

► Marek Miara

Wyniki badań z ponad 200 systemów Sprawność pomp ciepła w realnych warunkach użytkowania

■ 2 różne projekty

W latach 2006–2010 Instytut Fraunhofera ISE przeprowadził pomiary dużej ilości systemów grzewczych opartych na pompach ciepła w ramach dwóch dużych projektów. W ich trakcie mierzono i zapisywano z dużą częstotliwością (co minutę) wartości temperatury, przepływów, ilości energii termicznej oraz zużycia energii elektrycznej wszystkich komponentów instalacji. Rejestrowane dane wysyłane były raz dziennie do Instytutu poprzez sieć komórkową, a następnie zapisywane i poddawane wstępnej analizie oraz sprawdzeniu poprawności danych. Na ich podstawie obliczano spraw-

ność instalacji, badano działanie systemów oraz korelacje poszczególnych wartości.

Projekt 1 – „WP-Effizienz” w nowych domach

Pierwszy z projektów nosił nazwę „WP-Effizienz” (Sprawność Pomp Ciepła) i dotyczył 110 instalacji w nowo wybudowanych domach jedno- i dwurodzinnych. Partnerami w tym projekcie było siedmiu znaczących europejskich producentów pomp ciepła oraz dwóch dostawców energii, wspierających projekt merytorycznie i finansowo. Dodatkowo projekt został dofinansowany przez niemieckie Ministerstwo Gospodarki i Technologii.

niezbędna jest wiedza na temat realnej ich sprawności. W tym celu Instytut Fraunhofera ISE z Fryburga Bryzgowijskiego (Freiburg am Breisgau, Niemcy) przeprowadził dwa projekty monitoringowe badające szczegółowo pracę oraz sprawność około 200 systemów grzewczych z pompami ciepła. Niniejszy artykuł przedstawia wyniki obydwu projektów, opisuje główne spostrzeżenia oraz porusza kwestie związane z przyszłym rozwojem pomp ciepła na rynku instalacji grzewczych.

Pompy ciepła zdobywają coraz większe udziały na rynku systemów grzewczych w budynkach nowo budowanych. Odgrywają one również coraz większą rolę przy termomodernizacji oraz wymianie starych instalacji grzewczych, opartych na surowcach kopalnych. Inwestorzy wydają się darzyć pompy ciepła coraz większym zaufaniem. Aby móc ocenić systemy grzewcze z pompami ciepła zarówno pod względem ekologicznym, energetycznym, jak i ekonomicznym,

Projekt 2 – stare domy przed termomodernizacją, ale z pompami ciepła

W drugim projekcie, finansowanym wyłącznie przez dostawcę energii E.ON Energie AG, badaniom poddanych zostało ponad 70 domów, w których nie została jeszcze przeprowadzona termomodernizacja. We wszystkich tych domach pompy ciepła zainstalowano jako alternatywę dla instalacji na olej opałowy. Instytut przeprowadził badania dotyczące sprawności tych urządzeń, zapewnienia zaopatrzenia cieplnego oraz przeprowadził porównanie pomp ciepła z kotłami olejowymi pod względem ekonomicznym oraz ekologicznym.

Charakterystyka badanych budynków oraz systemów grzewczych

W przypadku obu projektów starano się wziąć pod uwagę pompy ciepła wykorzystujące różne typy podstawowych dolnych źródeł ciepła. Cel ten udało się osiągnąć dla źródeł ciepła w postaci gruntu i powietrza zewnętrznego. Pompy ciepła wykorzystujące wody gruntowe odgrywały jedynie poboczną rolę. Systemy rozprowadzenia ciepła odpowiadały charakterystyce badanych budynków:

- w budynkach nowych około 95% stanowiło ogrzewanie podłogowe (preferowane dla systemów z pompami ciepła),
- w budynkach starszych ponad 95% to

tradycyjne systemy grzejnikowe. Sposób rozprowadzania ciepła determinuje wysokość temperatury, jaką trzeba osiągnąć, a w konsekwencji sprawność całego systemu. Średnia powierzchnia grzewcza badanych budynków w obu projektach wynosiła około 190 m². W budynkach nowych roczne zużycie energii grzewczej wyniosło średnio 70 kWh na metr kwadratowy. Wartości te wahały się od ok. 30 do 150 kWh/m²a. Dla 28 obiektów przeprowadzono porównanie zapotrzebowania obliczeniowego z realnym zużyciem. W przypadku 60% obiektów różnice były mniejsze niż 12%. Dla sześciu obiektów wartości obliczeniowe były znacznie większe niż realne zużycie, średnio o 40%. W przypadku pięciu było odwrotnie – zużycie przewyższało zapotrzebowanie obliczeniowe średnio o 20%. Średnie zapotrzebowanie w domach starszych, obliczone na podstawie zużycia oleju opałowego z pięciu lat, wyniosło 150 kWh/m² na rok powierzchni grzewczej.

Analiza danych

Metodologia

Przedstawiane wyniki dotyczą danych z trzech lat w przypadku projektu domów nowo wybudowanych (lipiec 2007 r. do czerwca 2010 r.) oraz dwóch lat w projekcie ze starszymi budynkami (2008 r. i 2009 r.). W przeważającej części badanych syste-

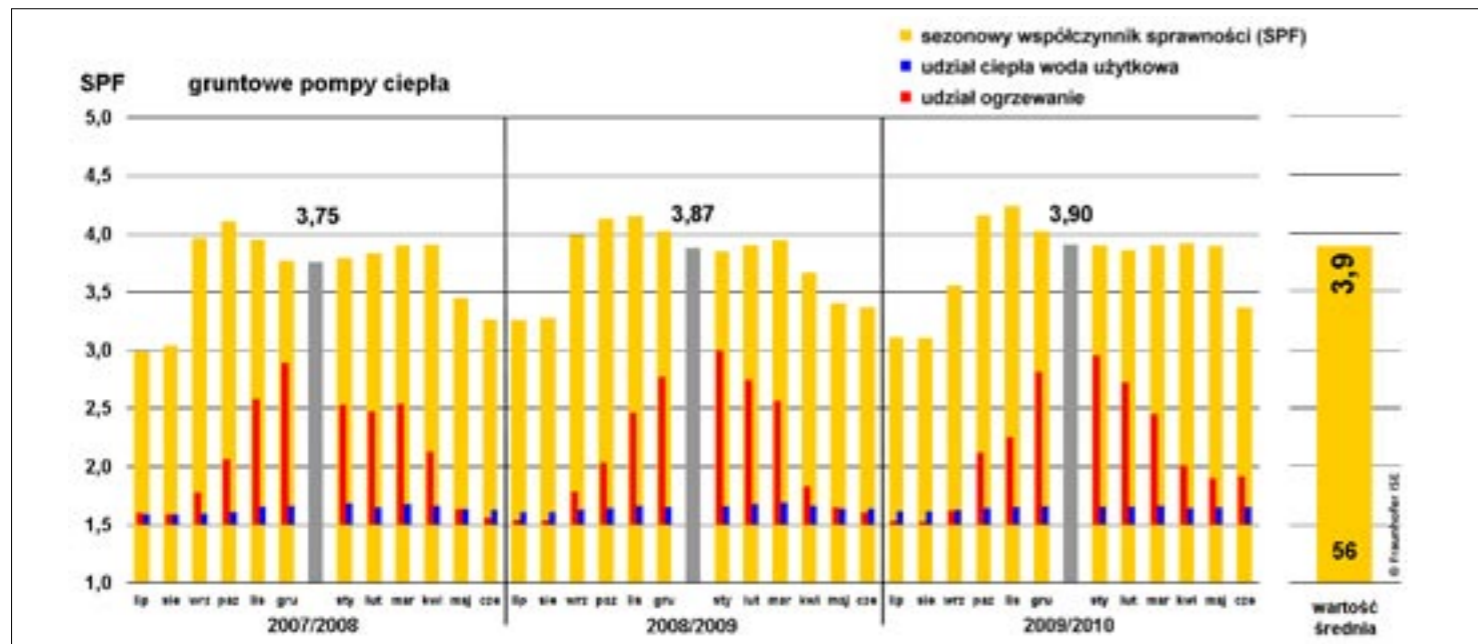
PRODUCENT POMP CIEPŁA
Hibernatus[®]

HIBERNATUS Sp. z o.o.
34-100 Wadowice, ul. Iwańskiego 9,
tel. 33 823 42 94 (Kraków), tel. 602 728 913 (Warszawa)

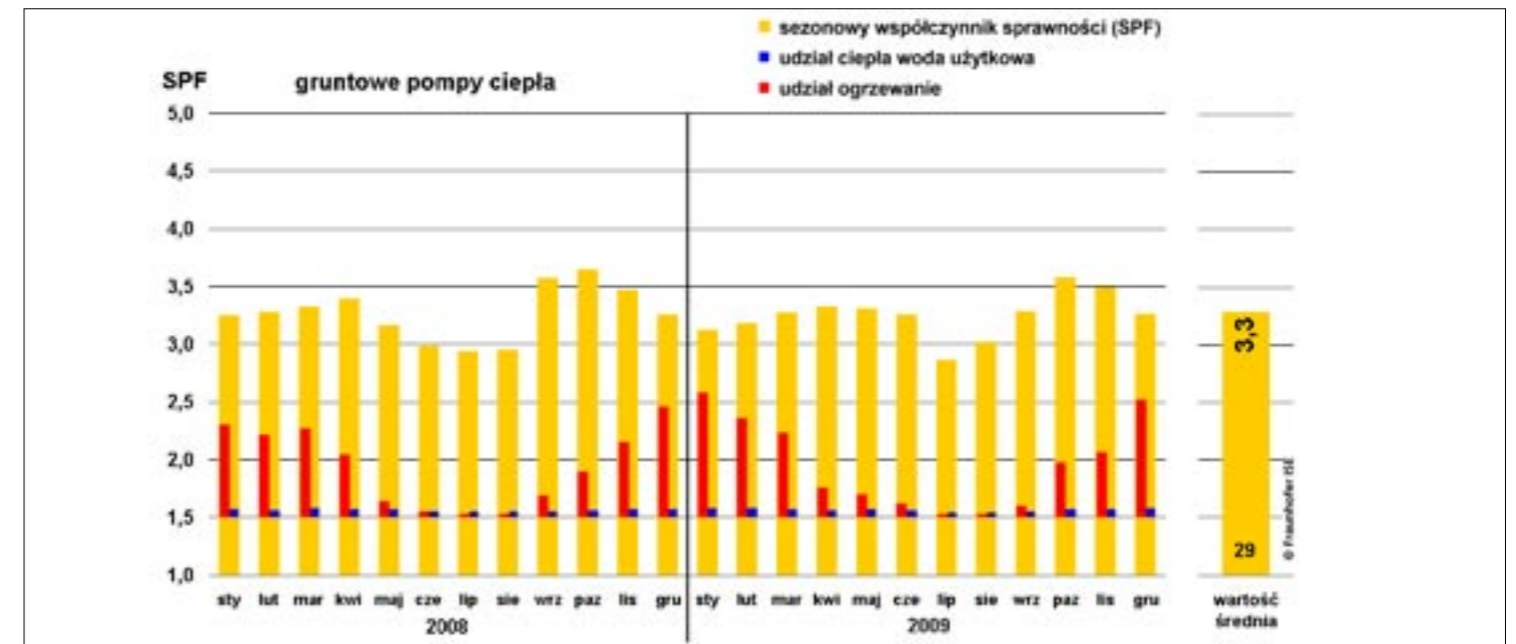
znamy się
na
cieple

www.hibernatus.com.pl

REKLAMA



1 Miesięczne, roczne oraz całokształt wartości współczynnika SPF dla gruntowych pomp ciepła (budynki nowo budowane)



2 Miesięczne, roczne oraz całokształt wartości współczynnika SPF dla gruntowych pomp ciepła (budynki stare)

mów pompa ciepła odpowiedzialna jest zarówno za ogrzewanie, jak i ciepłą wodę użytkową. Współczynniki opisujące sprawność systemów – SPF (sezonowy współczynnik sprawności) obliczone zostały dla obydwu projektów według takiej samej metodologii. Po stronie zużycia energii elektrycznej wzięto pod uwagę samą pompę ciepła (sprężarka oraz sterowanie), pompę solankową w przypadku gruntowych pomp ciepła lub wentylatory dla pomp powietrze/woda oraz grzałkę elektryczną. Energia cieplna mierzona była bezpośrednio za pompą ciepła, a więc nie wzięto pod uwagę strat ciepła zbiorników buforowych. Wartości średnie współczynników sprawności obliczono dla pomp ciepła z jednakowym dolnym źródłem ciepła.

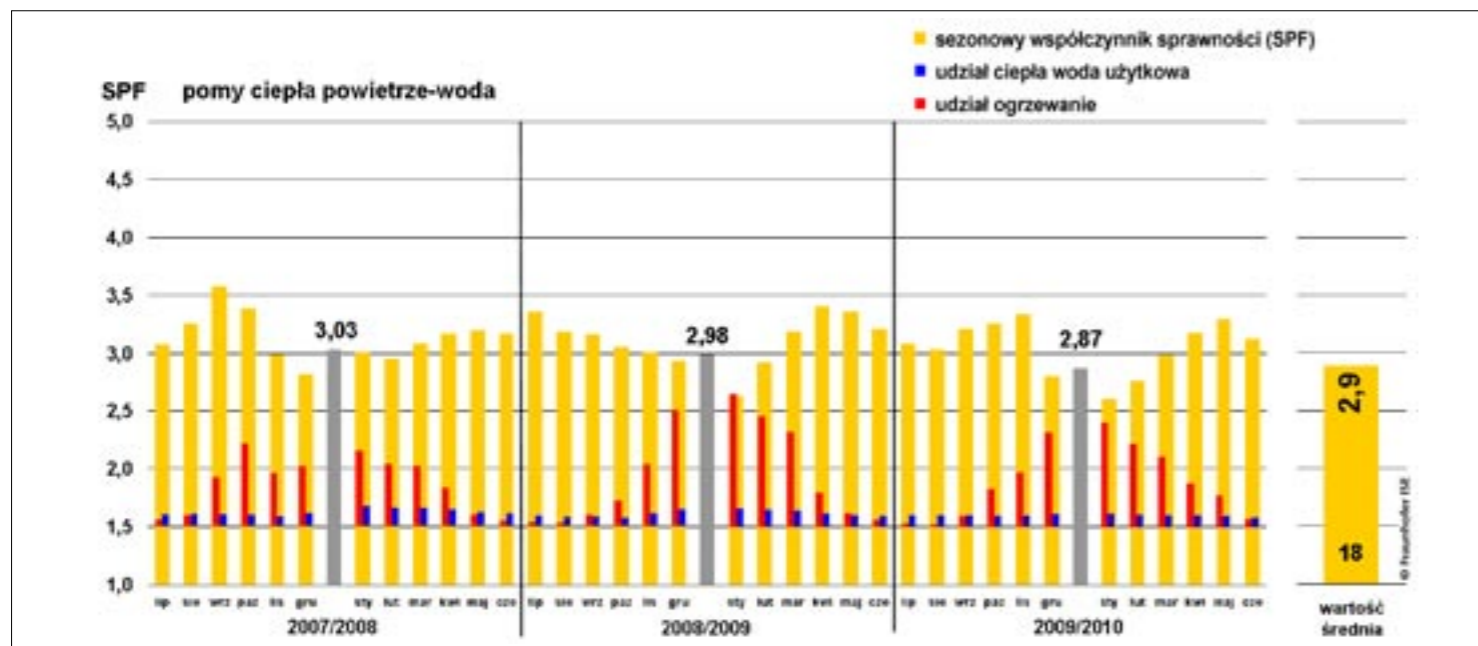
Pompy ciepła typu solanka/woda

Rys. 1 obrazuje miesięczne, roczne oraz całokształt wartości współczynnika SPF dla guntowych pomp ciepła.

Dane pochodzą z projektu „WP-Effizienz”, a więc dotyczą budynków nowo budowanych. W okresie od lipca 2007 r. do czerwca 2010 r. wartość średnia współczynnika SPF wyniosła 3,9. Liczba badanych obiektów wzrastała od 10 na początku badań aż do 56 w październiku roku 2009. Niebieskie i czerwone słupki na miesięcznych wartościach SPF symbolizują ilość energii dostarczonej przez pompę ciepła dla celów grzewczych (kolor czerwony) lub ciepłej wody użytkowej (kolor niebieski). Średni udział c.w.u. w badanym okresie wyniósł 18%. Wartość średnia temperatury ładowania zbiornika buforowego na c.w.u. wynosiła 52°C. Średnia temperatura obiegu grzewczego wynosiła 36°C. Te różnice dobrze wyjaśniają duże rozbieżności miesięcznych wartości SPF w okresie letnim oraz zimowym. Rzeczywista różnica temperatury między dolnym i górnym źródłem ciepła prowadzi do wysokich wartości współczynnika SPF w zimie i stosunkowo niskich

w okresie letnim. Szczególnie wysokie wartości można zaobserwować w miesiącach jesiennych. Wiąże się to ze stosunkowo wysokimi wartościami temperatury dolnego źródła ciepła, czyli gruntu, oraz jednocześnie stosunkowo niską temperaturą w systemie grzewczym. Ten „jesienny trend” wyraźny jest szczególnie w instalacjach z poziomymi (meandrycznymi) wymiennikami ciepła. Stanowią one jednak mniejszość badanych instalacji – 27%, aż 73% stanowią instalacje z wymiennikami pionowymi. We wrześniu 2008 roku zaczęto instalować pompy ciepła należące do drugiej fazy projektu. Wyniki pokazują, że wzięte pod uwagę wnioski z pierwszej fazy projektu, wpłynęły korzystnie na zwiększenie wydajności badanych systemów. Szczególną uwagę poświęcono starannej instalacji całego systemu i poprawnemu doborowi jego poszczególnych elementów. Częściowo instalowano również pomy ciepła nowszej generacji.

Główną różnicą instalacji w projekcie z budynkami starszymi są wyższe wartości temperatury górnego źródła ciepła, czyli obiegu grzewczego. W okresach zimowych temperatura ta wynosi od około 45°C do 55°C, w pojedynczych instalacjach nawet 65°C. Temperatura ciepłej wody użytkowej nie różni się od tej z wcześniej opisywanego projektu i wynosi około 51°C. Udział c.w.u. w całokształtowej produkcji energii grzewczej to w przybliżeniu 13%, a więc o 5% mniej niż w budynkach nowo budowanych. Z powodu wyżej wymienionych różnic, średnie wartości współczynnika SPF wynoszą dla budynków starszej daty 3,3. Okres zbierania danych obejmował w tym wypadku nie trzy, a dwa lata – 2008 i 2009 rok. Przebieg miesięcznych wartości współczynnika SPF jest zbliżony do wcześniej opisywanych wyników z projektu budynków nowych. Różnice pomiędzy okresem letnim i zimowym są jednakże w tym wy-



3 Miesięczne, roczne oraz całościowe wartości współczynnika SPF dla powietrznych pomp ciepła (budynki nowo budowane)

padku mniej widoczne. Opiswane wyniki obrazuje rys. 2.

Pompy ciepła typu powietrze/woda

Rys. 3 przedstawia wyniki dla powietrznych pomp ciepła dla domów nowo budowanych. Podobnie jak w przypadku pomp gruntowych, podczas obliczania współczynników SPF wzięto pod uwagę również grzałkę elektryczną.

Powietrzne pompy ciepła charakteryzują się – w porównaniu do wcześniej opisywanych gruntowych pomp ciepła – innym przebiegiem sprawności miesięcznej w ciągu roku. W przeciwieństwie do nich, najwyższą sprawność zaobserwować można w miesiącach wiosenno-jesiennych oraz częściowo w miesiącach letnich. Podobnie jak w przypadku solankowych pomp ciepła, duży udział ciepłej wody użytkowej skutkuje wysoką temperaturą, jaką musi zapewnić pompa ciepła, a to z kolei znacznie niweluje korzyści z wysokiej temperatury dolnego źródła ciepła, czyli powietrza ze-

wnętrznego. W przeciwieństwie do pomp gruntowych, pompy powietrzne mają do dyspozycji w miesiącach zimowych najniższe temperatury źródła, a co za tym idzie również najniższą sprawność. Ponieważ zapotrzebowanie na energię cieplną budynków nie zależy od zastosowanego źródła ciepła dla pompy ciepła, rozkład wyprodukowanej na cele grzewcze energii (czerwone i niebieskie słupki) jest w obu przypadkach bardzo podobny. Rezultatem tego jest duży wpływ sprawności z miesięcy zimowych (negatywnych dla powietrznych pomp ciepła) na sprawność średnią z całego okresu badawczego. Ostatecznie wartość współczynnika SPF dla tych pomp wyniosła 2,9 dla budynków nowych i 2,6 dla budynków starych. Najniższe wartości miesięczne zaobserwowano w styczniu lat 2009 i 2010. Koreluje to jednoznacznie z bardzo niską temperaturą powietrza w tych miesiącach.

Rys. 4 obrazuje porównanie wszystkich

Nowa pompa ciepła Vitocal 200-S – ciepło leży w naszej naturze



Pompa ciepła Vitocal 200-S ekonomicznie wykorzystuje ciepło z otaczającego nas powietrza. Nadaje się zarówno do obiektów nowych, jak i modernizowanych. Można ją z łatwością łączyć z istniejącymi urządzeniami i systemami grzewczymi. Pompa ciepła Vitocal 200-S dostępna jest jako czysty, alternatywny system grzewczy, lub też jako instalacja do ogrzewania i chłodzenia. Kompaktowe wymiary pozwalają montować ją na ścianach zewnętrznych lub jako urządzenie wolnostojące, obok domu czy na dachu płaskim. Jednostkę wewnętrzną instaluje się, jak każde inne urządzenie grzewcze, w kotłowni lub pomieszczeniu gospodarczym domu.

Zapraszamy Państwa na naszą stronę internetową www.viessmann.pl gdzie możecie Państwo złożyć zapytanie ofertowe i uzyskać fachową poradę techniczną.

Indywidualne rozwiązania z efektywnymi systemami grzewczymi wykorzystującymi wszystkie nośniki energii



Viessmann sp. z o.o., 53-015 Wrocław, ul. Karłowicka 65, tel. 71/36 07 100

REKLAMA



Godło „Teraz Polska” za usługę 24-godzinny program opieki technicznej firmy Viessmann



Złoty Laur Konsumenta dla firmy Viessmann przyznany w kategorii „Urządzenia i systemy grzewcze”

VIESSMANN
climate of innovation

Jak osiągnąć wysoką sprawność systemu?

Oba projekty stworzyły wyjątkową możliwość zbadania pracy pomp ciepła w realnych warunkach działania, zarówno w budynkach nowych, jak i starszych. Podczas analizy zebranych danych zarówno potwierdzono zależności znane z teorii, jak i uzyskano wiele nowych informacji.

Systemy w budynkach nowszych uzyskały wyższą sprawność – często spotykane w nich ogrzewanie podłogowe wymaga niższej temperatury niż konwencjonalne grzejniki. Z tego powodu ważne jest dążenie do redukcji temperatury systemu grzewczego także w budynkach starszych. Zamiana grzejników na ogrzewanie podłogowe rzadko wchodzi w grę, ale temperaturę zredukować można poprzez wymianę grzejników na bardziej odpowiednie lub poprzez powiększenie ich powierzchni.

W trakcie badań stwierdzono wiele błędów instalacyjnych. Niedowymiarowane dolne źródło ciepła, brak przeprowadzenia wyrównania hydraulicznego, błędna strategia ładowania zbiornika buforowego (w szczególności dotyczy to zbiorników typu „kombi”, przejmujących odpowiedzialność zarówno za buforowanie c.w.u., jak i energię przeznaczoną do ogrzewania pomieszczeń), błędnie ustawiona temperatura solanki oraz wody grzewczej, brak izolacji termicznej, nieczyszczone filtry w pompach ciepła typu powietrze/woda, czy choćby błędnie ustawione parametry sterowania, są błędami stosunkowo łatwymi do wyeliminowania, a jednocześnie niestety często występującymi. Staranna i bezbłędna instalacja pompy ciepła jest najlepszą przesłanką dobrej sprawności całego systemu. Często spotykane są próby polepszenia sprawności przez wyjątkowo „pomysłowe” i skomplikowane instalacje. Przeprowadzone badania nie potwierdzają jednak skuteczności takich zabiegów.

Proste i sprawdzone schematy dają najczęściej najlepsze rezultaty!

W przypadku instalacji z wieloma komponentami, szczególną uwagę należy zwrócić na ich poprawne współdziałanie. Brak poprawnej komunikacji (lub jej brak) pomiędzy poszczególnymi elementami instalacji powoduje nieuchronnie spadek sprawności całego systemu.

uzyskanych wartości średnich współczynnika SPF dla obu projektów i źródeł ciepła.

Praca grzałek elektrycznych

Komponenty niezbędne do działania dolnego źródła ciepła, wentylatory lub pompy solankowe, wykazują w obu typach pomp ciepła bardzo podobny udział procentowy zużycia energii elektrycznej. Sytuacja

wygląda podobnie również w przypadku sprężarek. Interesujący i zarazem pocieszający jest fakt, że również udział grzałek elektrycznych pozostaje na podobnym, a co ważniejsze – bardzo niskim poziomie. W przypadku gruntowych pomp ciepła grzałka elektryczna ma pracować jedynie w sytuacji awarii pompy ciepła lub w trakcie świadomego wymuszenia tej pracy np.

SPRAWDŹ OFERTĘ PRODUCENTÓW



NIBE-BIAWAR Sp. z o.o.

Al. Jana Pawła II 57, 15-703 Białystok
tel./faks 85 662 84 90
www.biawar.com.pl
sekretariat@biawar.com.pl



Robert Bosch Sp. z o.o.

ul. Jutrzenki 105, 02-231 Warszawa
infolinia: 801 600 801
www.junkers.pl
www.junkers-energieodnawialne.pl
junkers-infolinia@pl.bosch.com



Vaillant Saunier Duval Sp. z o.o.

al. Krakowska 106, 02-256 Warszawa
infolinia: 801 804 444
tel. 22 323 01 00
faks 22 323 01 13
www.vaillant.pl
vaillant@vaillant.pl



climate of innovation

Viessmann Sp. z o.o.

ul. Karkonoska 65, 53-015 Wrocław
infolinia: 801 080 124, 32 222 03 70
tel. 71 36 07 100
faks 71 36 07 101
www.viessmann.pl



Glen Dimplex Polska Sp. z o.o.

ul. Strzeszyńska 33, 60-479 Poznań
tel. 61 842 58 05
faks 61 842 58 06
www.dimplex.pl
www.glendimplex.pl
office@glendimplex.pl



Hibernatus Sp. z o.o.

ul. Iwańskiego 9, 34-100 Wadowice
tel. 33 823 42 94
faks 33 873 95 06
www.hibernatus.com.pl
hiber@hibernatus.com.pl

w czasie osuszania nowo wybudowanych budynków. Te zaplanowane funkcje w pełni potwierdzają przeprowadzone badania. Jedynie w ok. 30% badanych instalacji zarejestrowano relewantną pracę grzałek. Najczęściej dotyczyło to krótkotrwałych problemów z pompą ciepła. Nie stwierdzono przy tym typie instalacji również korelacji okresu pracy grzałek z temperaturą zewnętrzną. Odmiennie ma się sytuacja w powietrznych pompach ciepła: tu relacja ta jest jednoznacznie widoczna. W prawie wszystkich instalacjach zarejestrowano pracę grzałki elektrycznej w miesiącach z najniższą temperaturą zewnętrzną. Potwierdza to świadomie wybraną strategię w instalacjach powietrznych pomp ciepła oraz wskazuje na poprawny dobór mocy pomp oraz ich właściwą pracę.

Aktualne tematy

Pompy ciepła odgrywają coraz większą rolę na rynkach instalacji grzewczych wielu europejskich krajów. Ciągła poprawa jakości i sprawności poszczególnych elementów pomp ciepła oraz wysiłki mające zapewnić ich coraz lepszą instalację, pozwalają mieć nadzieje na rosnącą sprawność tych systemów. Zwiększający się udział odnawialnych źródeł energii przy

produkcji energii elektrycznej podnosi jednocześnie korzyści ekologiczne płynące z tej technologii.

W Niemczech dyskutowana jest aktualnie rola pomp ciepła w inteligentnych sieciach energetycznych – „Smart Grid”. Instalacje te mogą przejąć w przyszłości rolę stabilizującą sieci energetyczne – podobnie jak samochody z napędem elektrycznym. Możliwość magazynowania ciepła i dzięki temu kontrolowania zużycia energii elektrycznej wydaje się być bardzo atrakcyjna i jest obecnie badana.

Nowy projekt „WP Monitor” (Monitor Pomp Ciepła) oraz wizualizacja online

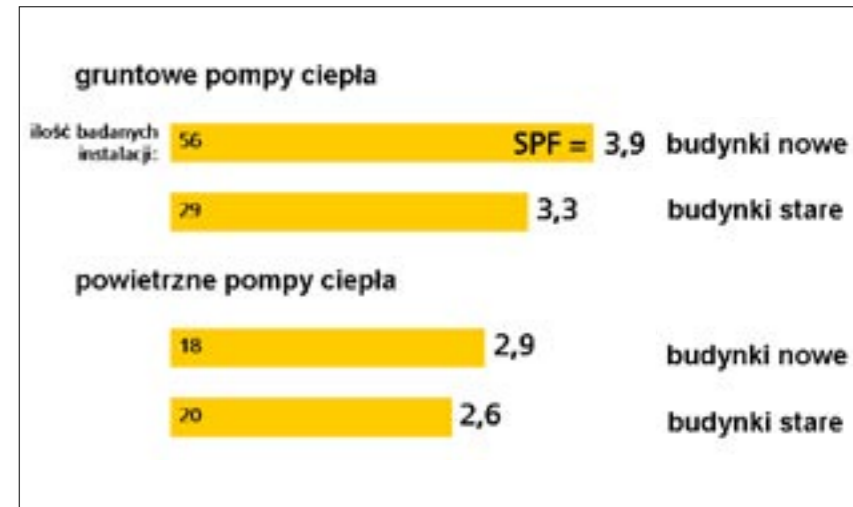
W ramach kolejnego projektu rozpoczętego na początku 2010 roku, przeprowadzone zostaną niezależne badania blisko 100 kolejnych instalacji z pompami ciepła. Do dyspozycji i badań w ramach projektu tym razem zostały przeznaczone produkty 12 niemieckich i austriackich producentów. Każda z instalacji badana będzie przez okres co najmniej 30 miesięcy, co gwarantuje uwzględnienie minimum dwóch okresów grzewczych.

Na stronie internetowej projektu (<http://wp-monitor.ise.fraunhofer.de>, za-

kładka „Auswertung und Messdaten”) znaleźć można anonimową wizualizację wielu systemów. Obok podstawowych informacji o obiekcie oraz systemie grzewczym, dostępne są również dane pomiarowe oraz wyniki ich analiz. Realne i zawsze aktualne dane pozwalają lepiej poznać pracę pomp ciepła w rzeczywistych warunkach.

Podsumowanie

Systemy grzewcze oparte na pompach ciepła są zdolne pracować ze sprawnością pozwalającą uzyskiwać korzyści ekonomiczne i ekologiczne w porównaniu z systemami bazującymi na tradycyjnych źródłach kopalnych. Wysoka sprawność nie jest jednakże automatycznie gwarantowana. Podczas przeprowadzonych badań monitoringowych zidentyfikowano zarówno bardzo dobre, jak i słabe instalacje. Istnieją jednoznaczne aspekty, które już podczas wyboru systemu z pompą ciepła wpływają na jego przyszłą sprawność. I tak, dolne źródło ciepła oraz system rozprowadzenia ciepła w budynku wpływa bezpośrednio na oczekiwaną sprawność pompy ciepła. Nie tylko jednak wspomniane aspekty decydują o jej sprawności. Czy mieszkańcy będą zadowoleni ze swojej pompy ciepła zależy obok producenta pompy ciepła w pierw-



4 Porównanie wartości średnich SPF dla obu projektów i źródeł ciepła

Komponent	Wentylatory	Pompa solankowa	Sprężarka	Grzałka elektryczna
Pompy ciepła powietrze/woda	7%		89%	4%
Pompy ciepła solanka/woda		6%	92%	2%

Tabela. Procentowy udział zużycia prądu poszczególnych komponentów systemów z powietrznymi lub gruntowymi pompami ciepła (projekt „WP-Effizienz”)

szej linii od osób planujących i instalujących daną instalację oraz ostatecznie od zachowań i przyzwyczajzeń grzewczych samych użytkowników. ■



Autor:
mgr inż. Marek Miara
Instytut Fraunhofera

Pracownik naukowy i Head of Team „Pompy Ciepła” w Instytucie Fraunhofera ISE we Freiburgu, dział: „Thermal Systems and Buildings”, szef projektów (miedzy innymi) „WP-Effizienz”, „WP Monitor” oraz „SEPEMO” – projekt unijny poświęcony monitoringowi pomp ciepła w Europie, członek gremiów normowych „VDI 4650” i „VDI 4645”, przedstawiciel Niemiec w Annex 32 i Annex 39 w ramach International Energy Agency (IEA) Heat Pump Programme (HPP). Doktorant Politechniki Wrocławskiej z zakresu metod oceny efektywności pompy ciepła.



ARTYKUŁY O PODOBNEJ TEMATYCE W INSTALREPORTERZE

- ▶ Wpływ błędów w doborze instalacji z pompą ciepła na wartość SPF
- ▶ Porównanie ekologiczno-ekonomiczne różnych technologii ogrzewania
- ▶ Wpływ pomp ciepła na wzrost efektywności energetycznej, udziału energii odnawialnej i redukcję emisji CO₂
- ▶ Sposoby promowania technologii pomp ciepła
- ▶ Pompy ciepła – uwarunkowania rozwoju w Europie i Polsce
- ▶ Pompy ciepła a udział energii odnawialnej i SPF
- ▶ Sondy geotermalne – wydajność ciepła
- ▶ Gaz ziemny z wiatru – rewolucja tuż za progiem!!!