

Pompy ciepła

Vitocal – ogrzewanie ciepłem z natury





Pompy ciepła wykorzystują energię odnawialną ze środowiska naturalnego. Ciepło słoneczne, zakumulowane w gruncie, wodzie gruntowej i powietrzu, przekształcają przy pomocy energii elektrycznej w komfortowe ciepło grzewcze.

Pompy Vitocal są tak wydajne, że mogą służyć jako jedyny dostawca ciepła przez cały rok.

Spis treści

1. Wstęp	strona 4
1.1. Rozwój rynku	
1.2. Pompy ciepła są przyjazne środowisku	
1.3. Obszary zastosowań pomp ciepła	
2. Podstawy	strona 6
2.1. Zasada działania	
2.2. Typy konstrukcyjne	
2.2.1. Sprężarkowa pompa ciepła	
2.2.2. Sorpcyjna pompa ciepła	
2.2.3. Pompa ciepła Vuilleumiera	
2.3. Wskaźniki	
3. Technika pomp ciepła	strona 14
3.1. Komponenty elektrycznych sprężarkowych pomp ciepła	
3.1.1. Sprężarka	
3.1.2. Wymiennik ciepła	
3.1.3. Wymiennik ciepła gazu zasysanego	
3.1.4. Regulacja	
3.2. Źródła ciepła	
3.2.1. Źródło ciepła – grunt	
3.2.2. Źródło ciepła – woda	
3.2.3. Źródło ciepła – powietrze	
3.3. Chłodzenie przy pomocy sprężarkowych pomp ciepła	
3.3.1. Praca odwracalna	
3.3.2. „Natural cooling”	
3.3.3. Chłodzenie pomieszczeń: medium pośredniczące powietrze czy woda?	
3.4. Sposoby eksploatacji pomp ciepła	
3.4.1. Eksploatacja monowalentna	
3.4.2. Eksploatacja monoenergetyczna	
3.4.3. Eksploatacja biwalentna	
3.4.4. Zasobnik buforowy	
3.5. Podgrzew c.w.u.	
4. Zastosowania pomp ciepła	strona 31
4.1. Pompy ciepła dla modernizacji instalacji	
4.1.1. Cykl EVI	
4.1.2. Vitocal 350 - poszerzony zakres zastosowań	
4.2. Pompy ciepła w domach niskoenergetycznych	
4.2.1. Domy niskoenergetyczne	
4.2.2. Vitocal 222-G	
4.2.3. Vitocal 300-A	
4.3. Pompy ciepła dla większych budynków	
4.3.1. Pompy ciepła dwusprężarkowe	
4.3.2. Vitocal 300 dla większych mocy	
4.4. Uwzględnienie pomp ciepła w określaniu sprawności energetycznej budynku	
4.4.1. Wpływ źródeł ciepła na wskaźnik efektywności instalacji	
4.4.2. Lokalny elektryczny podgrzew c.w.u.	
4.5. Ekonomia pomp ciepła	
4.6. Instalowanie i eksploatacja	
4.6.1. Dobór	
4.6.2. Dodatek na podgrzew c.w.u.	
4.7. Dofinansowanie	
5. Podsumowanie	strona 43

1. Wstęp

1. Wstęp

Dzięki rosnącej świadomości ekologicznej korzystanie z energii odnawialnych nabiera coraz większego znaczenia. W ramach tych trendów pompa ciepła przeżywa swoje odrodzenie. Niedoskonałości techniczne, które spowodowały szybkie przeminięcie pierwszego boomu w początkach lat osiemdziesiątych, zostały już usunięte. Dzisiaj pompa ciepła jest niezawodnym, oszczędnym systemem grzewczym o zapewnionej przyszłości, który w dodatku pracuje w sposób bardzo przyjazny środowisku.

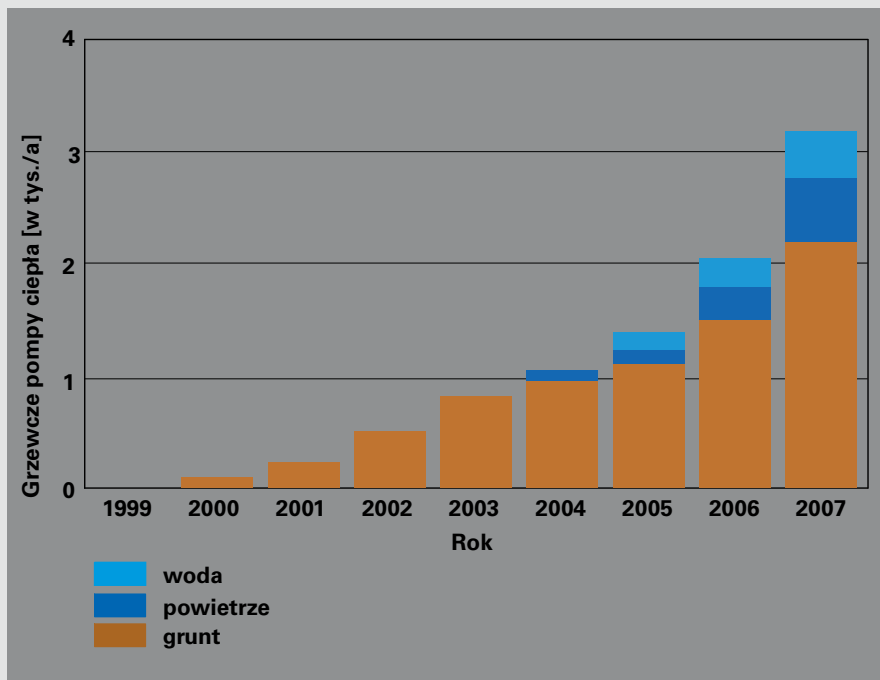
Niniejszy poradnik przedstawia najważniejsze podstawy techniki pomp ciepła, przedstawia ich różne warianty techniczne i objaśnia ważne aspekty ich stosowania.

1.1. Rozwój rynku

W Szwajcarii już dzisiaj co trzeci nowo budowany dom wyposażony jest w elektryczną pompę ciepła, a w Szwecji pompę ciepła posiada nawet 7 na 10 gospodarstw domowych. Również stopa wzrostu rynku polskiego jest znaczna, jak to pokazuje rys. 1.

Nowe instalacje wyposażane są głównie w pompy ciepła solanka/woda (rys. 2), co umożliwia monowalentną pracę, nawet w zimie, bez dodatkowego źródła ciepła.

Zaznacza się jednak również tendencja w kierunku pomp ciepła powietrze/woda, gdyż można je zainstalować łatwiej i taniej. W Szwajcarii udział nowych instalacji tego typu sięga już 60%.



Rys. 1: Sprzedaż pomp ciepła w Polsce w latach 1999-2007. (źródło: BGR Consult 2008 r.)



Rys. 2: Pompa ciepła solanka/woda i woda/woda Vitocal 300-G

1.2. Pompy ciepła są przyjazne środowisku

Dostępność zasobów paliw kopalnych, gazu i ropy naftowej jest ograniczona czasowo. Fakt ten coraz dobitniej dociera do świadomości ludzi – a w związku z tym nasilają się dążenia do zastosowania energii odnawialnych dla zaopatrzenia w ciepło.

Również od strony politycznej podejmuje się różnorodne inicjatywy, mające na celu oszczędne obchodzenie się z zasobami paliw kopalnych. Obok wyczerpywania się ich zasobów, istotnym motywem jest tu też ochrona klimatu. Trzeba bowiem koniecznie przeforsować ograniczenie emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych, jeśli chcemy zażegnać zagrożenie zmianami klimatycznymi.

To wszystko jest argumentem, przemawiającym za zastosowaniem energii odnawialnych. A pompa ciepła jest rozwiązaniem szczególnie wydajnym energetycznie w zastosowaniu do wytwarzania ciepła dla ogrzewania pomieszczeń i podgrzewu c.w.u.

1.3. Obszary zastosowań pomp ciepła

Pompy ciepła nadają się do zaopatrywania w ciepło budynków wszelkich typów: domów jedno- i wielorodzinnych, hoteli, szpitali, szkół, budynków biurowych i obiektów przemysłowych, zarówno nowo budowanych, jak również modernizowanych. Dla spełnienia wymagań stawianych domom pasywnym, nie można pominąć pompy ciepła. Podobnie jak konwencjonalne źródła ciepła, również pompy ciepła budowane są w wykonaniach dla prawie wszystkich przypadków zastosowań (tabela 1).

	grzanie	chłodzenie	dodatkowo wentylowanie
dom pasywny	■	■	■
dom niskoenergetyczny	■	■	■
dom wielorodzinny	■		■
domy istniejące	■ ¹⁾		
obiekty przemysłowe	■	■	
wykorzystanie ciepła technologicznego	■		
lokalne sieci ciepłownicze	■		

¹⁾ wyższe temperatury na zasilaniu

Tab. 1: Tabela doboru



Rys. 3: Pompa ciepła powietrze/woda Vitocal 350-A

2. Podstawy

2.1. Zasada działania

Niezależnie od typu konstrukcyjnego, każdą pompę ciepła można traktować jako urządzenie, które przy pomocy energii dodatkowej podnosi temperaturę czynnika roboczego z niskiego na wysoki poziom temperaturowy, umożliwiając praktyczne wykorzystanie ciepła zawartego w czynniku roboczym (rys. 4).

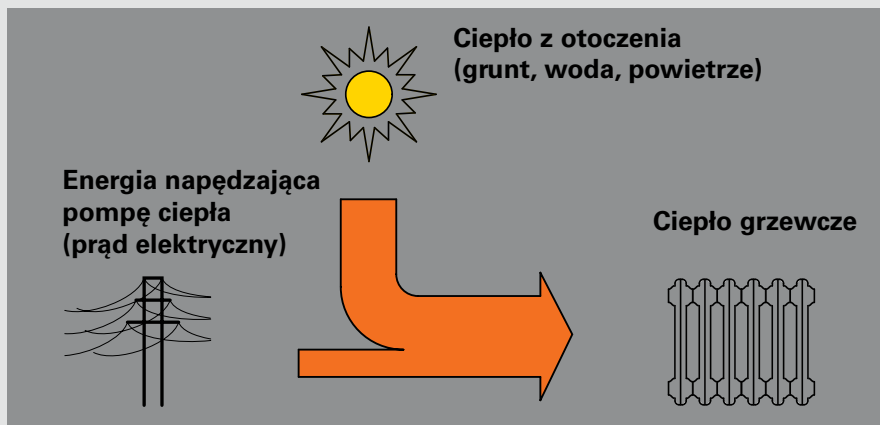
Sposób, w jaki się to odbywa, jest różny dla każdego rodzaju pompy ciepła. W pompach ciepła, stosowanych obecnie w technice grzewczej, odpowiedni czynnik roboczy jest zawsze najpierw sprężany, a potem rozprężany przez co uzyskuje się pożądaną efekt pobierania i oddawania ciepła (rys. 5).

2.2. Typy konstrukcyjne

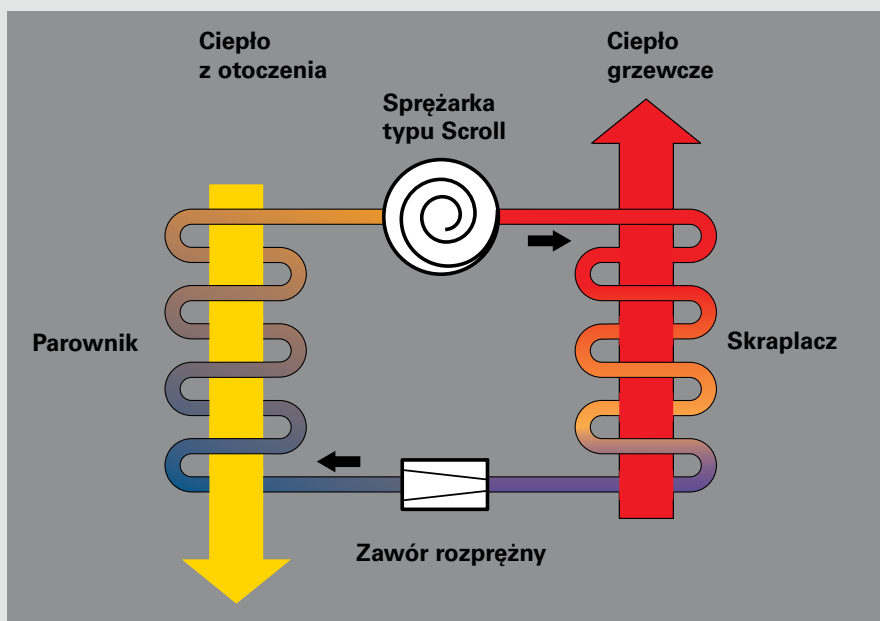
Zależnie od typu konstrukcyjnego wzgl. zasady pracy można podzielić pompy ciepła na:

- sprężarkowe pompy ciepła
- sorpcyjne pompy ciepła (z podziałem na pompy ciepła absorpcyjne i adsorpcyjne)
- pompy ciepła Vuilleumiera

Istnieją ponadto jeszcze inne rozwiązania techniczne, jak np. termoelektryczna pompa ciepła. Prawdopodobnie jednak w przewidywalnym czasie nie będą one miały żadnego znaczenia dla ogrzewania budynków lub podgrzewu c.w.u.



Rys. 4: Zasada pompy ciepła



Rys. 5: Obieg pompy ciepła

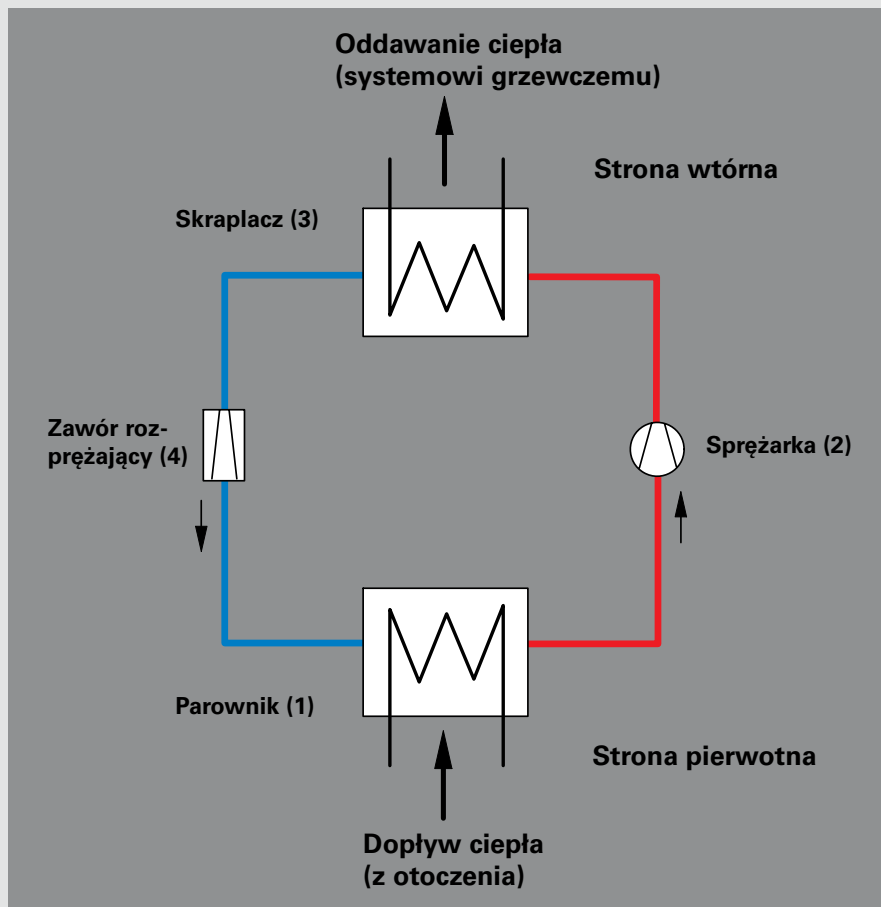
2.2.1 Sprężarkowa pompa ciepła

Sprężarkowe pompy ciepła są uważane za najdojrzalsze technicznie rozwiązanie i dlatego są najbardziej rozpowszechnione. Ich sposób pracy jest identyczny ze sposobem pracy zwykłej chłodziarki domowej – tylko ze zmienionym celem pracy (grzanie zamiast chłodzenia).

Elektryczna sprężarkowa pompa ciepła

Przy pobieraniu ciepła ze środowiska ciekły czynnik roboczy (czynnik chłodniczy) znajduje się pod niskim ciśnieniem po stronie pierwotnej (zimnej) w parowniku ①. Poziom temperaturowy w otoczeniu parownika przekracza temperaturę wrzenia czynnika roboczego, przy panującym w parowniku ciśnieniu, wskutek czego czynnik roboczy paruje kosztem ciepła pobranego z otoczenia. Poziom temperatur może być przy tym nawet niższy od 0°C. Sprężarka ② zasysa odparowany czynnik roboczy z parownika i spręża go; przy tym wzrasta ciśnienie i temperatura par czynnika (podobnie jak powietrza w pompce przy pompowaniu opon).

Sprężarka przetłacza pary czynnika na stronę wtórną (gorącą) systemu, do skraplacza ③, który omywany jest wodą grzewczą. Temperatura skraplania czynnika roboczego w stanie gazowym (sprężona para) jest jednak wyższa od temperatury wody grzewczej, wskutek czego pary te schładzają się i ponownie skraplają. Ciepło pobrane w parowniku i dodatkowa energia doprowadzona podczas sprężania zostają przy tym oddane wodzie grzewczej.



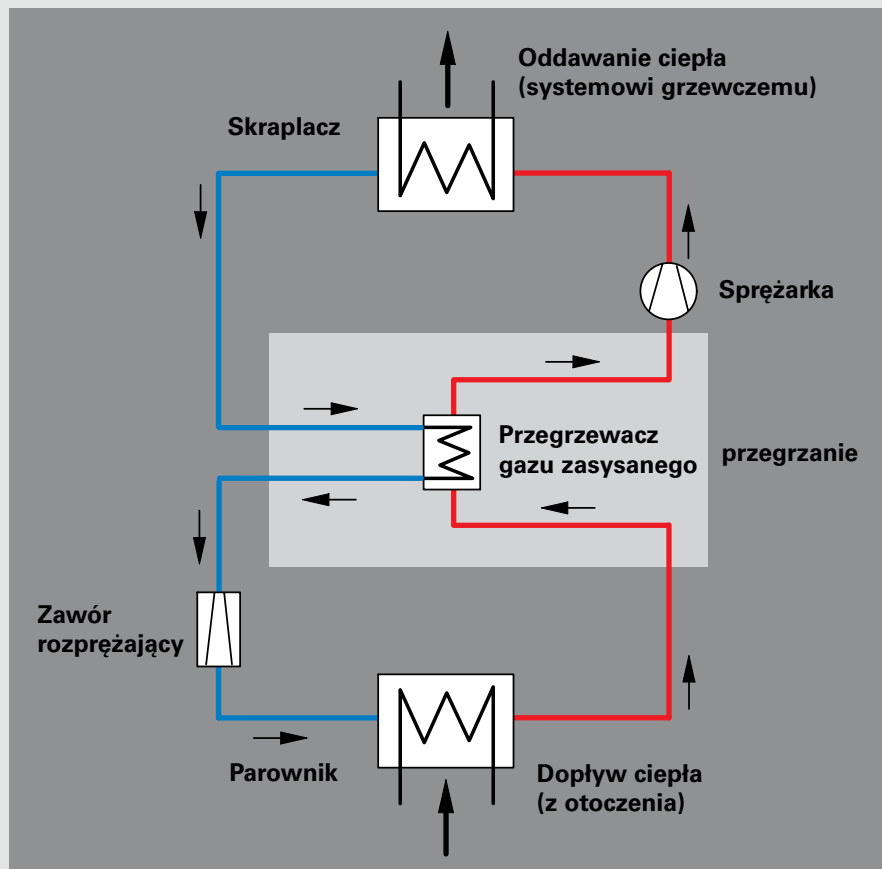
Rys. 6: Schemat działania pompy ciepła
(animacja przebiegu procesu na stronie internetowej: www.viessmann.pl)

Następnie skroplony czynnik poprzez zawór rozprężający ④ wraca do parownika. Na zaworze rozprężnym czynnik roboczy rozpręża się z wysokiego ciśnienia w skraplaczu do niskiego ciśnienia panującego w parowniku i obniża swoją temperaturę. W ten sposób obieg zamyka się.

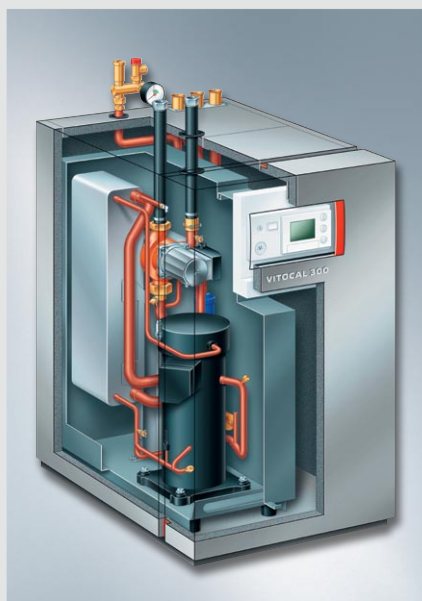
Podstawy

Pewne czynniki chłodnicze np. R 407C są mieszankami trójskładnikowymi. Każdy z tych składników ma własną temperaturę parowania. Zastosowanie przegrzewacza gazu zasysanego gwarantuje stuprocentowe odparowanie każdego składnika. Dzięki temu eliminuje się zasysanie cieczy do sprężarki i poprawia się współczynnik efektywności obiegu termodynamicznego.

Sposób ten polega na przekazaniu części ciepła posiadanego jeszcze przez czynnik roboczy za skraplaczem poprzez dodatkowy wymiennik ciepła na stronę par czynnika (przed sprężarką). W ten sposób czynnik roboczy zostaje całkowicie odparowany. Takie przekazanie ciepła powoduje po stronie zimnej wzrost, a po stronie gorącej spadek ciśnienia. Zmniejszenie różnicy ciśnień między stronami powoduje zmniejszenie pracy, jaką musi wykonać sprężarka. Spada więc zużycie prądu, a współczynnik efektywności pompy ciepła wzrasta nawet o 5% (rys. 7).



Rys. 7: Pompa ciepła z wymiennikiem ciepła gazu zasysanego dla przegrzewania czynnika chłodniczego (animacja przebiegu procesu na stronie internetowej: www.viessmann.pl)



Rys. 8: Pompa ciepła solanka/woda Vitocal 300-G

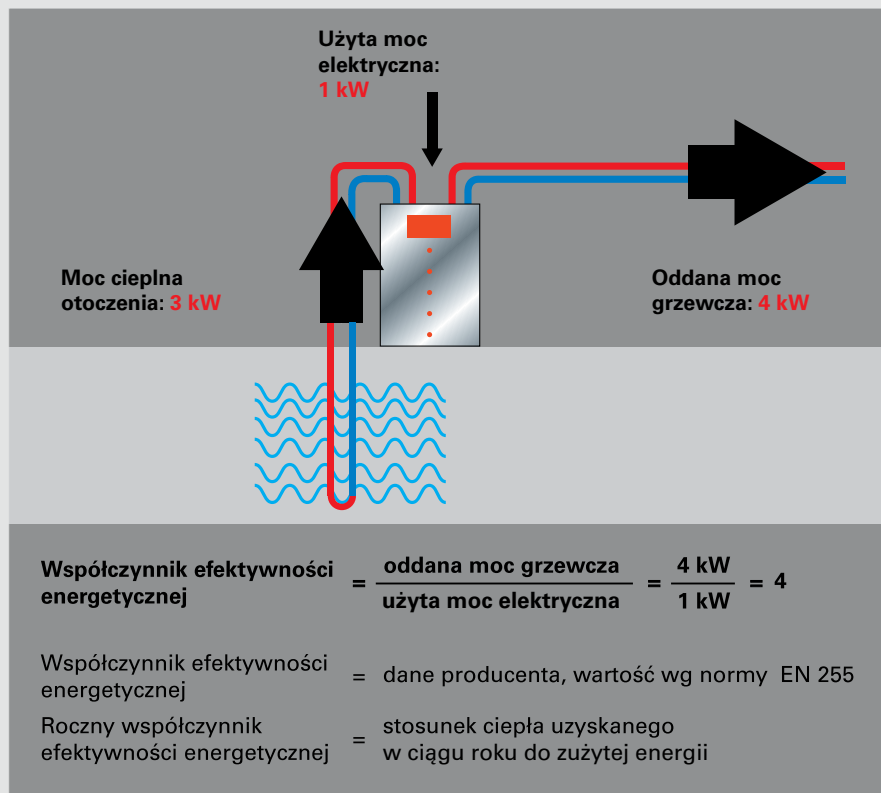
Podstawy

Nowoczesne pompy ciepła z napędem elektrycznym pobierają mniej więcej trzy czwarte ciepła, potrzebnego do ogrzewania, ze środowiska, a pozostała jedna czwarta pobierana jest jako energia elektryczna do napędu sprężarki.

Ponieważ i ta energia elektryczna ostatecznie też zostanie przekształcona w ciepło, będzie więc również wykorzystana do celów grzewczych. Ze stosunku oddanego ciepła grzewczego (łącznie z ciepła powstającego w sprężarce z energii elektrycznej) do użytej energii (elektrycznej) wynika współczynnik efektywności (w tym przypadku $(3+1)/1 = 4$), opisujący efektywność pompy ciepła (rys. 9).

Przy stosowaniu prądu wytworzonego z energii odnawialnych, jaki energetyka po części oferuje specjalnie dla pomp ciepła, ciepło grzewcze będzie wytwarzane całkowicie tylko z energii odnawialnych.

W tym wypadku pompa ciepła będzie jedynym – obok techniki solarnej – systemem grzewczym, umożliwiającym wytwarzanie ciepła bez emisji CO₂.



Rys. 9: Obliczenie współczynnika efektywności

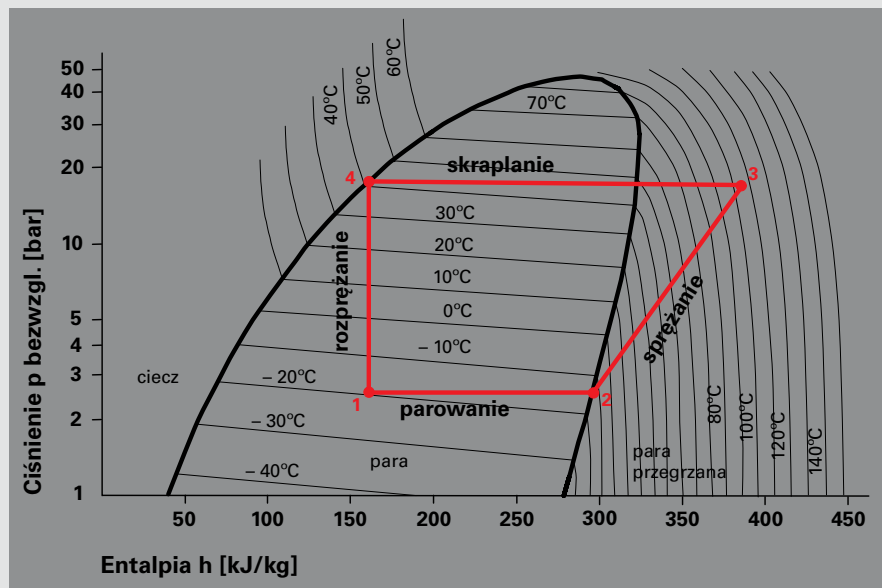
Wykres lg p-h dla pompy ciepła

Temperatury i ciśnienia obiegu termodynamicznego przedstawia się zazwyczaj na „wykresie lg p-h”. Dla „bazowego procesu pompy ciepła” można na nim przedstawić poszczególne fazy cyklu – odparowanie (1 – 2), sprężanie (2 – 3), skraplanie (3 – 4) i rozprężanie (4 – 1) – jako odcinki (rys. 10).

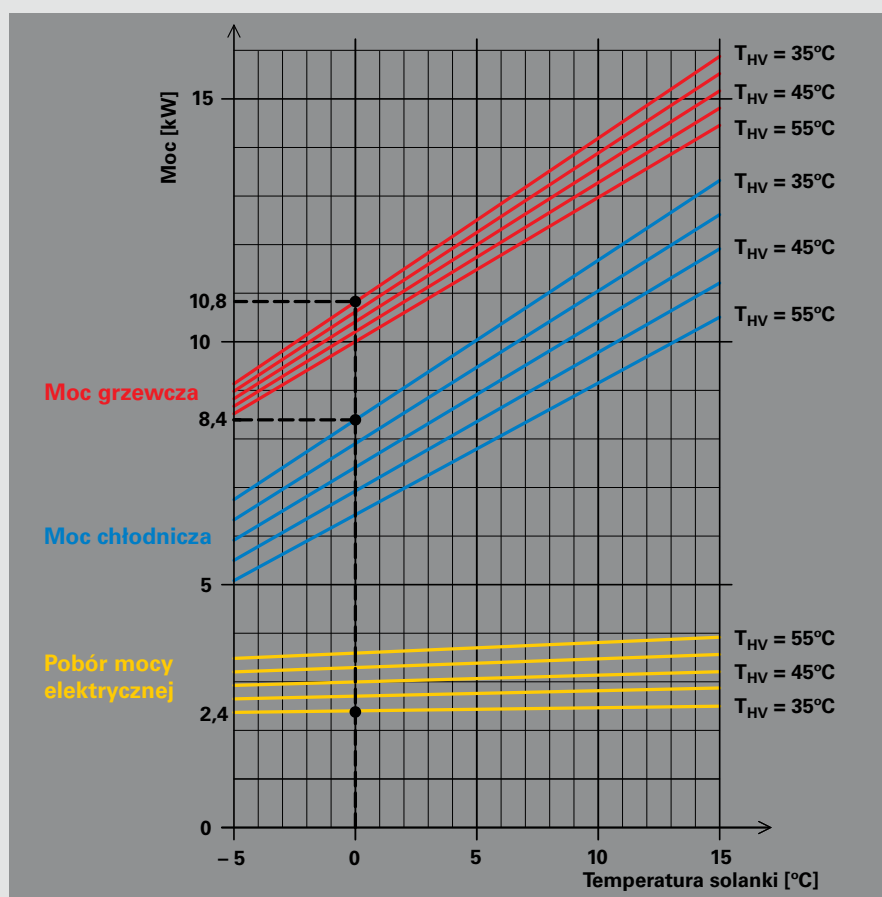
Można ponadto wyznaczyć współczynnik efektywności: podaje on stosunek aktualnej oddawanej mocy cieplnej do pobieranej mocy elektrycznej. Przeważną część przekazywania ciepła systemowi grzewczemu następuje w obramowanym czerwono obszary występowania par czynnika roboczego. Tak więc w pokazanym przykładzie maksymalny poziom temperaturowy wynosi ok. 45°C przy temperaturze wlotowej powietrza – 15°C. Teoretycznie można by osiągnąć wyższe temperatury przez wyższe sprężenie czynnika (przedłużenie fazy procesu 2 – 3 poza punkt 3) (patrz 3.1.3).

Wykres mocy

Wykresy mocy odzwierciedlają zależności pomiędzy mocą grzewczą, chłodniczą i elektryczną z jednej strony, a warunkami temperaturowymi (temperatura wejściowa czynnika „źródłowego” i temperatura zasilania instalacji grzewczej z drugiej strony). Na przykładzie z rysunku 11 pompa ciepła osiąga przy temperaturach B0/W 35 (B0 = temperatura wejściowa solanki 0°C, W 35 = temperatura wyjściowa wody grzewczej 35°C) moc chłodniczą $Q_k = 8,4$ kW. Pobór mocy elektrycznej wynosi 2,4 kW, tak że jako moc grzewczą otrzymujemy w sumie 10,8 kW. Z wykresów tych można więc dla różnych temperatur zasilania odczytać moc grzewczą, udostępnioną przez pompę ciepła, oraz moc chłodniczą, jakiej musi dostarczyć źródło ciepła.



Rys. 10: Obieg termodynamiczny pompy ciepła powietrze/woda na wykresie „lg p-h” (przedstawienie uproszczone dla temperatury powietrza zewnętrznego -15°C (na wlocie powietrza) i temperatury zasilania 45°C)

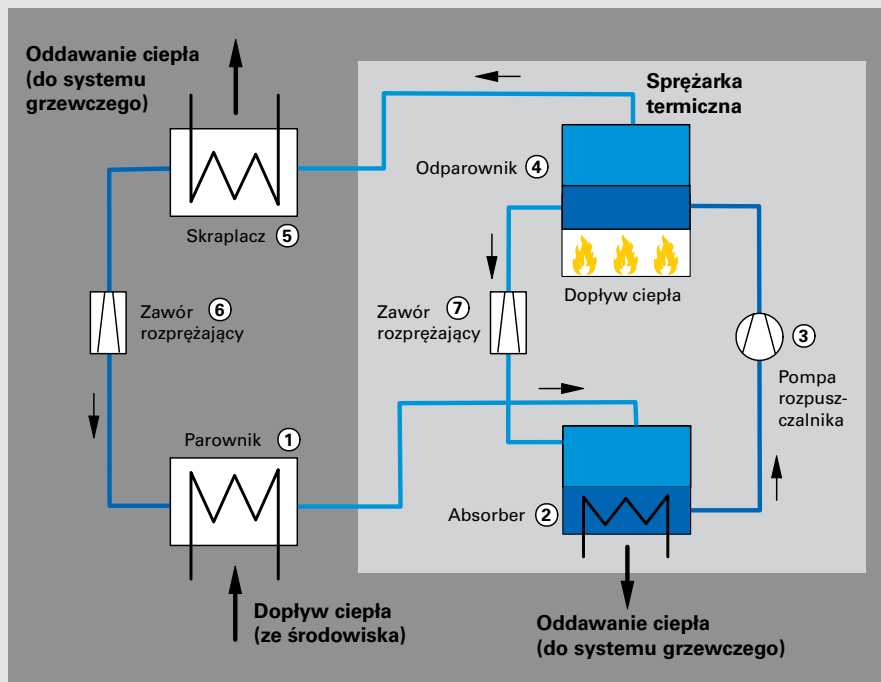


Rys. 11: Wykres mocy Vitocal 300-G, typ BW 110

Spalinowa sprężarkowa pompa ciepła

Sprężarkowe pompy ciepła mogą być zasadniczo napędzane także gazem ziemnym, olejem napędowym lub biomasą (olej rzepakowy, biogaz). Do napędu sprężarki stosowany jest wtedy silnik spalinowy. Oprócz dodatkowych nakładów, potrzebnych na izolację akustyczną silnika i odprowadzenie spalin konieczna jest w tym wypadku także instalacja zasilania paliwem.

Sprężarkowe pompy ciepła napędzane silnikiem na gaz wykorzystują energię pierwotną lepiej niż elektryczne pompy ciepła, ponieważ ciepło odpadowe z procesu spalania można również wykorzystać jako ciepło grzewcze, podczas gdy w elektrowniach jest ono z reguły oddawane nieużytecznie otoczeniu.



Rys. 12: Schemat absorpcyjnej pompy ciepła

2.2.2 Sorpcyjna pompa ciepła

Jako sorpcję rozumie się procesy fizykochemiczne, w których określona ciecz lub gaz wchłaniane są przez inną ciecz (absorpcja) lub też zatrzymywane na powierzchni ciała stałego (adsorpcja). Procesy te następują w określonych warunkach w wyniku oddziaływań fizycznych (ciśnienie, temperatura) i są odwracalne.

Przykładami takich procesów, znanych z życia codziennego, są np.:

- zaabsorbowany (rozpuszczony) w wodzie mineralnej kwas węglowy, który po otwarciu butelki (zmniejszenie ciśnienia) ponownie się uwalnia.
- odfiltrowywanie zapachów i szkodliwych gazów z powietrza przez węgiel aktywny (adsorpcja).

Absorpcyjna pompa ciepła

Absorpcyjne pompy ciepła pracują zazwyczaj wykorzystując gaz ziemny, przy czym zamiast sprężarki mechanicznej stosuje się w nich sprężarkę termiczną.

Wykorzystują one zasadniczo te same zasady fizyczne, co sprężarkowe pompy ciepła. Stosowany jest w nich czynnik chłodniczy wrzący już w niskich temperaturach i parujący – jak pokazano na rys. 12 pod ① – przy niskim poziomie temperatury i ciśnienia z poborem potrzebnej energii z otoczenia.

Pary czynnika chłodniczego przepływają do absorbera ②, gdzie zostają zaabsorbowane (rozpuszczone) przez rozpuszczalnik, np. wodę, oddając przy tym ciepło rozpuszczania. Powstające ciepło zostaje przekazane przez wymiennik ciepła do instalacji grzewczej.

Pompa rozpuszczalnika transportuje roztwór do sprężarki termicznej ④. Składniki roztworu cechują się przy tym różnymi temperaturami wrzenia i poprzez doprowadzenie ciepła, np. przez palnik gazowy, rozpuszczony czynnik chłodniczy, mający w tym roztworze niższą temperaturę wrzenia, zostanie „wypędzony” tzn. odparowany z roztworu.

Posiadające teraz wysoki poziom ciśnienia i temperatury pary czynnika chłodniczego przepływają do skraplacza ⑤ i skraplają się, oddając ciepło kondensacji, które przekazywane jest instalacji grzewczej. Ciekły czynnik chłodniczy rozpręża się w zaworze rozprężającym ⑥, wracając do pierwotnego poziomu temperatury i ciśnienia.

W „obiegu sprężarkowym” podobnie dzieje się z rozpuszczalnikiem ⑦.

Nakład energii (elektrycznej) do napędu pompy rozpuszczalnika jest bardzo mały. Energię dla sprężarki termicznej doprowadza się w postaci ciepła (spalanie gazu). Zamiast palnika gazowego można zastosować inne źródła ciepła.

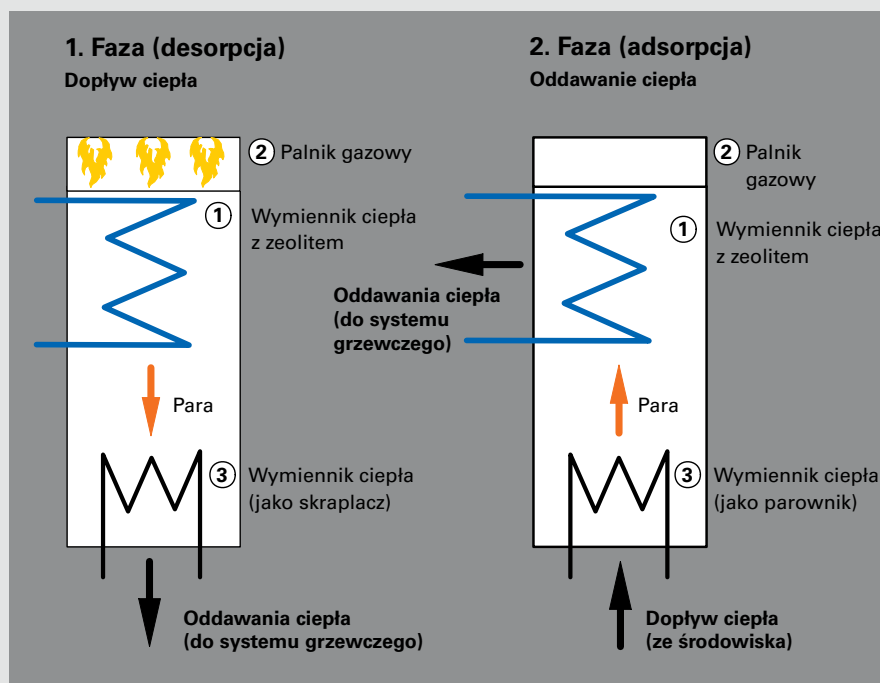
Zaletą absorpcyjnej pompy ciepła jest dobre wykorzystanie energii pierwotnej oraz brak – poza pompą rozpuszczalnika – wszelkich części ruchomych.

Agregaty absorpcyjne dużych mocy (ponad 50 kW) jako maszyny chłodnicze należą obecnie do rozwiązań standardowych. Agregaty małej mocy, do ok. 2 kW, spotykamy np. w pracujących na propanie chłodziarkach kempingowych. Jako czynnik roboczy potrzebna jest tak zwana para mediów roboczych. Zazwyczaj stosuje się amoniak jako czynnik chłodniczy i wodę jako rozpuszczalnik. Brak jest jeszcze jednak dojrzałych do produkcji seryjnej rozwiązań do stosowania jako źródła ciepła grzewczego w średnim zakresie mocy.

Adsorpcyjna pompa ciepła

Adsorpcyjna pompa ciepła pracuje z zastosowaniem ciał stałych, np. węgla aktywnego, żelu krzemionkowego (szkliste rodzaje krzemionki) lub zeolitu. Mineral zeolit – w wolnym przekładzie „wrzący kamień” – ma właściwość wsysania pary wodnej, wiązania jej z sobą (adsorpcji) z oddawaniem przy tym ciepła na poziomie temperaturowym do ok. 300°C. Mówi się w takich wypadkach o reakcji egzotermicznej.

Jak w opisanych uprzednio pompach ciepła, pobieranie i oddawanie ciepła w adsorpcyjnej pompie ciepła jest procesem cyklicznym, lecz pompa ta pracuje okresowo. Możliwe wykonanie pompy tego rodzaju przedstawia rys. 13. Warunkiem działania adsorpcyjnej pompy ciepła jest system próż-



Rys. 13: Sposób działania adsorpcyjnej pompy ciepła

niowy. W pierwszej fazie (tzw. fazie desorpcji) do wymiennika ciepła ①, pokrytego żelazem krzemionkowym lub zeolitem, doprowadza się ciepło, np. z palnika gazowego ②. Wskutek tego związana z tym ciałem stałym woda zostaje uwolniona jako para i przepływa do drugiego wymiennika ciepła ③. Ten wymiennik ciepła ma podwójną funkcję: w pierwszej fazie oddaje systemowi grzewczemu ciepło powstające przy kondensacji pary wodnej. Faza ta kończy się z chwilą gdy zeolit nie zawiera już wody i został osuszony dożądanego stopnia, a para została skroplona w drugim wymienniku ciepła. Teraz palnik zostaje wyłączony.

W fazie drugiej wymiennik ciepła ③ działa teraz jako parownik, przekazujący wodzie ciepło ze środowiska. Ponieważ w tej fazie panują w systemie ciśnienia bezwzględne ok. 6 bar, czynnik chłodniczy woda pod wpływem ciepła ze środowiska paruje.

Para wodna przepływa z powrotem do wymiennika ciepła ① i zostaje tam znowu wchłonięta (zaadsorbowana) przez żel krzemionkowy lub zeolit. Ciepło, oddawane przy tym przez żel krzemionkowy lub zeolit jest przekazywane poprzez wymiennik ciepła ① do systemu grzewczego. Po całkowitym zaadsorbowaniu pary wodnej pełny cykl tej pompy ciepła jest zakończony.

Adsorpcyjna pompa ciepła dla ogrzewania domów jedno i dwurodzinnych znajduje się obecnie w fazie prac badawczo-rozwojowych. Nakład techniczny jest tu stosunkowo duży, że względu na konieczność stosowania techniki próżniowej.

Podobnie jak opisana poprzednio absorpcyjna pompa ciepła, również ten rodzaj pompy ciepła stosowany jest już od dłuższego czasu jako maszyny chłodnicze dużej mocy.

2.2.3 Pompa ciepła Vuilleumiera

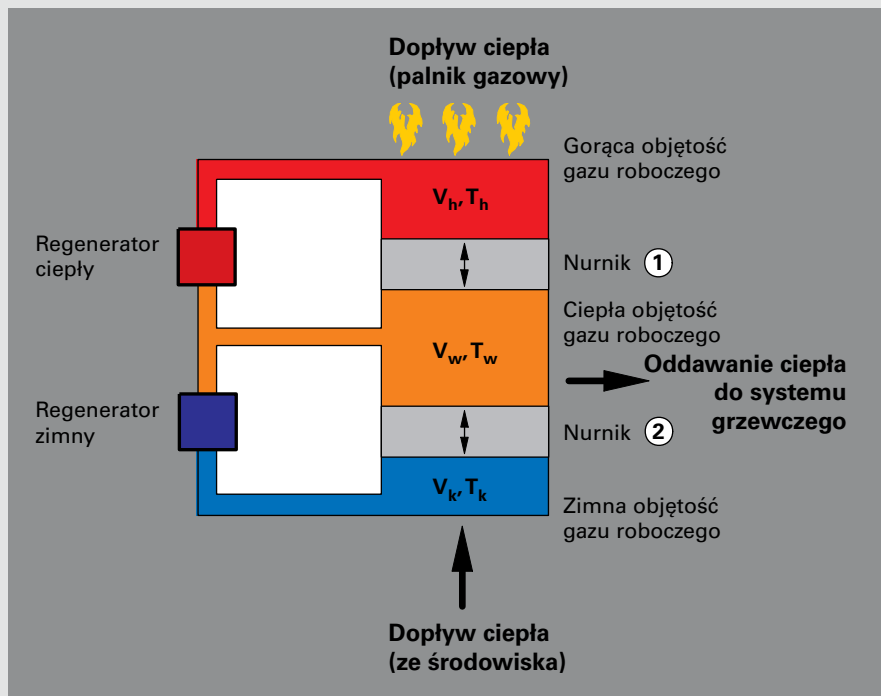
Gaz ziemny wykorzystywany jest także przez tzw. pompę ciepła Vuilleumiera (rys. 14). Ta pompa ciepła działa na zasadzie napędzanego termicznie regeneratywnego gazowego cyklu termodynamicznego, na podobieństwo cyklu Stirlinga. Jako czynnik roboczy stosuje się neutralny dla środowiska naturalnego gaz szlachetny hel.

Proces Vuilleumiera oparty jest na patencie, udzielonym w 1918 r. w Ameryce Rudolfowi Vuilleumierowi. Osobliwość tego procesu polega na możliwości użycia dwóch źródeł ciepła o różnym poziomie temperaturowym.

Do „napędzania” procesu służy palnik gazowy, a drugim źródłem ciepła może być np. ciepło powietrza zewnętrznego. Nawet przy temperaturach zewnętrznych minus 20°C można osiągać temperatury zasilania ogrzewania do 75°C. Dzięki temu, pompy ciepła Vuilleumiera można stosować do modernizacji budynków istniejących. Instalacje eksperymentalne wykazały sprawności znormalizowane (analogiczne do sprawności znormalizowanych kotłów grzewczych) do 162%, zależnie od parametrów pracy systemu.

Systemy, znajdujące się obecnie w fazie prac badawczo-rozwojowych dowodzą możliwości uzyskania oszczędności energii pierwotnej o nawet 44% w porównaniu z gazowymi kotłami kondensacyjnymi. Zasadniczo można zrealizować pompy ciepła Vuilleumiera w zakresie mocy od 15 do ok. 45 kW mocy cieplnej. Budowano już prototypy do badań laboratoryjnych o mocy do 33 kW. Po osiągnięciu akceptowalnych ekonomicznych warunków ramowych możliwe będzie ich doprowadzenie do dojrzałości seryjnej w ciągu kilku lat.

Pod względem energetycznym pompy ciepła Vuilleumier są w zestawieniu z absorpcyjnymi i sprężarkowymi pompami ciepła najkorzystniejszą alternatywą.



Rys. 14: Zasada pompy ciepła Vuilleumiera

2.3 Wskaźniki

Dla oceny pompy ciepła lub kompletnej instalacji pomp ciepła wprowadzono wskaźniki, które dla sprężarkowych pomp ciepła zdefiniowane są dokładnie w DIN EN 255.

Najważniejszymi wskaźnikami dla elektrycznych sprężarkowych pomp ciepła są współczynnik efektywności i roczny wskaźnik pracy.

Współczynnik efektywności opisuje stosunek mocy grzewczej do włożonej mocy napędowej (patrz również rys. 9). Współczynnik efektywności 4 oznacza więc, że pompa oddaje jako ciepło poczwórną wartość włożonej energii elektrycznej.

Współczynnik efektywności jest wartością, mierzoną w warunkach pracy ustalonej przy określonych parametrach roboczych (punkt pracy). Dla pompy ciepła solanka/woda punkt pracy np. B0/W35 oznacza: temperatura solanki na wejściu 0°C, temperatura wody grzewczej na wyjściu 35°C.

Dla wszystkich pomp ciepła obowiązuje zasada, że im niższa jest różnica temperatur wody grzewczej i dolnego źródła ciepła, tym większy jest wskaźnik efektywności i efektywność pompy ciepła. Dlatego pompy ciepła nadają się szczególnie dla systemów grzewczych niskotemperaturowych, jak np. ogrzewania podłogowe.

Nowoczesne pompy ciepła osiągają, zależnie od wybranego źródła ciepła, wskaźniki efektywności od 3,5 do 5,5. Oznacza to, że z każdej kilowatogodziny użytej energii elektrycznej można wytworzyć 3,5 do 5,5 kWh ciepła grzewczego. Kompensuje to z nawiązką uciążliwość ekologiczną związaną z korzystaniem z prądu elektrycznego. Wskaźnik pracy rocznej jest wartością, mierzoną dla kompletnej instalacji pompy ciepła w skali roku. Wyraża on stosunek oddanego ciepła użytecznego do użytej energii napędowej, z uwzględnieniem prądu pobieranego przez pompy obiegowe, regulator elektroniczny itp.

3. Technika pomp ciepła

3.1. Komponenty elektrycznej sprężarkowej pompy ciepła

Nowoczesne elektryczne pompy ciepła są kompaktowymi jednostkami ani technicznie, ani optycznie nie przypominają generacji pomp ciepła z lat osiemdziesiątych.

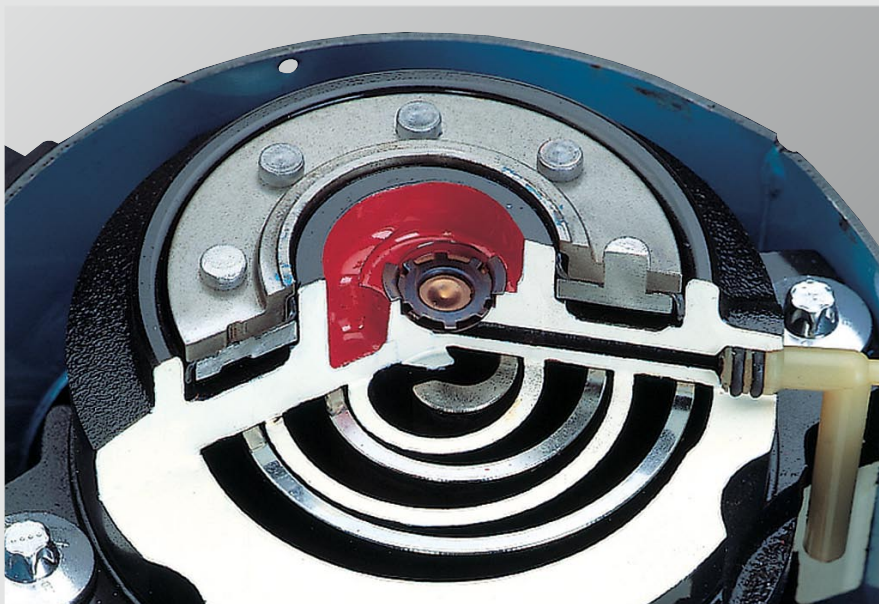
3.1.1 Sprężarka

Sercem pompy ciepła jest sprężarka, zapewniająca podniesienie poziomu temperaturowego strony zimnej (źródło ciepła) do poziomu strony cieplej (obieg grzewczy) (rys. 15).

Nowoczesne, hermetyczne sprężarki Scroll różnią się od stosowanych wcześniej sprężarek tłokowych żywotnością i spokojną pracą. Uważane są obecnie za standard przemysłowy w Europie, Japonii i USA i są już eksploatowane pomyślnie w ponad 12 milionach egzemplarzy. Hermetyczne wykonanie sprężarki zapewnia bezobsługową pracę przez wiele lat (rys. 16).

Sprężanie czynnika roboczego następuje w sprężarce spiralnej pomiędzy dwoma powierzchniami w kształcie spiral Archimedesesa. Wskutek mimośrodowości jednej ze spiral powstają dwie przeciwległe sierpowate zamknięte przestrzenie, przemieszczające się od zewnątrz do wewnątrz i zmniejszające przy tym swoją objętość. Masy ruchome zostały w ten sposób zredukowane do minimum i wykonują jedynie ruch obrotowy. Taki układ i brak ruchów oscylacyjnych minimalizuje wibracje.

Dzięki wysokoprecyzyjnej obróbce można było zrezygnować z elementów uszczelniających na końcach spiral, a gązosczielność przestrzeni roboczych zapewnia film olejowy.



Rys. 15: Sprężarka Scroll

W porównaniu z konwencjonalnymi sprężarkami tłokowymi uzyskano redukcję poziomu ciśnienia akustycznego o ok. 6 dB(A), co odpowiada redukcji hałasu odczuwanego do jednej czwartej. Hałaśliwość odpowiada mniej więcej hałaśliwości chłodziarki domowej tej samej mocy.

Jako czynnik chłodniczy w obiegu pompy ciepła stosuje się dzisiaj z reguły R 407 C, R 410 A, R 404 A i R 134 A, wolne od halogenów, nietoksyczne, biologicznie degradowalne i niepalne.



Rys. 16: Para spiral Scroll

3.1.2 Wymiennik ciepła

W pompach ciepła jako parowniki (wyjątek: pompa ciepła powietrze/woda) i skraplacze stosuje się głównie płytowe wymienniki ciepła ze stali szlachetnej.

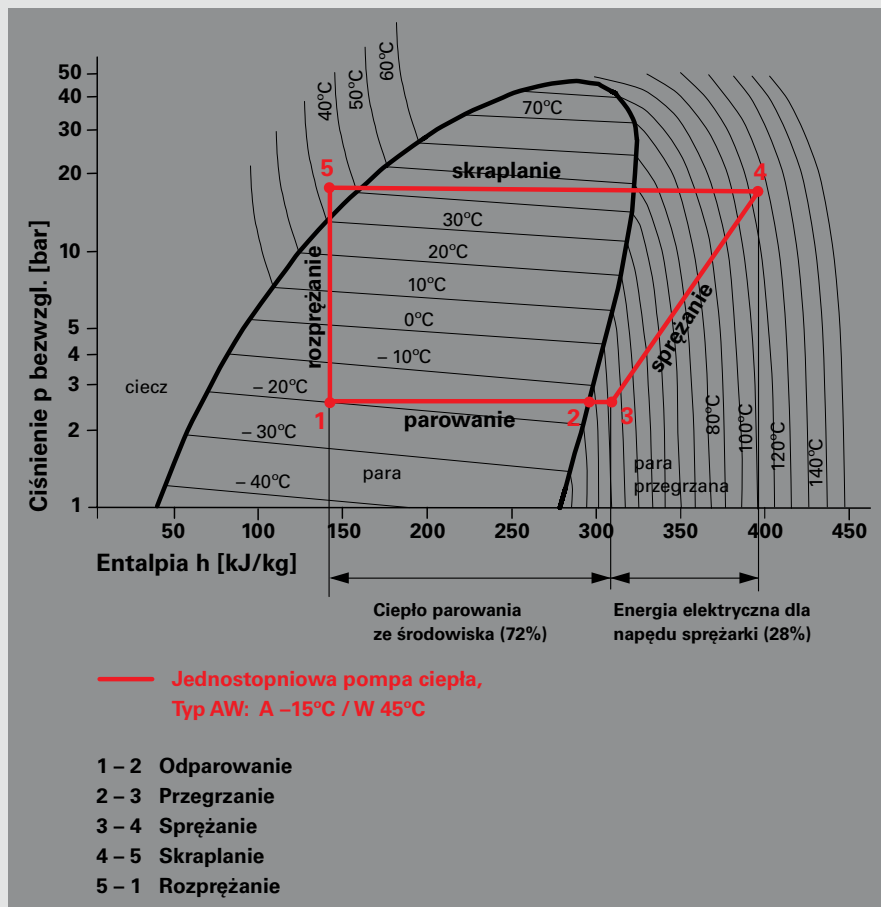
W przeciwieństwie do rurkowych wymienników ciepła w płytowych wymiennikach ciepła ze stali szlachetnej występuje przepływ nie laminarny, lecz burzliwy. A to zapewnia lepszą wymianę ciepła. Poza tym wymiennik taki ma bardzo zwartą budowę i zajmuje mniej miejsca.

3.1.3 Przegrzewacz gazu zasysanego

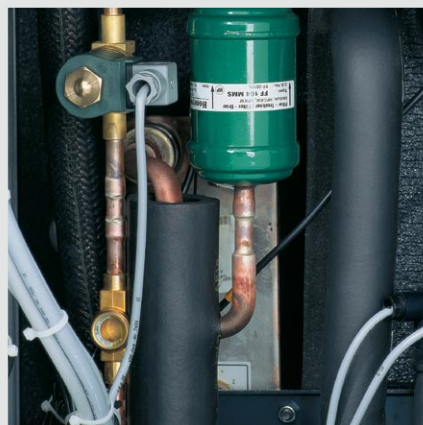
W praktyce, zależnie od czynnika chłodniczego, doprowadza się do jego przegrzania przed wejściem do sprężarki (patrz też 2.2.1.1). Czynniki chłodnicze wychodzący ze skraplacza ma wyższą temperaturę niż za parownikiem. W przegrzewaczu gazu zasysanego część tego ciepła wykorzystana zostaje do przegrzania czynnika chłodniczego, dopływającego z parownika, co zapewnia odparowanie pozostałych jeszcze kropli czynnika. Pompy ciepła Vitocal 300 posiadają taki przegrzewacz gazu zasysanego (rys. 18).

Na wykresie „lg p-h” można prześledzić poszczególne fazy cyklu – parowanie (1 – 2), przegrzewanie (2 – 3), sprężanie (3 – 4), skraplanie (4 – 5) i rozprężanie (5 – 1) – przedstawione jako odcinki (rys. 17).

Dla podanego przykładu otrzymujemy udział energii ze środowiska 72%, w stosunku do poboru prądu 28%. Z wykresu można ponad to, jak już opisano, określić współczynnik efektywności. Jest to stosunek chwilowej mocy cieplnej do pobieranej mocy elektrycznej.



Rys. 17: Wykres lg p-h dla przegrzewacza



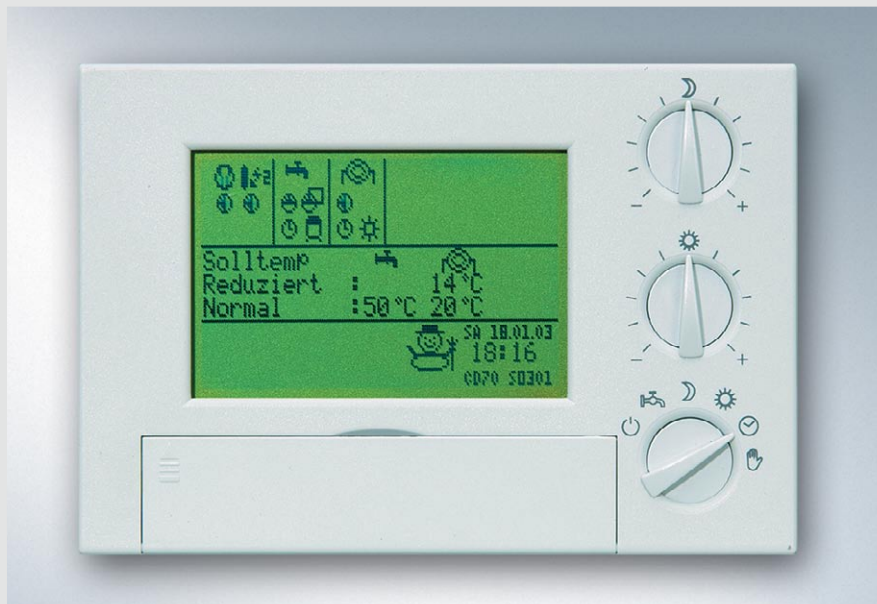
Rys. 18: Przegrzewacz gazu zasysanego w pompie ciepła Vitocal 300

Technika pomp ciepła

3.1.4 Regulacja

O ile technika regulacji pomp ciepła przez długi czas pozostawiała wiele do życzenia w porównaniu z komfortowymi układami regulacji konwencjonalnych systemów grzewczych, to obecnie mankament ten został w pełni zlikwidowany.

Obok znanych z techniki grzewczej funkcji, jak sterowanie pogodowe, funkcje zegara sterującego dla redukcji nocnej i trybu wakacyjnego itp. Również specyficzne dla pomp ciepła informacje robocze i komunikaty zakłóceń podawane są użytkownikowi w formie tekstowej. Duże wyświetlacze graficzne, menu pomocy, prowadzone dialogowo funkcje obsługowe i interfejs magistrali komunikacyjnej są dalszymi cechami tych dogodnych dla użytkownika regulatorów. Najnowsze regulatory dysponują także funkcjami dla integracji kolektorów słonecznych i funkcją „Natural cooling” (rys. 19).



Rys. 19: Sterowany pogodowo, cyfrowy regulator pomp ciepła CD 70

3.2 Źródła ciepła

Dla korzystania z ciepła środowiska są do dyspozycji takie źródła ciepła, jak grunt, wody gruntowe i powierzchniowe, powietrze lub ciepło odpadowe (rys. 20). Jakie źródło ciepła jest najkorzystniejsze w danym przypadku, rozstrzygają warunki miejscowe, położenie budynku i jego zapotrzebowanie na ciepło. Obowiązuje ogólna zasada: im mniejsza jest różnica temperatur (zwana również skokiem temperatury) między źródłem ciepła a systemem grzewczym, tym mniej energii będzie potrzebne dla napędu sprężarki i tym lepszy będzie współczynnik efektywności.

Źródło ciepła – powietrze:

nieograniczona dostępność, najniższe koszty inwestycyjne, z reguły konieczny biwalentny, monoenergetyczny sposób pracy (grzałka elektryczna do wspomagania przy niskich temperaturach zewnętrznych)

Źródło ciepła – grunt:

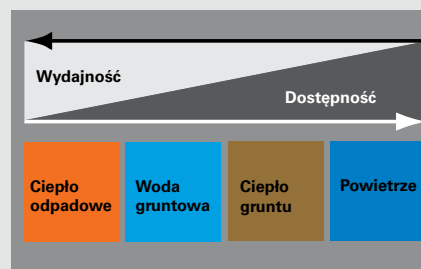
Ma największy udział w instalacjach nowo budowanych, praca monowalentna, wysoka efektywność.

Źródło ciepła – woda:

ważne: uwzględnić jakość wody, bardzo wysoka efektywność, możliwość pracy monowalentnej

Źródło ciepła – ciepło odpadowe:

możliwość użycia zależy od dostępności, ilości i poziomu temperaturowego ciepła odpadowego; najniższy udział w rynku.



Rys. 20: Źródła ciepła dla pomp ciepła

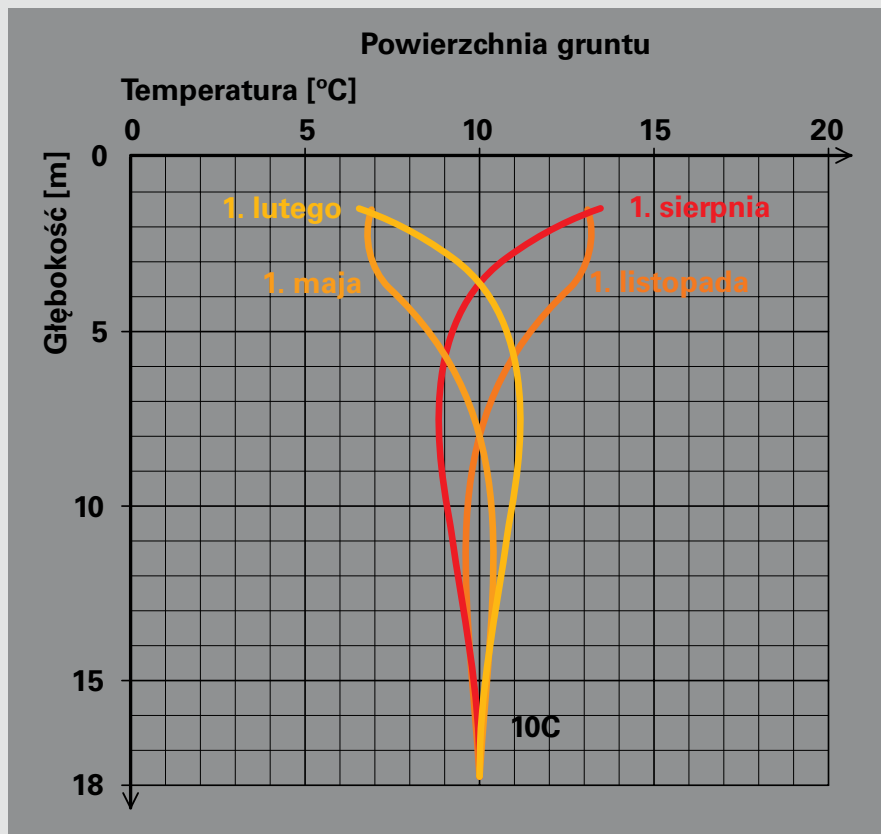
3.2.1 Źródło ciepła – grunt

Grunt jest dobrym akumulatorem ciepła, gdyż przez cały rok zachowuje stosunkowo równomierne temperatury rzędu 7 do 13°C (na głębokości 2 m, rys. 21).

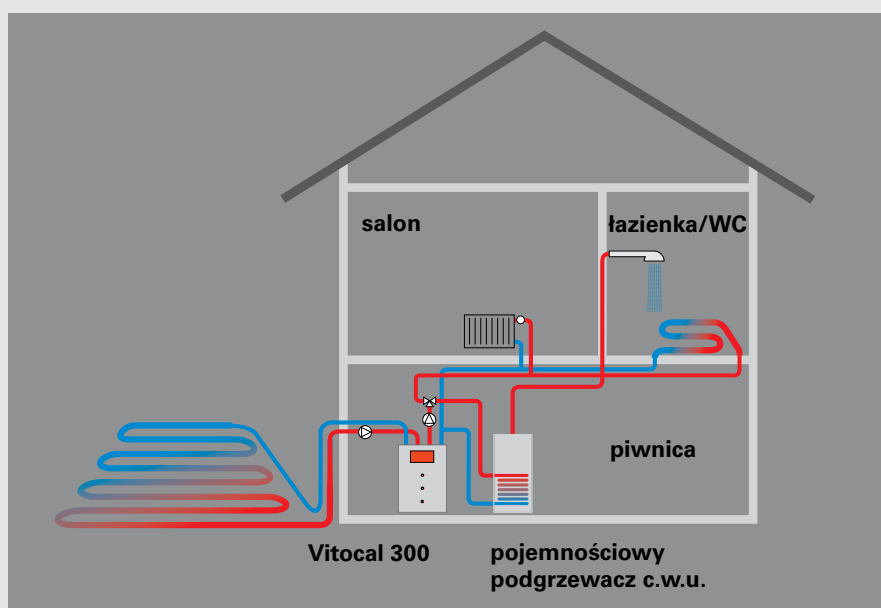
Poprzez ułożone poziomo kolektory gruntowe (rys. 22) lub wgłębione pionowo sondy gruntowe ciepło gruntu pobierane jest przez mieszaninę wody i środka przeciwzmrożnego (glikol) i transportowane do parownika tzw. pompy ciepła solanka/woda (glikol w obiegu pierwotnym, woda w obiegu wtórnym (grzewczym)).

Do pobierania ciepła z gruntu stosowane są ułożone na dużej powierzchni systemy rur z tworzyw sztucznych. Jako „źródło ciepła – grunt” rozumie się zewnętrzną warstwę skorupy ziemskiej, do głębokości ok. 5 m. Ciepło pozyskuje się z podziemnego wymiennika ciepła, ułożonego na niezabudowanym terenie, w pobliżu ogrzewanego budynku. Ciepło dopływające z głębszych warstw to zaledwie 0,063 do 0,1 W/m² i można je pominąć jako źródło ciepła dla warstwy górnej. Kolektor gruntowy regenerowany jest raczej przez promieniowanie słoneczne, deszcz, wody roztopowe itp. Pobierając energię z tych zjawisk atmosferycznych.

Rury z tworzywa układa się w gruncie na głębokości 1,2 do 1,5 m. Poszczególne gałęzie rur nie powinny być dłuższe niż 100 m, gdyż inaczej opory przepływu i tym samym potrzebna moc pompy obiegowej będą zbyt duże. Poszczególne gałęzie rur winny mieć natomiast jednakową długość, by miały takie same opory przepływu i tym samym zapewniały takie same natężenia przepływu. Dzięki temu ciepło będzie pobierane równomiernie z całego pola kolektorów. Końce rur przyłączone są do nieco wyżej położonych rozdzielaczy zasilania i powrotu (odpowietrzenie). Należy zapewnić możliwość niezależnego odcinania każdej gałęzi. Solanka przetłaczana jest przez rury z tworzywa pompą obiegową i pobiera przy tym ciepło, zakumulowane w gruncie.

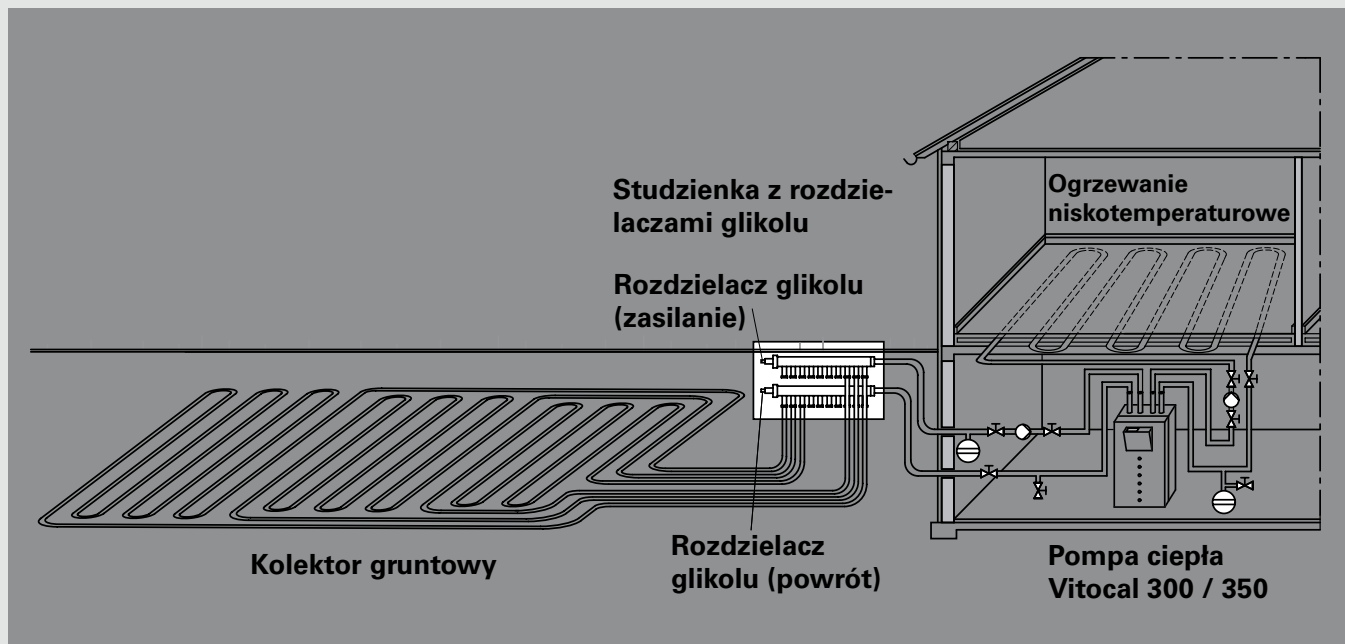


Rys. 21: Roczny przebieg temperatur w gruncie



Rys. 22: Vitocal 300 pobiera ciepło z gruntu poprzez kolektory gruntowe

Technika pomp ciepła



Rys. 23: Pobieranie ciepła przez kolektory gruntowe

Przejściowe, przechłodzenie gruntu w bezpośrednim pobliżu rur nie ma ujemnych skutków dla działania instalacji i wegetacji roślin. Na obszarze kolektora nie należy jednak sadzić żadnych głęboko korzeniących się roślin. Regeneracja wychłodzonego gruntu następuje wiosną i latem, pod wpływem nasilającego się nasłonecznienia i opadów, co zapewnia, że grunt zakumuluje znowu ciepło na następny sezon grzewczy. Powierzchni nad kolektorami gruntowymi nie wolno zabudowywać ani pokrywać szczelnymi nawierzchniami (rys. 23).

Niezbędne przemieszczenia mas ziemnych można w przypadku budowy nowego domu wykonać przeważnie bez większych kosztów dodatkowych. Natomiast przy domach istniejących, koszty z tym związane są z reguły tak wysokie, że tylko z tego względu zastosowanie kolektorów gruntowych staje się często niemożliwe.

Użyteczna ilość ciepła i związana z nią niezbędna wielkość pola kolektorów zależą w wysokim stopniu od termofizycznych właściwości gruntu i energii napromieniowania, tzn. od warunków klimatycznych. Z właści-

wości gruntu decydujące znaczenie ma przede wszystkim stopień nawodnienia, zawartość składników mineralnych, jak kwarc lub skaień, oraz udział i wielkość porów wypełnionych powietrzem.

W uproszczeniu można powiedzieć, że właściwości akumulacyjne i przewodność cieplna są tym większe, im bardziej grunt jest nasycony wodą, im więcej jest składników mineralnych i im mniejsza jest porowatość.

Możliwe do pobrania z gruntu moce jednostkowe mieszczą się w zakresie od ok. 10 do 35 W/m².

Grunt piaszczysty, suchy
 $q_E = 10$ do 15 W/m²

Grunt piaszczysty, wilgotny
 $q_E = 15$ do 20 W/m²

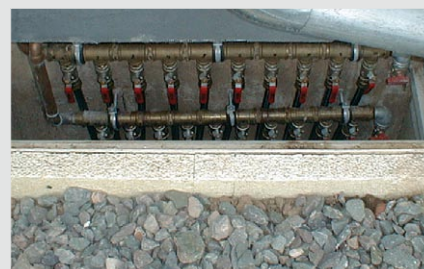
Grunt ilasty, suchy
 $q_E = 20$ do 25 W/m²

Grunt ilasty, wilgotny
 $q_E = 25$ do 30 W/m²

Grunt wodonośny
 $q_E = 30$ do 35 W/m²



Rys. 24: Kolektor gruntowy



Rys. 25: Rozdzielacz glikolu

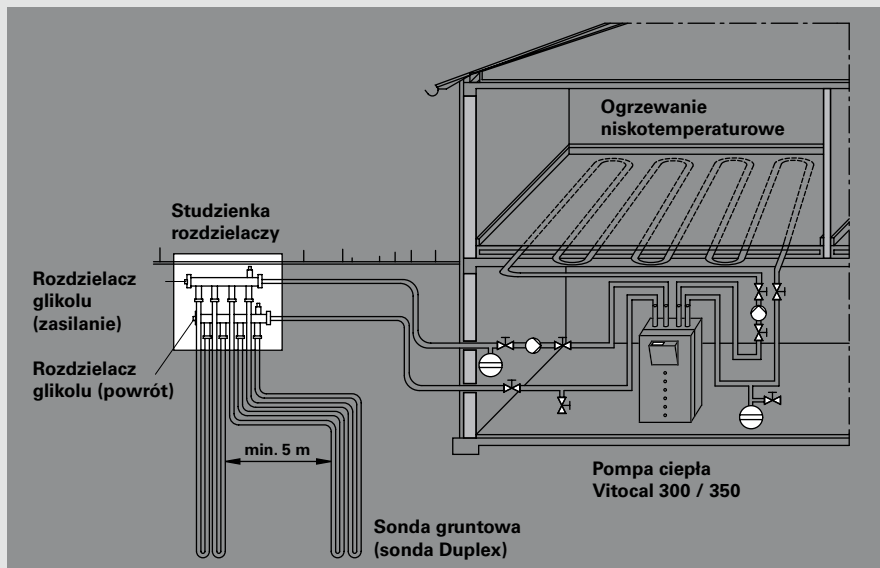
Technika pomp ciepła

O ile ułożenie kolektorów grunto-
wych na głębokości przekraczającej
1 metr wymaga większych przemiesz-
czeń mas ziemi (rys. 24), to założenie
sondy gruntowej można przy pomo-
cy nowoczesnych urządzeń wiertni-
czych wykonać w ciągu kilku godzin
(rys. 27).

W instalacjach z sondami grunto-
wymi (rys. 26) ważne jest ustalenie
rozmieszczenia sond i głębokości
wiercenia. Geolodzy i wyspecjali-
zowane firmy wiertnicze posiadają
odpowiednią wiedzę oraz oprogra-
mowanie do projektowania i opty-
malizacji sond gruntowych. Z takim
przedsięwzięciem można zawrzeć
gwarancję mocy poboru ciepła, np.
na 10 lat. Dla takich instalacji należy
w Niemczech uzyskać pozwolenie
wodnoprawne. Urząd Gospodarki
Wodnej jest kompetentny w zakre-
sie odwiertów do głębokości 100
m. Dla odwiertów głębszych należy
dodatkowo uzyskać zgodę właści-
wego Urzędu Górniczego. W odwiercie
wpuszczana jest sprefabrykowana
sonda, a następnie wolna przestrzeń
zasypany jest materiałem wypeł-
niającym. Zazwyczaj sonda składa się
z czterech rur (podwójne U).

Koszty wykonania jednego odwiertu
łącznie z sondą wynoszą 30 do 50
€/ m, zależnie od rodzaju gruntu. Dla
komfortowego ogrzewania typowego
domu jednorodzinnego w wykonaniu
niskoenergetycznym konieczna jest
pompa ciepła o mocy cieplnej ok.
6 kW, dla której konieczna głębokość
odwiertu wynosi ok. 95 m. Koszty
odwiertu wyniosą więc ok. 3000 do
5000 €.

Warunkiem zaprojektowania i wyko-
nania sond gruntowych jest dokładna
znajomość rodzaju gruntu, układu
warstw, oporu gruntu oraz obecności
wody gruntowej lub warstw wodo-
nośnych z oznaczeniem zawartości
wody i kierunku jej przepływu. Dla
sondy gruntowej przy normalnych
warunkach hydrogeologicznych moż-
na przyjąć orientacyjnie średnią moc
jednostkową sondy 50 W/m długości
sondy (wg VDI 4640). Jeśli sonda
znajduje się w wydajnej żyłce wodnej,
można uzyskać jeszcze wyższe moce
jednostkowe (Tabela 2).



Rys. 26: Pobieranie ciepła sondą gruntową

Rodzaj gruntu	Jednostkowy pobór mocy
Ogólne wartości orientacyjne	
Grunt niekorzystny (suchy grunt osadowy) [$\lambda < 1,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	20 W/m
Normalny grunt mineralny i nasycone wodą osady [$\lambda < 1,5 - 3,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	50 W/m
Skały o wysokiej przewodności cieplnej [$\lambda > 3,0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	70 W/m
Poszczególne rodzaje skał	
Żwir, piasek, suchy	< 20 W/m
Żwir, piasek, wodonośny	55 – 65 W/m
Gлина, il, wilgotne	30 – 40 W/m
Wapień (masywny)	45 – 60 W/m
Piaskowiec	55 – 65 W/m
Magmatyty kwaśne (np. granit)	55 – 70 W/m
Magmatyty zasadowe (np. bazalt)	35 – 55 W/m
Gnejs	60 – 70 W/m

Tab. 2: Możliwe jednostkowe moce pobierane dla sond gruntowych (sondy z rur „podwójne U”) wg VDI 4640 ark. 2

Glikol płynie dwoma rurami od rozdzielacza i wraca dwoma rurami do góry, do drugiego rozdzielacza (rys. 25).

Jako czynnik roboczy w kolektorach lub sondach gruntowych stosowana jest mieszanina wody ze środkami przeciwmroźnymi co wyklucza niebezpieczeństwo zamarznięcia.

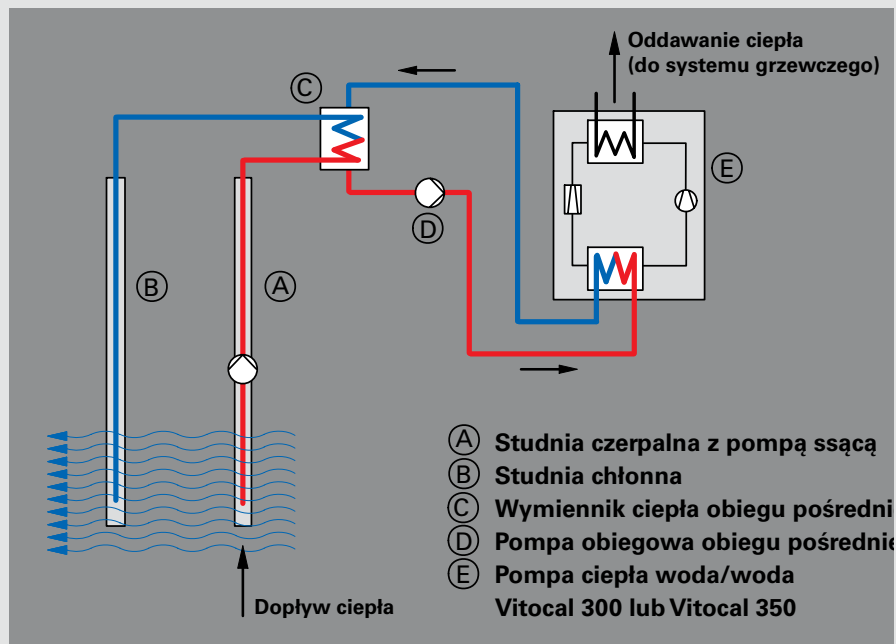


Rys. 27: Zakładanie sondy gruntowej

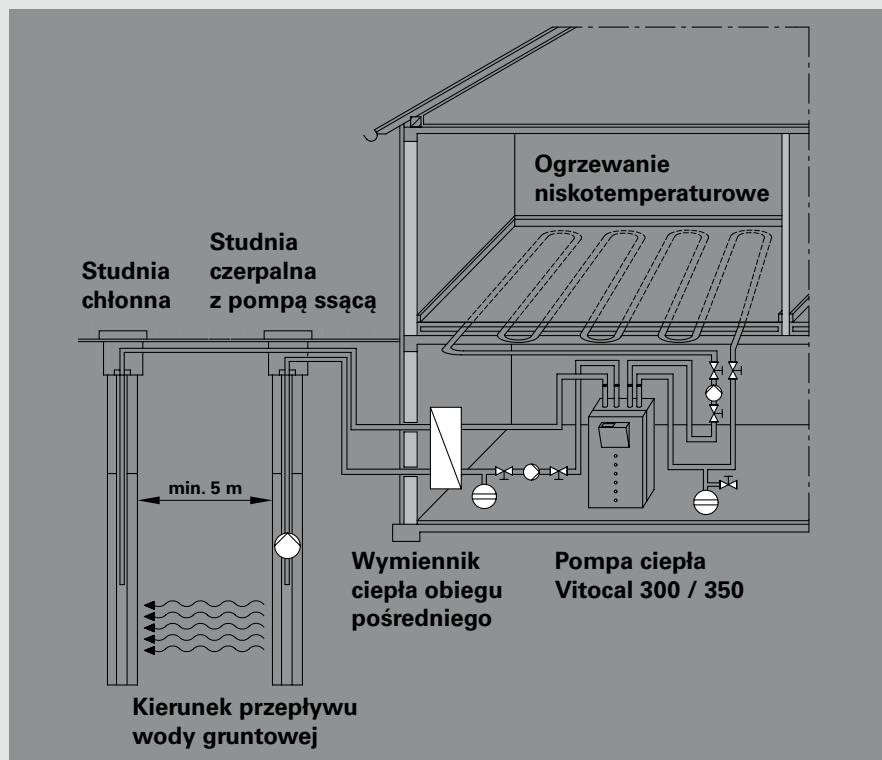
3.2.2 Źródło ciepła – woda

Woda jest również dobrym akumulatorem ciepła słonecznego. Nawet w zimne, zimowe dni woda gruntowa utrzymuje stałą temperaturę 7 do 12°C. Woda gruntowa pobierana jest ze studni czerpalnej i tłoczona do parownika pompy ciepła woda/woda. Następnie schłodzona woda odprowadzana jest do studni chłonnej (rys. 28). Jakość wody gruntowej lub powierzchniowej musi odpowiadać wartościom granicznym, podanym przez producenta pompy ciepła. W razie przekroczenia tych wartości granicznych należy zastosować odpowiedni wymiennik ciepła jako wymiennik ciepła obiegu pośredniego, zresztą zalecany generalnie, ze względu na możliwe wahania jakości wody, gdyż istniejące w pompie ciepła wymienniki wody są wrażliwe na wodę nieodpowiedniej jakości.

Jako wymienniki ciepła obiegu pośredniego dobrze sprawdziły się rozbielane wymienniki ze stali nierdzewnej. Wymiennik taki chroni pompę ciepła i równocześnie bardziej stabilizuje proces wymiany ciepła. Przekazywanie ciepła z wody gruntowej poprzez obieg pośredni z solanką przebiega bowiem bardziej równomiernie, niż bezpośrednio przekazywanie ciepła z wody gruntowej do czynnika chłodniczego w pompie ciepła (rys. 29). Przy uwzględnieniu energii elektrycznej dla zasilania pompy obiegowej obiegu pośredniego współczynnik efektywności COP maleje o ok. 6 do 9%. Zmieniona różnica temperatur obiegu pośredniego powoduje z kolei wzrost mocy grzewczej o 2 do 4% w stosunku do pompy ciepła bez obiegu pośredniego. Także na korzystanie z wód gruntowych wzgl. powierzchniowych należy (w Niemczech) uzyskać zezwolenie odpowiednich władz, na ogół Urzędu Gospodarki Wodnej. Jakość wody winna generalnie odpowiadać określonym wartościom granicznym, odpowiednim dla materiałów wymiennika ciepła – stali szlachetnej (1.4401) i miedzi. Przy dotrzymaniu tych wartości granicznych eksploatacja studni nie powinna stwarzać żadnych problemów.



Rys. 28: Schemat obiegu pośredniego



Rys. 29: Pozyskiwanie ciepła z wody gruntowej

3.2.3 Źródło ciepła – powietrze

Powietrze zewnętrzne

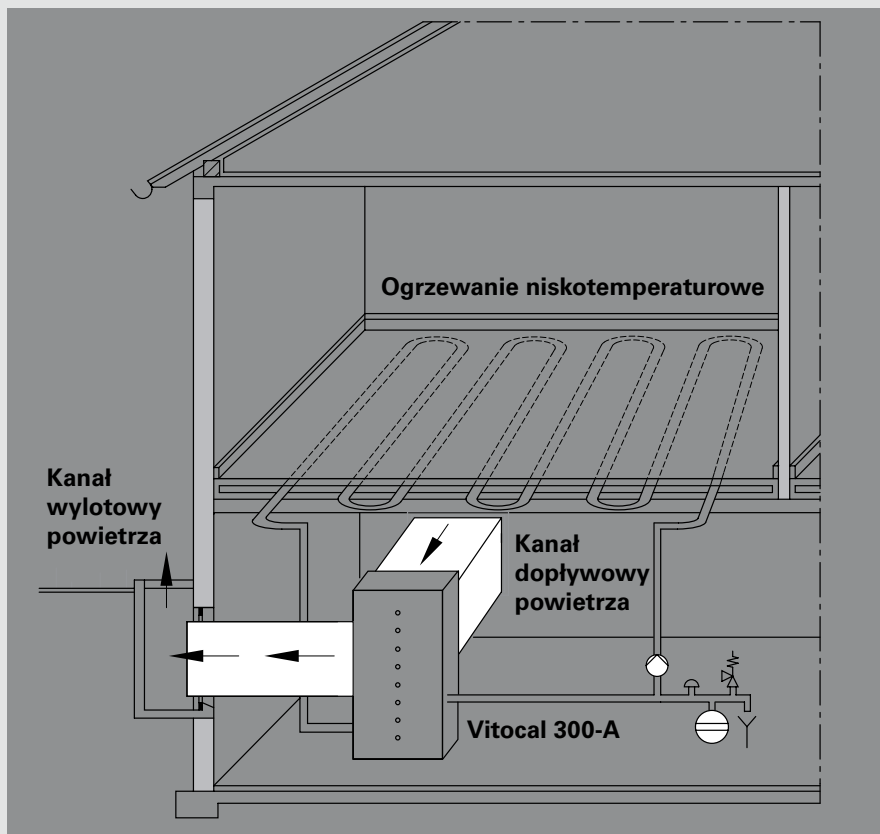
Najmniejszy nakład na ujęcie źródła ciepła potrzebny jest w przypadku powietrza zewnętrznego. Zasysane jest ono po prostu kanałem, schładzane w parowniku pompy ciepła i ponownie odprowadzane na zewnątrz (rys. 30).

Nowoczesna pompa ciepła może wytwarzać ciepło grzewcze jeszcze przy temperaturze zewnętrznej minus 20°C. Jednakże nawet przy optymalnym doborze może przy tak niskiej temperaturze zewnętrznej nie pokryć już całkowicie zapotrzebowania ciepła na ogrzewanie pomieszczeń. W bardzo zimne dni woda grzewcza, podgrzana przez pompę ciepła musi być wtedy dogrzewana do ustawionej temperatury zasilania.

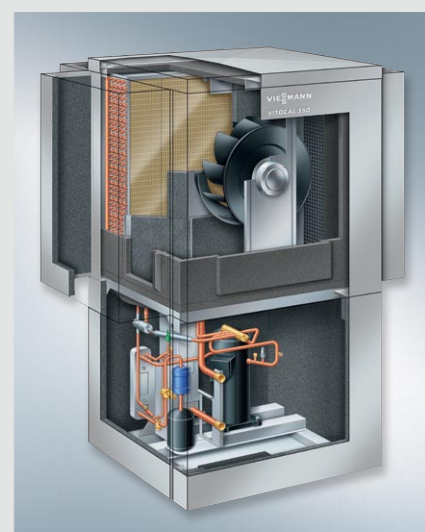
Ponieważ przez wymiennik ciepła powietrze/woda przepływa stosunkowo duży strumień powietrza, należy przy rozmieszczaniu otworów wlotowych i wylotowych powietrza w budynku, a także przy ustawieniu pompy ciepła na zewnątrz brać pod uwagę powstające szумы.

System RCD – zawsze tyle ciepła, ile potrzeba

RCD to system Refrigerant Cycle Diagnostic (stałego nadzoru obiegu czynnika chłodniczego). W Vitocal 300-A zapewniony jest dzięki niemu stały nadzór zapotrzebowania na ciepło i oferowanej mocy grzewczej. System ten zapewnia więc optymalne dostosowanie mocy i tym samym najwyższą efektywność w każdym punkcie działania.



Rys. 30: Pozyskiwanie ciepła z powietrza zewnętrznego



Rys. 31: Vitocal 350-A – pompa ciepła powietrze/woda, moc grzewcza: 10,6 do 18,5 kW

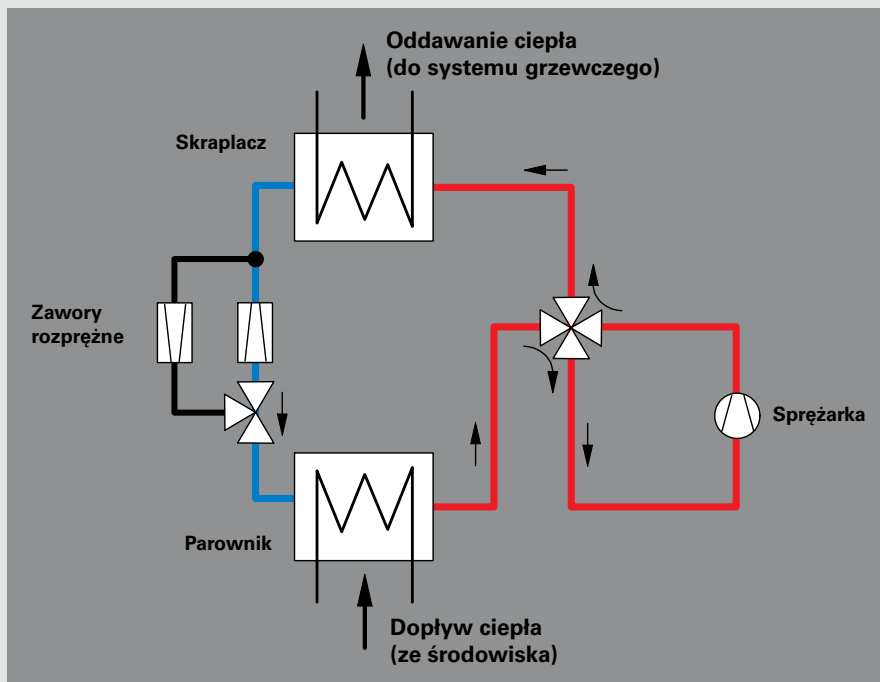
3.3 Chłodzenie sprężarkowymi pompami ciepła

Niektóre pompy ciepła oferują dodatkowe korzyści, umożliwiając ich stosowanie do chłodzenia budynku. Można przy tym rozróżnić dwie różne metody chłodzenia pompą ciepła:

- działanie odwrócone: Odwraca się sposób działania pompy ciepła, tak że pracuje ona jak chłodziarka. Ten sposób chłodzenia nazywa się też pracą odwróconą pompy ciepła.
- chłodzenie bezpośrednie: Solanka wzgl. woda gruntowa pobierają przez wymiennik ciepła ciepło z obiegu grzewczego i odprowadzają je na zewnątrz budynku. Przy tym sposobie działania, określanym też jako „natural cooling” wszystkie funkcje pompy ciepła, oprócz regulatora i pomp obiegowych, są nieaktywne.

3.3.1 Praca odwrócona

W Niemczech instalacje pomp ciepła stosowane są przeważnie tylko do ogrzewania budynku i podgrzewu c.w.u. Do chłodzenia budynku instaluje się w razie potrzeby osobny agregat chłodniczy. Możliwość realizacji obu tych funkcji – ogrzewania i chłodzenia – przez jedno urządzenie jest jeszcze w Niemczech mało znana. Natomiast w USA pompy ciepła, mogące służyć zarówno jako źródło ciepła, jak i agregat chłodniczy ugruntowały się na rynku i są bardzo popularne.



Rys. 32: Uproszczony schemat działania odwracalnej pompy ciepła w trybie ogrzewania

Jak już objaśniano, zwykła chłodziarka i sprężarkowa pompa ciepła pracują na tej samej zasadzie. Stąd też podstawowe zespoły (parownik, sprężarka, skraplacz i zawór rozprężający) są w obu rodzajach urządzeń zasadniczo takie same. Różnią się głównie optymalizacją do swoich zadań, których celem jest w jednym wypadku podnoszenie, a drugim obniżanie temperatury.

Aby wykorzystać pompę ciepła do chłodzenia pomieszczeń, wystarczyłoby w zasadzie odwrócić kierunek tłoczenia sprężarki i odwrócić zawór rozprężający, zmieniając w ten sposób kierunek przepływu czynnika

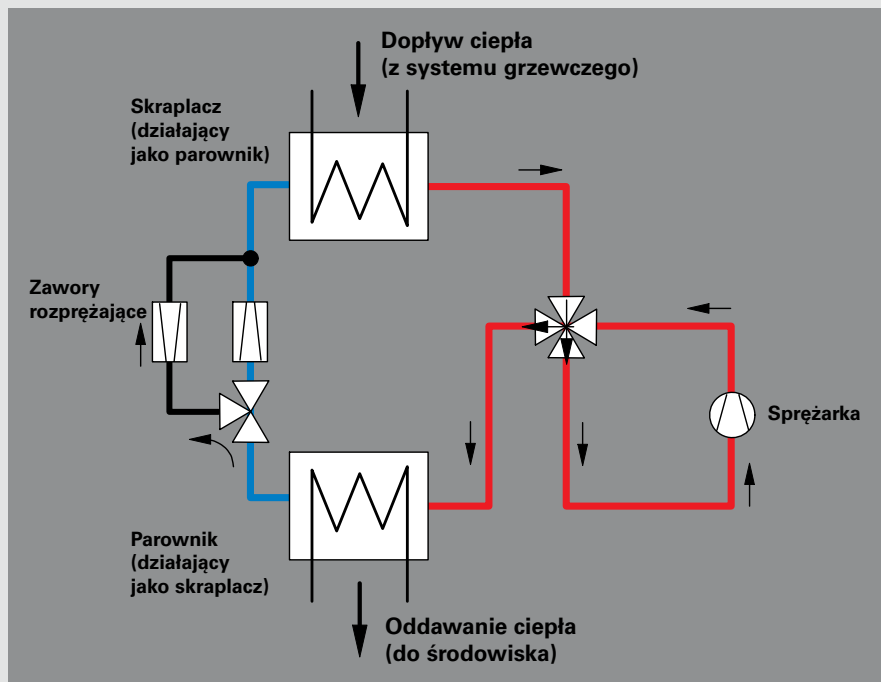
chłodniczego tym samym i przepływu ciepła. Prosta technicznie realizacja polega na wbudowaniu w obieg czynnika zaworu czterodrogowego i drugiego zaworu rozprężającego. Zawór czterodrożny pozwala zachować kierunek tłoczenia sprężarki, niezależnie od wybranej funkcji systemu (ogrzewanie czy chłodzenie). W trybie ogrzewania sprężarka tłoczy gazowy czynnik chłodniczy do wymiennika ciepła systemu grzewczego. Tam czynnik skrapla się, oddając ciepło systemowi grzewczemu (centralne ogrzewanie wodne lub nagrzewnice powietrza) (rys. 32).

Technika pomp ciepła

Dla trybu chłodzenia odwraca się kierunek przepływu przy pomocy zaworu czterodrogowego. Pierwotny skraplacz staje się teraz parownikiem, który odbiera teraz ciepło z pomieszczeń i przekazuje je czynnikowi chłodniczemu. Gazowy czynnik chłodniczy dopływa poprzez zawór czterodrogowy do sprężarki, a stamtąd do wymiennika ciepła, który przekazuje ciepło środowisku (rys. 33).

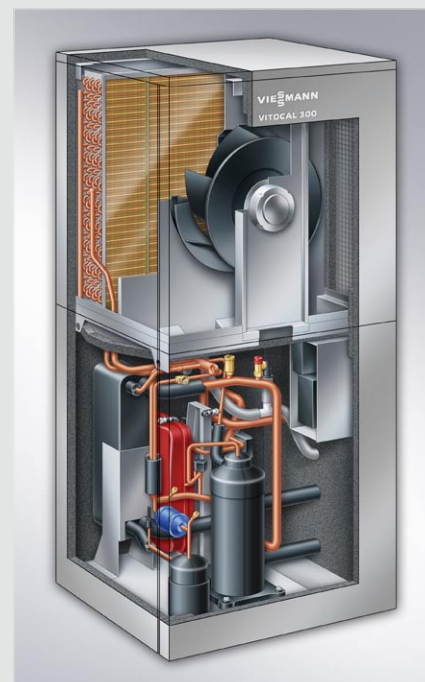
Pompy ciepła, pracujące w opisany sposób, oferowane są m.in. jako rewersyjne pompy ciepła, na przykład pompa ciepła powietrze/woda Vitocal 300-A, która jest pierwszą pompą z technologią Digital Scroll i elektronicznym zaworem rozprężnym Biflow. Dzięki temu uzyskuje ona wyjątkowo wysoką wartość COP (współczynnik efektywności energetycznej): 3,8. Pozwala to na przykład na osiągnięcie wysokie wartości rocznych współczynnika efektywności. Tym samym Vitocal 300-A jest szczególnie niezawodną pompą ciepła, jeśli chodzi o zaopatrzenie w ciepło. A przez to również znacznie obniża koszty eksploatacji.

Moc grzewcza odwracalnej pompy ciepła jest zawsze nieco większa od mocy chłodniczej. W trybie ogrzewania energia pobierana dla napędu sprężarki jest przemieniana w ciepło i wykorzystywana również do ogrzewania pomieszczeń. W trybie chłodzenia ciepło to powstaje także, gdyż sprężarka musi pracować. To powstające z konieczności ciepło pogarsza tu jednak bilans cieplny i możliwą teoretycznie moc chłodniczą. Dlatego osiągalne współczynniki efektywności (COP) odwracalnej pompy ciepła są w trybie chłodzenia zawsze nieco niższe niż w trybie ogrzewania.



Rys. 33: Uproszczony schemat działania odwracalnej (rewersyjnej) pompy ciepła w trybie chłodzenia

Do zastosowania pompy ciepła powietrze/woda Vitocal 300-A nie potrzebują Państwo żadnych dodatkowych inwestycji. Zbędne jest układanie kolektora gruntowego czy też wiercenie, jak w przypadku sond gruntowych. A dzięki dopasowaniu mocy grzewczej i optymalnemu sposobowi pracy można również, w zależności od wersji, zrezygnować z kosztownych systemów buforowania lub ładowania. I jeszcze jedna zaleta: w zależności od istniejących warunków budowlanych pompa ciepła Vitocal 300-A może być zabudowana na zewnątrz lub wewnątrz budynku.



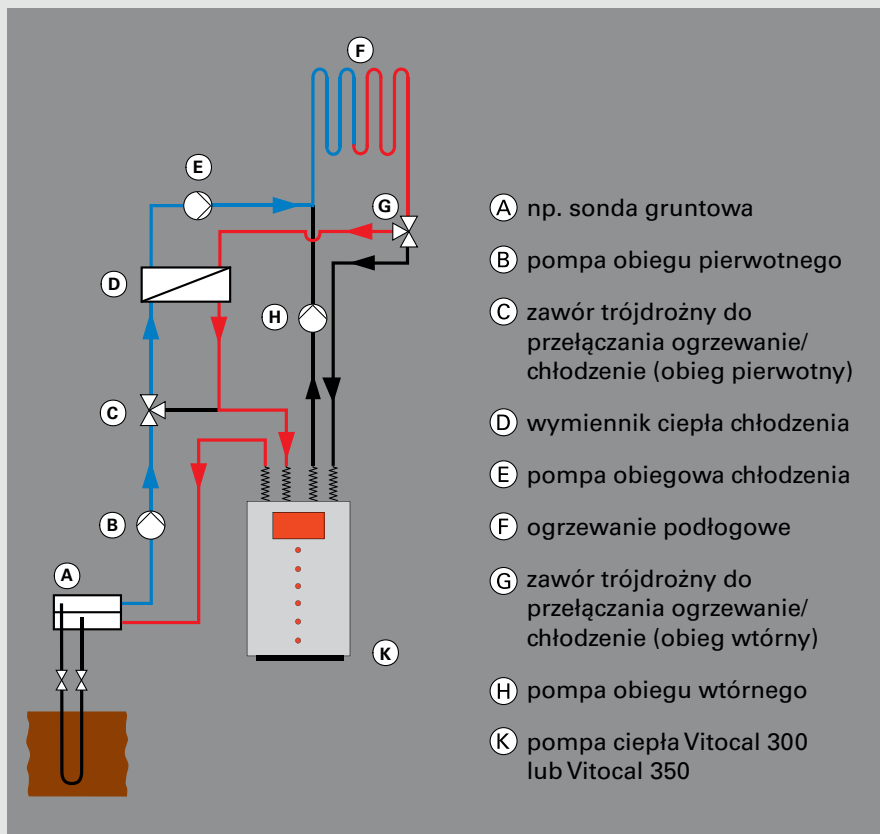
Rys. 34: Vitocal 300-A gwarantuje najwyższą efektywność w każdym trybie eksploatacji dzięki systemowi RCD, technologii Digital Scroll oraz elektronicznemu zaworowi rozprężnemu Biflow

3.3.2 „Natural cooling”

Latem temperatury we wnętrzu budynku są z reguły wyższe od temperatury w gruncie czy wodzie gruntowej. Takie niższe temperatury w gruncie, służącym zimą jako źródło ciepła, można latem wykorzystać do naturalnego schładzania wnętrza budynku. Niektóre pompy ciepła dysponują w swoich regulatorach funkcją określaną mianem „natural cooling”. Ze względu na wysokie temperatury powietrza zewnętrznego w lecie, funkcja ta jest oczywiście niemożliwa w pompach ciepła powietrze/woda.

Funkcję „natural cooling” wymaga niewielu dodatkowych elementów (wymyennik ciepła, zawory trójdrożne i pompa obiegowa) aby korzystać z tej przyjemnej opcji pomp ciepła Vitocal. Pod względem mocy chłodniczej funkcja ta nie daje się porównać z instalacjami klimatyzacyjnymi lub wody lodowej. Moc chłodnicza zależy od wielkości i temperatury kolektora gruntowego, która podlega sezonowym wahaniom. Z praktyki wiadomo, że gdy kolektor gruntowy pod koniec roku nagromadzi dużo ciepła, to moc chłodnicza nieznacznie spada.

W funkcji „natural cooling” regulator uruchamia jedynie pompę obiegu pierwotnego (B) (sprężarka pompy ciepła pozostaje wyłączona), otwiera zawory trójdrożne (C) i (G) do wymiennika ciepła (D) oraz uruchamia pompę obiegu wtórnego (E) (rys. 35). W ten sposób stosunkowo ciepła woda z ogrzewania podłogowego (F) może w wymienniku ciepła (D) oddać swoje ciepło solance z obiegu pierwotnego.



Rys. 35: Uproszczony schemat instalacji dla „natural cooling” poprzez ogrzewanie podłogowe (animacja procesu na stronie internetowej: www.viessmann.pl)

W ten sposób odbierane jest ciepło z pomieszczeń. Do bezpośredniego chłodzenia pomieszczeń można zastosować następujące systemy:

- konwektory wentylatorowe
- stropy chłodzące
- ogrzewania podłogowe
- elementy konstrukcyjne budynku (beton temperowany).

„Natural cooling” jest szczególnie energooszczędna i tania metoda chłodzenia budynków, gdyż wymaga jedynie niewiele energii elektrycznej dla pomp obiegowych kolektora gruntowego lub sond wody gruntowej. Podczas tego trybu pracy pompa ciepła włącza się tylko dla podgrzewania c.w.u. Wysterowaniem wszystkich potrzebnych pomp obiegowych oraz zaworów przełączających, a także pomiarem temperatur dla kontroli punktu rosy zajmuje się regulator pompy ciepła.

Przy tym rodzaju chłodzenia osiąga się współczynniki efektywności COP = 15 do 20.

3.3.3 Chłodzenie pomieszczeń: medium pośredniczące powietrze czy woda?

W konwencjonalnych instalacjach klimatyzacyjnych do pomieszczeń doprowadzane jest jednym lub kilku kanałami schłodzone powietrze i odprowadzane powietrze nagrzane. Na tej samej zasadzie pracują także kompaktowe centrale grzewcze dla domów pasywnych. W obu przypadkach są to urządzenia wentylacyjne, zapewniające wymaganą wymianę ciepła przez wymianę powietrza.

Działające odwracalnie pompy ciepła z funkcją „natural cooling” natomiast współdziałają zazwyczaj z wodną instalacją centralnego ogrzewania. W zimne dni przekazuje ona ciepło do ogrzewanych pomieszczeń przez powierzchnie grzewcze (np. ogrzewanie podłogowe, ściennie). Do chłodzenia pomieszczeń niezbyt przydatne są natomiast grzejniki. Ze względu na stosunkowo niewielką różnicę temperatur między wodą grzewczą a pomieszczeniem w lecie i względnie niewielką powierzchnią grzejników możliwa jest jedynie ograniczona wymiana ciepła przez konwekcję i promieniowanie. Również usytuowanie grzejników w pobliżu podłogi jest dla funkcji chłodzenia niekorzystne, gdyż ciepłe powietrze, jak wiadomo, zbiera się pod sufitem. Nadto grzejniki, ze względu na ich konstrukcję, są szczególnie podatne na powstawanie oroszenia.

Ze względu na dużą powierzchnię, lepiej nadają się do tego celu ogrzewania podłogowe lub ściennie. Schłodzone powietrze gromadzi się jednak w pobliżu podłogi i nie wznosi się. Dlatego odbieranie ciepła przy ogrzewaniu podłogowym odbywa się prawie wyłącznie przez promieniowanie. Jako powierzchnia chłodząca jest jednak przy tym do dyspozycji cała powierzchnia podłogi, dzięki czemu możliwe jest skuteczne wpływanie na temperaturę pomieszczenia. Skuteczność chłodzenia przy użyciu ogrzewania podłogowego można podnieść przez zastosowanie wentylacji pomieszczeń, która powoduje krążenie powietrza.



Rys. 36: System stropów klimatyzujących (Foto: Firma EMCO)

Jeszcze lepiej można odprowadzać ciepło przez „strop chłodzący”. Ochładza on zbierające się pod sufitem powietrze, które opada ku podłodze, wypierając w górę cieplejsze powietrze. „Stropy chłodzące” (rys. 36) nie zastępują jednak normalnie żadnego systemu grzewczego i instalowane są z reguły dodatkowo, obok ogrzewania radiatorowego lub podłogowego i są połączone hydraulicznie przez dodatkowy wymiennik ciepła, separujący oba systemy.

Sz szczególnie skuteczne są konwektory wentylatorowe (rys. 37), wyposażone w wentylator z regulowanym strumieniem powietrza. Dzięki temu przez ich wymiennik ciepła można przepuszczać duże ilości powietrza, co umożliwia szybkie i skuteczne schłodzenie pomieszczenia. Dodatkowo możliwość regulacji wydajności wentylatora pozwala na precyzyjną regulację klimatu pomieszczenia. Konwektory wentylatorowe są ponadto niewrażliwe na oroszenie, jeśli odprowadzać się będzie powstający kondensat.

Niezależnie od metody chłodzenia – odwrócona praca pompy ciepła, czy „natural cooling” – konieczna jest w każdym przypadku kontrola punktu rosy przez regulator pompy ciepła. Tak więc w trybie chłodzenia powierzchnia ogrzewania podłogowego nie może spaść poniżej 20°C. Kontrola punktu rosy utrzymuje temperaturę zasilania w użytych do chłodzenia systemie grzewczym na poziomie wyższym od punktu rosy, aby wykluczyć niebezpieczeństwo skraplania się wilgoci z powietrza na powierzchni podłogi.



Rys. 37: Konwektory wentylatorowe (Foto: Firma EMCO)

3.4 Sposoby eksploatacji pomp ciepła

Rozróżnia się trzy sposoby eksploatacji pompy ciepła: monowalentną, monoenergetyczną i biwalentną.

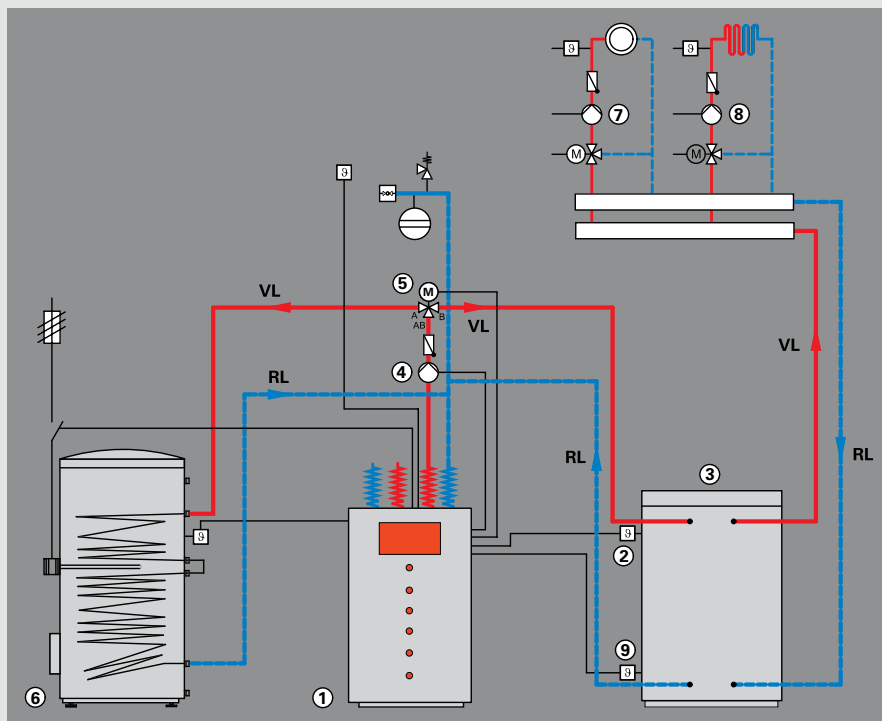
3.4.1 Eksploatacja monowalentna

Eksploatacja monowalentna oznacza, że pompa ciepła jest jedynym źródłem ciepła, pokrywającym całe zapotrzebowanie. Taki sposób eksploatacji należy preferować ze względów energetycznych i pozwala on osiągać wysoki wskaźnik pracy rocznej. Warunkiem jest zaprojektowanie zasilanego przez pompę ciepła systemu grzewczego do temperatury zasilania niższej od maksymalnej temperatury zasilania pompy ciepła, a także obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła nie może przekraczać maksymalnej mocy pompy ciepła (rys. 38).

Typowym obszarem zastosowań systemów monowalentnych są domy jedno- i wielorodzinne oraz budynki gospodarczo-przemysłowe z maksymalnie dwoma różnymi profilami użytkowania.

Możliwe jest zróżnicowane zaprojektowanie dwóch obiegów grzewczych (np. ogrzewania podłogowego i radiatorowego obiegu grzewczego). Pompa obiegu wtórnego ④ musi zapewnić minimalny przepływ przez zasobnik buforowy wody grzewczej. Możliwe jest zastosowanie pomp obiegów grzewczych ⑦ i ⑧ z regulowaną różnicą ciśnień. Gdy wartość rzeczywista temperatury, mierzona przez górny czujnik temperatury ② zasobnika buforowego wody grzewczej spadnie poniżej nastawionej na regulatorze wartości zadanej, to zostaje włączona pompa ciepła ①, pompy obiegu pierwotnego i pompa obiegu wtórnego ④. Pompa ciepła ① zasila obieg grzewczy ciepłem. Regulator wbudowany w pompę ciepła ① reguluje temperaturę wody grzewczej na zasilaniu i tym samym obieg grzewczy.

Pompa obiegu wtórnego ④ tłoczy wodę grzewczą poprzez sterowany zawór trójdrożny ⑤ albo do pojem-



Rys. 38: Schemat instalacji dla eksploatacji monowalentnej

nościowego podgrzewacza c.w.u. ⑥, albo do buforowego zasobnika wody grzewczej ③. Pompy obiegów grzewczych ⑦ i ⑧ tłoczą do obiegów grzewczych wymagany strumień wody.

Przepływ w obiegu grzewczym regulowany jest poprzez otwieranie i zamykanie się termostatycznych zaworów grzejnikowych lub zaworów na rozdzielaczu ogrzewania podłogowego, albo też przez zewnętrzny regulator obiegu grzewczego. Natężenie przepływu, przyjęte przy doborze pomp obiegów grzewczych ⑦ i ⑧ może być różne od natężenia przepływu w obiegu pompy ciepła (pompy obiegowej obiegu wtórnego ④). Dla skompensowania tej różnicy strumieni wody przewidziano zasobnik buforowy wody grzewczej ③, wpięty równolegle do obiegu grzewczego. Ciepło nieodebrane przez obiegi grzewcze zostaje zakumulowane w tym zasobniku. Dzięki temu uzyskuje się ponadto bardziej zrównoważoną pracę pompy ciepła (długie cykle pracy). Gdy dolny czujnik temperatury ⑨ na zasobniku buforowym wody grzewczej

stwierdzi osiągnięcie ustawionej na regulatorze wartości zadanej temperatury, pompa ciepła ① zostaje wyłączona. Teraz obiegi grzewcze będą zasilane ciepłem z zasobnika buforowego wody grzewczej ③. Dopiero, gdy temperatura na górnym czujniku temperatury ② zasobnika buforowego wody grzewczej spadnie poniżej ustawionej temperatury zadanej, pompa ciepła ① włącza się ponownie.

Podgrzew c.w.u. przez pompę ciepła ① ma z reguły priorytet wobec obiegów grzewczych i jest preferowany w godzinach nocnych. Sygnał żądania podgrzewu z czujnika temperatury podgrzewacza c.w.u. powoduje przesterowanie zaworu trójdrożnego ⑤. Regulator podnosi równocześnie temperaturę zasilania do wartości wymaganej dla podgrzewu c.w.u. Możliwe jest dogrzewanie c.w.u. przez grzałkę. Gdy wartość rzeczywista temperatury podgrzewacza c.w.u. przekroczy wartość zadaną, ustawioną na regulatorze, regulator przełącza zawór trójdrożny ⑤ na zasilanie obiegów grzewczych.

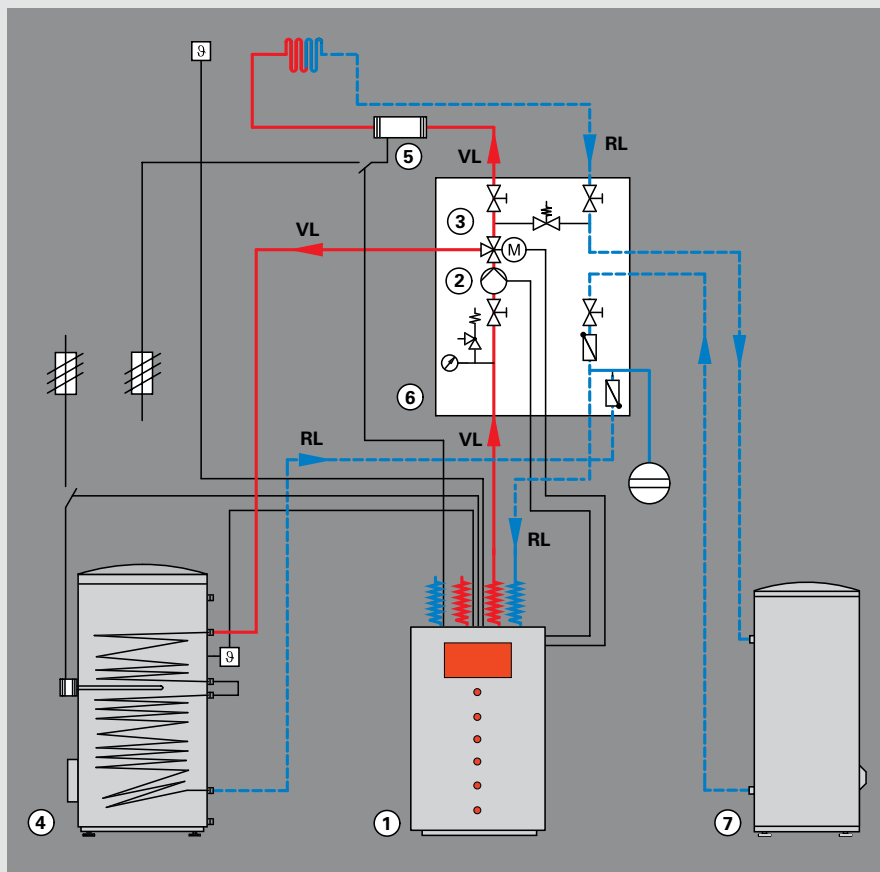
3.4.2 Eksploatacja monoenergetyczna

Przy eksploatacji monoenergetycznej używa się drugiego źródła ciepła korzystającego z tego samego rodzaju energii. Na przykład, obok sprężarkowej pompy ciepła z napędem elektrycznym instaluje się elektryczny przepływowy podgrzewacz wody w zasilaniu instalacji grzewczej lub elektryczną wkładkę grzejącą w zasobniku buforowym wody grzewczej (zwłaszcza w przypadku pomp ciepła powietrze/woda). Rozwiązanie takie stanowi korzystny kompromis między efektywnością energetyczną a kosztami inwestycyjnymi.

Instalacje monoenergetyczne stosowane są przede wszystkim w domach jednorodzinnych lub mniejszych domach dwurodzinnych o jednolitym profilu użytkowania, wyposażonych w ogrzewanie podłogowe (rys. 39).

Minimalny przepływ wody przez pompę ciepła gwarantuje pompa obiegu wtórnego ② i zawór przelewowy. Konieczna jest zrównoważenie pionów grzewczych i zaworu przelewowego. Jeśli wartość temperatury, zmierzona czujnikiem temperatury powrotu pompy ciepła jest niższa od wartości zadanej temperatury, ustawionej na regulatorze, to uruchomiona zostaje pompa ciepła ①, oraz pompy obiegu pierwotnego i wtórnego ②.

Pompa ciepła ① zaopatruje teraz obieg grzewczy w ciepło. Regulator wbudowany w pompę ciepła ① reguluje temperaturę zasilania i tym samym obieg grzewczy. Pompa obiegu wtórnego ② tłoczy wodę grzewczą poprzez zawór trójdrożny ③ albo do pojemnościowego podgrzewacza c.w.u. ④, albo do obiegu grzewczego. Podgrzewacz przepływowy ⑤ służy do pokrycia szczytowego zapotrzebowania ciepła grzewczego przy niskich temperaturach zewnętrznych (np. $< -10^{\circ}\text{C}$). Przepływ w obiegu grzewczym regulowany jest przez otwieranie i zamykanie się termostacyjnych zaworów grzejnikowych lub zaworów na rozdzielaczu ogrzewania podłogowego.



Rys. 39: Schemat instalacji dla eksploatacji monoenergetycznej

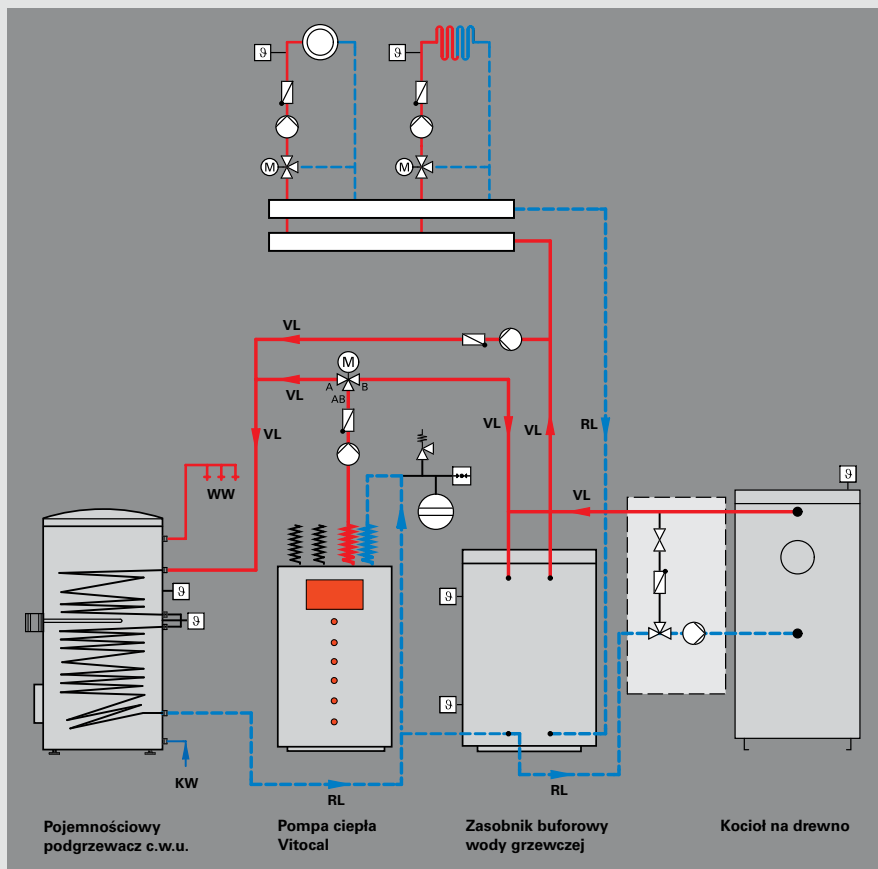
W rozdzielaczu obiegu grzewczego Divicon ⑥ znajduje się zawór przelewowy, gwarantujący wymagany stały przepływ przez obieg pompy ciepła. Wpięty w powrót podgrzewacz pojemnościowy ⑦ stwarza objętość wodną, potrzebną dla zapewnienia minimalnego czasu cyklu pracy pompy ciepła ①. Gdy wartość rzeczywista na czujniku temperatury powrotu przekroczy nastawioną na regulatorze wartość zadaną, pompa ciepła ①, pompa obiegu pierwotnego i pompa obiegu pośredniego zostają wyłączone. Podgrzew c.w.u. odbywa się analogicznie, jak przy eksploatacji monowalentnej.

3.4.3 Eksploatacja biwalentna

W instalacji grzewczej eksploatowanej biwalentnie, pompa ciepła współpracuje z dodatkowym źródłem ciepła, np. kotłem na paliwo stałe, płynne lub gazowe (z możliwością pracy równoległej lub alternatywnej). Jako dodatkowe źródła ciepła w rachubę wchodzi zarówno kotły na biomasę, jak i olej lub gaz (rys. 40). Oba źródła ciepła pracują albo równocześnie (praca równoległa), albo też – zależnie od doboru źródła ciepła – alternatywnie. Przy pracy alternatywnej pompa ciepła powyżej określonej temperatury zewnętrznej przejmuje całe zaopatrzenie w ciepło. Przy niższej temperaturze zewnętrznej, jeśli moc przyjętej pompy ciepła jest niewystarczająca, włącza się do pracy drugie źródło ciepła, przejmując całe zaopatrzenie w ciepło, a pompa ciepła wyłącza się.

3.4.4 Zasobnik buforowy

Stosowanie zasobników buforowych wody grzewczej zaleca się dla osiągnięcia optymalnej długości cyklu pracy pompy i związanego z tym lepszego wskaźnika pracy rocznej. Zapewniają one odsprężenie hydrauliczne strumieni objętościowych w obiegu pompy ciepła i obiegu grzewczym. Ponieważ moc grzewcza pompy ciepła nie zawsze jest identyczna z chwilowym zapotrzebowaniem ciepła, zastosowanie zasobnika buforowego zapewnia bardziej wyrównaną pracę pompy ciepła, tzn. wyeliminowanie częstego włączania i wyłączania. Gdy np. strumień objętościowy w obiegu grzewczym zostanie zredukowany przez przymknięcie się zaworów termostatycznych, to strumień objętościowy w obiegu pompy ciepła pozostaje stały. Ponadto coraz częściej stosuje się termiczne instalacje solarne, wspomagające podgrzew c.w.u. i ogrzewanie. Zasobnik buforowy upraszcza wprowadzanie pozyskanego ciepła solarnego do wspólnego systemu.



Rys. 40: Eksploatacja biwalentna z alternatywnym kotłem na drewno

Za zastosowaniem zasobnika buforowego przemawia ponadto:

- pokrycie zapotrzebowania podczas czasów blokady zasilania przez zakład energetyczny,
- stały strumień objętościowy wody, przepływający przez pompę ciepła,
- brak konieczności wymiany pompy ciepła przy modernizacji instalacji grzewczej
- brak szumów przepływu w systemie rozprowadzenia ciepła.

Pojemność zasobnika buforowego powinna być tak duża, by pokryć czas blokady zasilania przez zakład energetyczny, bez dopuszczania do wychłodzenia budynku. Jest to szczególnie istotne w systemach rozprowadzania ciepła bez dodatkowej pojemności akumulacyjnej (np. radiatory). W przypadku ogrzewania

podłogowego zadanie akumulacji ciepła przejmuje w pewnym stopniu wylewka posadzkowa. Zasobnik buforowy można orientacyjnie przyjąć, zakładając wykorzystanie bezwładności cieplnej budynku, wg wzoru:

$$V_{HP} = Q_G \cdot (60 \text{ do } 80 \text{ litrów})$$

$$V_{HP} = \text{pojemność zasobnika buforowego wody grzewczej [litrów]}$$

$$Q_G = \text{zapotrzebowanie mocy dla budynku [kW]}$$

Jeśli blokady zasilania przez zakład energetyczny nie występują, to dla optymalizacji cyklu pracy pompy ciepła wystarczy zasobnik o pojemności

$$V_{HP} = Q_G \cdot (20 \text{ do } 25 \text{ litrów})$$

Technika pomp ciepła

3.5 Podgrzew c.w.u.

Podgrzew c.w.u. stawia zasadniczo inne wymagania niż zaopatrzenie w ciepło grzewcze, gdyż cechuje się mniej więcej stałym zapotrzebowaniem i poziomem temperaturowym przez cały rok. Najkorzystniej jest, by podgrzew c.w.u. następował w okresie zredukowanej pracy ogrzewania. Wówczas w ciągu dnia cała moc pompy ciepła będzie do dyspozycji wyłącznie dla ogrzewania.

Systemy z pompą ciepła dostarczają zazwyczaj c.w.u. o temperaturze 45-50 °C, w związku z czym pojemność podgrzewacza winna odpowiadać zapotrzebowaniu dziennemu c.w.u.

Przy projektowaniu należy zasadniczo oprzeć się na instrukcji roboczej W 551 „Podgrzew c.w.u. i instalacje przewodowe” Niemieckiego Stowarzyszenia Branżowego Woda i Gaz (DVGW).

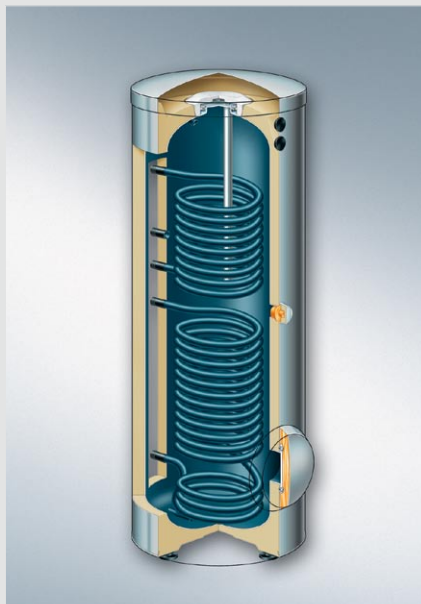
Vitocell 100-B

Vitocell 100-B (rys. 41 i 42) z pokryciem emalią Ceraprotect spełnia wymogi ekonomicznego i komfortowego podgrzewu c.w.u. i zajmuje na rynku czołowe miejsce wśród emaliowanych pojemnościowych podgrzewaczy c.w.u..

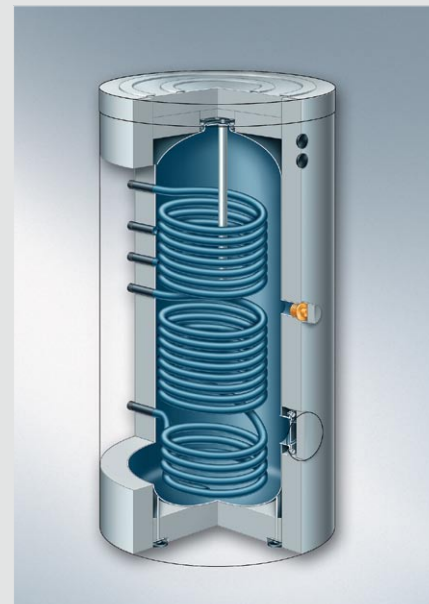
Emalia Ceraprotect wraz z anodą ochronną skutecznie i trwale zabezpiecza zbiornik podgrzewacza przed korozją.

Vitocell 300-B

Pojemnościowy podgrzewacz c.w.u. Vitocell 300-B (rys. 43) z odpornej na korozję nierdzewnej stali szlachetnej spełnia najwyższe wymagania higieniczne. Nie bez powodu stal szlachetna stosowana jest w kuchniach, laboratoriach, szpitalach i przemyśle spożywczym. Jej gładka powierzchnia jest i pozostaje nawet po wieloletnim użytkowaniu nienaganna pod względem higienicznym.



Rys. 41: Vitocell 100-B – biwalentny pojemnościowy podgrzewacz c.w.u. z emalią Ceraprotect (pojemność 300 litrów)

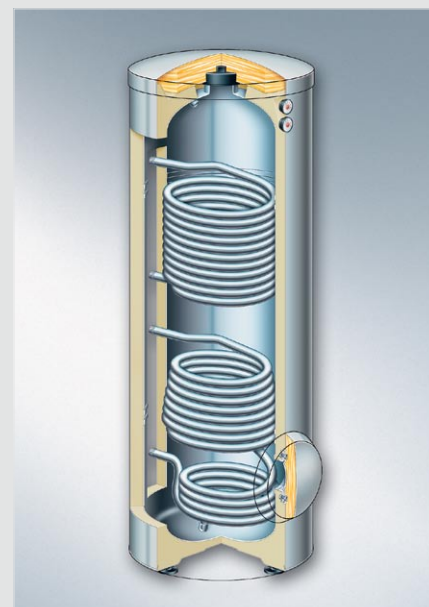


Rys. 42: Vitocell 100-B – biwalentny pojemnościowy podgrzewacz c.w.u. z emalią Ceraprotect (pojemność 400 lub 500 litrów)

Duża powierzchnia węzownic, wysoka moc podgrzewu

Wężownice grzejne biwalentnych pojemnościowych podgrzewaczy c.w.u. połączone są szeregowo, by w sposób ciągły przekazywały moc pompy ciepła. Wężownice doprowadzone są ponadto aż do samego dna zbiornika, co zapewnia równomierne podgrzanie całej zawartości.

Dla ułatwienia uruchomienia i zapewnienia bezzakłóceń pracy wężownice wykonane są tak, by samoczynnie odpowietrzały się w górę, i samoczynnie opróżniały się w dół. Skuteczna izolacja cieplna z bezhalogenowej twardej lub miękkiej pianki chroni bardzo dobrze podgrzewacz przed stratami ciepła.



Rys. 43: Vitocell 300-B – biwalentny pojemnościowy podgrzewacz c.w.u. ze stali nierdzewnej (pojemność 300 i 500 litrów)

Technika pomp ciepła

Vitocell 100-E/140-E/160-E

Zasobniki magazynujące ciepłą wodę grzewczą z możliwością wszechstronnego stosowania w systemach grzewczych z dwoma lub więcej źródłami ciepła oraz większej ilości odbiorników ciepła dzięki zastosowaniu dwóch przyłączy zasilania (w górnej części urządzenia) i dwóch przyłączy powrotu (w dolnej części) oraz dodatkowo trzech przyłączy pomiarowych.

Do akumulowania wody grzewczej we współpracy z kolektorami słonecznymi, pompami ciepła i kotłami na paliwo stałe firmy Viessmann oferuje zbiorniki buforowe Vitocell 100-E. Zwłaszcza w większych instalacjach można dzięki nim zredukować wielkość potrzebnego pojemnościowego podgrzewacza c.w.u. (higiena).

Zbiorniki Vitocell 140-E/160-E

(rys. 44 i 45) są wysokowydajnymi zasobnikami buforowymi dla współpracy z kolektorami słonecznymi do wspomaganie ogrzewania. Obydwa typy zbiorników posiadają duży wewnętrzny solarny wymiennik ciepła. Umożliwia on efektywne przekazywanie ciepła solarne wodzie grzejnej. Vitocell 160-E posiada dodatkowo system ładowania warstwowego, złożony z obudowy solarnego wymiennika ciepła i rury wznosnej z otworami wylotowymi na różnych wysokościach.

Vitocell 340-M/360-M

Multiwalentne zasobniki buforowe (rys. 46 i 47) z podgrzewem wody grzewczej i użytkowej dla instalacji grzewczych z wieloma źródłami ciepła.

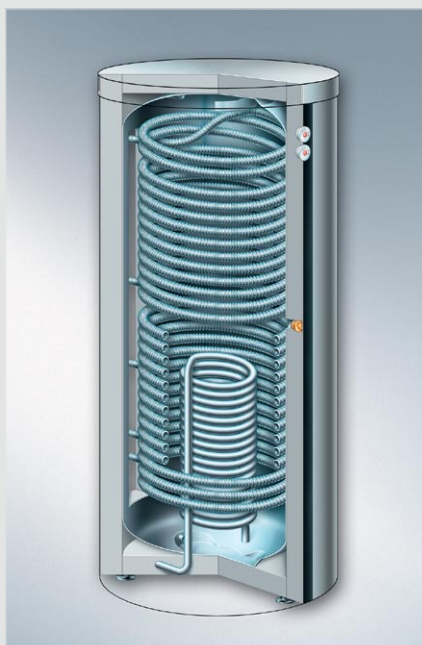
Vitocell 360-M posiada dodatkowo system ładowania warstwowego, zapewniający szybką dostępność podgrzanej solarnie ciepłej wody użytkowej.



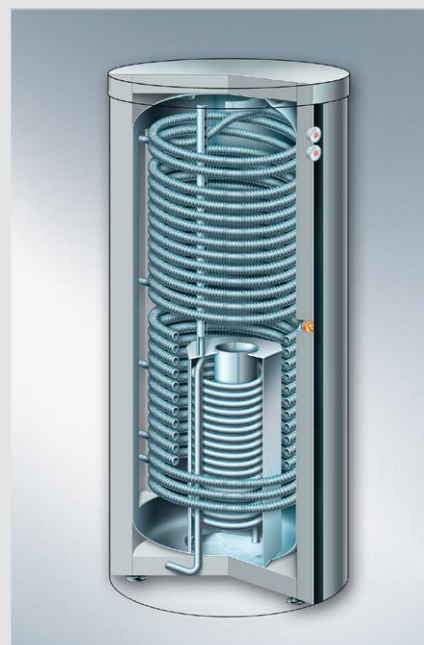
Rys. 44: Vitocell 140-E, zasobnik buforowy wody grzejnej z wewnętrznym solarnym wymiennikiem ciepła



Rys. 45: Vitocell 160-E, zasobnik buforowy wody grzejnej z wewnętrznym solarnym wymiennikiem ciepła i systemem ładowania warstwowego



Rys. 46: Vitocell 340-M, multiwalentny zasobnik buforowy wody grzejnej ze zintegrowanym podgrzewem c.w.u.



Rys. 47: Vitocell 360-M, multiwalentny zasobnik buforowy wody grzejnej z systemem ładowania warstwowego i zintegrowanym podgrzewem c.w.u.

4. Stosowanie pomp ciepła

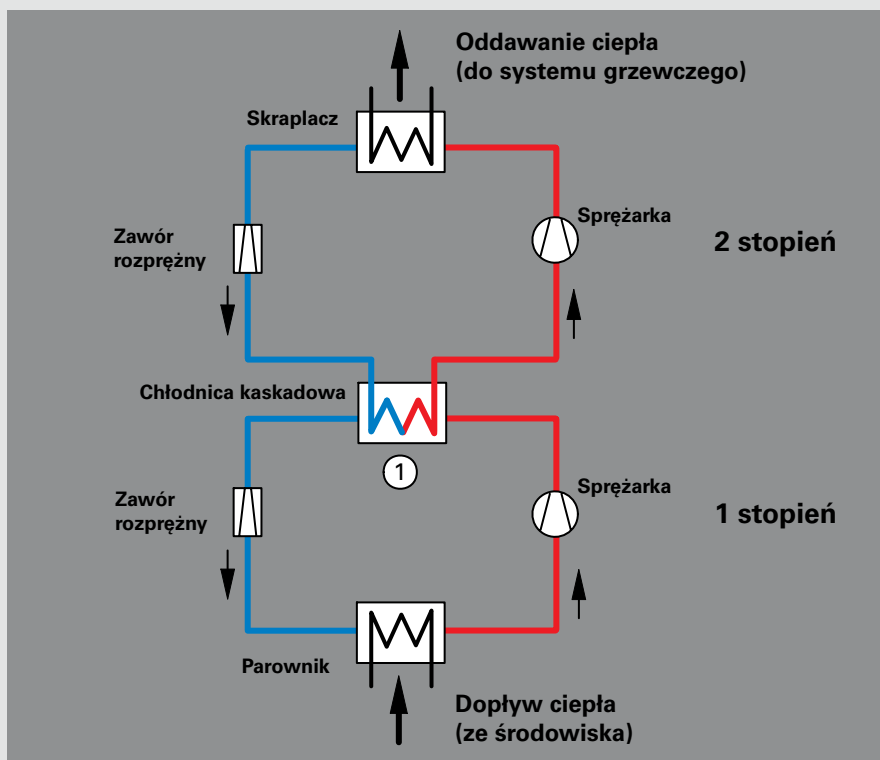
4.1. Pompy ciepła dla modernizacji

Mimo, że szacunkowo trzeba w Niemczech zmodernizować okragło 3 miliony starych instalacji grzewczych, pompy ciepła na rynku modernizacyjnym nie odegrały dotychczas prawie żadnej roli. Powodem sporadycznego jedynie zastępowania starych kotłów grzewczych pompą ciepła są wymagane w starych instalacjach grzewczych temperatury zasilania, wyższe niż w instalacjach nowobudowanych.

Zwykle, jednostopniowe sprężarkowe pompy ciepła, pracujące na powszechnie stosowanych czynnikach chłodniczych (R 407 C, R 404 A itd.) osiągają temperaturę na zasilaniu maksymalnie 55°C. A to jest zbyt mało, by radiatory normalnej wielkości mogły przekazać pomieszczeniom dość ciepła. Próby uzyskania wyższych temperatur na zasilaniu przez wyższe sprężanie czynnika chłodniczego powodują szybkie wyczerpanie możliwości czynnika chłodniczego (temperatura i ciśnienie). Ponadto, ze względu na właściwości procesu, obniża się równocześnie współczynnik efektywności. Ekonomiczną eksploatację pompy ciepła przy modernizacji ogrzewania umożliwiają dwa zmodyfikowane obiegi termodynamiczne.

Obydwa pozwalają osiągnąć na zwykłych czynnikach chłodniczych temperatury zasilania ponad 55°C przy równocześnie dobrym współczynniku efektywności.

Jedną z tych możliwości osiągnięcia wyższych temperatur zasilania przy zwykłych czynnikach chłodniczych jest tzw. układ kaskadowy. Jeden agregat zawiera dwie pompy ciepła, połączone szeregowo poprzez wymiennik ciepła (rys. 48). Ten pośredni wymiennik ciepła ① jest skraplaczem pompy ciepła pierwszego i równocześnie parownikiem drugiego stopnia.



Rys. 48: Uproszczony schemat układu kaskadowego z dwoma stopniami sprężarek

Ciepło pobrane przez pierwszy stopień oddawane jest najpierw drugiemu „wyższemu” stopniowi, a następnie systemowi grzewczemu.

Te dwa obiegi pracują zazwyczaj na różnych czynnikach chłodniczych, np. R 404 A w dolnym i R 134 A w górnym stopniu. W takim układzie oba stopnie muszą jednak stale pracować, gdyż ciepło z otoczenia może pobierać tylko stopień pierwszy, a tylko drugi przystosowany jest do przekazywania ciepła systemowi grzewczemu.

4.1.1 Cykl EVI

Innym rozwiązaniem technicznym sposobu uzyskania wyższych temperatur na zasilaniu przy czynniku chłodniczym R 407 C jest zmodyfikowany jednostopniowy obieg chłodniczy z wtryskiem par. W tej metodzie, zwanej także cyklem EVI (ang. Enhanced Vapour Injection), pobiera się w razie potrzeby poprzez zawór elektromagnetyczny za skraplaczem niewielką ilość czynnika chłodniczego. Ten ciekły, ale pozostający pod wysokim ciśnieniem zostaje w zaworze rozprężającym rozprężony do ciśnienia wtrysku i odparowany w dodatkowym wymienniku ciepła. Z tego wymiennika ciepła para czynnika chłodniczego doprowadzana jest do sprężarki i wtryskiwana bezpośrednio w procesie sprężania (rys. 49).

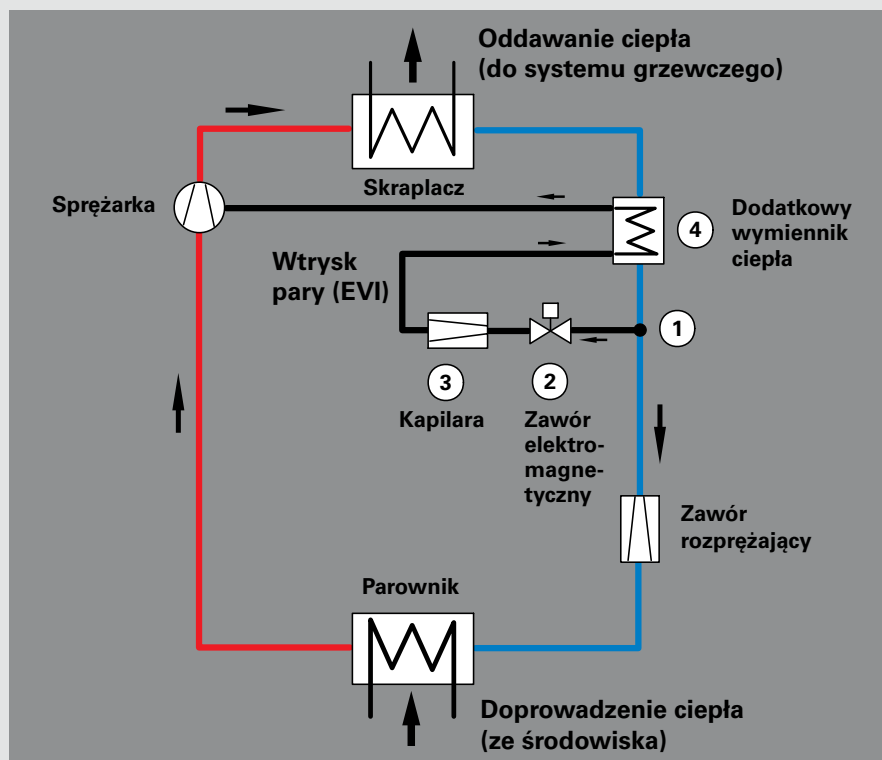
Stosowanie pomp ciepła

Pompa ciepła z cyklem EVI pracuje początkowo jak zwykła pompa ciepła. Dopiero przy wyższym zapotrzebowaniu ciepła wzgl. wielkości podnoszenia temperatury do 65°C zostaje użyty wtrysk pary. Dzięki wtryskowi pary znacznie zwiększa się wydajność i tym samym współczynnik efektywności, w porównaniu z normalnym cyklem termodynamicznym. Zapotrzebowanie energii elektrycznej do napędu sprężarki jest w cyklu EVI znacznie niższe, niż dla porównywalnej teoretycznie sprężarki bez wtrysku pary.

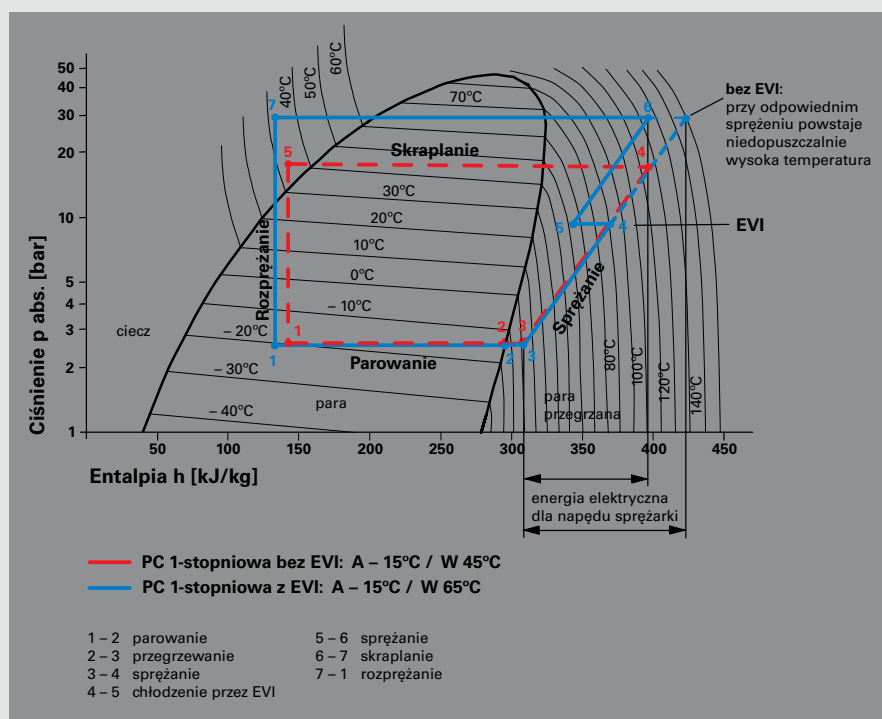
Rys. 50 przedstawia na wykresie „lg p-h” obieg termodynamiczny, powstający przy cyklu EVI z czynnikiem chłodniczym R 407 C (dla porównania przedstawiono linią przerywaną zwykły cykl pompy ciepła). Wtrysnięta para ochładza czynnik chłodniczy. Spadek ciśnienia, powstający zgodnie z prawami fizyki przy schłodzeniu, kompensowany jest w całości ilością wtrysniętego czynnika chłodniczego, dlatego linia z punktu ④ do ⑤ przebiega poziomo.

Schłodzenie umożliwia silniejsze sprężenie czynnika chłodniczego, bez przekraczania dopuszczalnego poziomu temperatury w sprężarce. Dzięki temu przy wejściu w „obszar pary” osiąga się wyższe temperatury. Równocześnie dodatkowo wtrysnięty czynnik chłodniczy zwiększa przepływ masowy w obiegu, doprowadzając do zwiększenia ilości ciepła przekazywanej systemowi grzewczemu.

Szczególnie efektywnie proces ten przebiega w pompach ciepła powietrze/woda, np. Vitocal 350-A, typ AWO. Ponieważ nawet przy temperaturze zewnętrznej – 15°C podnosi temperaturę o 80 K, może więc przy tej temperaturze zewnętrznej zapewnić na zasilaniu temperaturę 65°C.



Rys. 49: Schemat działania sprężarkowej pompy ciepła z cyklem EVI



Rys. 50: Schemat działania sprężarkowej pompy ciepła z cyklem EVI (animacja przebiegu procesu na stronie internetowej: www.viessmann.pl)

Stosowanie pomp ciepła

4.1.2 Vitocal 350 – rozszerzony obszar zastosowań

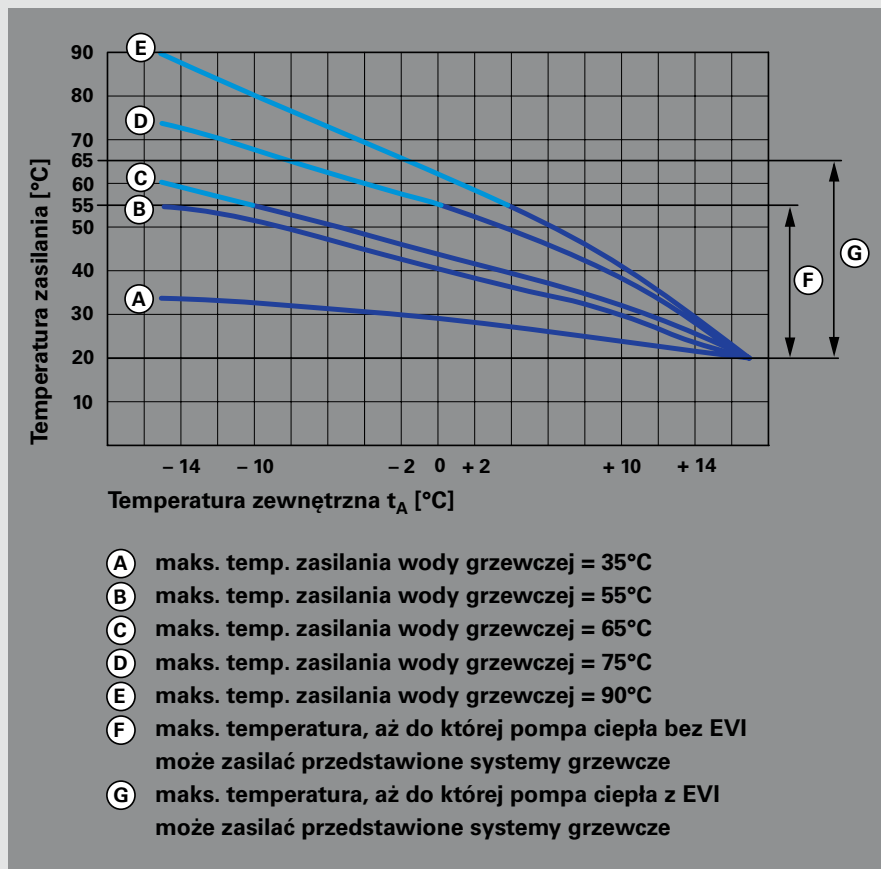
Dzięki temperaturze na zasilaniu, wyższej w porównaniu ze zwykłymi pompami ciepła, możliwe jest zasilanie systemów grzewczych, wymagających temperatury zasilania 65°C. W ten sposób możliwe jest stosowanie pomp ciepła także przy modernizacji instalacji, także w takich systemach, które pierwotnie były zaprojektowane dla wyższych temperatur zasilania. Często bowiem grzejniki były wymiarowane z dużym zapasem, a w ramach zabiegów modernizacyjnych budynki wyposaża się w okna z szybami izolacyjnymi i nową izolację cieplną, co znacznie zmniejsza zapotrzebowanie ciepła grzewczego.

Dlatego – przy zachowaniu pierwotnej powierzchni grzejników – wysokie temperatury zasilania (np. 90°C) wcale już nie są potrzebne i można je często bez uszczerbku dla komfortu zredukować do 65°C (rys. 51).

W takich przypadkach pompa ciepła z cyklem EVI może całorocznie zaopatrywać w ciepło także systemy, zaprojektowane pierwotnie na temperatury 90/70°C i dostarczać ciepło do pomieszczeń poprzez istniejące radiatory.

Pompy ciepła, jak Vitocal 350 (rys. 52) z wtryskiem pary, osiągają temperatury na zasilaniu do 65°C i temperatury c.w.u. 58°C. Dzięki temu również przy czynniku chłodniczym R 407 C mogą zasilать systemy grzewcze, zaprojektowane dla temperatur 65/55°C, przy wskaźniku pracy rocznej nie niższym od 3.

Pompa ciepła Vitocal 350 zapewnia również bardzo wysoki komfort korzystania z c.w.u.

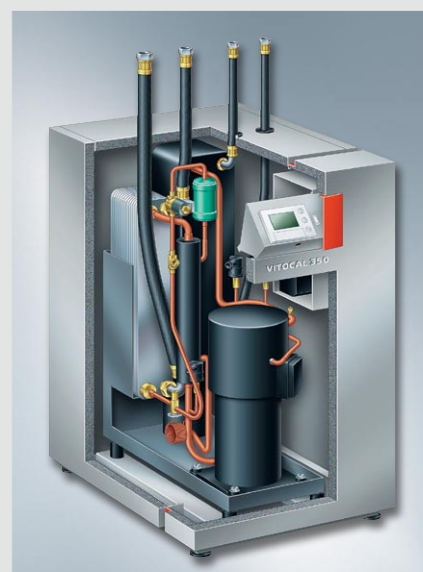


Rys. 51: Rozszerzenie obszarów zastosowań pomp ciepła z wtryskiem pary (cykl EVI)

Pompa ciepła Vitocal 350 jest tak wydajna, że może przez cały rok i być jedynym dostawcą ciepła dla ogrzewania i podgrzewu c.w.u. (eksploatacja monowalentna).

Sprężarka Scroll cechuje się przy tym wysoką niezawodnością i szczególnie cichą pracą.

Zależnie od koncepcji instalacji, można również korzystać ze zintegrowanej funkcji regulatora „natural cooling”. Pozwala ona wykorzystać latem niskie temperatury w gruncie lub wodzie gruntowej do chłodzenia budynku. W ten sposób Vitocal 350 nadaje się idealnie do wykorzystywania w starych budynkach naturalnego ciepła i chłodu.



Rys. 52: Vitocal 350 z temperaturą zasilania 65°C

Stosowanie pomp ciepła

4.2 Pompy ciepła w domach niskoenergetycznych

4.2.1 Domy niskoenergetyczne

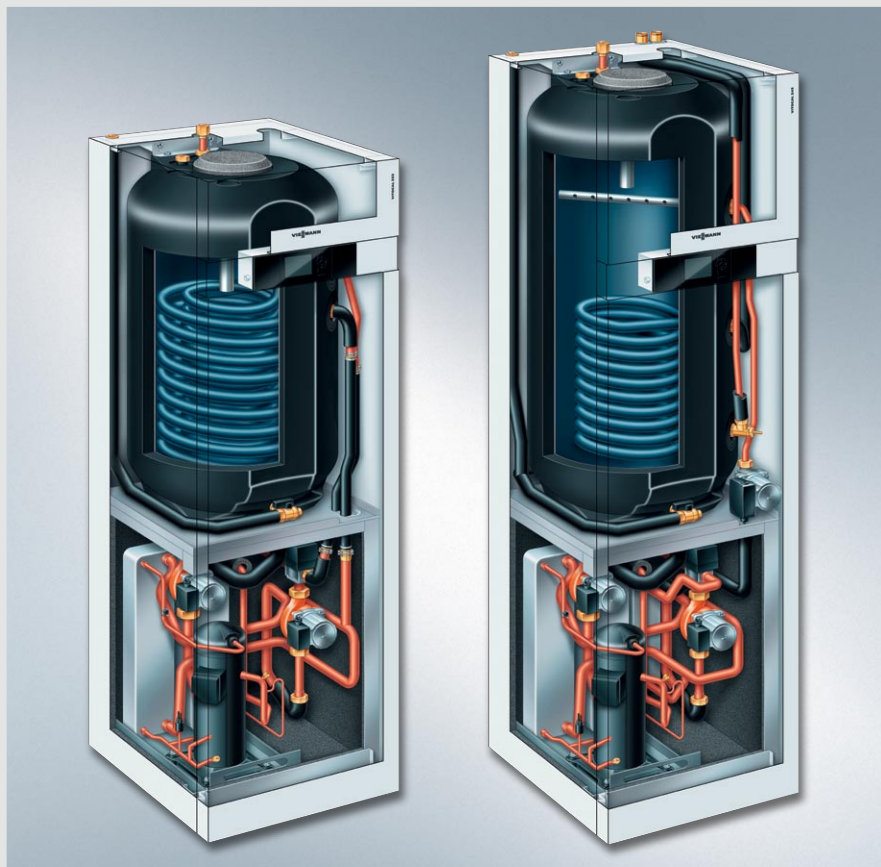
W związku ze stale rosnącymi wymaganiami wobec standardu budynków i trendem do instalowania techniki grzewczej w pobliżu pomieszczeń mieszkalnych, coraz bardziej rozpowszechniają się kompaktowe centrale grzewcze.

Takie typowe centrale, opracowane specjalnie dla domów niskoenergetycznych, oparte są na eksploatowanych monowalentnie lub monoenergetycznie systemach pomp ciepła. Są to kompletne rozwiązania systemowe, koncentrujące w obudowie wielkości mniej więcej chłodziarko-zamrażarki pompę ciepła (jako elektryczną pompę sprężarkową), pojemnościowy podgrzewacz c.w.u. i wszystkie inne potrzebne komponenty (rys. 53).

4.2.2 Vitocal 222-G/242-G

Kompaktowe centrale grzewcze Vitocal 222-G i Vitocal 242-G (rys. 53) są kompletnymi kompaktowymi rozwiązaniami dla domów jednorodzinnych – z pompą ciepła solanka/woda i podgrzewaczem c.w.u. o pojemności 170 lub 220 litrów, pompą obiegu solanki i obiegu grzewczego oraz wszelkimi przyłączami hydraulicznymi i regulatorem Vitotronic 200, typ WO1A – opracowanym specjalnie na bazie WPR.

Jako pełnowartościowe źródło energii zapewnia komfortowo ogrzewanie i dostawę ciepłej wody, wymagając przy tym do ustawienia powierzchni zaledwie 600×680 mm. Przy mocy 5,9 kW pompa ciepła osiąga temperaturę na zasilaniu do 60°C.



Rys. 53: Kompaktowe centrale grzewcze dla domów niskoenergetycznych Vitocal 222-G i Vitocal 242-G

Możliwość zabudowy elektrycznego podgrzewacza przepływowego automatycznie realizuje wspomaganie pracy obiegu grzewczego i podgrzewu wody użytkowej (9 kW).

Pompa Vitocal 242-G jest przygotowana do przyłączenia instalacji solarnej do podgrzewu c.w.u. 220-litrowy zasobnik współpracujący z instalacją solarną umożliwia pozyskiwanie dużej ilości ciepła z energii słonecznej.



Rys. 54: Instalacja Vitocal 242-G

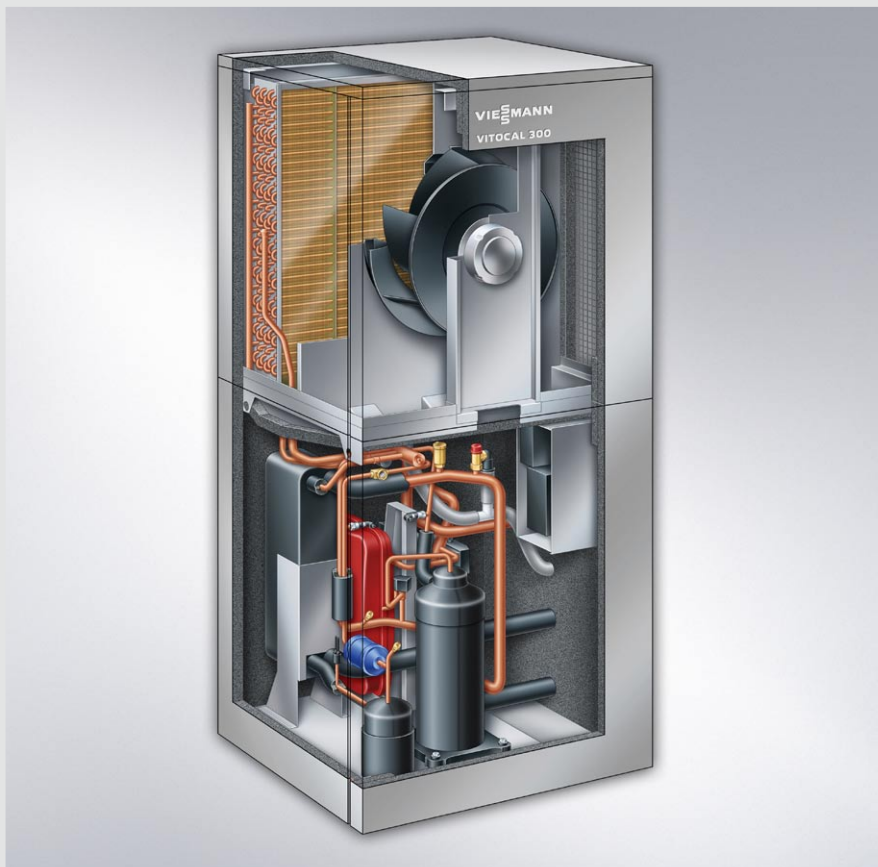
Stosowanie pomp ciepła

4.2.3 Vitocal 300-A

Nowa pompa ciepła Vitocal 300-A (3 do 9 kW) jest pierwszą pompą ciepła powietrze/woda z technologią Digital Scroll i elektronicznym zaworem ekspansyjnym Biflow. Dzięki temu osiąga wartość współczynnika efektywności COP dochodzącą do 3,8 (wg EN 14511) i tym samym uzyskuje wysokie roczne współczynniki efektywności energetycznej oraz wyraźną redukcję kosztów eksploatacji.

Stały monitoring za pomocą nowego systemu RCD (Refrigerant Cycle Diagnostic System) zapewnia ciągłe dostosowanie mocy do aktualnego zapotrzebowania i optymalny sposób pracy – zakres modulacji mocy od 3 do 9 kW. W zależności od modelu urządzenia można dzięki temu zaoszczędzić na kosztownych systemach buforowania oraz obniżyć koszty inwestycyjne.

Pompa Vitocal 300-A jest dostarczana w zależności od wersji w komplecie z pełnym wyposażeniem. Oznacza to, że pompy, naczynie wyrównawcze oraz komponenty bezpieczeństwa są już zamontowane fabrycznie. W zależności od potrzeby można w łatwy sposób podłączyć elektryczny podgrzewacz wody grzewczej. Pompa Vitocal 300-A może być ustawiana wewnątrz i na zewnątrz budynków. Służy do tego odpowiednio dostosowany zestaw akcesoriów i osprzętu.



Rys. 55: Vitocal 300-A Nowa pompa ciepła powietrze/woda z technologią Digital Scroll



Rys. 56: Komponenty pompy ciepła powietrze/woda



Rys. 57: Nowy regulator pompy ciepła z systemem komunikacji i zdalnym monitoringiem umożliwia podłączenie do Vitocom 100

Stosowanie pomp ciepła

4.3 Pompy ciepła dla większych budynków

Trwający od początku lat dziewięćdziesiątych pozytywny rozwój rynku pomp ciepła w Niemczech dotyczy prawie wyłącznie pomp ciepła małej mocy. Przeważająca ich część instalowana jest w domach jedno- i dwurodzinnych. Może to wywołać wrażenie, że pompy ciepła nadają się tylko dla małych obiektów o stosunkowo małym zapotrzebowaniu ciepła. Odpowiednio dobrane pompy ciepła mogą jednak pokryć także duże zapotrzebowanie mocy. Agregaty takie, jako jedyna źródła ciepła, dostarczają przez cały rok ciepło dla ogrzewania i podgrzewu c.w.u. w budynkach administracyjnych i przemysłowych, hotelach, szpitalach, szkołach i domach wielorodzinnych.

Dla większych budynków stosowane są tzw. średnie pompy ciepła o mocy w zakresie ok. 20 do 200 kW. Fakt, że w Niemczech już pompy ciepła o stosunkowo skromnej mocy 20 kW zalicza się do klasy średniej wielkości, wynika zapewne ze słabszego rozpowszechnienia tych źródeł ciepła w porównaniu z takimi krajami, jak Szwecja lub Szwajcaria. Szwajcarski Związkowy Urząd Energii (BFE) za dolną granicę średnich pomp ciepła przyjmuje 50 kW. W krajach skandynawskich, jak w Szwecji, mówi się o pompach ciepła średniej wielkości dopiero od 100 kW. Za to istnieją tam jednak również liczne instalacje z pompami ciepła wielkiej mocy, pracujące w zakresie megawatowym (rys. 59).



Rys. 58: Pompa ciepła średniej mocy: Vitocal 300 (39,6 do 106,8 kW)



Rys. 59: Lokalna osiedlowa instalacja ciepłownicza w Szwecji – sześć pomp ciepła woda/woda Vitocal 300 dostarcza łącznie moc grzewczą 640 kW

Stosowanie pomp ciepła

4.3.1 Dwusprężarkowe pompy ciepła

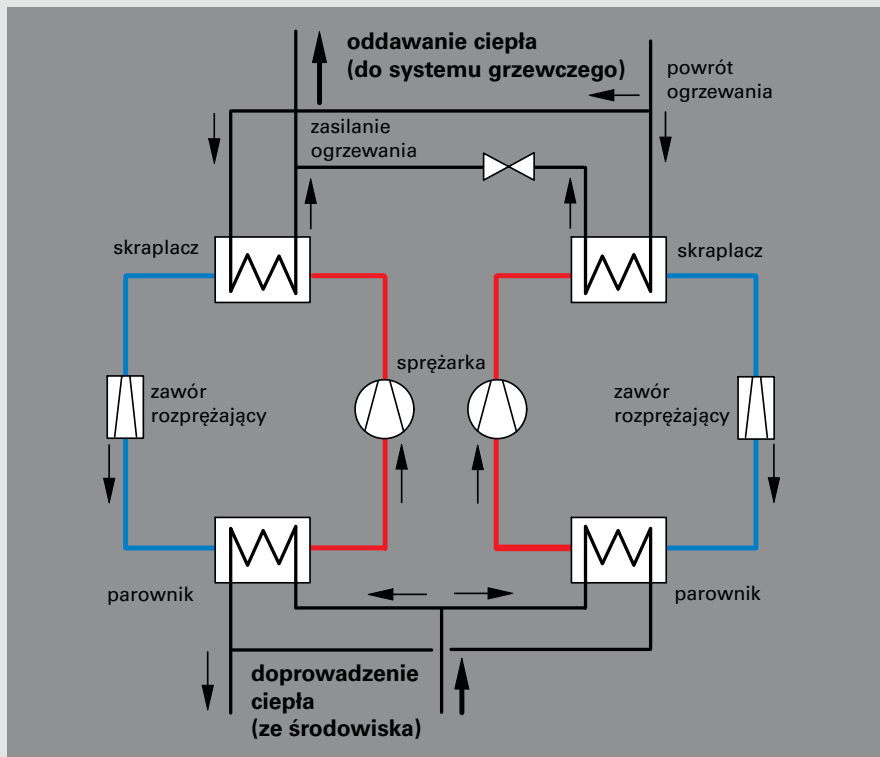
Typowe pompy ciepła średniej wielkości składają się z dwóch stopni sprężarkowych ze sprężarkami napędzanymi elektrycznie. W przedstawionej pompie ciepła Vitocal 300 dwa moduły sprężarkowe o takiej samej mocy pracują równolegle. Zaletą takiego układu jest możliwość wyłączenia jednego modułu przy mniejszym zapotrzebowaniu ciepła. W pierwszym stopniu ta pompa rozwija połowę swojej mocy. Dla osiągnięcia pełnej mocy regulator włącza automatycznie drugi stopień. Dwa niezależne moduły sprężarkowe gwarantują ponadto wysoką niezawodność eksploatacyjną – jeśli jeden z modułów ulegnie awarii, to drugi moduł pozwala nadal pracować z 50% łącznej mocy (rys. 60).

Regulator pompy ciepła Vitocal 300 tak steruje czasem pracy poszczególnych stopni, by obie sprężarki przepracowały zawsze tyle samo godzin. Dla osiągnięcia jeszcze wyższych mocy można połączyć równolegle kilka pomp ciepła po stronie zasilania i powrotu (rys. 61).

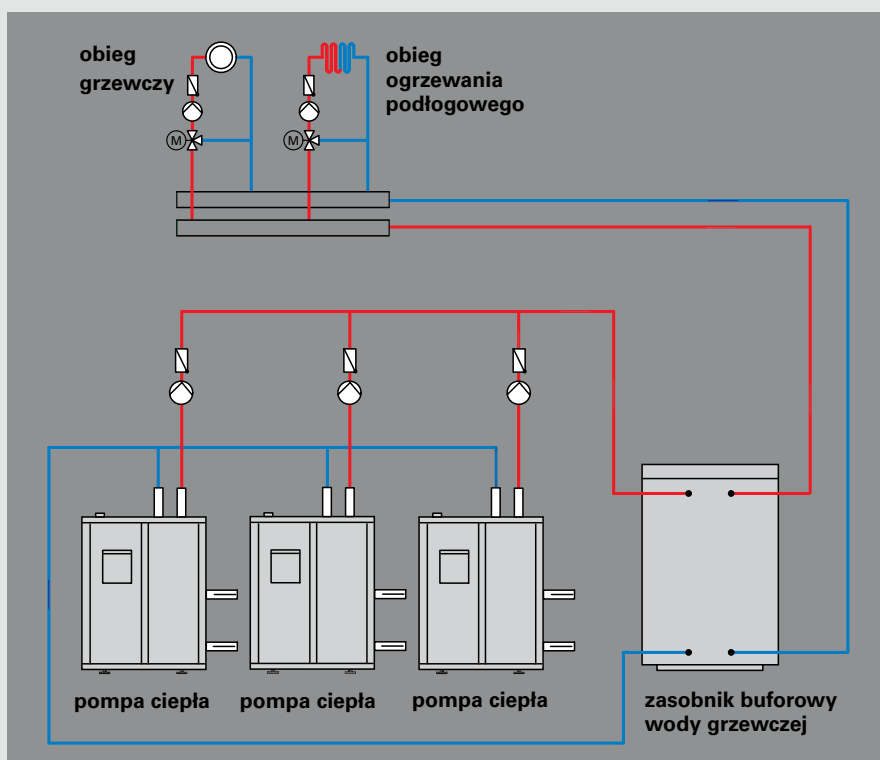
Tak jak w układzie kaskadowym kotłów grzewczych, zaletą jest tu znaczne zwiększenie niezawodności eksploatacyjnej całej instalacji.

4.3.2 Vitocal 300 dla dużych mocy

Pompa ciepła Vitocal osiąga, dzięki wykonaniu dwustopniowemu, moc grzewczą do 106,8 kW i przewidziana jest do zasilania ze źródeł ciepła grunt i woda gruntowa. W ten sposób można ją dopasować do każdego wymagań i każdego potrzeb. Modułowa budowa na bazie dwóch osobnych obiegów sprężarkowych zapewnia szczególnie wysoką efektywność w zakresie obciążeń częściowych.



Rys. 60: Uproszczony schemat działania dwóch równoległych stopni sprężarkowych



Rys. 61: Przykład instalacji strony wtórnej kaskady pompy ciepła

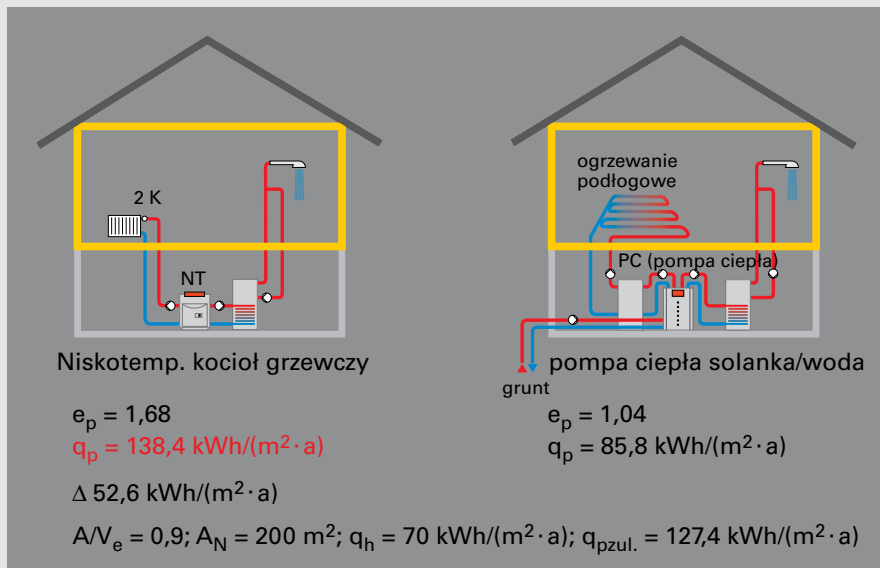
Stosowanie pomp ciepła

4.4 Uwzględnienie pomp ciepła w określaniu sprawności energetycznej budynku wg rozporządzenia EnEV

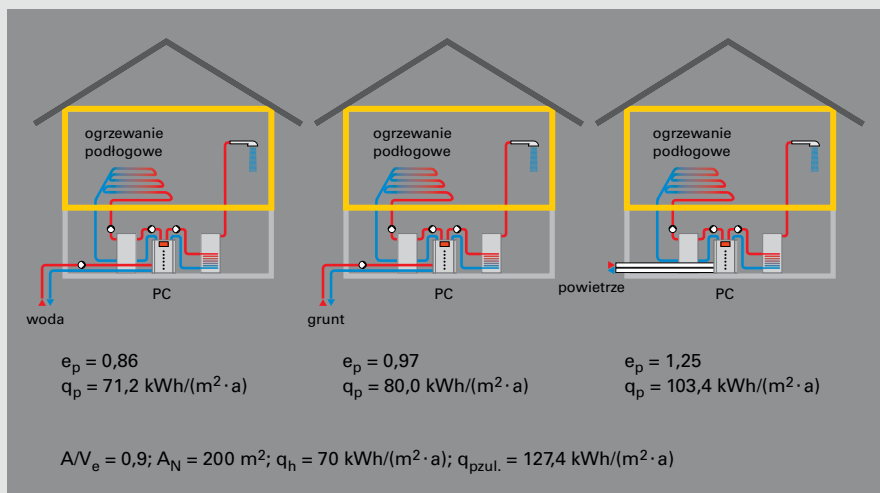
Rozporządzenie o oszczędzaniu energii ogranicza maksymalnie dopuszczalne zapotrzebowanie energii pierwotnej dla budynków nowobudowanych. Optymalizować można przy tym izolacyjność przegród budowlanych (redukcja zapotrzebowania ciepła) i/albo technikę grzewczą (zmniejszenie wskaźnika nakładu instalacji). W porównaniu z niskotemperaturową lub kondensacyjną techniką grzewczą pompy ciepła pozwalają uzyskiwać znacznie korzystniejsze wskaźniki nakładu instalacji.

Przykładowo, dla domu jednorodzinnego obliczeniowe zapotrzebowanie energii pierwotnej zmniejsza się w porównaniu z niskotemperaturowym kotłem grzewczym o ponad 50 kWh/(m² · rok). Dzięki wykorzystywaniu energii ze środowiska, wskaźniki nakładu dla źródła ciepła są znacznie niższe od 1.

Pod względem energetycznym pompy ciepła są z reguły tak korzystne, że rozporządzenie nie wymaga dla nich obliczania realnego zapotrzebowania energii pierwotnej. W paszporcie energetycznym przewidziana jest odpowiednia adnotacja. Uregulowanie to znajduje zastosowanie, jeśli przynajmniej 70% zapotrzebowania ciepła pokrywane jest energiami odnawialnymi, co oznacza, że pobór prądu może stanowić co najwyżej 30% oddawanego ciepła użytecznego (EnEV § 3, ustęp 3, zdanie 2). Wynika stąd minimalny wskaźnik pracy rocznej ($\beta = 3,33$, który trzeba osiągnąć, by móc zrezygnować z obliczeń nakładu energii pierwotnej. Kryterium to spełniają wszystkie pompy ciepła Vitocal z programu Vitotec. Zaleca się jednakże sporządzenie obliczeń zapotrzebowania energii, łącznie z zapotrzebowaniem energii pierwotnej dla pompy ciepła, aby udokumentować wysoką jakość energetyczną tej techniki. Obliczenia dotrzymania warunków strat ciepła przez przewodzenie HT' należy przeprowadzić w każdym wypadku (rys. 62).



Rys. 62: Zalety pomp ciepła w odniesieniu do zapotrzebowania energii pierwotnej



Rys. 63: Wpływ źródła ciepła

Stosowanie pomp ciepła

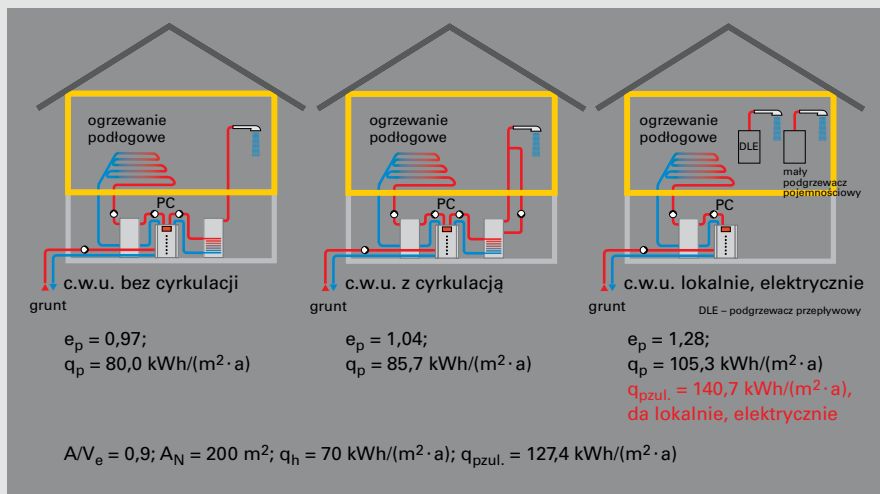
4.4.1 Wpływ źródła ciepła na wskaźnik nakładu instalacji

Ciepło ze środowiska można pobierać z takich źródeł jak grunt, woda gruntowa i powietrze atmosferyczne. Energia słoneczna zakumulowana w gruncie może być pozyskiwana albo poprzez kolektory gruntowe, ułożone w gruncie poziomo na dużej powierzchni, albo też poprzez sondy gruntowe, wprowadzone pionowo na głębokość 80 do 100 m, albo na wet głębiej. Nośnikiem ciepła jest przy tym solanka (mieszanka wody i środka przeciwmróznego).

Wpływ różnych źródeł ciepła na wskaźnik nakładu źródła ciepła i tym samym wskaźnik nakładu instalacji przedstawiono na rys. 63.

Najkorzystniejszy wskaźnik nakładu posiada pompa ciepła woda/woda, ze względu na stosunkowo stałą temperaturę wody gruntowej. Zróżnicowane warunki brzegowe różnych źródeł ciepła są też powodem zróżnicowania warunków normatywnych: dla wody gruntowej jako źródła ciepła przyjmuje się 10°C, dla gruntu 0°C i dla powietrza 2°C.

Wykorzystanie powietrza zewnętrznego jako źródła ciepła nie pozwala często na całoroczną eksploatację monowalentną i dlatego instalacje tego typu mają z reguły możliwość dogrzewania elektrycznego (na przykładzie z rys. 63 stanowi to 5% zapotrzebowania ciepła). Zwiększa to nieco wskaźnik nakładu instalacji, lecz za to nakłady instalacyjne są znacznie niższe, gdyż nie są potrzebne ani sondy gruntowe, ani studnie.



Rys. 64: Porównanie wariantów podgrzewu c.w.u. przez pompy ciepła

4.4.2 Lokalny elektryczny podgrzew c.w.u.

W związku z pompami ciepła dyskutuje się często alternatywę: podgrzew c.w.u. centralnie, czy lokalnie. Ponieważ pompy ciepła, aby obniżyć koszt inwestycji, są zazwyczaj dobierane dokładnie dla zapotrzebowania ciepła grzewczego, to dla centralnego podgrzewu c.w.u. potrzebna będzie pojemność podgrzewacza c.w.u. wyraźnie większa (zapotrzebowanie dzienne), niż przy konwencjonalnych źródłach ciepła. Tylko w ten sposób można bowiem zapewnić zawsze wystarczającą ilość ciepłej wody i przełożyć dogrzewanie zasobu c.w.u. na godziny nocne (tańszy prąd – patrz również rozdział 3.5).

Istnieje alternatywa podgrzewu c.w.u. w małych podgrzewaczach elektrycznych pojemnościowych lub przepływowym, lokalnie, tzn. bezpośrednio w punkcie poboru.

Rys. 64 przedstawia porównanie obu rozwiązań: widać tu wyraźnie, że rezygnacja z przewodu cyrkulacyjnego powoduje znaczną redukcję zapotrzebowania energii pierwotnej.

Lokalny podgrzew c.w.u. małymi podgrzewaczami przepływowymi lub pojemnościowymi zwiększa wprawdzie zapotrzebowanie energii pierwotnej, ale również to rozwiązanie jest akceptowalne z punktu widzenia rozporządzenia o oszczędzaniu energii (EnEV), zwłaszcza że dla tego rodzaju podgrzewu c.w.u. obowiązują złagodzone wymagania odnośnie dopuszczalnego zapotrzebowania energii pierwotnej.

Stosowanie pomp ciepła

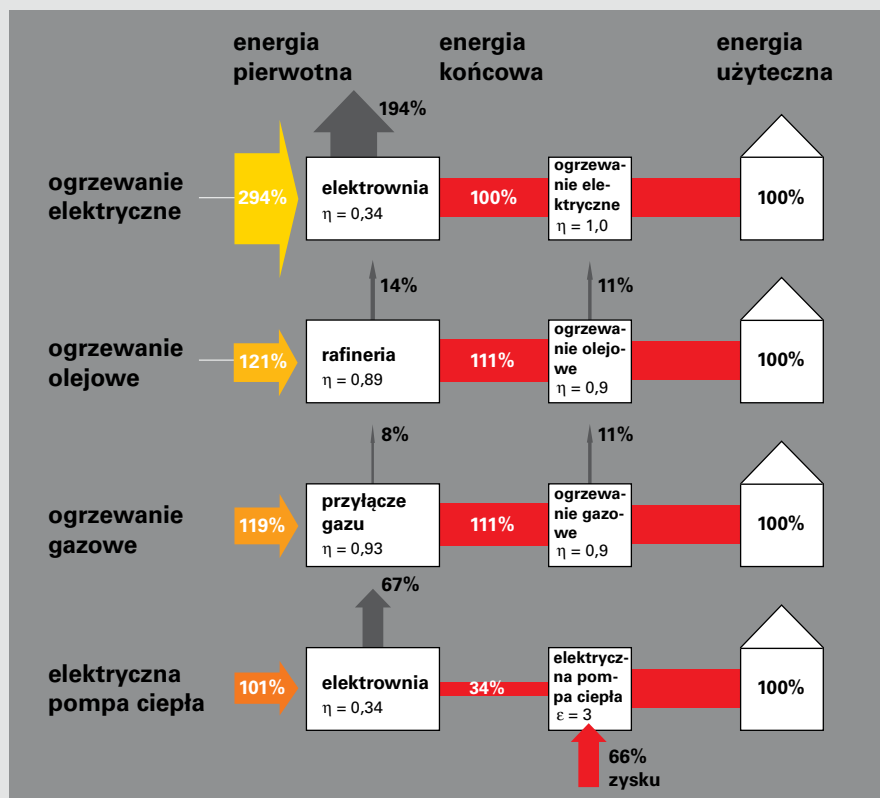
4.5 Ekonomia pomp ciepła

Dla wszystkich pomp ciepła obowiązuje zasada: im mniejsza różnica temperatur między wodą grzewczą a źródłem ciepła, tym wyższa efektywność. Dlatego pompy ciepła nadają się szczególnie dla systemów grzewczych o niskich temperaturach systemowych, jak np. ogrzewań podłogowych o temperaturze zasilania maks. 38°C.

Nowoczesne elektryczne pompy ciepła osiągają, zależnie od wybranego źródła ciepła i temperatury systemu grzewczego, współczynniki efektywności od 3,5 do 5,5. Oznacza to, że z jednej kWh zużytego prądu wytwarzają 3,5 do 5,5 kWh ciepła grzewczego. W ten sposób wyrównują z nawiązką szkodę ekologiczną wynikającą ze stosowania prądu elektrycznego, produkowanego w elektrowniach ze sprawnością rzędu 35%. Dla umożliwienia ekonomicznej eksploatacji instalacji grzewczych z pompami ciepła, większość zakładów energetycznych oferuje specjalne taryfy dla pomp ciepła.

Przy uwzględnieniu ceny energii elektrycznej 10 ct/kWh (wartość średnia specjalnej taryfy dla pomp ciepła, łącznie z przypadającą częścią opłaty stałej), przy średnim współczynniku efektywności 4 (wskaźnik pracy rocznej) otrzymamy koszt eksploatacji w wysokości 2,5 ct za kWh wytworzonego ciepła. A to jest mniej niż koszt eksploatacji konwencjonalnej instalacji grzewczej (olej opałowy ok. 3,5 ct/kWh; gaz ziemny ok. 4 ct/kWh). Dodatkowo mniejszy jest również nakład na konserwację i inspekcję instalacji.

Specjalne taryfy za prąd są jednak na ogół związane z zastrzeżeniem możliwości przerywania poboru prądu w okresach wysokiego obciążenia sieci energetycznej. Na przykład, zasilanie elektryczne monowalentnej instalacji pompy ciepła zakład energetyczny może przerwać w ciągu doby trzykrotnie na maksymalnie dwie godziny. Zwolnienie zasilania pomiędzy dwoma przerwami nie może trwać krócej, niż czas trwania poprzedzającej je przerwy.



Rys. 65: Łańcuch przekształceń energii (wg ASUE)

Dla pomp ciepła eksploatowanych biwalentnie, zasilanie prądem może zostać przerwane na maksymalnie 960 godzin w całym sezonie grzewczym. W domach nowych dobrze sprawdziła się eksploatacja monowalenta z przerwami zasilania. Pompa ciepła jest w stanie pokrywać zapotrzebowanie ciepła przez cały rok, a okresy przerw nie upośledzają jej skuteczności, gdyż np. ogrzewanie podłogowe pozwala, dzięki swej bezwładności cieplnej, przetrwać przerwy w zasilaniu bez odczuwalnej zmiany temperatury pomieszczenia (celowe zastosowanie zasobnika buforowego dla optymalizacji długości cyklu pracy pompy ciepła). W budynkach istniejących racjonalna jest eksploatacja biwalentna, gdyż z reguły istnieje już źródło ciepła, które dalej może być użytkowane dla pokrycia szczytów zapotrzebowania ciepła w zimne dni zimowe, wymagające temperatury zasilania powyżej 55°C, o ile nie stosuje się pomp ciepła z temperaturami zasilania 65°C.

Jeśli pompa ma pracować bez przerw, to nie można korzystać z taryfy specjalnej. Rozliczanie następuje wtedy łącznie ze zużyciem prądu w gospodarstwie domowym lub zakładzie. Pod względem nakładów inwestycyjnych należy dla domu jednorodzinnego liczyć się z dodatkowym kosztem rzędu 5 000 do 6 000, jeśli uwzględni się oszczędności na budowie (brak komina, brak zbiorników oleju wzgl. zbędne przyłącze gazu).

Z dostępnych na rynku dojrzałych systemów grzewczych, pompa ciepła, jak wynika z rys. 65, jest obecnie rozwiązaniem najbardziej przyjaznym środowisku.

Nawet przy korzystaniu z prądu wytwarzanego konwencjonalnie w elektrowniach zużywa się najmniejszą ilość energii pierwotnej w stosunku do energii użytecznej.

Stosowanie pomp ciepła

4.6 Instalowanie i eksploatacja

W przeciwieństwie do innych energii odnawialnych, jak energia słoneczna lub wiatru, ciepło otoczenia jest dostępne nieprzerwanie o każdej porze dnia i roku. Dlatego pompa ciepła zasadniczo może monowalennie, tzn. bez innych źródeł ciepła, pokryć całkowicie całe zapotrzebowanie domu na ciepło (do ogrzewania i podgrzewu c.w.u.). Dlatego pompa ciepła jest prawdziwą alternatywą dla ogrzewania konwencjonalnego (rys. 66).

Oprócz przyłączenia obiegu grzewczego (zasilanie i powrót) i obiegu pierwotnego (np. zasilanie i powrót glikolu) oraz trójfazowego zasilania elektrycznego, nie są potrzebne żadne inne prace instalacyjne. Dla kombinacji ogrzewania z podgrzewem c.w.u. są dostępne systemy z regulatorem pompy ciepła optymalnie sterującym przełączaniem zasilania obu tych odbiorników (rys. 67).

Ewentualnie konieczne prace przy wykonaniu obiegu pierwotnego (np. wiercenie otworów na sondy gruntowe, układanie kolektora gruntowego, wiercenie studni) wykonują wyspecjalizowane przedsiębiorstwa z gwarancją uzyskania wymaganej wydajności cieplnej.

Szczególnie łatwe jest instalowanie pompy ciepła, wykorzystującej powietrze zewnętrzne.

Niezależna międzynarodowa organizacja D-A-CH, działająca w Niemczech, Austrii i Szwajcarii, nadaje pompom ciepła znaki jakości, potwierdzające spełnienie ustalonych wymagań odnośnie bezpieczeństwa, efektywności, emisji.



Rys. 66: Pompa ciepła solanka/woda i pojemnościowy podgrzewacz c.w.u.



Rys. 67: Rozdzielacz obiegu grzewczego Divicon dla pompy ciepła

Stosowanie pomp ciepła

4.6.1 Dobór

Przy eksploatacji monowalentnej pompa ciepła musi, jako jedyne źródło ciepła, pokryć całe zapotrzebowanie budynku na ciepło wg EN 12831 (dawniej DIN 4701). Dla określenia wymaganej mocy grzewczej należy ew. uwzględnić dodatki na czas blokady zasilania przez zakład energetyczny. Może on przerywać zasilanie elektryczne maksymalnie 3 x 2 godziny w ciągu doby. Ze względu na bezwładność cieplną budynku 2 godziny przerwy w zasilaniu elektrycznym można pominąć przy określaniu zwyżki mocy. Okres czasu między dwoma przerwami musi przynajmniej odpowiadać długości poprzedniej przerwy w zasilaniu.

Orientacyjne wyznaczenie obciążenia grzewczego na podstawie powierzchni ogrzewanej budynku.

Powierzchnię ogrzewaną (w m²) mnoży się przez następujące jednostkowe obciążenie cieplne:

- dom pasywny 10W/m²
- dom niskoenergetyczny 40W/m²
- nowy dom (dobra izolacja cieplna) 50W/m²
- dom (normalna izolacja cieplna) 80W/m²
- starszy dom (bez szczególnej izolacji cieplnej) 120W/m²

	Zapotrzebowanie c.w.u. przy temperaturach c.w.u. 45°C [litrów/dziennie na osobę]	Jednostkowe ciepło użyteczne [Wh/dzień i osobę]	Zalecany dodatek na podgrzew c.w.u. [kW/osobę*1]
Zapotrzebowanie niskie	15 do 30	600 do 1200	0,08 do 0,15
Zapotrzebowanie norm. ^{*2}	30 do 60	1200 do 2400	0,15 do 0,30
lub			
	przy temperaturze odniesienia 45°C	Jednostkowe ciepło użyteczne [Wh/dzień i osobę]	Zalecany dodatek na podgrzew c.w.u. [kW/osobę*1]
mieszkanie (rozliczenie wg zużycia)	30	ok. 1200	ok. 0,15
mieszkanie (rozliczenie zryczałtowane)	45	ok. 1800	ok. 0,225
dom jednorodzinny ^{*2} (śr. zapotrzebowanie)	50	ok. 2000	ok. 0,25

^{*1} Przy 8-godzinnym nagrzewaniu pojemnościowego podgrzewacza c.w.u.
^{*2} Jeśli rzeczywiste zapotrzebowanie c.w.u. przekracza podane wartości, to należy przyjąć wyższy dodatek mocy.

Tab. 3: Wartości orientacyjne zapotrzebowania c.w.u.

Przykład:

- nowy dom z dobrą izolacją cieplną, powierzchnia 180 m²:
- obliczone zapotrzebowanie mocy 9 kW
- maksymalna blokada zasilania 3 x 2 godziny przy minimalnej temperaturze zewnętrznej wg EN 12831 (dawniej DIN 4701). Dla jednej doby otrzymamy stąd dobowe zapotrzebowanie ciepła grzewczego: 9kW · 24h = 216 kWh

Dla pokrycia maksymalnego dobowego zapotrzebowanie ciepła grzewczego jest jednak tylko 18 godzin na dobę, ze względu na możliwe blokady zasilania 3 x 2 godziny na dobę. Ze względu na bezwładność cieplną budynku można pominąć 2 godziny przerwy.

$$216 \text{ kWh}/20\text{h} = 10,8 \text{ kW}$$

Czysto rachunkowo wystarcza pompa ciepła o mocy grzewczej 10,8 kW. Przy maksymalnej długości blokady zasilania 3 x 2 godziny na dobę należałoby moc pompy ciepła zwiększyć o 17%.

4.6.2 Dodatek na podgrzew c.w.u.

Dla normalnego budownictwa mieszkaniowego zakłada się maksymalne zapotrzebowanie c.w.u. ok. 50 litrów na osobę dziennie, przy temperaturze ok. 45°C.

Odpowiada to dodatkowej mocy grzewczej ok. 0,25 kW na osobę przy czasie nagrzewania 8 godzin. Dokładnego określenia dodatków i doboru pompy dokonuje się wg DIN 4708 cz. 2 (Tabela 3).

Stosowanie pomp ciepła

4.7 Dofinansowanie

Instalowanie energooszczędnej techniki, jak kolektory słoneczne i pompy ciepła, tak w domach nowych, jak i starych, jest wspierane przez liczne programy pomocowe. Stale aktualizowane pakiety środków pomocowych, przeznaczonych dla poszczególnych regionów wzgl. kombinacji urzędzeń, podawane są na stronach internetowych Viessmann (www.viessmann.com).

Ponadto istnieją dalsze możliwości współfinansowania poprzez korzystnie oprocentowane pożyczki i dotacje rządu federalnego i rządów krajowych.

Również dostawcy energii elektrycznej oferują pomoc w postaci dotacji i korzystnych taryf dla zasilania pomp ciepła.

5 Podsumowanie

Nowoczesne elektryczne pompy ciepła (rys. 68) są dzisiaj najbardziej przyjaznym środowisku sposobem wytwarzania ciepła. Dzięki awangardowym systemom regulacji, wydajnym sprężarkom Scroll i dojrzałej technologicznie produkcji seryjnej pozwalają z jednej części energii elektrycznej dostarczyć nawet pięć części ciepła grzewczego. Pompy ciepła mogą zasilać cały budynek energią grzewczą i ciepłą wodą monowalennie, tzn. bez dodatkowego źródła ciepła.

Koszty eksploatacyjne są wyraźnie niższe niż dla konwencjonalnej instalacji grzewczej, co w połączeniu z dotacjami kompensuje w trakcie eksploatacji wyższe koszty inwestycyjne.

Pod względem bezpieczeństwa i niezawodności pompy ciepła, w przeciwieństwie do pomp ciepła z lat poprzednich, spełniają najwyższe wymagania.



Rys. 68: Instalacja z pompą ciepła powietrze/woda



VIESSMANN

Viessmann sp. z o.o.
 ul. Karkonoska 65
 53-015 Wrocław
 tel. 071/ 36 07 100
 fax 071/ 36 07 101
 www.viessmann.pl

Infolinia serwisowa:
 tel. 801/ 0801 24
 tel. 032/ 22 20 370

Rodzinne przedsiębiorstwo Viessmann już od trzech pokoleń czuje się zobowiązane do realizacji zadania, jakim jest komfortowe i ekonomiczne wytwarzanie ciepła w sposób przyjazny dla środowiska i dostarczanie go zgodnie z zapotrzebowaniem. Opracowując liczne, wiodące na rynku produkty i rozwiązania firma Viessmann wciąż stawia nowe kamienie milowe, które uczyniły to przedsiębiorstwo pionierem w dziedzinie technologii i inicjatorem działań całej branży.

W ramach aktualnego programu produkcji firma Viessmann oferuje swoim klientom wielostopniowy program urządzeń o mocy od 1,5 do 20000 kW: stojące i wiszące, konwencjonalne i kondensacyjne kotły grzewcze na olej i gaz oraz systemy energii odnawialnych – np. pompy ciepła, technikę solarną i kotły grzewcze na surowce pochodzenia roślinnego. Program obejmuje także komponenty systemów regulacji i transmisji danych, kompletne systemowe urządzenia peryferyjne aż po grzejniki i ogrzewanie podłogowe.

Posiadając 16 zakładów w Niemczech, Austrii, Francji, Kanadzie, Polsce, na Węgrzech i w Chinach, sieć dystrybucyjną w Niemczech i 35 innych krajach oraz 120 oddziałów handlowych na całym świecie firma Viessmann ukierunkowana jest na współpracę międzynarodową.

Najwyższą wartością dla firmy Viessmann stanowią: odpowiedzialność za środowisko naturalne i społeczeństwo, uczciwość w kontaktach z partnerami handlowymi i pracownikami, jak również dążenie do perfekcji i najwyższej wydajności we wszystkich procesach handlowych. Obowiązuje to w odniesieniu do każdego pracownika i tym samym do całego przedsiębiorstwa, które poprzez swoje wszystkie produkty oraz usługi oferuje klientowi szczególne korzyści i wartość dodaną wynikającą z silnej marki.



Systemy grzewcze:
 olej, gaz, systemy solarne, drewno i energia odnawialna



Zakres mocy:
 od 1,5 do 20000 kW



Stopnie programu:
 100: Plus
 200: Comfort
 300: Excellence



Technika systemowa:
 optymalnie dopasowane rozwiązania systemowe

Nasz kompletny program wyznacza nowe kierunki w technice grzewczej

Viessmann Group

VIESSMANN

KWT

KOB

MAWERA

ESS

BIOFERM