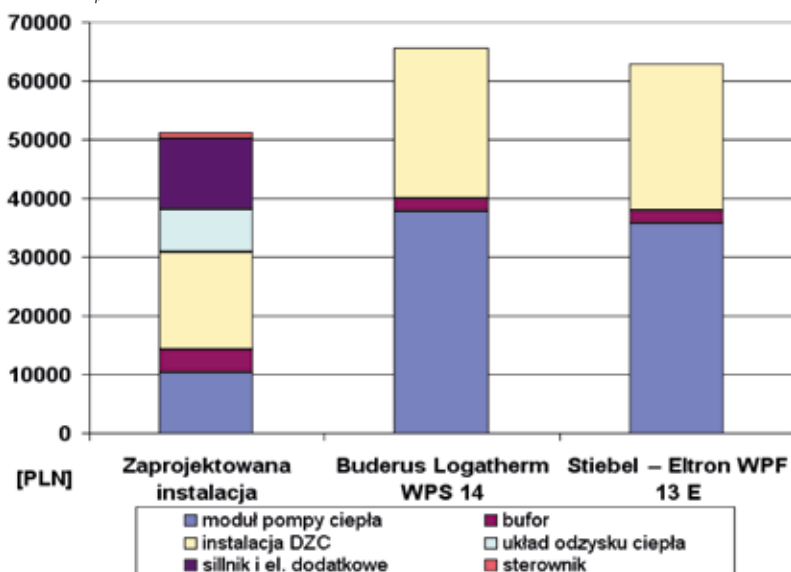
Instalacja dolnego źródła ciepła oparta jest na kolektorze poziomym (b.1 na rys. 4), który po przeprowadzeniu obliczeń optymalizujących [8] podzielno na 3 sekcje, połączone za pomocą kolektorów zbiorczych (b.2 i b.3), wyposażonych w aparaturę pomiarowo-regulacyjną. W obiegu krąży roztwór wodny alkoholu etylowego pobierający ciepło od gruntu i przekazujący je do czynnika chłodniczego wrzącego w parowniku (a.2) pompy ciepła.

W budynku zastosowano instalację grzewczą opartą o niskotemperaturowy system ogrzewania podłogowego (c.2) o wymaganej temperaturze zasilania 35°C. W instalacji zastosowano bufor (c.1) o pojemności 1000 dm³, którego zadaniem jest magazynowanie energii cieplnej i ograniczenie ilości tzw. „start-stopów” sprężarki. Do przygotowania c.w.u. służy podgrzewacz (c.9) o pojemności 400 dm³. W systemie przewidziano również dodatkowe źródło ciepła w postaci kominka z płaszczem wodnym (e.2). Szczegóło-

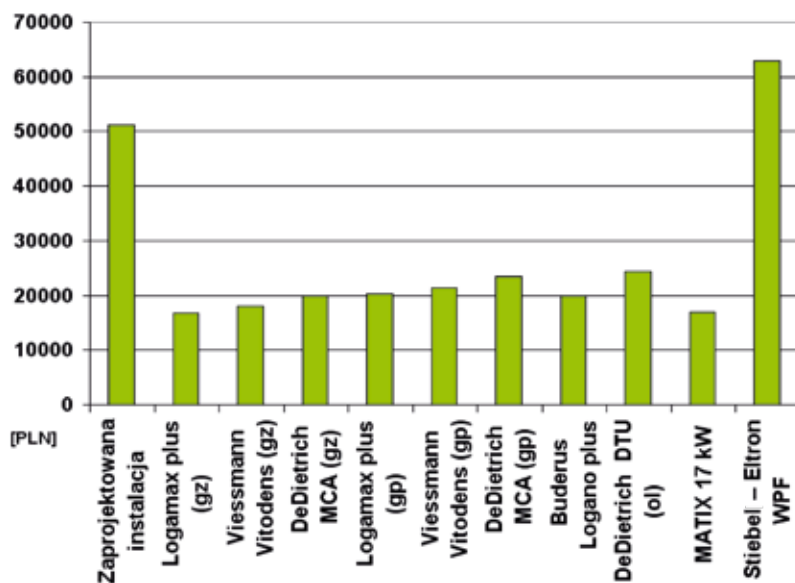
Rys. 6. Schemat instalacji odzysku ciepła



Rys. 7. Schemat podłączenia wymienników odzysku ciepła: $t_z^{GZC,b}$ - temperatura czynnika instalacji grzewczej za skraplaczem pompy ciepła; $\Delta t_{oc}^{GZC,b}$ - przyrost temperatury czynnika w wymiennikach pośredniczących odzysku ciepła; t_z^{GZC} - temperatura zasilania instalacji grzewczej (35°C); Δt^{GZC} - spadek temperatury w wężownicy ogrzewania podłogowego; $t_p^{GZC,b}$ - temperatura czynnika powracającego do skraplacza



Rys. 8. Porównanie kosztów inwestycyjnych zaprojektowanej instalacji oraz układów z elektrycznymi pompami ciepła



Rys. 9. Porównanie kosztów inwestycyjnych zaprojektowanego systemu oraz układów z innymi źródłami ciepła

we obliczenia i dobór poszczególnych urządzeń zawiera [8].

5 PARAMETRY OSIĄGANE W INSTALACJI DLA RÓŻNYCH WARUNKÓW PRACY

Dla dokonania analizy ekonomicznej, ale i na potrzeby doboru poszczególnych elementów systemu grzewczego, przeprowadzono obliczenia parametrów instalacji pracującej przy różnych temperaturach czynnika dolnego źródła ciepła, zasilającego parownik pompy ciepła:

- -2/35°C – warunki niekorzystne w przypadku „zamrożenia” gruntu (nie ujęte w tabeli),
- 0/35°C – warunki określone w normie PN-EN 14511 [13],
- 3/35°C – warunki uśrednione dla całego sezonu grzewczego obliczone w [8],
- 8/35°C – warunki korzystne występujące na początku sezonu grzewczego.

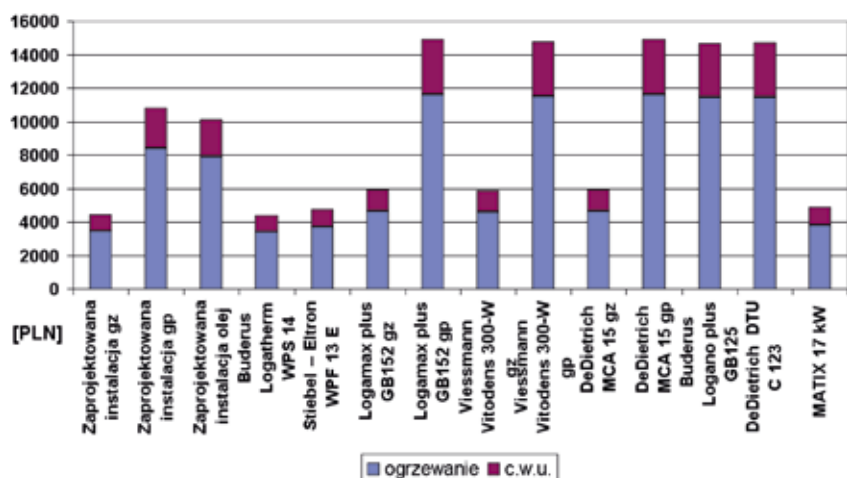
Ważniejsze wyniki obliczeń przeprowadzonych w [8] zamieszczono w tabeli 1.

6 KOSZTY INWESTYCYJNE INSTALACJI

W rachunek kosztów budowy zaprojektowanego systemu wliczono wszystkie jego elementy wraz z materiałami instalacyjnymi oraz kosztem czynników roboczych. Koszt samego zainstalowania urządzeń grzewczych w kotłowni budynku, ze względu na trudność oszacowania, nie został wliczony do porównania. Uwzględniono jednak koszty robocizny związane z budową instalacji dolnego źródła ciepła porównywanych pomp ciepła, jak i instalacji doprowadzenia paliwa do silnika oraz porównywanych kotłów. Wszystkie przyjęte do analizy kwoty, zawarte w tabeli 2, są cenami detalicznymi brutto poszczególnych urządzeń i elementów.

6.1. Porównanie kosztów inwestycyjnych zaprojektowanej instalacji z elektrycznymi pompami ciepła

Koszt budowy zaprojektowanej instalacji, z pominięciem kosztów instalacji grzewczej, porównano z kosztami zakupu modułów elektrycznych pomp ciepła dwóch producentów, wraz z niezbędnymi elementami dodatkowymi, umożliwiającymi wszystkim urządzeniom spełnienie jednakowych funkcji użytkowych. Ceny poszczególnych urzą-



Rys. 10. Porównanie kosztów eksploatacyjnych zaprojektowanego systemu oraz innych źródeł ciepła

dzeń pochodzą z katalogów ich producentów [15,16,19,21,22]. Wyższy, ze względu na wyższą wydajność chłodniczą elektrycznych pomp ciepła, koszt wykonania instalacji dolnego źródła ciepła został oszacowany według zależności zawartych w [8]. Wyniki ilustruje wykres na rysunku 8.

Jak wynika z powyższego porównania, koszt budowy instalacji pompy ciepła napędzanej silnikiem spalinowym, mimo jej skomplikowania, nie przekracza kosztu zakupu elektrycznej pompy ciepła. Porównanie dotyczy jednak cen detalicznych poszczególnych jej elementów, a nie jak w przypadku porównywanych pomp ciepła, finalnej ceny sprzedaży. Przy założeniu

Tab. 1. Parametry osiągnięte w instalacji dla różnych warunków pracy.

t_s/t_z^{GZC}	temperatura czynnika DZC / temperatura czynnika zasilającego instalację grzewczą [°C]	0/35	3/35	8/35
COP	współczynnik efektywności dla instalacji pompy ciepła	3,5	3,7	4,11
P_{spr}	moc napędu sprężarki oraz wymagana moc silnika [kW]	2,5	2,65	2,86
\dot{Q}_{inst}	strumień ciepła przekazywany do instalacji grzewczej – efekt energetyczny pracy całej instalacji [kW]	15,3	16,9	19,4
\dot{Q}_{pal}	strumień ciepła spalania paliwa w silniku [kW]	11,1	11,8	12,7
\dot{Q}_{oc}	strumień ciepła odzyskiwanego [kW]	6,7	7,1	7,62
\dot{Q}_0	wydajność chłodnicza pompy ciepła [kW]	6,15	7,1	8,9
Δt_{oc}^{GZC}	przyrost temperatury czynnika GZC w wymiennikach pośredniczących do odzysku [K]	3,9	3,8	3,2
p_k	ciśnienie skraplania [bar]	16,4	16,5	16,8
t_k	średnia temperatura skraplania [°C]	41,1	41,2	41,8
η_{sil}	sprawność silnika w danym punkcie pracy [%]	22,5	22,5	22,5
	zużycie paliwa instalacji w porównaniu z kotłem kondensacyjnym [%]	73	70	65

Tab. 2. Zestawienie kosztów inwestycyjnych zaprojektowanego systemu grzewczego.

Część instalacji	Pobór mocy el. [W]	Cena detaliczna brutto [PLN]
Moduł pompy ciepła (wraz z pompami obiegowymi)	180	10363,14
Instalacja odzysku ciepła	23	7216,51
Instalacja grzewcza	49	14360,11
Instalacja dolnego źródła ciepła	0	14751,76
Silnik spalinowy i jego modyfikacja	26	12054,00
Inne elementy zaprojektowanej instalacji	40	1600,00
SUMA	318	60345,52

Tab. 3. Przyjęte ceny nośników energii.

Nośnik energii	Gaz ziemny	Gaz płynny	Olej opałowy	Ekogroszek	Energia elektryczna
Ciepło spalania E	39,5 [MJ/m ³]	100,7 [MJ/m ³]	37,8 [MJ/dm ³]	27 [MJ/kg] (w. opałowa)	–
Cena D_{pal}/D_{el}	1,75 [PLN / m ³]	11,4 [PLN / m ³]	4 [PLN / dm ³]	0,8 [PLN / kg]	0,55 [PLN / kWh]

Tab. 4. Czas zwrotu w latach zaprojektowanej instalacji względem porównywanych systemów.

Alternatywne źródła ciepła: (gz – gaz ziemny, gp – gaz płynny, ol – olej opałowy)	Zaprojektowana instalacja - gaz ziemny	Zaprojektowana instalacja - gaz płynny	Zaprojektowana instalacja - olej opałowy
Logamax plus GB152 (gz)	22,9	-	-
Logamax plus GB152 (gp)	3,0	7,5	6,5
Viessmann Vitodens 300-W (gz)	23,0	-	-
Viessmann Vitodens 300-W (gp)	2,9	7,5	6,4
DeDietrich MCA 15 (gz)	20,9	-	-
DeDietrich MCA 15 (gp)	2,7	6,8	5,8
Buderus Logano GB125 (ol)	3,0	8,0	6,8
DeDietrich DTU C 123 (ol)	2,6	6,9	5,8
MATIX 17 kW	74,8	-	-

seryjnej produkcji zaproponowanej instalacji należy liczyć się z tym, że jej cena sprzedaży będzie wyższa.

6.2. Porównanie kosztów inwestycyjnych zaprojektowanej instalacji z alternatywnymi źródłami ciepła

Podobnie jak w przypadku poprzedniego porównania, pod uwagę wzięto koszt budowy zaprojektowanej instalacji i zestawiono go z kosztem zakupu kotłów kondensacyjnych oraz kotła na ekogroszek różnych producentów, wraz z niezbędnymi instalacjami i urządzeniami. W obu przypadkach podany koszt dotyczy kompletnego, gotowego do pracy węzła cieplnego z danym źródłem ciepła. Dla porównania, na wykresie na rysunku 9 zestawiono również koszt jednej z elektrycznych pomp ciepła.

Koszty inwestycyjne węzła cieplnego z dowolnym, nowoczesnym kotłem są dwu do trzykrotnie niższe niż koszt spełniającej te same funkcje instalacji pompy ciepła. Wynika to oczywiście z braku konieczności budowy kosztownej instalacji dolnego źródła ciepła, jak i niższej ceny kotła w porównaniu z modułem pompy ciepła.

7 PORÓWNANIE KOSZTÓW EKSPLOATACYJNYCH

Dla porównania rocznych kosztów ogrzewania rozpatrywanego budynku z wykorzystaniem różnych źródeł ciepła

przyjęto ceny nośników energii jak w tabeli 3. Koszt całkowity podzielono na koszt ogrzewania w sezonie grzewczym oraz koszt przygotowania c.w.u. przez cały rok. Wzięto pod uwagę, oprócz kosztów związanych ze spalaniem przez dane źródło ciepła paliwem lub zużywaną przez nie energią (elektryczne pompy ciepła) również energię zużywaną przez wszystkie urządzenia dodatkowe systemu, umożliwiające jego pracę. Szczegółowe zestawienia oraz procedurę obliczeniową zawiera [8]. Wyniki tych obliczeń pokazano na rysunku 10, na którym kolorem fioletowym oddzielono koszt przygotowania c.w.u.

Najbardziej przejrzystym wskaźnikiem, dającym podstawy do oceny opłacalności inwestycji w pompę ciepła napędzaną silnikiem spalinowym jest czas zwrotu inwestycji w porównaniu z innymi źródłami ciepła. Wyniki obliczeń zawartych w [8] przedstawia tabela 4. Za graniczny pod względem opłacalności przyjęto okres 8 lat.

Jak wynika z przedstawionych wykresów, w przypadku zasilania instalacji gazem ziemnym z sieci, koszt eksploatacyjny i inwestycyjny jest porównywalny z typowymi elektrycznymi pompami ciepła. Stąd, pominięto porównywanie czasów zwrotu tych urządzeń względem siebie. Z oczywistych względów nie analizowano wyników porównania zaprojektowanej instalacji zasilanej gazem ziemnym z kotłem kondensacyjnym zasilanym gazem

płynnym lub olejem opałowym (pola przekreślone). Czas zwrotu inwestycji, w przypadku zasilania wszystkich źródeł ciepła gazem ziemnym przekracza przyjęty limit, ze względu na niską cenę tego nośnika energii (pola w czerwonej ramce). Kiedy jednak weźmie się pod uwagę zasilanie gazem płynnym lub olejem opałowym, wówczas inwestycja okazuje się być opłacalną (pola w zielonej ramce).

PODSUMOWANIE

Zaprojektowana instalacja sprężarkowej pompy ciepła napędzanej silnikiem spalinowym z odzyskiem jego ciepła odpadowego, w przypadku braku dostępności przyłączy gazu ziemnego jest ciekawą alternatywą dla kotłów kondensacyjnych. W zależności od panujących warunków (temperatury gruntu), charakteryzuje się ona zużyciem paliwa na poziomie około 70% w porównaniu z dowolnym kotłem kondensacyjnym. W perspektywie zastosowania instalacji w obiektach o większym zapotrzebowaniu na ciepło, koszt inwestycyjny, a co za tym idzie również czas zwrotu inwestycji, będzie miał tendencję spadkową. Dodatkowo, można spodziewać się podążającego za wzrostem wydajności grzewczej, wzrostu efektywności energetycznej takiego systemu, związanego ze wzrostem sprawności większego silnika spalinowego.

Szczególnie korzystnym zastosowa-

waniem, wymagającym jednak osobnej analizy ekonomicznej, mogłoby okazać się również ogrzewanie budynków jedno- lub wielorodzinnych za pomocą instalacji sprzężonej z generatorem energii elektrycznej. Tego typu kogenerator, po rozwiązaniu problemu magazynowania energii elektrycznej, byłby w stanie całkowicie zaspokoić zapotrzebowanie energetyczne takiego budynku.

LITERATURA:

1. Bonca Z., Butrymowicz D., Hajduk T., Targański W.: Nowe czynniki chłodnicze i nośniki ciepła. Własności cieplne, chemiczne i użytkowe, Wyd. MASTA, Gdańsk 2004
2. Jasiukiewicz P.: Pompy ciepła w ogrzewaniu budynków mieszkalnych. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, 2007, nr.7, 12; 2008, nr. 4 i 8
3. Jasiukiewicz P.: Racje techniczno-ekonomiczne wykorzystania pompy ciepła w systemach ogrzewania wolnostojących budynków mieszkalnych. „Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna”, 2008, nr. 9 i 11
4. Kneba Z.: Studium Problemów Zarządzania Ciepłem Odpadowym Silnika w Samochodach Osobowych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011
5. Królak A.: Instalacja na gaz płynny – rachunek kosztów. „Polski Instalator”, 2008, nr. 2
6. Królak A.: Instalacja na olej opałowy – rachunek kosztów. „Polski Instalator”, 2008, nr. 2
7. Leida K., Jaworski A.: Zasilanie Gazowe Silników Rolniczych. „Motorol”, 2006, nr. 8
8. Mielcarek M.: Projekt instalacji sprężarkowej pompy ciepła napędzanej silnikiem spalinowym z wykorzystaniem jego ciepła odpadowego. Praca dyplomowa inżynierska. Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, Katedra Energetyki i Aparatury Przemysłowej, Gdańsk 2011, (Promotor: dr inż. W. Targański)
9. Staniszewski D., Targański W.: Odzysk ciepła w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych, Wyd. MASTA, Gdańsk 2007
10. Rawski F.: Mechanik silników spalinowych, Wyd. WSiP, Warszawa 1992.
11. Zalewski W.: Pompy ciepła sprężarkowe, sorpcyjne i termoelektryczne, Wyd. MASTA, Gdańsk 2001
12. EN 255-1:2000. „Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym. Funkcja grzania. Terminy, definicje i oznaczenia”
13. PN-EN 14511-1:2004. „Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym wykorzysty-

SZKOLENIA

Poznańskie Centrum Szkoleń i Certyfikacji

2012

**Świadectwo Kwalifikacji
KURS POCZĄTKOWY**

11 - 12 kwiecień
9 - 10 maj
30 - 31 maj
27 - 28 czerwiec

WARSZTATY KLIMATYZACYJNE

17 maj
5 lipiec

SPRĘŻARKOWE POMPY CIEPŁA

25 - 26 kwiecień
23 - 24 maj

**URZĄDZENIA CHŁODNICZE
w układach sprzężarkowych**

18 - 19 kwiecień
6 - 7 czerwiec
11 - 12 lipiec

NOWOŚĆ !!!

Informacje i zgłoszenia:
Systemerm Chłodnictwo i Klimatyzacja Sp. z o.o.
ul. św. Wincentego 7, 61-003 Poznań
tel. 61 85 07 505
email: szkolenia@systemerm.pl; www.systemerm.pl

- wane do ogrzewania i oziębiania”
14. PN-EN ISO 12831:2006. „Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego”

Materiały firm:

15. Buderus
16. Die Ditrich
17. Enea
18. Gazpol
19. Matix
20. PGNiG
21. Stiebel-Eltron
22. Viessmann
23. Volvo



Chłodna kalkulacja. Czynniki chłodnicze w ofercie Linde.

Czynniki chłodnicze z Linde to gwarancja wysokiej jakości oraz prawidłowej pracy urządzeń i instalacji, w których je stosujesz. Oferujemy pełny asortyment czynników chłodniczych, zamienników i olejów chłodniczych. Rozbudowana sieć naszych punktów sprzedaży oraz pozycja rynkowa zapewniają stałą dostępność, terminowość dostaw, a przede wszystkim szybką reakcję na Twoje potrzeby.

Linde – ideas become solutions.

Linde Gaz Polska Sp. z o.o., al. Jana Pawła II 41a, 31-864 Kraków
Telefon: +48 12 643 92 00, Fax: +48 12 643 93 00; www.linde-gaz.pl