

# Układy hybrydowe VRF-GHP

## Gaz i energia elektryczna – czy to się opłaca i jaki jest sens stosowania układów hybrydowych?

Paweł SROCYŃSKI

**W obliczu wyzwań klimatycznych, układy hybrydowe to jedna z dróg rozwoju systemów klimatyzacji na potrzeby grzewcze. Połączenie kotła gazowego i pompy ciepła zasilanej elektrycznie tworzy potencjalnie oszczędny układ grzewczy, ale jego poprawna realizacja wymaga specjalistycznej wiedzy. Zastosowanie układów hybrydowych VRF – GHP, jako głównego źródła energii w budynkach, zapewnia odpowiednią wydajność i elastyczność. Decyzje inwestycyjne stają się też trudniejsze z uwagi na niepewną przyszłość cen gazu i energii elektrycznej. W kontekście tych wyzwań, w artykule przeanalizowano zintegrowane układy hybrydowe, które mogą efektywnie odpowiadać na współczesne potrzeby związane z efektywnością energetyczną i bezpieczeństwem pracy.**

### PROBLEMATYCZNE WYBORY I DECYZJE

Rozpoczynając rozważania o układach hybrydowych w systemach klimatyzacji związanych z grzaniem i chłodzeniem może nam przyjść do głowy szereg rozwiązań bivalentnych. W domu jednorodzinnym jednym z bardziej popularnych takich rozwiązań systemu grzewczego jest połączenie kotła gazowego i pompy ciepła zasilanej elektrycznie, pracujących we wspólnym układzie grzewczym, z zastosowaniem dodatkowej automatyki wraz z osprzętem hydraulicznym, która tę współpracę będzie regulować. Taki projekt, jeżeli chcemy go zrealizować prawidłowo, pomimo że dotyczy zasadniczo niedużej inwestycji, wymaga jednak od jego twórcy specjalistycznej wiedzy i doświadczenia w łączeniu i dopasowaniu wielu elementów od różnych producentów. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na wymagania dotyczące jakości wody, przepływów, ciśnień, ograniczeń temperaturowych, powierzchni wymiany ciepła, zastosowanych wymienników etc. W praktyce okazuje się często, że instalacja powstaje na zasadzie „jakoś to będzie działać”. Mało kto wnikliwie sprawdza pracę, efekt modernizacji uzyskany w określonych przedziałach czasu, przykładowo po roku, dwóch czy trzech od montażu systemu. A jeżeli do tego dołączyć układ chłodzenia, to pojawiają się kolejne wyzwania oraz pytania:

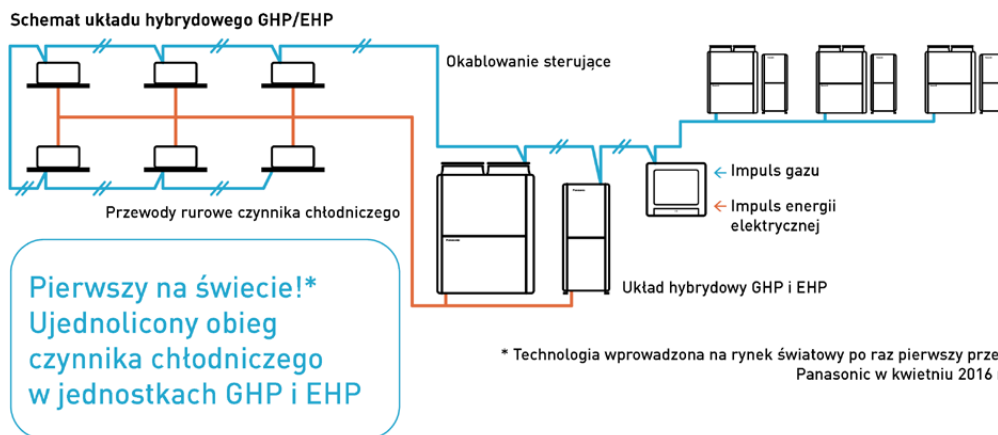
- Czy pompa ciepła w układzie wodnym sama sobie poradzi?
- Które pomieszczenia chcemy grzać i chłodzić, a które tylko grzać?
- Czy jest sens robić osobną instalację wodną na potrzeby chłodzenia?
- A może powinno się zastosować klimatyzację typu split w układzie freonowym, która będzie współpracować z wodnym układem chłodzenia pompy ciepła?

Tego typu pytania sygnalizują liczbę rodzących się wątpliwości. Często też nie jesteśmy w stanie oszacować parametrów stopy zwrotu inwestycji takiego rozwiązania z uwagi na dużą liczbę elementów i czynników, które należałoby wziąć pod uwagę.

W przypadku budynków komercyjnych mamy do wyboru więcej opcji, ponieważ operujemy większym zapotrzebowaniem na chłód oraz ciepło, i tym samym mamy więcej możliwości dopasowania różnych źródeł grzania i chłodzenia pracujących we wspólnej instalacji. Możemy na przykład zastosować komercyjne pompy ciepła zasilane elektrycznie o dużej wydajności, współpracujące z istniejącą kotłownią gazową lub olejową, czy też węzłem ciepła zasilanym z sieci ciepłowniczej na potrzeby grzania oraz układ agregatów wody lodowej lub systemów VRF na potrzeby chłodzenia. W przypadku takich rozbudowanych układów należy ustalić wzajemne powiązania tych rozwiązań w różnych porach roku oraz w zależności od obciążenia budynku.

Niestety obecna sytuacja w polskiej energetyce rodzi raczej więcej pytań niż oferuje gotowych odpowiedzi. Inwestor komercyjny musi się zmierzyć z wielką niewiadomą, jaką jest przyszłość energetyki w naszym kraju oraz z trudnymi decyzjami dotyczącymi tego, na które źródło ciepła czy chłodu warto postawić. Musi podjąć próbę odpowiedzi na pytanie, jak w najbliższych 5÷10 latach będą się kształtować ceny gazu i energii elektrycznej, a w konsekwencji czy warto postawić na kotłownię gazową, czy może zastosować duże komercyjne pompy ciepła zasilane elektrycznie, wspomagane fotowoltaiką? A może gazowe pompy ciepła zasilane gazem lub propanem technicznym, czy też chillery zasilane elektrycznie z opcją grzania, współpracujące z istniejącą kotłownią węglową? Można też rozważać systemy adsorpcji odbierające nadwyżki ciepła odpadowego z procesów produkcyjnych lub układów kogeneracji, by zamieniać je na dodatkowy chłód. Takie rozwiązania mogą być bardzo ciekawe, charakteryzować się ekonomiczną pracą oraz zwiększać bezpieczeństwo dostaw ciepła i chłodu do budynku, pod warunkiem, że wszystko jest prawidłowo dobrane, policzone, zamontowane i skonfigurowane

**Niestety obecna sytuacja w polskiej energetyce rodzi raczej więcej pytań niż oferuje gotowych odpowiedzi. Inwestor komercyjny musi się zmierzyć z wielką niewiadomą, jaką jest przyszłość energetyki w naszym kraju**



Brakuje wystarczającej liczby wykwalifikowanych specjalistów, którzy będą w stanie połączyć poprawnie wszystkie elementy, dostrzec potencjalne błędy projektowe lub założenia koncepcyjne, wdrożyć wzajemną współpracę różnych elementów i instalacji w sposób prawidłowy, jak również tych, którzy dopilnują pracy wykonawców, nawet jeżeli założenia projektowe były właściwe

Rys. 1. Układ hybrydowy GHP i EHP

oraz mierzalne, a dodatkowo została przeprowadzona analiza, która bada rozwiązania pod względem technicznym, bezpieczeństwa pracy, komfortu oraz kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Niestety bardzo często dzieje się tak, że chociaż w teorii założenia były prawidłowe, to w praktyce okazuje się, że wykonawca nie był w stanie wszystkiego odpowiednio połączyć i skonfigurować, z uwagi na brak odpowiedniej wiedzy i doświadczenia. W konsekwencji dało to skutki odwrotne wobec zamierzonego celu i planowanego wcześniej efektu, pomimo wyższych kosztów inwestycyjnych.

Jako instalatorzy widzieliśmy to już zbyt wiele razy w różnych mniej i bardziej prestiżowych inwestycjach i moglibyśmy napisać o tym książkę. Problem jest wielowątkowy, ale sprowadza się głównie do jednego: brakuje wystarczającej liczby wykwalifikowanych specjalistów, którzy będą w stanie połączyć poprawnie wszystkie elementy, dostrzec potencjalne błędy projektowe lub założenia koncepcyjne, wdrożyć wzajemną współpracę różnych elementów i instalacji w sposób prawidłowy, jak również tych którzy dopilnują pracy wykonawców nawet jeżeli założenia projektowe były właściwe.

Dodatkowo musimy się zmierzyć z gwałtownie rosnącym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, zarówno latem jak i zimą, między innymi z uwagi na bardzo szybki wzrost popularności pomp ciepła zasilanych elektrycznie czy rosnącego zainteresowania zakupem samochodów elektrycznych. Przy równoczesnym braku dopasowania naszych sieci energetycznych do tego zapotrzebowania

może to skutkować występowaniem „blackoutów” zarówno latem, jak i zimą oraz znaczącymi wzrostami cen energii elektrycznej w najbliższych latach. Sama sprzedaż kilkuset tysięcy domowych pomp ciepła rocznie generuje bardzo duży wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną zimą przy jednoczesnym radykalnym spadku produkcji energii przez instalacje PV w tym okresie.

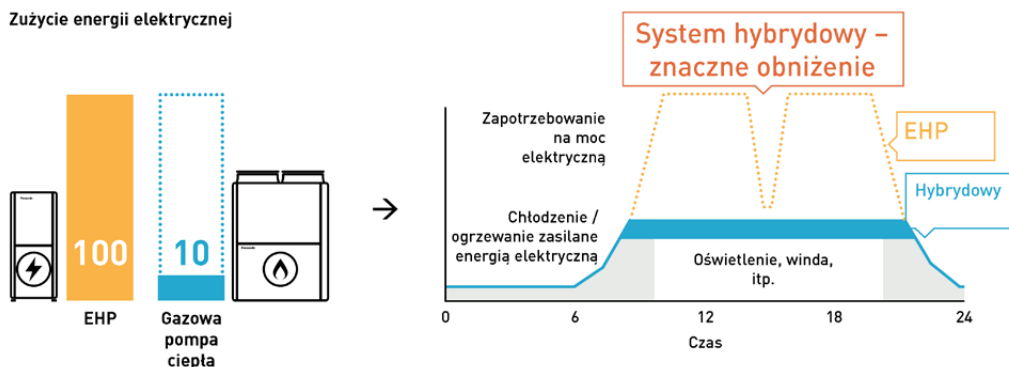
Odpowiedzią, a zarazem rozwiązaniem większości tego typu zagadnień i problemów, mogą być właśnie zintegrowane układy hybrydowe VRF-GHP, które mogą być podstawowym i głównym źródłem grzania, chłodzenia, ciepłej wody użytkowej oraz ciepła technologicznego w budynku.

### ELEMENTY I SCHEMAT UKŁADU HYBRYDOWEGO

Pojedynczy moduł hybrydowy składa się z agregatu GHP – 20 HP oraz agregatu VRF – 10 HP o łącznej wydajności chłodniczej 84 kW i grzewczej 94,5 kW. Możemy od razu zauważyć przewagę wydajności gazowej pompy ciepła nad elektryczną w stosunku 2:1. Dodatkowo układ jest wyposażony w nowoczesny inteligentny sterownik zarządzający pracą układu hybrydowego z możliwością dodatkowego podpięcia do niego standardowych systemów GHP, VRF lub innych rozwiązań – na przykład AHU kit-ów, klimatyzatorów komercyjnych i standardowych, wymienników freon-woda itd.

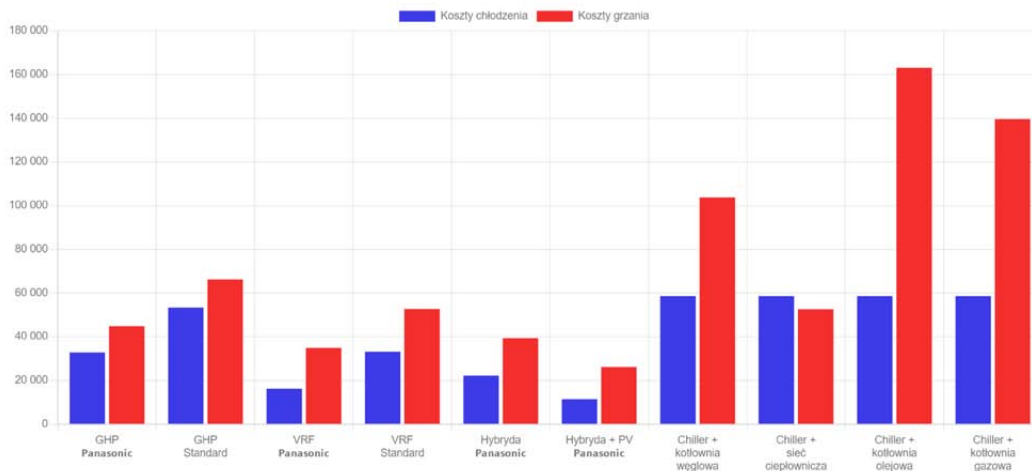
Układ hybrydowy możemy połączyć z instalacją jednostek wewnętrznych przy wykorzystaniu bezpośredniego odparowania.

Zużycie energii elektrycznej



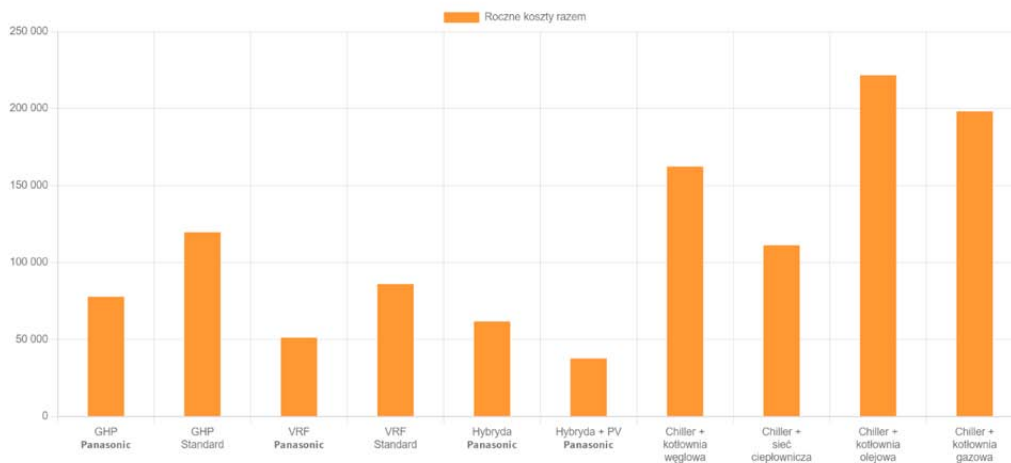
Rys. 2. Wykorzystanie energii w układzie hybrydowym

Roczne koszty grzania i chłodzenia według systemu w [zł]



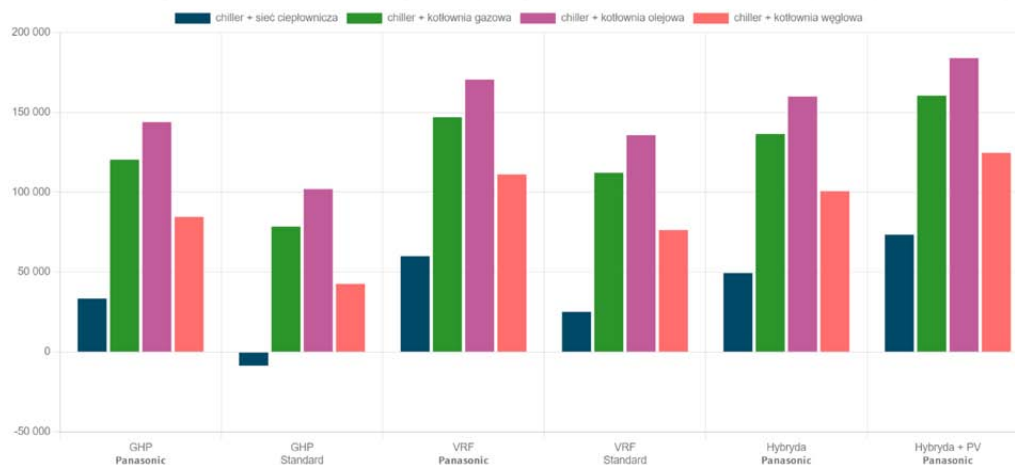
Rys. 3. Roczne koszty grzania i chłodzenia według systemu w zł

Roczne koszty razem: grzanie + chłodzenie w [zł]



Rys. 4. Łączne roczne koszty grzania i chłodzenia w zł

Roczne oszczędności w kosztach eksploatacji w porównaniu do standardowych systemów w [zł]



Rys. 5. Roczne oszczędności w kosztach eksploatacji w porównaniu do standardowych systemów w zł

Możemy stworzyć też układ wodny grzewczo-chłodzący wykorzystując wymiennik freon-woda.

## PRAKTYCZNE ZALETY UKŁADÓW HYBRYDOWYCH

### Niskie koszty eksploatacji w porównaniu do układów standardowych

Dzięki odpowiedniej proporcji źródeł zasilania gazu i energii elektrycznej oraz bardzo wysokiej sprawności agregatu elektrycznego pobór mocy całego układu jest stosunkowo niewielki. Zatem układ hybrydowy staje się optymalnym rozwiązaniem do współpracy z fotowoltaiką przez cały rok, ponieważ wymagana ilość energii elektrycznej jest kilka razy mniejsza w porównaniu do elektrycznej pompy ciepła. Nawet w okresie jesienno-zimowym panele PV mogą istotnie wspomagać zasilanie układu hybrydowego w energię elektryczną, zwłaszcza w dni słoneczne. Takie rozwiązanie w połączeniu z fotowoltaiką daje zdecydowanie najlepsze efekty w ograniczaniu kosztów eksploatacji.

### Porównanie kosztów eksploatacji różnych systemów grzewczo-chłodzących dostępnych na rynku

W analizowanym przykładzie dane pochodzą ze stworzonego przez autorów kalkulatora, dostępnego na stronie internetowej [www.art-klima.pl](http://www.art-klima.pl), bazującego na założeniach sezonowych współczynników efektywności energetycznej z uwzględnieniem specyfiki pracy układów hybrydowych. Na potrzeby porównania przyjęty został układ hybrydowy współpracujący z instalacją jednostek wewnętrznych w układzie freonowym wraz z wykorzystaniem całego dostępnego potencjału tego rozwiązania.

Do rozważań został przyjęty standardowy nieduży nowoczesny przeszklony budynek biurowy charakteryzujący się większym zapotrzebowaniem na chłodzenie niż na grzanie.

Rozważmy przykład kosztów eksploatacji przy następujących założeniach danych wejściowych:

- wydajność chłodnicza – 150 kW, wydajność grzewcza – 75 kW;
- cena gazu 0,65 zł / kWh, cena energii elektrycznej 1,25 zł / kWh;
- cena węgla 2000 zł / 1 T, cena oleju napędowego 8 zł / 1 L, cena ciepła sieciowego 100 zł / 1 GJ;
- średnie obciążenie budynku dla chłodzenia: 50%, Średnie obciążenie budynku dla grzania: 75%.

Wyniki obliczeń zostały zestawione na wykresach – rys. 3–5.

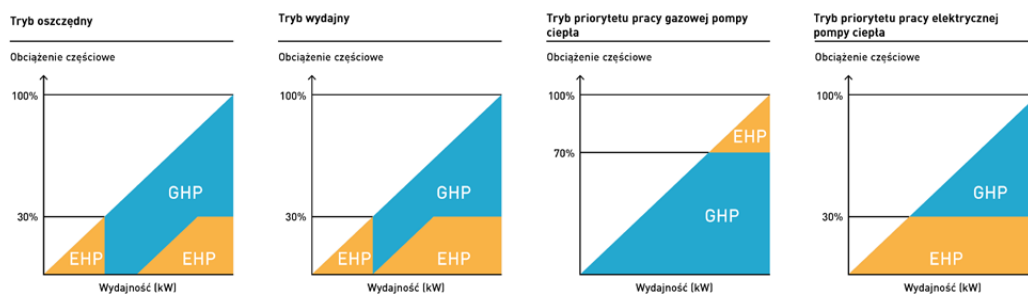
### Z czego wynika oszczędność

Do układu hybrydowego zostały dopasowane agregaty z typszeregu VRF oraz GHP, charakteryzujące się bardzo wysoką sprawnością sezonową, dużo wyższą niż układy standardowe:

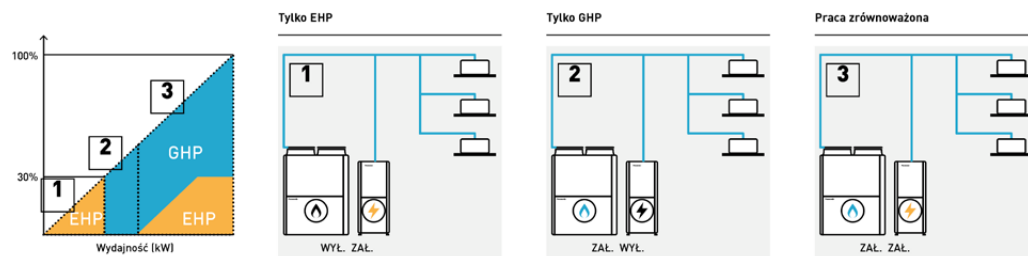
- sprawność agregatu GHP w trybie chłodzenia (LOT21) 211,8% oraz w trybie grzania 143%;
- sprawność agregatu elektrycznego VRF – ESEER – 8,67 oraz SCOP 4,32.

Omawiany układ hybrydowy daje również możliwość wyboru wielu trybów pracy w tym, m.in. priorytet energii elektrycznej, priorytet gazu, lub ustawienie pracy w priorytecie największej sprawności lub wydajności (rys. 6.).

Współpraca agregatów VRF i GHP zapewnia optymalną pracę dającą wyższą sprawność dzięki obciążeniu zakresowi maksymalnego i minimalnego obciążenia. Dodatkowo, dzięki różnicy wydajności agregatów, mamy do dyspozycji kolejne opcje jeszcze lepszego dopasowania pracy agregatów, niezależnie od chwilowego obciążenia budynku, które może być bardzo małe lub bardzo duże. Przy bardzo małym obciążeniu może pracować sam agregat VRF, przy średnim obciążeniu sam

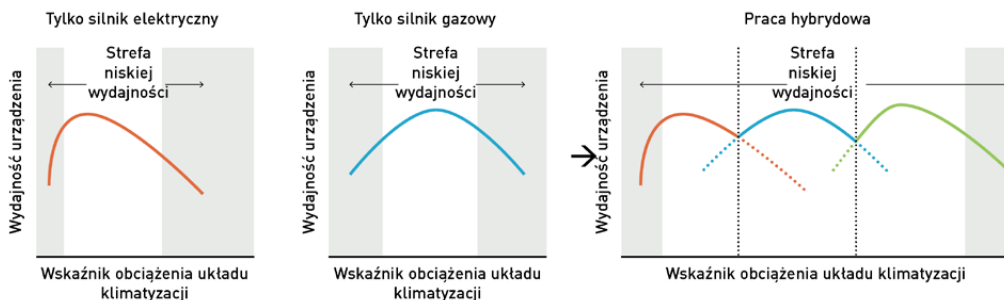


### Przykład optymalnego sterowania: Tryb oszczędny



Rys. 6. Charakterystyka pracy układu hybrydowego w zależności od przyjętego priorytetu

Opcjonalny sposób sterowania



Rys. 7. Metoda zoptymalizowanego sterowania

agregat GHP, przy większym obciążeniu pracują dwa agregaty lub korzystamy z innych dostępnych trybów pracy, dopasowując najlepszy algorytm pracy do potrzeb budynku (rys. 7).

Ponieważ rozpatrujemy tutaj układ bezpośredniego odparowania mamy do dyspozycji szybką zmianę parametrów, co powoduje znaczne oszczędności zwłaszcza w okresach przejściowych wiosna – jesień oraz w obiektach charakteryzujących się znaczną zmiennością obciążenia np. hotele lub większe budynki biurowe.

Zaawansowane funkcje oszczędzania energii

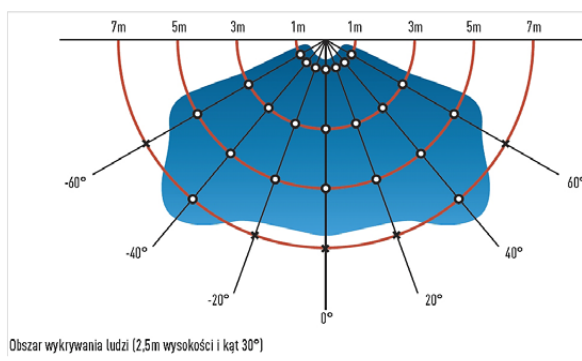
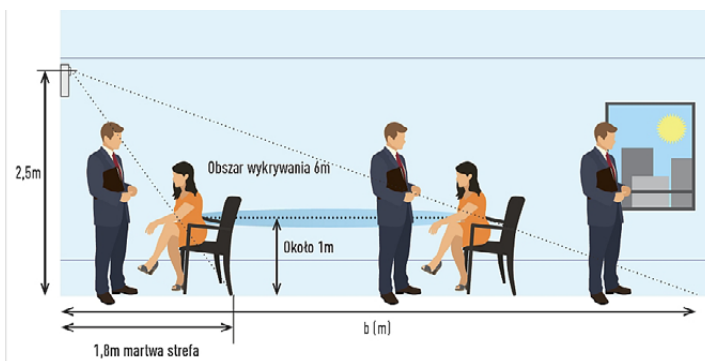
Układ hybrydowy daje dodatkowe możliwości poprzez wykorzystanie zaawansowanych funkcji oszczędzania energii, w tym między innymi dodatkowych czujników ruchu i obecności oraz szeregu funkcji optymalizujących pracę układu (rys. 8). Prawidłowe wykorzystanie i zaprogramowanie tych funkcji pozwala na dodatkowe obniżenie kosztów eksploatacji nawet o kolejne 35 ÷ 50%:

- **możliwość śledzenia obecności i aktywności osób w pomieszczeniach** – czujnik wykrywa aktywność osób w pomieszczeniu i zmienia temperaturę o 2 stopnie (podnosi lub obniża), aby uzyskać optymalny komfort w pomieszczeniu i efektywność układu (jeżeli czujnik nie wykryje osób w pomieszczeniu, zatrzyma jednostkę lub przestawi ją na inną, uprzednio zadaną temperaturę);
- **możliwość zawężania zakresów nastaw w trybie grzania i chłodzenia** – tylko dzięki tej funkcji można znacząco obniżyć koszty eksploatacji, odcinając dolne zakresy nastaw w trybie chłodzenia i górne w trybie grzania;
- **możliwość ograniczania poboru mocy przez system** – możemy zaplanować jaki jest maksymalny poziom poboru mocy

przez system klimatyzacji określając przedziały czasowe, kiedy spodziewamy się pików energetycznych i wyznaczając dla nich ograniczenie maksymalnego poboru mocy dla danej wartości nominalnej, co z jednej strony powoduje zmniejszenie zużycia energii, a z drugiej zabezpiecza przed ewentualnym przekroczeniem mocy i „blackoutem”;

- **funkcja automatycznego powrotu do nastawy bieżącej dedykowanej** – funkcja automatyki, dzięki której po określonym czasie nastawa wraca do wartości domyślnej; takie rozwiązanie realizowane na przykład dla kilkudziesięciu lub kilkuset pomieszczeń da bardzo duże oszczędności, a przy odpowiedniej kalibracji użytkownik może nawet nie odczuć różnicy w komforcie cieplnym;
- **ustawianie indywidualnych programów czasowych w zakresie załącz-wyłącz oraz zmiany nastawianej temperatury** – zmniejsza liczbę godzin pracy systemu i tym samym obniża zużycie energii;
- **funkcja automatycznego wyłączenia** – dzięki niej klimatyzator analizuje stan pracy, to znaczy czy jest włączony/wyłączony z określoną częstotliwością czasową, a w przypadku wykrycia jego załączenia automatycznie się wyłączy;
- **funkcja czuwania (dla trybu grzania i chłodzenia)** – możemy nastawić minimalną lub maksymalną temperaturę pomieszczenia, przy której urządzenie automatycznie się załączy (dzięki tej funkcji i właściwości agregatu GHP realizującego 10 x szybciej parametr zadany w trybie grzania można bardzo istotnie ograniczyć liczbę godzin pracy systemu).

Przy wykorzystaniu fotowoltaiki latem i w okresach przejściowych możemy dodatkowo w znaczący sposób obniżyć koszty eksploatacji oraz odciążyć pracę samego agregatu GHP.

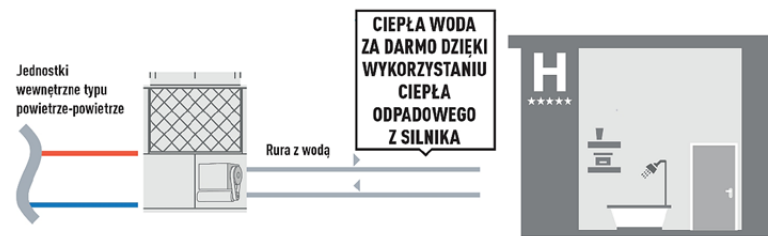


Rys. 8. Przykład lokalizacji czujnika ruchu i obecności

Możemy także dodatkowo aktywować algorytmy maksymalnej sprawności lub maksymalnego obciążenia, zarówno dla agregatów VRF jak i GHP, co przy odpowiednich ustawieniach, generuje dodatkowe oszczędności.

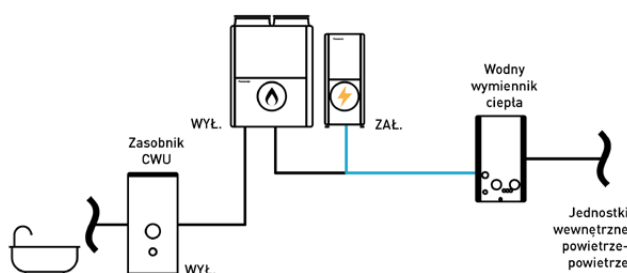
### Ciepło odpadowe

Najnowsza generacja systemów GHP w układzie hybrydowym daje możliwość aktywacji priorytetu wykorzystania ciepła odpadowego dostępnego przez cały rok –zarówno w trybie grzania, jak

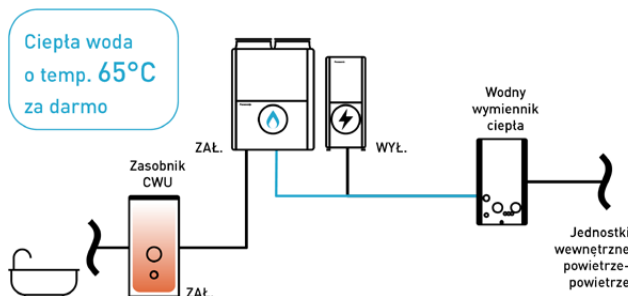


Rys. 9. Wykorzystanie ciepła odpadowego z silnika na potrzeby c.w.u.

#### Model o podwyższonej sprawności



#### Tryb priorytetu CWU



Rys. 10. Modulowana praca jednostki EHP i GHP w zależności od priorytetu pracy

i chłodzenia. Oznacza to, że w okresach przejściowych (wiosną i jesienią) oraz przy częściowym obciążeniu budynku nadwyżkę ciepła odpadowego będzie można przekazać nie tylko na potrzeby c.w.u. latem, ale również na potrzeby ciepła technologicznego, wentylacji oraz potrzeb c.o., co znacząco wpłynie na obniżenie rocznych kosztów eksploatacji w całym obiekcie (rys. 9.).

W przypadku, gdy podczas chłodzenia jednostką EHP występuje również potrzeba c.w.u., jednostka zostaje automatycznie wyłączona i następuje załączenie GHP, aby umożliwić darmową produkcję c.w.u. (rys. 10.).

### ZAPEWNIENIE NAJLEPSZEGO MOŻLIWEGO KOMFORTU ORAZ CZYSTOŚCI POWIETRZA

Jednostki wewnętrzne układu GHP+EHP wyposażone są w zaawansowany system oczyszczania powietrza nanoe x, wykorzystujący rodniki hydroksylowe, zapewniający czyste powietrze wolne od intensywnych zapachów oraz zanieczyszczeń. Technologia ta pozwala na eliminację bakterii, pleśni, alergenów oraz wirusów z powietrza i powierzchni, w tym COVID-19. Klimatyzator wyposażony w generator nanoe X Mark 3 hamuje aktywność osadzonego na powierzchni wirusa (bakteriofaga) na poziomie 98,81% w ciągu 4 godzin. (rys. 11.)

Warto wymienić również takie cechy charakterystyczne systemu, które mają wpływ na komfort:

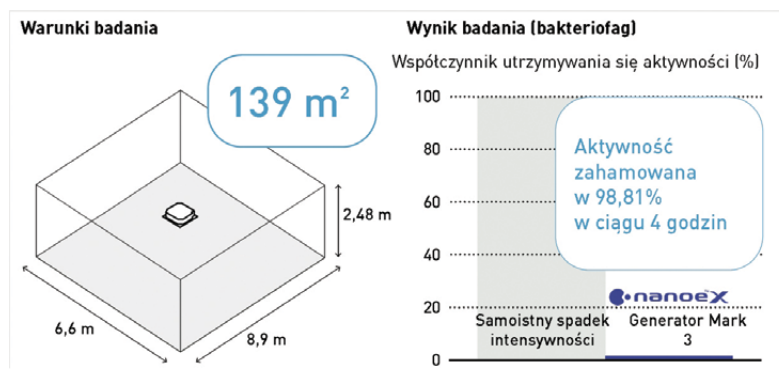
- możliwość zmiany i dopasowania wydajności chłodniczej/grzewczej każdego urządzenia do potrzeb danego pomieszczenia (już po wykonaniu instalacji) znacząco poprawia komfort użytkowników w przypadku nieprecyzyjnego doboru urządzeń;
- bardzo szybka zmiana parametrów z trybu grzania na chłodzenie w układzie DX hybrydowym – daje to nam nieporównywalnie większy komfort w odniesieniu do systemu w układzie wodnym z jednym wspólnym źródłem dla grzania

i chłodzenia, który jest często spotykany w budynkach biurowych z uwagi na niższe koszty inwestycyjne, jednak znacząco wpływający na obniżenie parametrów komfortu oraz podnoszący koszty eksploatacji przy zmianie trybu pracy z grzania na chłodzenie w okresach przejściowych;

- brak klasycznego cyklu odszraniania – agregat elektryczny odszrania się przy wspomaganie ciepła odpadowego agregatu gazowego, zatem nie występuje dyskomfort temperaturowy, charakterystyczny dla układów tylko elektrycznych.

### ZAAWANSOWANY UKŁAD BMS

System stanowi jedną wspólną całość, na którą składają się: źródło ciepła i chłodu (agregaty zewnętrzne), jednostki wewnętrzne z instalacją oraz dodatkowymi akcesoriami wraz z zaawansowanym układem BMS i nadzorem zdalnym nad całym systemem.



Rys. 11. Współczynnik utrzymywania się aktywności wirusów z zastosowaniem technologii oczyszczania nanoe x

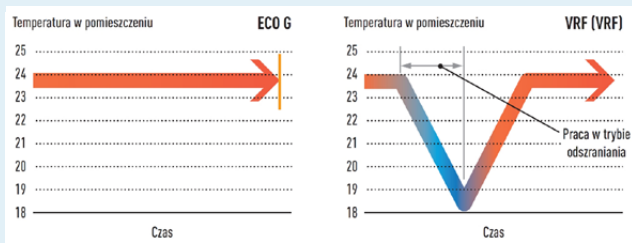
**PRZEWAGA UKŁADÓW HYBRYDOWYCH NAD SYSTEMAMI**

**Gazowymi GHP:**

- zmniejszenie kosztów serwisu, z uwagi na zastosowanie układu multi pompy ciepła zasilanej elektrycznie oraz pompy ciepła zasilanej gazem; przy częściowym obciążeniu będzie pracować pompa ciepła elektryczna – gazowa pompa ciepła będzie się dołączać w momentach zwiększonego zapotrzebowania – nie będzie pracować cały czas;
- zwiększenie żywotności gazowej pompy ciepła przez ograniczenie ilości godzin pracy nawet 2÷3 krotnie;
- dużo niższe koszty eksploatacji dzięki wykorzystaniu różnych trybów i priorytetów pracy;
- dopasowanie do bardzo małych obciążeń w budynku dzięki zastosowaniu agregatu VRF o bardzo dużej sprawności i stosunkowo niewielkiej wydajności chłodniczej 28 kW; standardowy agregat GHP dopasowuje się w sposób efektywny do zapotrzebowania minimum 20÷30%. Poniżej tego zapotrzebowania koszty eksploatacji będą się proporcjonalnie zwiększać i system nie będzie pracować tak ekonomicznie. Dzięki zastosowaniu systemu VRF cały układ może być efektywnie obciążany nawet poniżej 10% wydajności całego układu hybrydowego.

**VRF lub innymi zasilanymi elektrycznie:**

- ze względu na swoje właściwości, układ VRF współpracuje zazwyczaj z alternatywnym źródłem ogrzewania w budynku, na przykład kotłownią gazową, siecią ciepłowniczą lub innym alternatywnym i niezależnym źródłem grzania przy niskich temperaturach powietrza zewnętrznego;
- możliwość pracy jako podstawowy system grzewczy aż do temperatury zewnętrznej -30°C, bez utraty komfortu cieplnego w pomieszczeniach z uwagi na cykl odszraniania;



Rys. 12.

- możliwość wykorzystania darmowego ciepła odpadowego z układu chłodzenia silnika gwarantującego utrzymanie opisanych powyżej parametrów w trybie grzania; dodatkowo nadwyżkę tego ciepła można wykorzystać na potrzeby c.w.u. c.t oraz c.o., co znacznie obniży koszty eksploatacji oraz w pewnych sytuacjach może znacząco wpłynąć na obniżenie kosztów

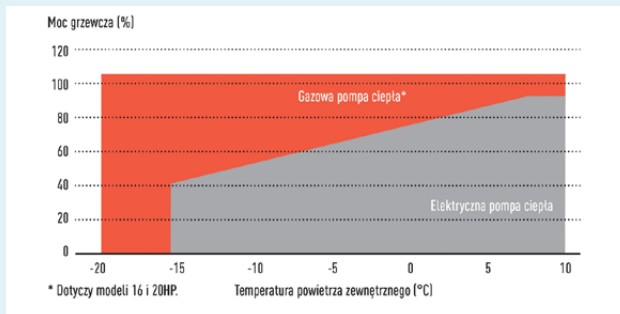
W systemie hybrydowym mamy do dyspozycji bardzo zaawansowany układ sterowania centralnego, który jest już w cenie samego układu. Jak już wspominaliśmy system może realizować zaawansowane funkcje oszczędzania energii indywidualnie dla każdego urządzenia wewnętrznego, strefy w budynku albo dla całości systemu.

Ponadto układ automatyki oferuje:

- generowanie i wysyłanie szczegółowych kodów błędów w przypadku wystąpienia alarmu, co umożliwia bardzo szybką i precyzyjną diagnozę i bardzo przyspiesza ewentualną naprawę systemu;

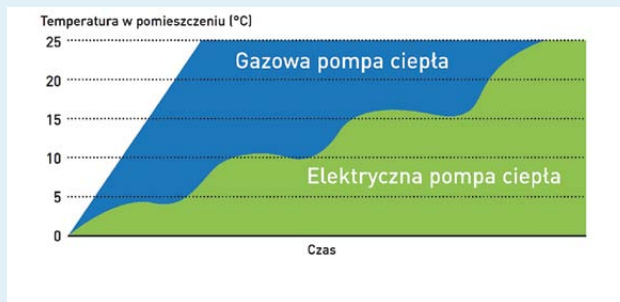
inwestycyjnych, ponieważ nie trzeba korzystać z alternatywnych źródeł ciepła oraz dodatkowych instalacji przekazujących ciepło;

- możliwość zasilania układu gazem ziemnym lub propanem, przez co można znacząco obniżyć koszty eksploatacji oraz uniezależnić się od energii elektrycznej, w tym prognozowanych znaczących wzrostów cen oraz możliwych blackoutów – zarówno latem, jak i zimą;
- brak istotnego zmniejszenia wydajności grzewczej przy niskich temp wewnętrznych;



Rys. 13.

- uzyskiwanie do 10 razy szybciej zadanych parametrów w trybie grzania;



Rys. 14.

- możliwość realizacji jednego wspólnego systemu stanowiącego podstawowe źródło grzania i chłodu w budynku w polskich warunkach klimatycznych; w przypadku zastosowania układu tylko elektrycznego VRF należy się liczyć ze znaczącymi spadkami wydajności grzewczych tych systemów przy niskich temperaturach zewnętrznych, co wymusza przewymiarowanie systemu; można się dodatkowo spodziewać pogorszenia komfortu cieplnego z uwagi na występujący cykl odszraniania wykorzystujący ciepło pobrane z pomieszczeń do odszranienia agregatu zewnętrznego.

- ustalenie i katalogowanie harmonogramów pracy wszystkich jednostek wewnętrznych, co umożliwi głębszą weryfikację zapotrzebowania różnych stref budynku, z możliwością wprowadzania optymalizacji obniżających koszty eksploatacji oraz polepszenie komfortu w danym pomieszczeniu;
- funkcję monitoringu zużytej energii elektrycznej i gazu dla potrzeb systemu klimatyzacji, dzięki której możemy śledzić charakterystyki zużycia energii elektrycznej i gazu w układzie VRF-GHP oraz optymalizować system (funkcja jest aktywna w przypadku podpięcia opcjonalnego impulsowego licznika energii elektrycznej i gazu);

- możliwość zakładania blokad dla urządzeń wewnętrznych;
- możliwość pełnego zdalnego nadzoru (monitoring oraz sterowanie) przez Internet.

## BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE Z MOŻLIWOŚCIĄ SKALOWANIA DYWERSYFIKACJĄ ŹRÓDEŁ ENERGII

W układzie hybrydowym system jest zasilany zarówno gazem, jak i energią elektryczną z możliwością ustalenia priorytetu pracy na energię elektryczną lub gaz, co daje bardzo duże bezpieczeństwo związane ze zmiennymi kosztami obu mediów oraz ich ewentualną dostępnością. Układ taki nie potrzebuje również rozbudowywania przyłączy energetycznych (zwiększania mocy), z uwagi na stosunkowo małe zapotrzebowanie na moc elektryczną modułu elektrycznego w układzie hybrydowym. Dodatkowo może pracować wspomagany fotowoltaiką, nawet w okresach zimowych.

Podobnie jak inne systemy typu VRF systemy hybrydowe można łączyć kaskadowo z innymi układami wyłącznie gazowymi GHP lub wyłącznie elektrycznymi VRF w zależności od tego, jakie źródło energii preferujemy – jak bardzo chcemy być zależni od energii elektrycznej lub gazu. Możemy określić jaki % ma stanowić energia elektryczna i jaki % – gaz w naszym dużym, nawet kilku MW-owym, układzie grzewczo-chłodzącym.

Ponadto eksploatując układ hybrydowy w przyszłości możemy rotować agregatami i optymalizować zużycie gazu lub energii elektrycznej, to znaczy możemy zamienić na wyłącznie elektryczny lub wyłącznie gazowy wymieniając tylko agregaty zewnętrzne, a zostawiając całą instalację wraz z jednostkami wewnętrznymi;

Warto podkreślić, iż w przypadku awarii jednego agregatu drugi agregat może pracować na cały układ chłodniczy.

## UKŁAD HYBRYDOWY VS SYSTEMY WYŁĄCZNIE GHP LUB VRF

System hybrydowy zachowuje wszystkie zalety gazowych pomp ciepła (GHP), w tym zasilanie gazem ziemnym lub propanem technicznym, możliwość odprowadzania darmowego ciepła odpadowego z układu chłodzenia silnika na potrzeby c.w.u. oraz c.t. i c.o. Utrzymane zostało również, charakterystyczne dla układów GHP, dziesięciokrotnie szybsze osiągnięcie zadanych parametrów w trybie grzania, czy też stabilna wydajność grzewcza przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych aż do  $-30^{\circ}\text{C}$  bez klasycznego cyklu odszraniania, a tym samym zaburzenia komfortu cieplnego w pomieszczeniach. Dodatkowo system wykorzystuje wszystkie zalety układów VRF, w tym bardzo wysokie sprawności pracy układów przy niskich obciążeniach systemu, możliwość współpracy z fotowoltaiką oraz wzajemną synergię współpracy agregatu VRF i GHP wykorzystującą w danej sytuacji najmocniejsze strony jednego i drugiego rozwiązania.

## PRZYKŁADOWE CASE STUDY

Firma ART-KLIMA wykonała montaż pierwszej w Polsce gazowej pompy ciepła GHP w 2005 roku. Ma już prawie 20-letnie doświadczenie w realizacji systemów GHP oraz prawie

5-letnie doświadczenie w realizacji układów hybrydowych VRF-GHP, posiadając w obsłudze serwisowej ponad 100 takich systemów. Z perspektywy lat widać, że w każdym realizowanym przypadku systemu hybrydowego założenia teoretyczne pokrywały się z praktyką. W obiektach z modernizowaną instalacją zakładającą wymianę wyeksploatowanego agregatu GHP na nowy układ hybrydowy agregat GHP w systemie hybrydowym wykazuje 2 do 3 razy mniej godzin pracy w porównaniu do pierwotnie pracującego agregatu GHP, co daje realne oszczędności eksploatacyjne oraz wydłuża cykl życia samego agregatu, powodując znaczne obniżenie kosztów serwisu związanych z przeglądem silnika w gazowej pompie ciepła. Oczywiście każdy przypadek musi być rozpatrywany indywidualnie, ze względu na charakterystykę obiektu, dlatego realizację należy poprzedzić wnikliwym audytem energetycznym oraz analizą możliwości wykorzystania potencjału układów hybrydowych w danej aplikacji.

## Budynek przemysłowy magazynowo-biurowy – Janki pod Warszawą

Pierwsze hybrydowe pompy ciepła w Europie zamontowane w roku 2019. Łączna wydajność chłodnicza 252, grzewcza 285 kW. Jest to klient sieciowy, który posiada kilkanaście obiektów w całej Polsce. Według informacji uzyskanych od inwestora koszty eksploatacji układów w zakresie grzania i chłodzenia w tym obiekcie są najniższe w Polsce.



Układ stanowi podstawowy system grzewczo-chłodzący w budynku.

### Budynek przemysłowy produkcyjno-biurowy – Rusiec pod Warszawą

Układ składa się wyłącznie z gazowych pomp ciepła GHP oraz hybrydowych pomp ciepła VRF-GHP. Łączna wydajność chłodnicza 368 kW, grzewcza 415 kW. Podstawowy system grzewczo-chłodzący w budynku



### Budynek biurowy – Rybnik

Układ hybrydowych pomp ciepła VRF – GHP wspomaganych fotowoltaiką. Łączna wydajność chłodnicza 84 kW, grzewcza 95 kW. Podstawowy system grzewczo-chłodzący w budynku.



### Budynek biurowy – Rybnik

Modernizacja istniejącego układu gazowych pomp ciepła GHP przy wykorzystaniu hybrydowych pomp ciepła VRF-GHP. Łączna wydajność chłodnicza 226 kW, grzewcza 255 kW. Podstawowy system grzewczo-chłodzący w budynku.



### Budynek biurowy – Zabrze

Modernizacja istniejącego układu gazowych pomp ciepła GHP przy wykorzystaniu hybrydowych pomp ciepła VRF-GHP oraz tylko gazowych pomp ciepła GHP. Łączna wydajność chłodnicza 368 kW, grzewcza 415 kW. Podstawowy system grzewczo-chłodzący w budynku.



## Budynek biurowy – Warszawa

Modernizacja istniejącego układu gazowych pomp ciepła GHP przy wykorzystaniu hybrydowych pomp ciepła VRF-GHP. Łączna wydajność chłodnicza 226 kW, grzewcza 255 kW. System grzewczo-chłodzący w budynku.



## WADY SYSTEMÓW HYBRYDOWYCH VRF-GHP

W chwili obecnej istnieje tylko jedna konfiguracja wielkości układu hybrydowego, tj. 84 kW wydajności chłodniczej oraz 94,5 kW wydajności grzewczej, zatem do bardzo małych budynków czy lokali użytkowych układ hybrydowy nie będzie pasował. Jednak większość obiektów komercyjnych, typu budynki biurowe, hotele, hale magazynowe i produkcyjne, charakteryzuje się większym zapotrzebowaniem

na chłód oraz ciepło. W przypadku dużych obiektów można tworzyć układy kaskadowe sterowane centralnie z fabrycznego układu BMS.

Ponieważ elementem układu hybrydowego jest gazowa pompa ciepła należy liczyć się z koniecznością wykonywania okresowych przeglądów silnika w agregacie GHP układu hybrydowego, co stanowi dodatkowy koszt obsługi systemu. Jednakże biorąc pod uwagę znaczące obniżenie liczby godzin pracy agregatu GHP, dzięki współpracy z agregatem VRF, łączne koszty eksploatacji są dużo niższe w porównaniu do alternatywnych standardowych rozwiązań.

Kolejną możliwą wadą układu jest ograniczenie produkcji temperatury zasilania w trybie grzania w układzie wodnym do 45°C, co ogranicza zastosowanie tych układów do nowoczesnych instalacji płaszczyznowych oraz niskotemperaturowych. Jednak przy wyborze układu wodnego grzewczo-chłodzącego w budynku oraz zastosowania systemu płaszczyznowego na przykład ogrzewania podłogowego lub stropów laminarnych czy też grzejników niskotemperaturowych takie rozwiązanie sprawdzi się idealnie.

Niektórzy mogą upatrywać wad w nieco wyższej cenie w porównaniu do standardowych układów klimatyzacji na przykład chińskich producentów. Jednak, jeśli się rozpatruje system jako kompleksowe rozwiązanie grzewczo-chłodzące, może się okazać, że koszty inwestycyjne będą nawet niższe, ponieważ przy wykorzystaniu standardowego rozwiązania klimatyzacji trzeba zapewnić niezależny system ogrzewania budynku wraz z instalacją. ■



**Paweł SROCZYŃSKI –**

Współwłaściciel ART-KLIMA,  
ekspert w zakresie układów GHP i VRF

**Biorąc pod uwagę znaczące obniżenie liczby godzin pracy agregatu GHP, dzięki współpracy z agregatem VRF, łączne koszty eksploatacji są dużo niższe w porównaniu do alternatywnych standardowych rozwiązań**