

Przed dwoma laty sensację wywołał artykuł (BD 1-2/2003) Profesora Józefa Piotrowskiego o ogrzewaniu domu pompą ciepła za niecałe 100 zł / miesiąc. Poprosiliśmy Pana Profesora o relację po kolejnych latach doświadczeń eksploatacyjnych własnych i wielu Jego sąsiadów, również użytkujących pompy ciepła.

Redakcja



fol. archiwum BD

DOM Z POMPA CIEPŁA

– po kolejnych 3 latach

Moim głównym hobby jest działalność zawodowa. Jednak drugim stał się ekologiczny dom wykorzystujący odnawialne źródła energii, a równocześnie bardzo tani w budowie i eksploatacji.

Józef Piotrowski

Od dawna kierowałem wzrok ku Słońcu, rozważając budowę domu ogrzewanego głównie energią słoneczną. Wszystkie kolejne podejścia – wirtualne, bo za pomocą symulacji komputerowych, wykazywały iż nie jest to obecnie uzasadnione ekonomicznie.

Inaczej było z pompami ciepła. Poświęciłem sporo czasu na studia literatury, rozważania i obserwacje istniejących instalacji. Wreszcie przyszedł czas na eksperymenty – dwa kolejne domy z pompami ciepła i kilkadziesiąt instalacji moich sąsiadów i znajomych.

Przedstawiam tu doświadczenia trzyletniego okresu mieszkania w drugim domu. Przez cały okres rejestrowane były

zapisy dobowego czasu pracy pompy, zużycia energii w taryfie dziennej i nocnej, zabiegi konserwacyjne i inne odnośne wydarzenia.

Na początek krótki opis domku i zastosowanych rozwiązań.

Ogólna charakterystyka

Budując go wykorzystałem doświadczenia 6-letniej eksploatacji instalacji grzewczej w pierwszym domu. Dom o powierzchni użytkowej ok. 250 m² charakteryzuje się wysoką izolacją termiczną – ścian, okien, dachu i podłogi parteru. Ma też dużą pojemność cieplną izolowanej od otoczenia masy wnętrza. Składają się na nią grube wylewki betonowe izolowanej

Czas pomp ciepła nadszedł! Gwałtownie rośnie liczba producentów pomp ciepła

plyty fundamentowej i grzewczej (25+10 cm), 8 cm wylewki i belki stropu, ściany z dość ciężkiego gazobetonu. Temperatura wnętrza dzięki wielkiej pojemności cieplnej wnętrza jest bardzo „oporna” na zmiany temperatury otoczenia, a także na duży strumień promieniowania słonecznego docierający przez silnie przeszklone powierzchnie.

Bardzo dobrze została zaprojektowana instalacja z niskotemperaturowymi emiterami ciepła. Zastosowano również wysokosprawną odzysk ciepła z wentylacji. Wszystko to sprawia, iż dom charakteryzuje się niskimi potrzebami cieplnymi, a dwutaryfowa instalacja elektryczna zapewnia dodatkowe obniżenie kosztów ogrzewania.

Źródło ciepła

Zastosowano najtańsze rozwiązanie – źródłem ciepła jest woda gruntowa. Dwie tanie, ale dobrze wykonane studnie, poborowa i zrzutowa. Są to abisyńki, 18 m głębokie, z polietylenowymi rurami i plastikowymi filtrami. Studnia poborowa wspólna z sąsiadem jest również źródłem wody użytkowej. Woda ma umiarkowaną twardość i niską zawartość żelaza i manganu.

Obydwie studnie działają bezproblemowo od 5 lat, w tym 3 lata wykorzystywane jako źródło ciepła. To niedługo, ale czujniki ciśnienia na obydwu studniach nie wykazują jakichkolwiek zmian wydajności. Bez problemów działają też studnie w poprzednim domu po 7 latach eksploatacji, mimo znacznie gorszych parametrów wody. Jest więc nadzieja na długotrwałą eksploatację.

Konstrukcja obydwu studni została jednak przygotowana na wygodną regenerację, gdyby wytrąciły się osady, które zaczęłyby ograniczać wydajność.

Woda pobierana jest przez niewielką pompkę samozasysającą P1 o nominalnej mocy 250 W. Pomiar wykazały, że słabo obciążona pompka (ciśnienie na wylocie pompki ok. 0.5 bara, na zrzucie za pompą ciepła <0.2 bara) pobiera jedynie niewiele ponad 100 W. W układzie zastosowano jedynie siatkowy filtr mechaniczny z otworkami 50 μm.

Woda użytkowa pobierana jest z tej samej studni za pomocą niezależnej instalacji hydroforowej z małą pompą P2 f-my Nochi o mocy 350 W. Motywacją jest niezależna optymalizacja zasilania w.u. i wody dla pompy ciepła. Instalacja zaprojektowana tak, aby w przypadku awarii pom-

py P1 pompa ciepła mogła być zasilana z pompy P2. I odwrotnie, pompa P1 mogła awaryjnie zasilac dom w wodę użytkową w przypadku awarii P2. To doświadczenie z pierwszego domku, kiedy za pomocą Internetu zdalnie z Australii pomagałem usunąć awarię ogrzewania spowodowaną zużyciem łożyska pompy. Teraz jedno przekręcenie zaworu umożliwi długotrwałą pracę na jednej z dwu pomp do czasu naprawy uszkodzonej.

Mógłbym dodać, iż obydwie użyte pompy były bardzo tanie (razem poniżej 500 zł), dużo mniej niż koszt jednej pompy w starym domu. Obydwie pracują bezawaryjnie.

Pompa ciepła i instalacja grzewcza

Zastosowano najmniejszą i najtańszą pompę ciepła (W2, woda-woda) z typoszeregu pomp produkowanych przez firmę Hibernatus. Nominalna moc grzewcza przy temperaturach 35/0°C wynosi 8.7 kW.

Przepływ wody grzejącej zapewniają dwie szeregowo połączone pompy obiegowe małej mocy (90 W max.). Jedna z pomp jest włączona stale, zapewniając ciągły obieg przynoszący czujnikom pompy informację o temperaturze podłóg. Druga pompa jest włączana tylko w czasie pracy pompy ciepła. Pozwala to na ograniczenie zużycia energii zapewniając równocześnie właściwy obieg czynnika grzewczego. Niska różnica temperatury zasilania i powrotu (<4°C) umożliwia nastawę histerezy 4,5°C przy rozsądnych cyklach pracy pompy ciepła zapewniając stałość temperatury w czasie.

Sterowanie temperaturą

W większości instalacji grzewczych z pompami ciepła, stabilizacja temperatury wnętrza domu jest oparta o czujnik pogodowy, który przesyła sygnał o temperaturze zewnętrznej do sterownika urządzenia. Ten w zależności od krzywej grzewczej dobiera odpowiednią temperaturę czynnika grzewczego, przy której następuje włączanie i wyłączenie ogrzewania. Szybko okazało się, iż nie jest to najlepsza metoda sterowania ogrzewaniem. Wysoka izolacyjność i pojemność termiczna domu sprawiała, że zmiany temperatury zewnętrznej docierają do wnętrza z dużym opóźnieniem i są uśredniane w czasie. Tymczasem system sterowania reaguje na

zmiany temperatury zewnętrznej znacznie szybciej. Prowadzi to do nadmiernego grzania przy zbyt szybkim spadku temperatury zewnętrznej. Co więcej, dobowe i kilkudniowe fluktuacje temperatury, które mają znaczną amplitudę, wymuszają zbyt silne reakcje układu grzewczego. Sprawia to, iż pompa ciepła pracuje często w warunkach nieoptymalnych.

Problem mógłby być rozwiązany przez odpowiednie modyfikacje algorytmów sterownika, jednak wymagałoby to ingerencji w konstrukcję urządzenia. Doświadczenia pokazały, iż problem może być rozwiązany przez umieszczenie czujnika w osłonie termicznej spowalniającej i uśredniającej fluktuacje temperatury. Najlepszym rozwiązaniem okazało się jednak umieszczenie czujnika wewnątrz domu w pomieszczeniu dziennym. Tak umieszczony czujnik śledzi temperaturę powietrza w domu i utrzymuje ją na zadanym poziomie. Temperatury innych pomieszczeń mogą być ustawiane ręcznie lub automatycznie za pomocą odpowiedniej regulacji zaworów na rozdzielaczach. Doświadczenia wykazały, iż dla utrzymania stałej temperatury przy dowolnej temperaturze otoczenia całkowicie wystarczają raz dobrane stałe nastawy.

Emiter ciepła

Zastosowano niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe we wszystkich pomieszczeniach na parterze i piętrze. Płytki ceramiczne w podłodze okazały się doskonałym rozwiązaniem. Łatwe utrzymanie czystości, miły chłodek w lecie i przyjemna temperatura zimą.

Na piętrze rury ogrzewania zostały wpuszczone w wylewkę stropu teriva. Między belkami systemu teriva zastosowano bloczki z izolacyjnego gazobetonu zamiast zwykłych „garów” ceramicznych lub betonowych, dzięki czemu nie było konieczności stosowania dodatkowej izolacji cieplnej nad wylewką.

Dobrze zaprojektowane rozkłady rur umożliwiają uzyskanie pożądanych rozkładów temperatur bez potrzeby znaczącego dławienia przepływów.

Ciepła woda użytkowa

Podgrzewana jest wyłącznie pompą ciepła. Bardzo prosta instalacja grzewcza ze zbiornikiem c.w.u. o pojemności 300 l (Ariston), podgrzewanym za pomocą wbudowanej wężownicy o dużym polu

W mojej okolicy jak grzyby po deszczu rosą domy z instalacjami grzewczymi z pompami ciepła

powierzchni (3,4 m²) bez pośrednictwa dodatkowego wymiennika. Utrzymywana temperatura c.w.u. 40°C jest całkowicie wystarczająca dla pryszniców w łazienkach, kuchni, zmywarki i innych urządzeń. Dzięki doskonałemu sprzężeniu pompy ciepła ze zbiornikiem, temperatura na wyjściu pompy ciepła przekracza tylko o ok. 5°C zadaną temperaturę c.w.u.

Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

Zastosowany rekuperator o wysokiej sprawności, ale niezbyt kosztowny (Stiebel Eltron, ok. 3600 zł) zapewnia dobrą wentylację wszystkich pomieszczeń. Powietrze pobierane jest w ogrodzie przez niewielką czerpnię, przechodzi pod ziemią odcinek ok. 35 m zanim trafi do wymiennika rekuperatora. To wstępne podgrzanie powietrza ciepłem ziemi pozwala na bezproblemową pracę rekuperatora nawet przy najniższych temperaturach otoczenia bez potrzeby dogrzewania powietrza. Jest często niezbędne w innych systemach, aby zapobiec zamrożeniu wymiennika rekuperatora.

Łazienki

Ogrzewanie łazienek jest wyzwaniem dla wysokosprawnego ogrzewania podłogowego zasilanego pompą ciepła! Nawet przy dużej gęstości rurek ogrzewania podłogowego trudno zwiększyć temperaturę łazienek powyżej średniej temperatury pozostałych pomieszczeń. Dotyczy to szczególnie najsprawniejszych instalacji, w których temperatura wody grzewczej jest bardzo niska (26-28°C). Oczywiście, problem ten można by natychmiast rozwiązać zwiększając o kilka stopni temperaturę wody górnego źródła, ograniczając równocześnie przepływy w innych niż łazienki pomieszczeniach. Ale to wyraźnie pogarsza sprawność energetyczną instalacji.

Możliwe są jednak lepsze rozwiązania. W moim domu podstawowym ogrzewaniem 3 łazienek jest również ogrzewanie podłogowe. Utrzymuje w łazienkach temperaturę zbliżoną do temperatury pozostałych pomieszczeń. Łazienki zostały jednak dodatkowo wyposażone w tanie termowentylatory elektryczne ze stabilizacją temperatury. Po włączeniu błyskawicznie zwiększają temperaturę do zadanego poziomu (25-28°C). Zużycie energii elektrycznej jest bardzo niewielkie (typowo ok. 0,2 kWh, czyli ok 0,08 zł na kąpiel).

Obserwacje

Instalację grzewczą uruchomiono na początku stycznia 2001 roku w zimnym i wilgotnym domu. Temperatura podnoszona była powoli w celu ograniczenia nadmiernie szybkiego wysychania, tym niemniej dobowy czas pracy pompy w okresie schnięcia był bardzo długi ze względu na duże ilości ciepła niezbędne do odparowania ton wody.

Po zamieszkaniu dobrano parametry krzywej grzewczej instalacji. Były one później jeszcze trochę modyfikowane.

Warunki zimowe. Instalacja utrzymuje temperaturę powietrza ok. 22°C w pomieszczeniach dziennych, holu i niektórych sypialniach. Zapewnia to przyjemny komfort cieplny.

Goście proszą często o zmniejszenie temperatury w sypialni, ustawiam wtedy ok. 18°C. W gabinecie wolę trochę niższą temperaturę – ok. 20°C. Temperatura w pomieszczeniu sportowym jest często zmniejszana do ok. 18°C. Temperatura wiatrołapu jest słabo stabilizowana i spada czasem do ok. 15°C, zwłaszcza przy częstym otwieraniu drzwi wejściowych, jednak nie jest to odczuwalne.

Garaż izolowany termicznie jak i pozostałe pomieszczenia, jest podgrzewany pośrednio przez strop z pomieszczenia na piętrze. Najniższa temperatura garażu zimą to ok. 16°C.

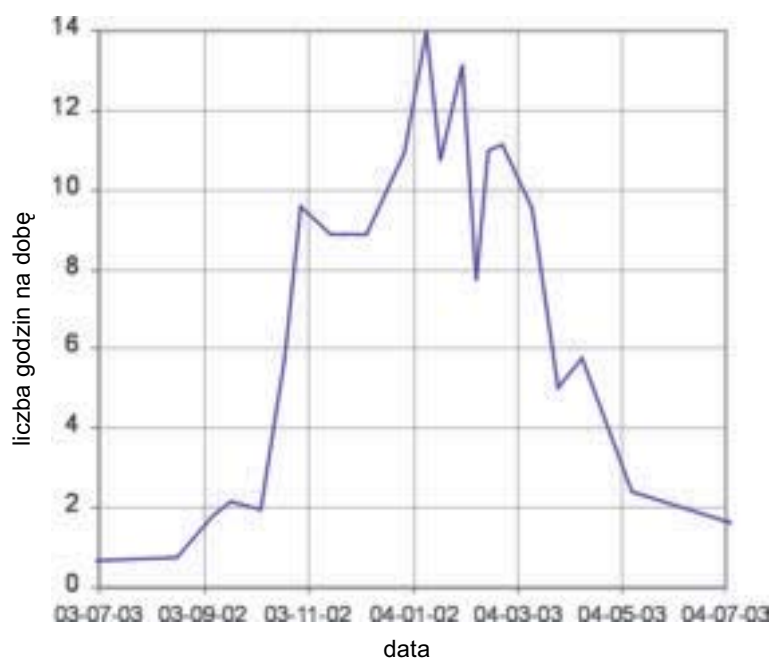
Przy spadku temperatury otoczenia rośnie dobowy czas pracy pompy ciepła. W najzimniejszych dniach w ostatnich 3 latach dobowy czas pracy dochodził do 16 godzin. Proste przeliczenie wskazuje, iż system grzewczy mógłby utrzymać zadane temperatury wnętrza domu nawet przy mrozach -40°C.

Przy mrozach rośnie także maksymalna temperatura czynnika grzewczego niezbędna dla utrzymania zadanych temperatur. Przy silnych mrozach zmienia się w zakresie 23,5°C (włączenie) do 28°C (wyłączenie). Być może, kilka razy mignęło 29°C. Dotyczy to taniej taryfy energii elektrycznej, w czasie taryfy dziennej temperatury są o 1°C niższe (22,5-27°C).

Pompa ciepła pracując przy tak niskich temperaturach czynnika grzewczego ma znacznie większą moc grzewczą od nominalnej mocy podawanej przez producenta, niższy pobór energii elektrycznej i większy współczynnik sprawności. Potwierdzają to niezbyt dokładne pomiary, wykonane za pomocą najprostszyc narzędzi – przepływomierza w obiegu czynnika grzewczego, czujników temperatury wylotu i wlotu czynnika grzewczego oraz licznika energii elektrycznej. Precyzyjny pomiar tych parametrów wymagałby zmian w instalacji i zastosowania odpowiednich przyrządów.

Warunki letnie. Dom nieźle zachowuje się w okresie upałów. Nie wyłączam

Przykład rozkładu dobowego czasu pracy pompy ciepła w sezonie 2003/2004



Roczny koszt ogrzewania i przygotowania c.w.u. wyniósł 977 zł

obiegu wody w instalacji ogrzewania podłogowego. Silne sprzężenie termiczne wnętrza domu z podłogą powoduje bardzo efektywne wyrównanie temperatury w słonecznych i mniej doświetlonych pomieszczeniach.

Podobnie, przez cały rok działa instalacja wentylacji mechanicznej. Latem, dzięki wychłodzeniu powietrza w podziemnym przewodzie, do domu wpływa chłodniejsze powietrze. Co więcej, przy nadmiernej wilgotności powietrza na zewnątrz domu, następuje wykroplenie nadmiaru wilgoci.

Najwyższe temperatury wnętrza domu nie przekraczały 25°C, nie było więc potrzeby stosowania klimatyzacji.

Koszty ogrzewania

Oceniane były na podstawie czasu pracy pompy ciepła i poboru mocy elektrycznej w czasie ogrzewania. W okresie od sierpnia 2003 do sierpnia 2004 pompa ciepła pracowała 1950 godzin przy średnim poborze mocy ok. 1,67 kW. Oznacza to zużycie energii 3257 kWh, głównie w okresie taryfy nocnej. Przyjmując średni koszt 1 kWh równy 0,30 zł, **roczny koszt ogrzewania i przygotowania c.w.u. wyniósł 977 zł.**

Zabiegi konserwacyjne

Dwukrotnie w ciągu roku czyszczony jest chemicznie filtr mechaniczny. Czynność ta wymaga ok. 10 minut. Co najmniej trzykrotnie zmieniane są filtry w systemie wentylacji mechanicznej.

Konkluzja

Ogrzewanie za pomocą pompy ciepła okazało się komfortowe i tanie. Nie mogę sobie wyobrazić, by budując jeszcze raz dom mógłbym zastosować inny typ ogrzewania!

Nie oznacza to, iż jest idealne.

Co zmieniałbym. Istnieje możliwość dalszego zmniejszenia zużycia energii przez lepsze dostosowanie pompy i całego systemu do pracy niskotemperaturowej. W tym celu:

- Zastosowałbym pompę ciepła o jeszcze mniejszej mocy (20%), co poprawiłoby sprawność (obecna ma moc 9 kW).
- Sterownik pompy powinien mieć możliwość niezależnego ustawienia większej liczby niezależnych stref czasowych w ciągu doby dla ogrzewania i c.w.u. Chętnie, w szczególności, widziałbym możliwość niewielkiego zmniejszenia

temperatury w godz. 1-5 rano i ponowne włączenie nieco silniejszego ogrzewania na godzinę przed wstaniem.

- Przydałaby się pompa ciepła lepiej dostosowana do pracy niskotemperaturowej. Wymienniki płytowe pompy ciepła powinny być wydajniejsze dla zwiększenia sprawności przy pracy niskotemperaturowej, kiedy istotnie rośnie moc cieplna i chłodnicza. Przydatne byłoby elektroniczne sterowanie zaworem rozprężnym.
- Nastawy krzywej grzewczej c.w.u. powinny być bardziej precyzyjne (obniżenie temperatury c.w.u. o zadaną wartość histerezy). Jedno lub półstopniowa gradacja jest zbyt duża dla niskotemperaturowych emiterów ciepła.
- Zmniejszenie mocy pompy i drobne korekty w ogrzewaniu podłogowym pozwoliłyby na zmniejszenie różnicy temperatur zasilania i powrotu poniżej 3°C.

Symulacja komputerowa pokazuje, iż konsekwencją tych udoskonaleń byłby spadek zużycia energii o jedną czwartą i dalsze polepszenie komfortu cieplnego.

Tylko pompa ciepła!

Wielokrotnie jednak przychodziła mi pokusa zastosowania kolektora słonecznego, jako uzupełnienie systemu grzewczego z pompą ciepła, aby poczuć to płynące bezpośrednio z nieba ciepło.

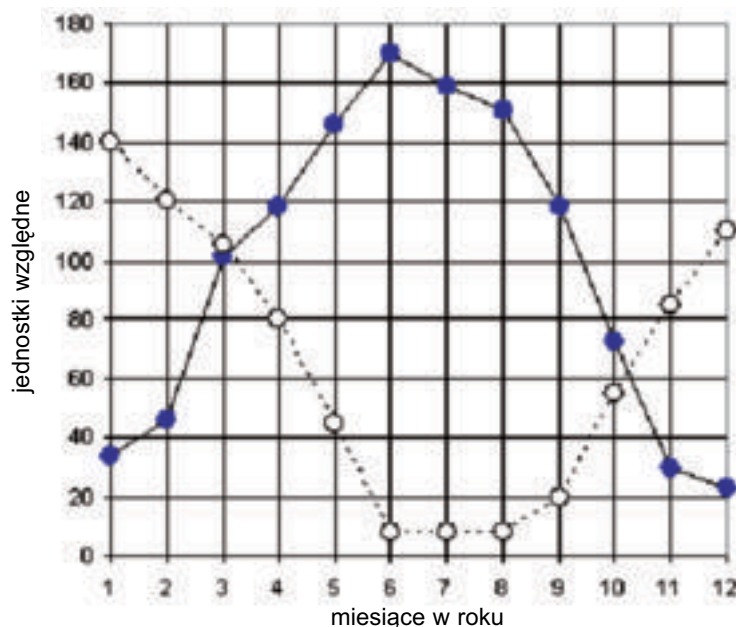
Proste kalkulacje wskazują jednak, iż obecnie nie ma szansy zastosowania go jako podstawowego całorocznego systemu grzewczego ze względu na bardzo wysoki koszt kolektorów i systemu magazynowania, które byłyby niezbędne dla ogrzewania w najmniej słoneczne, a równocześnie najzimniejsze miesiące roku.

I natychmiast refleksja – lepsze wrogiem dobrego. Przy niskim jednostkowym koszcie energii z pompy ciepła dodatkowa instalacja systemu solarnego z kolektorem o powierzchni 3 m² dawałaby roczną produkcję energii cieplnej o wartości nie przekraczającej 200 zł. Koszt dodatkowej instalacji (~10000 zł) nie zwróciłby się nigdy, ponieważ **wartość energii wyprodukowanej przez system solarny podczas jego czasu życia byłaby niższa od kosztu instalacji i jej eksploatacji.**

Gorzej, zastosowanie kolektora zabiera miejsce, komplikuje instalację i zmniejsza jej niezawodność. Zdecydowanie lepiej byłoby przeznaczyć te środki na polepszenie efektywności i niezawodności systemu z pompą ciepła.

W przyszłości prawdopodobnie zostanie rozwinięta technologia izolacji próżniowej, zostaną opracowane doskonałe techniki odbioru energii cieplnej i sterowania jej przepływem, powstaną efektywne metody magazynowania ciepła. Wtedy domy pasywne staną się ekonomicznie uzasadnioną alternatywą dla pomp ciepła. Ale jeszcze nie obecnie.

Rozkłady zapotrzebowania na energię od stycznia do lutego (koła puste) i energii słonecznej (koła pełne) w jednostkach względnych. Energii słonecznej jest mało wtedy, kiedy jej najbardziej potrzeba!

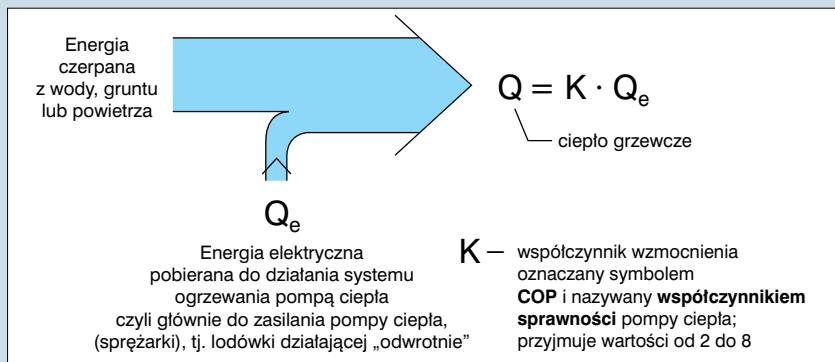


Zasada ogrzewania pompą ciepła

Współczynnik sprawności pompy ciepła, czyli stosunek dostarczonej energii cieplnej Q do pobranej energii elektrycznej Q_e , jest wyrażony zależnością:

$$\text{COP} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \eta_p + 100\%$$

gdzie T_1 i T_2 są wyrażonymi w kelwinach temperaturami źródła i odbiornika ciepła, a η_p jest wewnętrzną sprawnością pompy ciepła wyrażoną w procentach ($\approx 60\%$). Kapitalne znaczenie ma mianownik ułamka, gdyż wraz ze zmniejszaniem różnicy temperatur ($T_2 - T_1$) odbiornika (źródła górnego) i źródła ciepła (źródła dolnego) sprawność systemu ogrzewania pompy ciepła silnie rośnie. Rozważmy przykład instalacji grzewczej ze źródłem ciepła o temperaturze 5°C ($\approx 278\text{ K}$) i odbiornikiem o temperaturze 30°C ($\approx 303\text{ K}$). Instalacja taka może mieć sprawność ponad 800%, co oznacza ponad ośmiokrotny wzrost dostarczonej



energii cieplnej w stosunku do zużywanej do napędu pompy ciepła energii elektrycznej. Rzeczywista sprawność całego systemu grzewczego jest nieco niższa, ze względu na konieczność zasilania urządzeń pomocniczych (pompa wodna i pompy obiegowe). Z analizy wzoru na COP wynika, że największe korzyści ze stosowania pompy ciepła uzyskujemy przy niskotemperaturowym ogrzewaniu podłogowym (ok.

$28\text{--}30^\circ\text{C}$) i zastosowaniu wody gruntowej jako dolnego źródła ciepła (ok. 10°C). W tej konfiguracji mianownik ($T_2 - T_1$) przyjmuje najmniejsze wartości (ok. 20 K), czyli współczynnik COP osiąga wartości największe, rzędu 800%.

Zdecydowanie należy odradzić stosowanie ogrzewania pompą ciepła wraz z kaloryferami lub z systemem mieszanym kaloryferowo – podłogowym.

Rodzaje systemów ogrzewania pompą ciepła

Idea ogrzewania pompą ciepła sprowadza się najogólniej do pobierania ciepła z tzw. **źródła dolnego** i przekazywania tego ciepła do pomieszczeń przez tzw. **źródło górne**. Źródłem górnym może być układ centralnego ogrzewania z bateriami, ale rozwiązaniem zalecanym jest niskotemperaturowe ogrzewanie podłogowe.

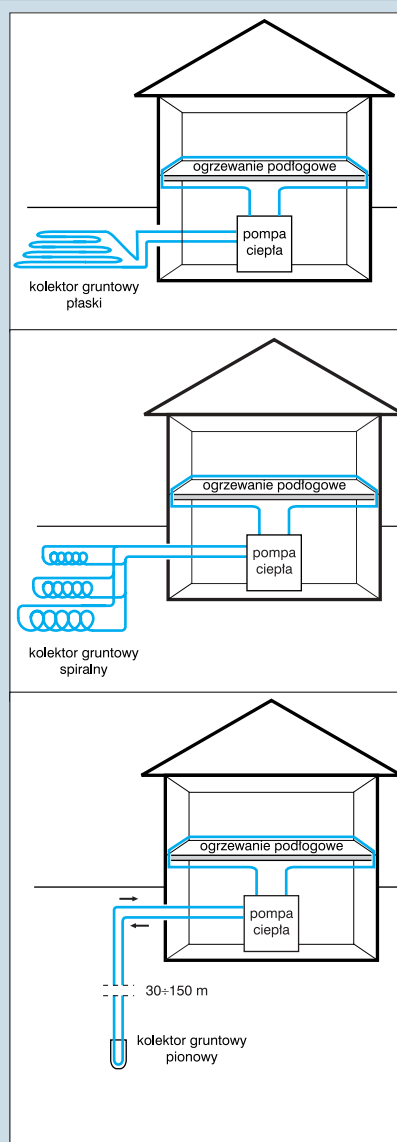
Najlepszym **źródłem dolnym** jest woda gruntowa, wówczas mówimy o systemie **woda – woda**. Jeśli nie ma możliwości korzystania z wody gruntowej to pozostaje nam zastosowanie systemu **grunt – woda** (inaczej nazywanym **solanka – woda**) lub **powietrze – woda**. W naszym klimacie, z surowymi zimami i temperaturą powietrza dochodzącą do -20°C , system powietrze – woda nie jest rozwiązaniem racjonalnym. Natomiast system grunt – woda wymaga zastosowania kolektora ziemnego jako źródła dolnego. Kolektorem jest rura o długości 100 – 300 m, wypełniona solanką i ułożona płasko (**kolektor płaski**), spiralnie (**kolektor spiralny**) lub pionowo (**kolektor pionowy**).

Kolektor płaski wykonuje się z rur PE o średnicy jednego cala, układanych w wykopie o głębokości 1,5 – 2 m, czyli poniżej strefy przemarzania. Jest to zwykle kilka odcinków rur o długości ok. 100 m. Przy odstępach między rurami rzędu $0,5 \div 0,8\text{ m}$ z jednego m^2 gruntu z kolektorem otrzymuje się moc 10 do 40 W, w zależności od rodzaju gleby. Gliniasty i wilgotny grunt oddaje więcej ciepła niż piaszczysty, suchy. Stąd przy założeniu, że do ogrzewania domu potrzeba ok. 50 W/m^2 , kolektor płaski powinien zajmować powierzchnię 1,5 do 5 razy większą niż powierzchnia domu. Zatem do tego rozwiązania niezbędna jest duża powierzchnia działki (np. ok. 1000 m^2 dla domu o powierzchni netto ok. 250 m^2 , jeśli grunt jest piaszczysty).

Kolektor spiralny. Często twierdzi się, że jeśli powierzchnia działki nie pozwala na zainstalowanie kolektora płaskiego, to można zainstalować kolektor spiralny, czyli ułożyć rury spiralnie w wykopie o szerokości co najmniej 80 cm.

Jednak jest to twierdzenie błędne – w istocie, kolektor spiralny wymaga takiej samej powierzchni działki jak kolektor płaski, gdyż odległości między rowami nie powinny być mniejsze niż 3 m. Zaletą kolektora spiralnego jest to, że wykopanie kilku rowów o długości do 20 m jest łatwiejsze niż zdjęcie dwumetrowej warstwy gruntu z dużej powierzchni działki.

Kolektor pionowy. Najskuteczniejszym rozwiązaniem w przypadku ograniczonej ilości miejsca jest kolektor pionowy. Do odwiertów o głębokości 30 do 150 m (uwaga – konieczne jest zezwolenie) wkłada się rury zgięte w kształcie litery U. Z 1 m odwiertu można uzyskać $30 \div 100\text{ W}$ energii cieplnej. Na przykład dla domu o powierzchni 200 m^2 potrzebną moc cieplną ($200\text{ m}^2 \times 50\text{ W/m}^2 = 10\text{ kW}$) otrzymamy dla łącznej długości odwiertów ok. 200 m, czyli może to być 5 odwiertów o głębokości 40 m każdy. Odległość między odwiertami nie powinna być mniejsza niż 5 m.



Nie mogę sobie wyobrazić, by budując jeszcze raz dom, mógłbym zastosować inny typ ogrzewania

Dlaczego bywa źle?

Większość z moich znajomych, którzy zainstalowali pompy ciepła jest zadowolonych z ich działania. Zadowoleni są wszyscy, których instalacje zostały prawidłowo zaprojektowane i wykonane.

Niestety, nie jest tak zawsze. Polskie listy dyskusyjne są pełne mrozących krew w żyłach opisów koszmarnych przygód użytkowników systemów grzewczych z pompami ciepła. Wielokrotnie opisywane są:

- instalacje, które kosztowały bardzo dużo, a nie spełniły oczekiwań odnośnie ekonomiczności,
- instalacje, w których nie uzyskuje się właściwych temperatur,
- trudne do usunięcia awarie, które z reguły zdarzają się w okresie największych mrozów,
- zalewanie działki i sąsiadów wodą, której nie może odebrać studnia zrzutowa.

Najgorsze, znam kilka przypadków rezygnacji z tego typu ogrzewania, mimo poniesienia dużych nakładów na systemy grzewcze z pompami ciepła!

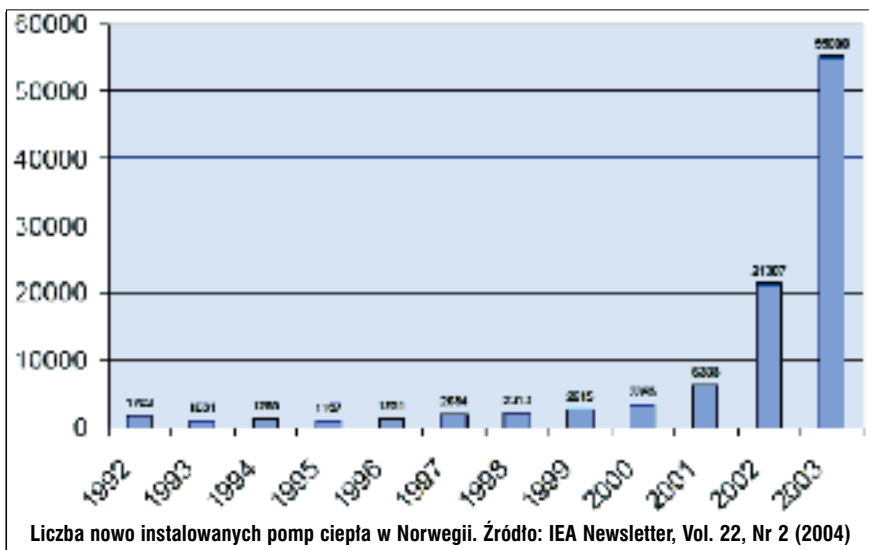
Widać wyraźny kontrast z wynikami badań zadowolenia użytkowników pomp ciepła w krajach o wyższej kulturze technicznej, w których stosowanie pomp ciepła jest szersze i ma dłuższą historię. Badania tam prowadzone wskazują ponad 90% użytkowników zadowolonych z tego systemu grzewczego.

Być może niektóre negatywne wypowiedzi są stymulowane przez lobby producentów konwencjonalnych urządzeń grzewczych; większość odzwierciedla jednak rzeczywiste problemy, z którymi zetknęli się użytkownicy.

Blizsza analiza znanych mi przypadków wskazuje, iż popełniono rażące błędy, zastosowano niewłaściwe rozwiązania, błędne projekty i usterki wykonania. We wszystkich przypadkach można było łatwo uniknąć problemów przy właściwym przygotowaniu i rzetelności projektantów i ekip instalacyjnych.

Najczęstsze wpadki:

- Mało ekonomiczna praca i trudności w uzyskaniu właściwej temperatury pomieszczeń. Zdarza się to najczęściej w instalacjach wysokotemperaturowych z kaloryferami, zwłaszcza z mieszanym systemem podłogowo-kaloryferowym. Także w instalacjach woda-



powietrze; niezbyt efektywny odbiór ciepła przez powietrze wymusza wysokotemperaturową pracę pompy ciepła i niską wydajność.

- Mało ekonomiczna praca wskutek błędów projektowych: użycie pomp wody o zbyt dużej mocy, źle zaprojektowane lub wykonane ogrzewanie podłogowe, mało efektywne sprzężenie termiczne pompy ciepła ze zbiornikiem c.w.u.

- Drastyczne błędy wykonawcze: podziurawione rury ogrzewania podłogowego, zastosowanie zawodnych złączy zalanych betonem (nie powinny być w ogóle stosowane!), zniszczenie przez mróz wypełnionych wodą instalacji ogrzewania w nie ogrzewanym domu w trakcie budowy.

- Problemy ze studniami: zbyt mało wydajne, woda o bardzo wysokim zażelazieniu powodująca szybką degradację

Zadowoleni użytkownicy

Na warszawskim osiedlu Klaudyn jest sporo domów jednorodzinnych ogrzewanych pompą ciepła. Do siedmiu właścicieli tych domów zwróciliśmy się z prośbą o wypełnienie prostej ankiety, zawierającej charakterystykę ogólną domu, charakterystykę systemu ogrzewania, określenie kosztu ogrzewania domu za rok, a także komentarze i uwagi dotyczące systemu ogrzewania ich domów. Były to domy o powierzchni od 230 do 300 m², wszystkie dwukondygnacyjne, tylko jeden z piwnicą. Zbudowane w większości w technologii gazobetonu z bardzo dobrą izolacją cieplną ścian i dachu. We wszystkich ankietowanych domach zastosowano ogrzewanie pompą ciepła w systemie woda – woda (dwie studnie). W sześciu domach pompa ciepła współpracuje wyłącznie z instalacją ogrzewania podłogowego, czyli jest to system niskotemperaturowy. Tylko w jednym domu zastosowano instalację mieszaną, tj. ogrzewanie podłogowe i grzejniki c.o. We wszystkich ankietowanych domach zainstalowano dwutaryfowy licznik energii elektrycznej. Koszty ogrzewania (razem z c.w.u.) za rok określono w przedziale od 980 zł do 1800 zł, przy czym najniższy koszt osiągnięto w domu wyposażonym w rekuperator (w trzech na siedem badanych domów jest rekuperator), w którym ponadto sporadycznie ogrzewanie jest wspomagane przez kominek. Najwyższy koszt – 1800 zł/rok uzyskano w największym domu (300 m²), wyposażonym w piwnicę i zbudowanym w technologii jednowarstwowych ścian z gazobetonu o grubości 42 cm. Zwróćmy jednak uwagę, że ten najwyższy wynik, czyli koszt ogrzewania 1800 zł/rok, w tak dużym domu jest i tak znacznie poniżej prawdopodobnych kosztów ogrzewania gazem. Sześciu spośród siedmiu odpytywanych właścicieli domów wyraziło wysoki stopień zadowolenia z posiadanego systemu ogrzewania. Tylko w jednym przypadku, mimo niskich kosztów ogrzewania użytkownik rozważa zmianę systemu na ogrzewanie gazem, gdyż „są istotne problemy z ogrzewaniem piętrowych kaloryferami, nie udaje się ogrzać powyżej 18°C”. No właśnie. Jest to jedyny dom, w którym zastosowano instalację mieszaną – ogrzewanie podłogowe/grzejniki c.o. Jest to rozwiązanie nieracjonalne, gdyż grzejniki c.o. wymagają wysokiej temperatury czynnika grzewczego, a pompy ciepła z istoty rzeczy powinny współpracować z instalacją niskotemperaturową.

BRAK REKLAMY

filtrów w studniach, a nawet wymienników płytowych.

- Zbyt mało wydajne lub źle wykonane pionowe lub poziome kolektory ciepła.

Bardzo rzadko zdarzały się natomiast awarie samych pomp ciepła. Małe rozpowszechnienie pomp ciepła powoduje jednak, iż serwis instalacji z pompami ciepła jest również trudno dostępny i kosztowny. Instrukcje obsługi mało przejrzyste. Możliwości usunięcia przypadkowych usterek są często blokowane przez producentów pomp i instalatorów. Może tu chodzić o ochronę urządzeń przed zniszczeniem, ale można odnieść wrażenie, że czasem chodzi o uzależnienie użytkownika od instalatora.

Czas pomp ciepła nadszedł

Zwraca uwagę fakt, iż gwałtownie rośnie liczba producentów pomp ciepła. Na pompy ciepła nawracają się również wielcy producenci konwencjonalnych systemów grzewczych. Najbliższe przykłady to firmy Viessmann i Vaillant. W mojej okolicy jak grzyby po deszczu rosną domy z instalacjami grzewczymi z pompami ciepła. Dzieje się to zwłaszcza w krajach o wysokich potrzebach grzewczych. Proces ten prawdopodobnie zostanie gwałtownie przyspieszony w związku ze wzrostem kosztów gazu ziemnego i paliw kopalnych.

Nie znam danych o liczbie instalacji w Polsce. Przytaczam wyżej przykład 4,5 milionowej Norwegii, gdzie w ostatnich 3 latach nastąpił widoczny ogromny wzrost liczby nowych instalacji z pompami ciepła.

Można sobie wyobrazić pełne przejście na ogrzewanie domów mieszkalnych w Polsce za pomocą pomp ciepła. Przyniosłoby to bardzo pozytywne skutki.

- Koszty ogrzewania znacznie by spadły.

- Znacznie zmniejszyłoby się zużycie importowanych paliw gazowych i płynnych.
- Zmniejszyłaby się zależność Polski od importu paliw.
- Gaz ziemny i paliwa płynne byłyby wykorzystywane jedynie jako surowce chemiczne, źródło energii dla napędu samochodów i maszyn oraz do produkcji ciepła wysokotemperaturowego.
- Nastąpiłoby znaczne zmniejszenie emisji dwutlenku węgla, szkodliwych pyłów i substancji gazowych.

- Energia elektryczna niezbędna dla napędu pomp ciepła jest w Polsce wytwarzana głównie z polskiego surowca – węgla.
- Zużycie energii elektrycznej niewielkie, głównie w godzinach, w których jest jej nadmiar. Mniejsze byłyby też koszty przesyłu.
- Rozpowszechnienie instalacji z pompami ciepła spowodowałoby znaczny spadek ich ceny, lepsze przygotowanie projektantów i instalatorów.

BRAK REKLAMY