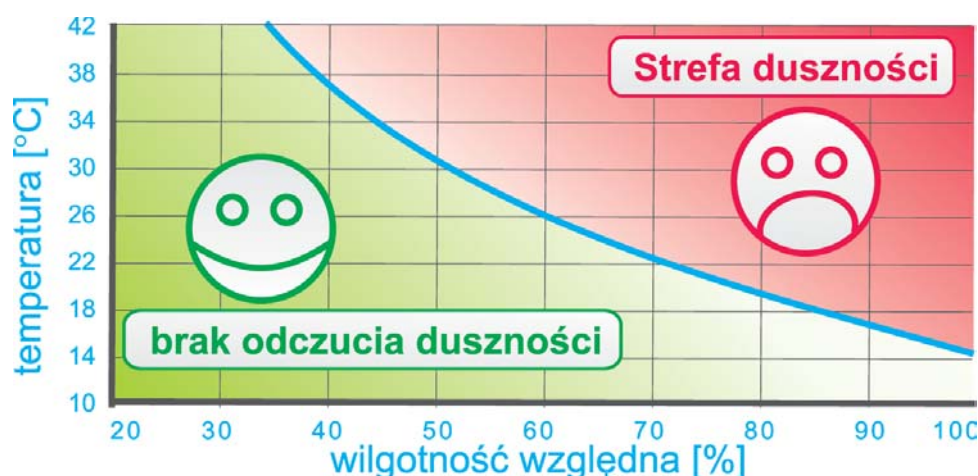
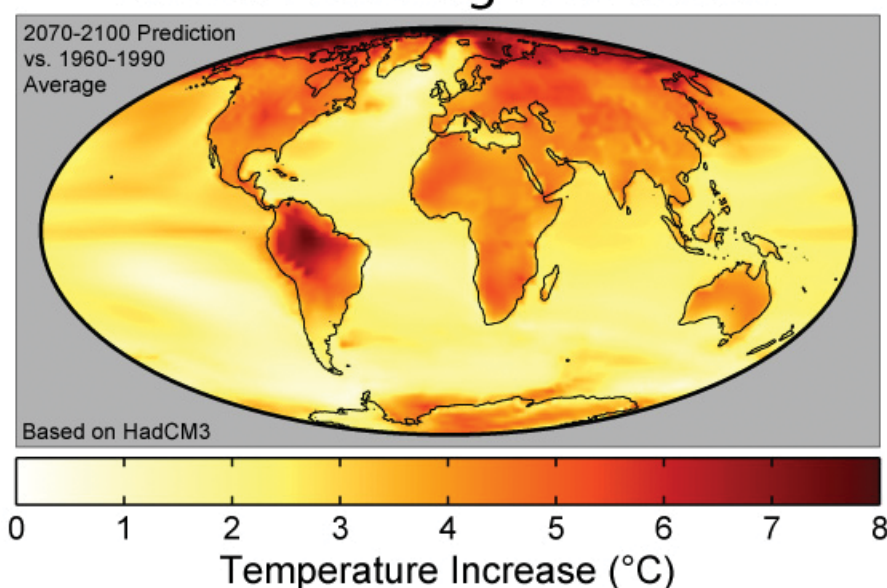


Nie da się mieszkać komfortowo w dusznym pomieszczeniu. Zależność odczucia duszności od temperatury i wilgotności (wykres obok) pokazuje, jak ważna jest klimatyzacja. A jeśli wierzyć w prognozy globalnego ocieplenia, potrzeba chłodzenia pomieszczeń w lecie stanie się wkrótce nie mniej ważna niż ogrzewanie w zimie. Obie te funkcje – ogrzewanie i chłodzenie – doskonale spełnia pompa ciepła.



Global Warming Predictions



Grzeją i chłodzą

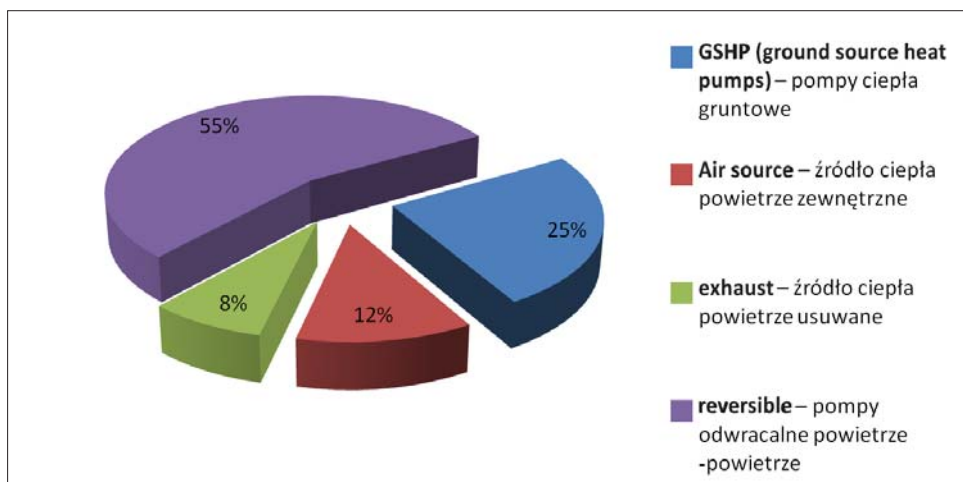
Pompy ciepła w klimatyzacji

Zwykle funkcja chłodzenia kojarzona jest z pompami ciepła powietrze-powietrze, nazywanymi odwracalnymi ze względu na możliwość zmiany kierunku transferu ciepła z zewnątrz do pomieszczenia (ogrzewanie) lub odwrotnie (chłodzenie). Jest zresztą sprawą sporną, czy tego rodzaju urządzenia zaliczać do pomp ciepła (co do zasady działania

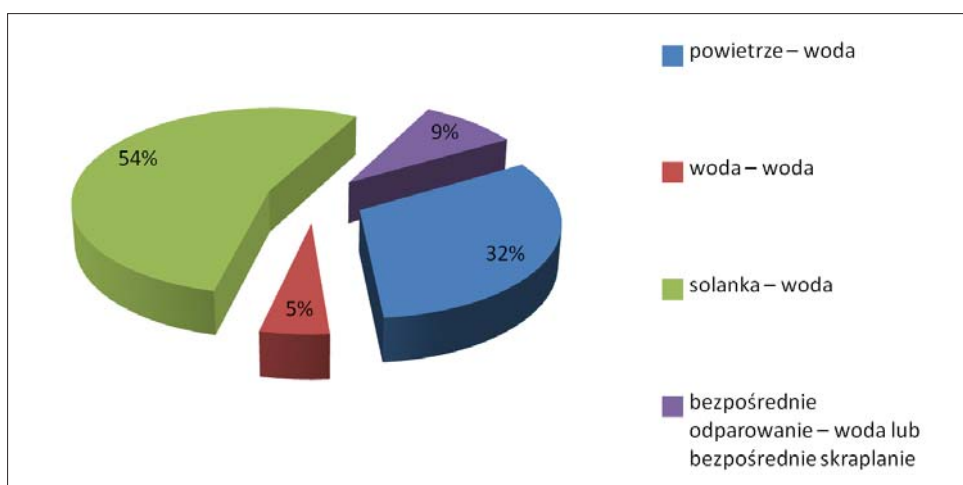
są to bez wątpienia pompy ciepła), czy też do klimatyzatorów. Na ogół w krajach północnych (Szwecja, Norwegia, Finlandia), gdzie funkcja grzania jest ważniejsza niż funkcja chłodzenia, zalicza się te urządzenia do pomp ciepła, natomiast w krajach południowej Europy, gdzie używane są głównie do chłodzenia, są zaliczane do klimatyzatorów.

W statystykach europejskiego rynku pomp ciepła odwracalne pompy powietrze-powietrze (*reversible*) dominują **1**. Pozostałe pompy ciepła **2**, w których źródło górne stanowi nie powietrze, lecz woda (w instalacji c.o. lub c.w.u.), są zwykle definiowane jako służące wyłącznie do ogrzewania. Jednak nie jest to prawda, gdyż te pompy ciepła też

PATRONI CYKLU



1 Podział europejskiego rynku pomp ciepła ze względu na rodzaj źródła ciepła



2 Podział europejskiego rynku pomp ciepła definiowanych zwykle jako przeznaczonych wyłącznie do ogrzewania, choć na ogół są wyposażone w opcjonalny moduł do chłodzenia

mogą służyć do chłodzenia, jeśli są wyposażone w opcjonalne rozwiązania przełączania funkcji. Mogą to być dwa rodzaje rozwiązań, nazywane chłodzeniem aktywnym lub pasywnym.

Chłodzenie aktywne

Każda pompa ciepła teoretycznie nadaje się zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia. Przecież pompa ciepła to lodówka, tyle że pracująca w odwrotnej funkcji. Dokonajmy zatem odwrócenia funkcji pompy ciepła i uzyskamy chłodziarkę. Pompy ciepła mogą więc służyć zarówno jako źródła ciepła, jak też jako chłodziarki. Aby wykorzystać pompę ciepła do chłodzenia pomieszczeń, wystarczy odwrócić zarówno kierunek tłoczenia sprężarki, jak i zawór rozprężający, zmieniając tym samym kierunek przepływu czynnika chłodniczego i, oczywiście, kierunek przepływu ciepła. Można to zrealizować

według schematu odwracalnej pompy ciepła, pokazanego na rys. 3, przy czym w układzie 3a pompa pracuje w trybie ogrzewania, a w układzie 3b – w trybie chłodzenia. W obiegu czynnika chłodniczego sprężarkę podłączono przez zawór czterodrożny, który pozwala odwracać kierunek jej włączenia. Dołączono też równoległe do zaworu rozprężającego drugi identyczny zawór, lecz skierowany w przeciwną stronę. Zawór trójdrożny pozwala włączyć w obwód jeden z dwóch zaworów rozprężających. W trybie ogrzewania 3a sprężarka tłoczy gazowy czynnik chłodniczy do wymiennika ciepła systemu grzewczego (c.o. i c.w.u.). W wymienniku czynnik skrapla się, oddając ciepło do systemu grzewczego. Przez przełączenie zaworu czterodrożnego sprężarka działa w kierunku przeciwnym, zatem skraplacz i parownik zamieniają się rolami 3b, i ciepło jest odbierane (parownik) z systemu grzewczego, schła-

dając jego czynnik (np. wodę w instalacji podłogowej, nazywaną w tym trybie pracy **wodą lodową**). Następnie to ciepło jest oddawane przez wymiennik (skraplacz) do układu dolnego źródła (np. do solanki w kolektorze gruntowym). Oczywiście, odwrócony jest też kierunek włączenia zaworu rozprężającego.

W trybie ogrzewania pompa ciepła ma trochę większą moc i sprawność niż w trybie chłodzenia. Wynika to stąd, że energia elektryczna pobierana przez sprężarkę zamienia się w ciepło, które w trybie ogrzewania dodaje się do ciepła pobieranego z dolnego źródła. W trybie chłodzenia ta dodatkowa energia cieplna również powstaje w sprężarce, pogarszając jednak w tym przypadku bilans chłodzenia.

Praktycznie każdy producent ma w swojej ofercie pompy ciepła odwracalne lub jest w stanie zaoferować taką pompę na zamówienie. Jednak pompa ciepła z opcją chłodzenia jest droższa nawet o 30%, mimo że tryb chłodzenia uzyskuje się przez niewielkie zmiany konstrukcyjne i programowe.

Chłodzenie pasywne

Można powiedzieć, że pompa ciepła w tym rozwiązaniu nie pracuje, gdyż sprężarka jest wyłączona. Korzysta się z możliwości naturalnego schładzania (funkcja „natural cooling”) pomieszczeń czynnikiem z dolnego źródła (solanka lub woda) oddającym ciepło do gruntu. Jak wiemy, grunt ma temperaturę ok. 10°C, a więc niższą od temperatury w pomieszczeniach.

Ze względu na wysoką temperaturę powietrza w lecie, funkcja „natural cooling” jest oczywiście niemożliwa w pompach powietrze-woda. W pompach z gruntowym dolnym źródłem ten tryb pracy wymaga niewielkich zmian konstrukcyjnych – dodatkowego wymiennika z układem odpowiednio sterowanych zaworów trójdrożnych i pomp obiegowych 4. Programator wyłącza sprężarkę pompy ciepła i pracują tylko pompy obiegowe układu pierwotnego B oraz wtórnego E, a zawory trójdrożne C i G włączają wymiennik ciepła chłodzenia D. Zatem woda z ogrzewania podłogowego F, przepływając przez wymiennik D, oddaje swoje ciepło czynnikowi obiegu pierwotnego (solance w kolektorze gruntowym lub wodzie w układzie dwóch studni). Schładzana woda instalacji podłogowej odbiera ciepło z pomieszczenia. Do chłodzenia pomiesz-

czeń można stosować również instalację nadmuchową, działającą przez klimakonwektory lub kasetony sufitowe. Instalacja nadmuchowa ma prostsze sterowanie, gdyż wymaga tylko zastosowania czujnika temperatury powietrza wewnątrz pomieszczeń, który wyłączy system chłodzenia, gdy temperatura spadnie poniżej zadanej wartości. W przypadku podłógówki lub innej instalacji płaszczyznowej (ściennej lub sufitowej), poza czujnikiem temperatury, konieczny jest również czujnik wilgotności, aby automatycznie wyłączała system chłodzenia, gdy powietrze osiąga wilgotność bliską punktu rosy. Chodzi o to, aby uniknąć skraplania się wilgoci z powietrza na chłodnej powierzchni podłogi.

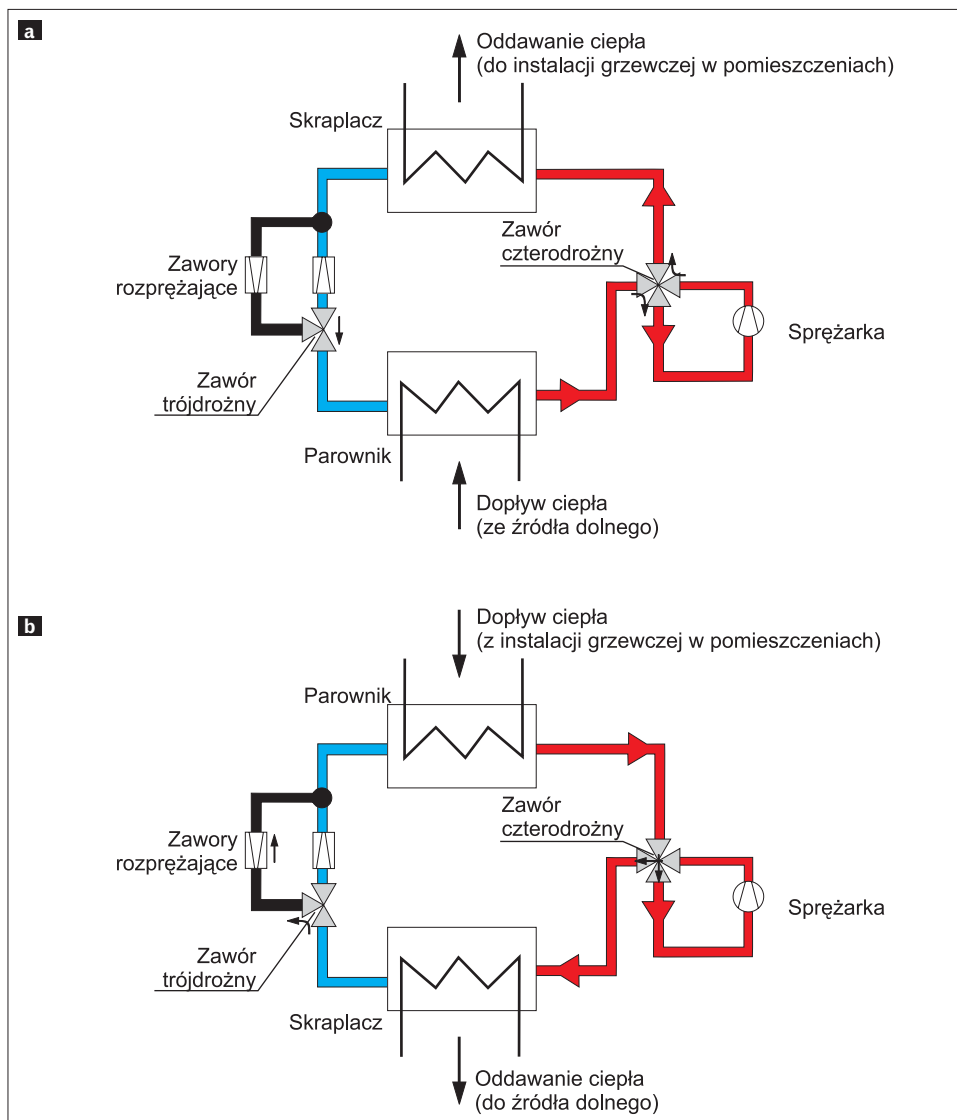
Porównując różne rozwiązania chłodzenia pomieszczeń, można je uszeregować w kolejności od najgorszych do najlepszych.

Najgorszym rozwiązaniem jest zastosowanie grzejników wodnych, zresztą niezalecanych również do ogrzewania pompą ciepła. Do chłodzenia tym bardziej się nie nadaje ze względu na niewielką powierzchnię grzejników, a więc słabą wymianę ciepła. Ponadto grzejniki są montowane nisko przy podłodze, a ciepłe powietrze zbiera się wysoko przy suficie.

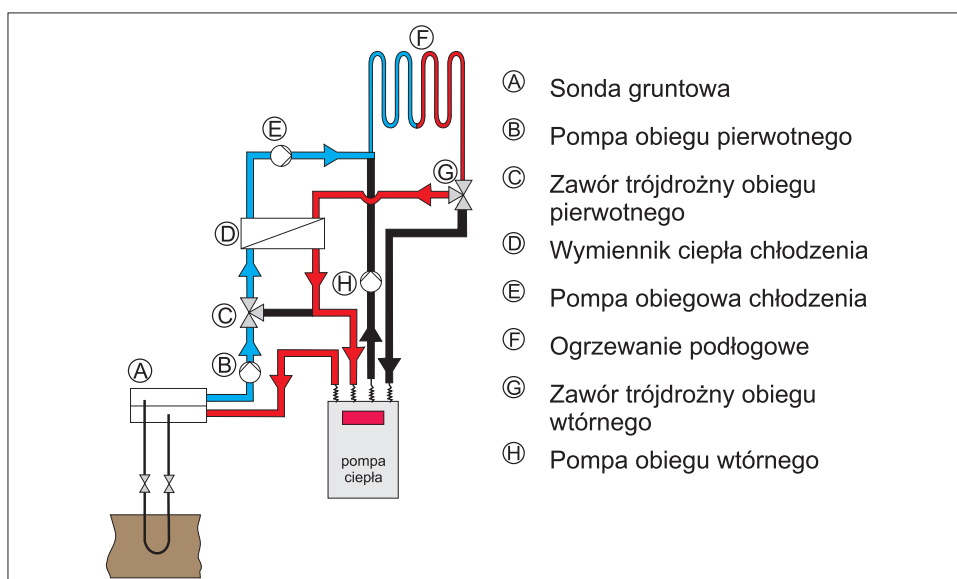
Lepszym rozwiązaniem jest chłodzenie zimną wodą krążącą w rurach podłógówki.

Wprawdzie wymiana ciepła może się odbywać wyłącznie przez promieniowanie, gdyż ciepłe powietrze nie opada na dół, ale chłodzenie odbywa się całą powierzchnią podłogi. Skuteczność chłodzenia podłogowego można znakomicie poprawić przez wywołanie krążenia powietrza. W przypadku stosowania instalacji podłogowej zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia, należy zadbać o to, by rury były płytko zagłębione pod posadzką (<1 cm). Jeszcze lepszym rozwiązaniem jest „strop chłodzący”, czyli chłodzenie powietrzem zimnym opadającym od sufitu ku podłodze.

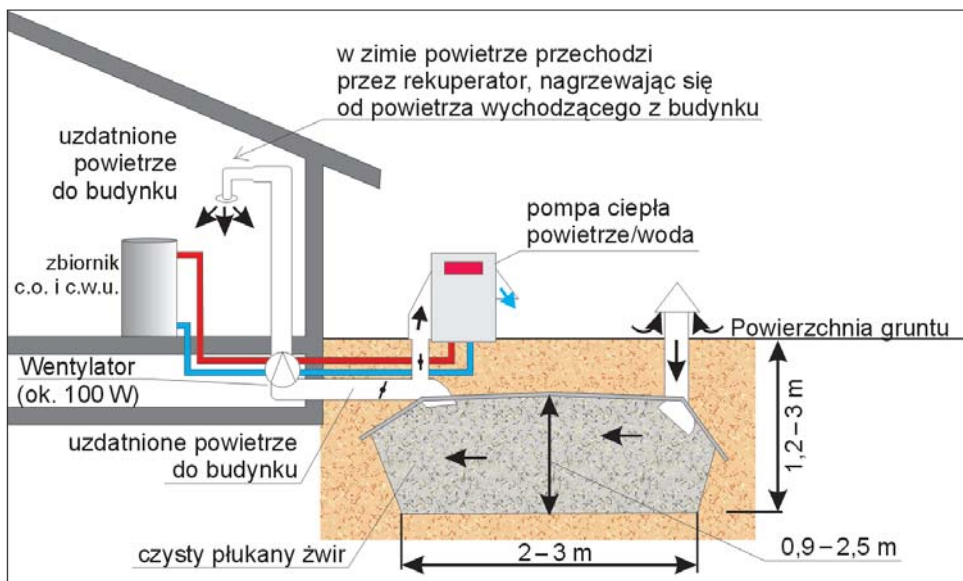
Najlepszym rozwiązaniem są konwektory wyposażone w wentylator z regulowanym strumieniem chłodnego powietrza. Takie rozwiązanie umożliwia szybkie i skuteczne schładzanie pomieszczeń, a także precyzyjną regulację klimatu w pomieszczeniu. Jednak stosowanie klimakonwektorów zarówno do chłodzenia, jak i do grzania jest nie najlepszym rozwiązaniem, gdyż grzanie podłogowe ma swoje charakterystyczne zalety, a wadą klimakonwektorów jest generowanie przez nie lekki szum, który podczas



3 Schemat działania odwracalnej pompy ciepła w trybie: ogrzewania (a), chłodzenia (b)



4 Schemat działania instalacji chłodzenia pasywnego z zastosowaniem ogrzewania podłogowego



5 Gruntowy wymiennik ciepła (GWC)

grzania w nocy może być dokuczliwy. Najlepszym wyjściem jest stosowanie obu rozwiązań razem, tj. podłógówki wykorzystywanej wyłącznie do ogrzewania w zimie oraz klimakonwektorów używanych wyłącznie w lecie do chłodzenia. W lecie, po schłodzeniu pomieszczeń w ciągu dnia, można wyłączyć szumiące klimakonwektory na noc.

Warto zwrócić uwagę na dwie zalety systemu pasywnego. Pierwszą jest bardzo duża efektywność energetyczna, czyli bardzo niskie koszty eksploatacji, wynikające wyłącznie z niewielkich strat mocy (około 300 W) w pracujących pompach obiegowych. Drugą zaletą jest korzystny wpływ pracy w trybie chłodzenia na regenerację termiczną dolnego źródła wyzębionego po zimowym sezonie grzewczym. W trybie chłodzenia dolne źródło jest podgrzewane ciepłem pobieranym z pomieszczenia.

Wentylacja z rekuperacją

Pompy ciepła powietrze-woda oraz powietrze-powietrze można w różnorodny sposób stosować do wentylacji i klimatyzacji pomieszczeń. W systemie wentylacji wywiewnej rolą pompy ciepła jest „zagospodarowanie” ciepła traconego wraz z wywiewanym powietrzem. Trzeba tu zaznaczyć, że we współczesnych domach, szczelnych i dobrze termoizolowanych, wentylacja ma dominujący udział (40–50%) w stratach ciepła. Odzyskanie 70–90% ciepła z powietrza wywiewanego ma więc istotne znaczenie ekonomiczne. Ciepło odzyskiwane z wywiewanego powie-

trza jest w pompie ciepła zużywane najczęściej do przygotowania c.w.u., a niekiedy nawet do ogrzewania wody w instalacji c.o. Świeże powietrze napływa do domu z zewnątrz przez nawiewniki. W lecie istnieją możliwości pobierania ciepła z gorącego powietrza wciąganego do budynku z zewnątrz, przy czym pobrane ciepło służy do podgrzewania c.w.u., a niejako przy okazji osiągamy efekt klimatyzacji, tj. schłodzenia świeżego powietrza, napływającego z zewnątrz do domu.

Gruntowy wymiennik ciepła (GWC)

To świetne, coraz częściej stosowane w polskich domach rozwiązanie. Prosta budowa (szczegółowe informacje można znaleźć m.in. na www.taniaklima.pl) pozwala wykonać GWC samodzielnie przy niewielkich kosztach materiałów – kilka tysięcy złotych. Dla domu jednorodzinnego o powierzchni ok. 150 m² wystarczy kilka m³ czystego żwiru wsypanego do dołu o głębokości 3–4 m. Powietrze wysysane z atmosfery, przepływając przez złożo żwirowe, wymienia ciepło ze złożem, którego temperatura niezależnie od pory roku jest stała na poziomie +10°C (± 2°C). Zatem w lecie gorące powietrze się ochładza (np. z +30°C do +20°C), a w zimie mroźne powietrze się nagrzewa (np. z –20°C do 0°C). Warto dodać, że powietrze jest nie tylko chłodzone (w lecie) lub nagrzewane (w zimie), ale również nawilżane lub osuszane, a także filtrowane. GWC może więc spełniać następujące funkcje:

- klimatyzacja w lecie, tj. schłodzone,

uzdatnione powietrze może być wprost wdmuchiwane do pomieszczeń;

- klimatyzacja w zimie, przy czym powietrze wstępnie podgrzane w GWC przepływa przez rekuperator, gdzie ogrzewa się dodatkowo ciepłem pobieranym z powietrza usuwanego z pomieszczeń na zewnątrz;
- w zimie wspomaganie pracy pompy ciepła powietrze-woda.

Przez odgałęzienie do pompy ciepła 5 powietrze wstępnie ogrzane w GWC spełnia rolę dolnego źródła dla pompy ciepła. Podwyższenie temperatury powietrza (dolnego źródła) o 10 do 20°C pozwala zwiększyć sprawność pompy ciepła nawet o 50%. W ten sposób GWC ma istotny udział w zasilaniu energią cieplną systemu c.o. i c.w.u. Można też spotkać bardzo zaawansowane technologicznie rozwiązania GWC, oferowane przez firmy jako specjalne produkty. Na przykład system płytowy GWC, oferowany przez firmę PRO-VENT pod nazwą GEO-System, albo produkt firmy REHAU pod nazwą AWADUKT Thermo, wyróżniający się zastosowaniem antybakteryjnych rur. Są to produkty zalecane do domów energooszczędnych, w szczególności pasywnych.

Bardzo pomysłowym rozwiązaniem może być wykorzystanie nieogrzewanej piwnicy w roli GWC. Oto relacja Czytelnika, który zastosował to rozwiązanie (BD 04/2009):

...kiedy budowałem ten dom w 2001 roku, marzyłem o wentylacji mechanicznej z rekuperacją. Niestety nie było nas wówczas stać na taki wydatek. Aby osiągnąć podobne efekty, można jednak wykonać prosty GWC, czyli gruntowy wymiennik ciepła. W naszym domu taką rolę pełni piwnica! Jest ona rozszielona, co oznacza lekkie uchylenie wszystkich okienek. W połączeniu ze szczelnymi oknami na wyższych kondygnacjach oraz wentylacją grawitacyjną taki system sprawdza się doskonale. Zimą mroźne powietrze zasysane do piwnicy z zewnątrz ma temperaturę ujemną. Dobrze zaizolowana podziemna kondygnacja działa wówczas jak klasyczny GWC i sprawia, że powietrze dostarczane do części mieszkalnej jest już podgrzane do temperatury około 5°C! W kilku miejscach domu, na przykład tuż przy kominku, znajdują się wyloty rur, którymi jest ono dostarczane. W okresie upałów powietrze jest z kolei schładzane, a jego obieg jest dodatkowo wspomagany przez znajdujący się w piwnicy wentylator.

Latem dobrze zaizolowany dom prawie się nie nagrzewa. Jeśli jest w nim zbyt chłodno,

ZDANIEM EKSPERTA



Michał Zalewski
kierownik sekcji szkoleń Klima-Therm

O ile wzrośnie koszt inwestycji, jeśli wyposażymy dom w ogrzewanie z pompą ciepła?

System ogrzewania oparty o pompę ciepła powietrze-woda wykorzystujący powietrze zewnętrzne jako dolne źródło ciepła, nie wymaga kosztownych wymienników gruntowych ani studni.

Aby dokonać rzetelnej analizy, skupię się na porównaniu systemu pompy ciepła powietrze-woda z instalacją ogrzewania z gazowym kotłem kondensacyjnym. Kalkulację cenową oparłem o średnie ceny rynkowe i system grzewczy o wydajności ok. 15 kW.

Jak widać z powyższego porównania koszty obu systemów są niemal identyczne, a wymagania

wystarczy uchylić nieco okna i wpuścić tyle ciepłego powietrza, ile potrzeba. To oczywiście sytuacja modelowa.

– Kiedy jednak w domu mieszkają dwie nastolatki... One bardzo często „zapominają” o zamknięciu drzwi na taras i w domu po jakimś czasie robi się upalnie. Wówczas piwniczny GWC jest niezastąpiony. Trzeba tylko

Instalacja gazowa z kotłem kondensacyjnym		System pompa ciepła powietrze-woda	
sieć/umowa	1 200 zł	–	
przyłącze:	1 500 zł (projekt)	–	
	3 500 zł (wykonanie)	–	
komin, wentylacja	4 500 zł	–	
kocioł kondensacyjny	10 000 zł	–	
montaż kotłowni	4 500 zł	–	
–	–	pompa ciepła WATERSTAGE	22 000 zł
–	–	instalacja chłodnicza + montaż	3 500 zł
RAZEM	25 200 zł	25 500 zł	

dla pomp ciepła związane z dostępem mediów (sieć gazowa) czy niezbędnymi formalnościami nieporównywalnie mniejsze.

Kolejnym parametrem przy podejmowaniu decyzji są koszty eksploatacyjne.

Paliwo	Jednostka	Koszt energii [zł/kWh]	Koszt zakupu paliwa [zł/jedn.]	Wartość opałowa paliwa [MJ/jedn.]	Ilość energii uzyskanej z jednostki paliwa [kWh/jedn.]
energia elektryczna G11	[kWh]	0,50	0,50 [zł/kWh]	3,6 [MJ/kWh]	1 [kWh/kWh]
energia elektryczna G12	[kWh]	0,35	0,35 [zł/kWh]	3,6 [MJ/kWh]	1 [kWh/kWh]
olej opałowy	[l]	0,23	2,32 [zł/l]	35,6 [MJ/l]	9,89 [kWh/l]
gaz ziemny GZ50	[m ³]	0,20	1,90 [zł/m ³]	35,0 [MJ/m ³]	9,72 [kWh/m ³]
energia elektryczna taryfa G11 – pompa ciepła	[kWh]	0,14	0,50 [zł/kWh]	3,6 [MJ/kWh]	3,70 [kWh/kWh] *
energia elektryczna taryfa G12 – pompa ciepła	[kWh]	0,09	0,35 [zł/kWh]	3,6 [MJ/kWh]	3,70 [kWh/kWh]
węgiel	[kg]	0,08	0,60 [zł/kg]	26,8 [MJ/kg]	7,44 [kWh/kg]

Jak widać koszt 1 kWh energii cieplnej wytwarzanej przez pompę ciepła jest niższy niż koszty 1 kWh energii cieplnej wywarzanej przez kocioł gazowy.

Inwestor decydujący się na ogrzewanie domu pompą ciepła powietrze-woda nie poniesie wyższych wydatków inwestycyjnych, a zyska znaczne oszczędności na dużo niższych kosztach eksploatacyjnych.

* w okresach bardzo mroźnych ten parametr będzie niższy

uchylić okna połączone i włączyć wentylator w piwnicy. Wystarczy kwadrans i gorące powietrze zostaje wypchnięte przez okna dachowe, a jego miejsce zajmuje chłodne powietrze z podziemnej kondygnacji.

Mówiąc o kosztach wykonania piwnicy, warto pamiętać, że dzięki nowoczesnym materiałom można je w poważnym stopniu

zredukować. Jeszcze do niedawna mur piwniczny wykonywano przeważnie jako ścianę trójwarstwową. Hydroizolacja, a więc kluczowa jej część, znajdowała się w bezpośrednim kontakcie z gruntem.

– Obecnie, dzięki takim produktom izolacyjnym jak styropian „Silver Fundament”, można budować mur z odwróconym układem warstw, podobnie jak na dachach zielonych. – Hydroizolacja na bazie wodorociekliwych bitumów znajduje się wówczas na ścianie fundamentowej z bloczków betonowych i zakryta jest wspomnianymi płytami ze spienionego polistyrenu. Płyty wystające ponad poziom gruntu mocuje się dodatkowo do ściany kołkami, następnie pokrywa warstwą kleju, zatapia siatkę i po zagruntowaniu można przykleić płytki elewacyjne. Taki system jest znacznie tańszy od ściany trójwarstwowej. Mniej wydaje się zarówno na materiały, jak i na wykonawstwo.

GENIALNIE PROSTE I SKUTEKTYWNE – NIEPRAWDAŻ?!

DOM Z POMPĄ CIEPŁĄ

W naszym rocznym cyklu poradnikowym dotychczas opublikowaliśmy 5 artykułów:

- BD 1–2/09 Dlaczego pompa ciepła – Europa i Polska w liczbach
- BD 3/09 Wybór dolnego źródła. Najważniejsza decyzja
- BD 4/09 Źródło górne – jakie wybrać?
- BD 5/09 Wybieramy pompę ciepła – przegląd oferty rynkowej
- BD 6/09 Ciepła woda (c.w.u.) w systemie z pompą ciepła
- BD 7–8/09 Pompa ciepła w klimatyzacji. Chłodzenie i rekuperacja

W kolejnych tegorocznych wydaniach „Budujemy Dom” opublikujemy następujące artykuły:

- BD 9/09 Pompa ciepła a technologia domu
- BD 10/09 Eksploatacja i konserwacja systemu z pompą ciepła
- BD 11–12/09 Wymiana kotła c.o. na pompę ciepła – modernizacja ogrzewania