Temat nr 4:

Pompy ciepła, cz.3

24.01.2017

- Górne źródło ciepła [S1-S48]
- Zasobnik buforowy [S49-S65]
- Moc grzewcza pompy ciepła [S66-S75]
- Ocena akustyczna [S76-S92]
- Ogrzewanie c.w.u. [S93-S120]
- Dodatkowe źródła ciepła [S121-S132]
- Chłodzenie pompą ciepła [S133-S137]

Instalacja ogrzewania budynku

Obieg wtórny – górne źródło ciepła
jest ważnym elementem instalacji z PC – ma istotny wpływ na efektywność pracy pompy ciepła, co przekłada się na koszty ogrzewania.

Parametry wpływające na koszty ogrzewania PC – na jej efektywność pracy:

- maksymalna temperatura zasilania systemu grzewczego (c.o. i c.w.u.)
- obliczeniowa różnica temperatury wody na zasilaniu i powrocie
- zapotrzebowanie na c.w.u.
- rozwiązanie hydrauliczne instalacji

Uwzględniając powyższe, dla efektywnej pracy PC instalacja powinna zostać **starannie zaprojektowana.**

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Instalacja PC, od strony obiegu wtórnego, powinna pracować przy różnicy temperatury miedzy zasilaniem i powrotem, pomiędzy: **5 do 10 K**.

Dzięki temu skraplacz może pracować **przy efektywnym, średnim poziomie temperatury skraplania** (kondensacji).

Niska temperatura zasilania instalacji grzewczej, np. podłogówki –
- zapewni **niskie ciśnienie skraplania**, tym samym **mniejsze wymagane obciążenie sprężarki = mniejsze nakłady energii**.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Niezależnie od sposobu ogrzewania budynku, czy jest to ogrzewanie podłogowe o parametrach wody grzewczej np. 35/28°C; czy też grzejniki niskotemperaturowe o parametrach 55/45°C lub 50/40°C – istotnym **warunkiem efektywnej pracy pompy ciepła** jest zapewnienie **długich okresów pracy** oraz **długich okresów przerw w pracy sprężarki**, oczywiście bez naruszania komfortu cieplnego w pomieszczeniach.

Zatem, przy projektowaniu instalacji szczególnie istotnym parametrem jest zapewnienie tzw. **przepływu minimalnego** wody grzewczej przez pompę ciepła, gwarantującego optymalną pracę skraplacza.
Aby spełnić ten warunek **instalacja ogrzewania nie powinna posiadać redukcji przepływu**, np.: ogrzewanie podłogowe bez siłowników elektrotermicznych; grzejniki bez głowic termostatycznych.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Przepływ minimalny obliczany jest dla mocy grzewczej w punkcie pracy zgodnie z normą PN-EN 14511 przy różnicy temperatury do 10 K.

Optymalny przepływ powinien zostać przeliczony na różnicę temperatury od 5 do 7 K.

Dane techniczne pomp ciepła solanka/woda

Typ BWC/BW/BWS 301.B		**10**
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Wydajność chłodnicza	kW	8,43
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ε (COP)		5,01
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
Pojemność	l	4,0
Minimalny przepływ objętościowy	l/h	880
Opór przepływu przy minimalnym przepływie objętościowym (tylko typ BW/BWS)	mbar kPa	14 1,4
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia przy minimalnym przepływie objętościowym (tylko typ BWC)	mbar kPa	710 71,0
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	65

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Dane techniczne pomp ciepła solanka/woda

Typ BWC/BW/BWS 301.B		10
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Wydajność chłodnicza	kW	8,43
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ε (COP)		5,01
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
Pojemność	l	4,0
Minimalny przepływ objętościowy	l/h	880
Opór przepływu przy minimalnym przepływie ob-	mbar	14
jętościowym (tylko typ BW/BWS)	kPa	1,4
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia przy minimal-	mbar	710
nym przepływie objętościowym (tylko typ BWC)	kPa	71,0
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	65

Dane techniczne Vitocal 300-G typ BWC, wersja PC **z 2015r.**

Typ BWC 301.A		10
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	9,97
Moc chłodnicza	kW	8,04
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ε (COP)		4,81
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 10 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Moc chłodnicza	kW	8,47
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,03
Stopień efektywności ε (COP)		5,10
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
Pojemność	l	4,0
Min. przepływ objętościowy (przy różnicy 10 K)	l/h	880
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia (przy min. przepływie objętościowym)	mbar	640
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	60

Dane techniczne Vitocal 300-G typ BWC, wersja PC **z 2014r.**

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Dane techniczne pomp ciepła solanka/woda

Typ BWC/BW/BWS 301.B		10
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Wydajność chłodnicza	kW	8,43
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ε (COP)		5,01
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
Pojemność	l	4,0
Minimalny przepływ objętościowy	l/h	880
Opór przepływu przy minimalnym przepływie objętościowym (tylko typ BW/BWS)	mbar kPa	14 1,4
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia przy minimalnym przepływie objętościowym (tylko typ BWC)	mbar kPa	710 71,0
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	65

Dane techniczne Vitocal 300-G typ BWC, wersja PC **z 2015r.**

Typ BWC 301.A		10
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	9,97
Moc chłodnicza	kW	8,04
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ε (COP)		4,81
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 10 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Moc chłodnicza	kW	8,47
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,03
Stopień efektywności ε (COP)		5,10
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
Pojemność	l	4,0
Min. przepływ objętościowy (przy różnicy 10 K)	l/h	880
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia (przy min. przepływie objętościowym)	mbar	640
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	60

Dane techniczne Vitocal 300-G typ BWC, wersja PC **z 2014r.**

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Sprawdzenie:

$\dot{m}$ = Φ / c x dT

$\dot{m}$ = 10 360 W / 1,163 Wh/kgK x **5 K**

$\dot{m}$ = 1 782 kg/h

$\dot{m}$ = 10 360 W / 1,163 Wh/kgK x **10 K**

$\dot{m}$ = 890 kg/h

$\dot{m}$ = 10 360 W / 1,163 Wh/kgK x **7 K**

$\dot{m}$ = **1 273 kg/h**

Dane techniczne pomp ciepła solanka/woda

Typ BWC/BW/BWS 301.B		**10**
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Wydajność chłodnicza	kW	8,43
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ε (COP)		5,01
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
Pojemność	l	4,0
Minimalny przepływ objętościowy	l/h	880
Opór przepływu przy minimalnym przepływie ob-	mbar	14
jętościowym (tylko typ BW/BWS)	kPa	1,4
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia przy minimal-	mbar	710
nym przepływie objętościowym (tylko typ BWC)	kPa	71,0
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	65

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

„*zapewnienie **długich okresów pracy** oraz **długich okresów przerw w pracy sprężarki***”
oprócz minimalnego przepływu instalacja powinna charakteryzować się również **dużą bezwładnością cieplną** – czyli **długim czasem nagrzewania i studzenia**.
Wymóg ten spełnia ogrzewanie płaszczyznowe, np. ogrzewanie podłogowe i ścienne – akumulacja ciepła w jastrychu i ścianach.

Grzejniki niskotemperaturowe – szybko nagrzewają się i szybko stygną, dodatkowo instalacja grzejnikowa ma zwykle małą pojemność wodną; dlatego pompa ciepła nie powinna bezpośrednio zasilać grzejników –
- potrzebny jest zasobnik buforowy, który zwiększa pojemność wodną instalacji.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ?

Układ bezpośredni (bez bufora), jest najlepszym rozwiązaniem:

- pompa ciepła osiąga najwyższą efektywność pracy
- w tym układzie instalacja powinna gwarantować minimalny przepływ wody grzewczej
- dopuszcza się regulację przepływu na wybranych pętlach, ale tylko wtedy, gdy nie powodują one ograniczenia przepływu poniżej wymaganego przepływu minimalnego, a różnica temperatur zasilanie/powrót nie jest większa niż 10 K

Górne źródło ciepła

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ? c.d.

W układach bezpośrednich zaleca się:

- stosowanie zaworu typu bypass, którego zadaniem jest utrzymanie minimalnego przepływu wody grzewczej przez pompę ciepła – jeśli nie zapewnią tego obiegi grzewcze
- zaleca się aby pojemność rur miedzy pompą ciepła a zaworem typu bypass zapewniała **co najmniej 2 minuty pracy pompy ciepła** – - aby to zapewnić minimalna pojemność rur powinna wynosić **3 litry** na każdy **1 kW mocy grzewczej pompy ciepła,**

  np. PC 10 kW -> t = m c dT / Φ = 30 l x 1,163 Wh/kgK x 10 K / 10 000 W = 0,035 h
  0,035 h x 60 min/1h = **2,1 min**

Górne źródło ciepła

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ? c.d.

W układach bezpośrednich zaleca się: c.d.

W zależności od rodzaju PC, różne będą **punkty obliczeniowe mocy grzewczej**:

- PC solanka-woda – punkt obliczeniowy: **B0/W35**
- PC powietrze-woda bez regulacji wydajności sprężarki: **A2/W35**
- PC powietrze-woda z regulacją wydajności sprężarki (np. inwerterem): **A-7/W35**

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ? c.d.

W układach bezpośrednich zaleca się: c.d.

W pompach ciepła typu powietrze-woda (A/W), nie zaleca się regulacji przepływu na wszystkich pętlach systemu ogrzewania.
W ten sposób można zapewnić energię cieplną potrzebną do realizacji procesu odmrażania parownika.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ? c.d.

Układ z buforem wody grzewczej

Instalacjach z pompą ciepła współpracującą **z grzejnikami** niskotemperaturowymi **nie powinny być projektowane jako układy bezpośrednie**.

- niewielka bezwładność i mała pojemność wodna instalacji spowodowałyby krótkie okresy pracy sprężarki i jej częste załączanie – - co może doprowadzić do szybszego zużycia i uszkodzenia sprężarki
- grzejniki z głowicami termostatycznymi – wpływają na zmianę przepływu wody grzewczej co może nie zapewnić wymaganego minimalnego przepływu przez pompę ciepła

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ? c.d.

Układ z buforem wody grzewczej; c.d.

Instalacje z grzejnikami wyposaża się więc w zbiorniki buforowe, które zwiększają pojemność wodną instalacji grzewczej – mniejsza częstotliwość załączeń i dłuższa praca PC przy każdym uruchomieniu, zapewnienie wymaganego minimalnego przepływu wody grzewczej przez PC.

Zasobnik buforowy powinien pełnić rolę magazynu ciepła, a nie sprzęgła hydraulicznego znanego z instalacji kotłowych, dlatego musi mieć określoną pojemność, a pompy obiegowe po stronie instalacji grzewczej nie mogą mieć większej wydajności niż pompa obiegu PC.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Założenia projektowe

„*W zależności od rodzaju PC, różne będą **punkty obliczeniowe mocy grzewczej (wg EN 14511)**:*

- *PC solanka-woda – punkt obliczeniowy: **B0/W35***
- *PC powietrze-woda bez regulacji wydajności sprężarki: **A2/W35***
- *PC powietrze-woda z regulacją wydajności sprężarki (np. inwerterem): **A-7/W35**”*

Dla wskazanego punktu obliczeniowego producent ma obowiązek podać moc maksymalną pompy ciepła ze 100% obciążeniem sprężarki.

Następnie….

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Założenia projektowe; c.d.

Odpowiednio do wartości mocy grzewczej pompy ciepła **w punkcie obliczeniowym** dobiera się następnie:

- średnice rurociągów w taki sposób, aby opory przepływu nie przekraczały **100 Pa/mb**
- wielkość zbiornika buforowego według zależności **20-25 l na 1 kW** mocy grzewczej pompy ciepła
- wielkość powierzchni wymiennika podgrzewacza c.w.u. według zależności **0,25 m2 na 1 kW** mocy grzewczej (sugeruje się tutaj dobór wg tabel producenta).

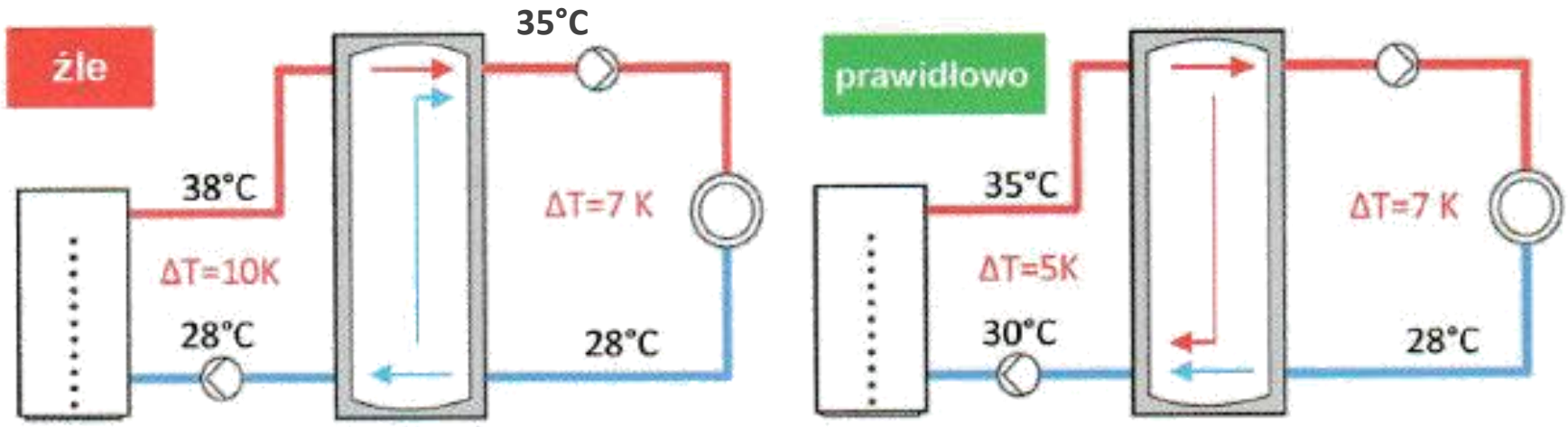
Górne źródło ciepła

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Z buforem czy bez bufora ? c.d.

Układ z buforem wody grzewczej; c.d.



Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Zbiornik c.w.u.

Nie każdy zbiornik (podgrzewacz c.w.u.) nadaje się do współpracy z pompą ciepła, a szczególnie zbiornik pierwotnie przeznaczony do współpracy z kotłem grzewczym.
Tradycyjne zbiorniki są konstruowane dla innych temperatur pracy i powierzchnia ich wężownicy jest zbyt mała dla pompy ciepła, która pracuje przy niższych temperaturach wody grzewczej niż kocioł gazowy czy olejowy.

Dobierając zbiornik c.w.u. najlepiej stosować się do sugestii producenta, który przetestował jaki zbiornik będzie najodpowiedniejszy dla danej pompy ciepła.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Obieg wtórny – górne źródło ciepła; c.d.

Zbiornik c.w.u.; c.d.

Zbyt mała powierzchnia wymiennika ciepła, np. wężownicy grzewczej, powoduje, że woda grzewcza powracająca do pompy ciepła będzie miała zbyt wysoką temperaturę, co prowadzi do awaryjnego wyłączenia pompy ciepła.

Zbyt wysoka temperatura wody powracającej do PC zmniejsza odbiór energii cieplnej z pompy ciepła, która pracuje zawsze z pełną mocą grzewczą.
Tak wiec, energia dostarczana przez PC nie ma gdzie się „podziać”, co skutkuje wzrostem ciśnienia w obwodzie chłodniczym. Gdy ciśnienie to przekroczy zadaną wartość, wtedy presostat wysokiego ciśnienia wyłączy awaryjnie sprężarkę (pompę ciepła).

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Pompa ciepła może współpracować praktycznie z każdym rodzajem (sposobem) ogrzewania budynku, np.:

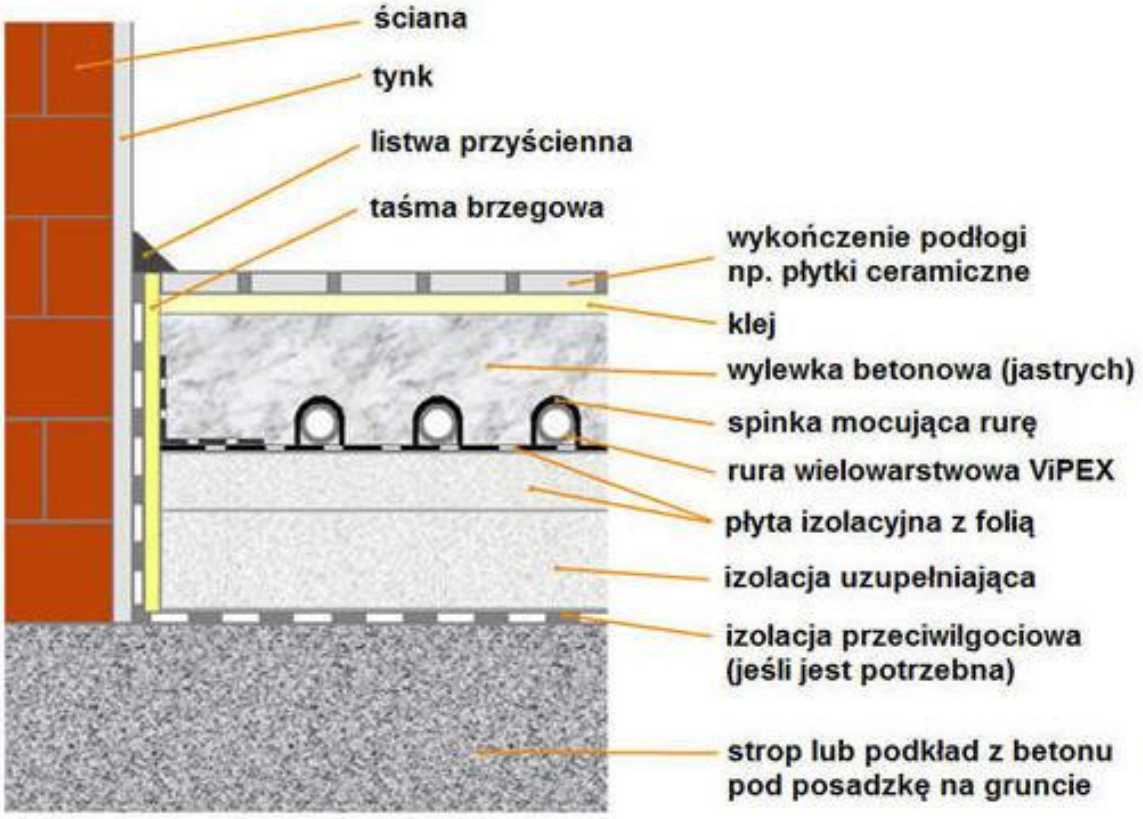
- z ogrzewaniem niskotemperaturowym: podłogowym, ściennym, sufitowym
- z konwektorami wentylatorowymi
- z tradycyjnymi grzejnikami.

Najlepszym może być ogrzewanie podłogowe.

Warto zwrócić tutaj uwagę, na to że człowiek najlepiej czuje się w pomieszczeniu, w którym jest niższa temperatura, a ściany są ciepłe. Gorzej będziemy się czuć w odwrotnej sytuacji – ciepło w pomieszczeniu, a zimne ściany.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie podłogowe



Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie podłogowe; c.d.

Najważniejsze zalety:

- jest to ogrzewanie niskotemperaturowe – temperatura wody grzewczej wynosi zwykle ok. 40°C, optymalna 35°C (max. 50-55°C)
- „gruba” wylewka stanowi akumulator ciepła – duża bezwładność cieplna
- w ogrzewaniu podłogowym grzejnikiem jest cała powierzchnia podłogi czyli „grzejnik” ma dużą powierzchnię; w około 70% oddaje ciepło przez promieniowanie, a w ok. 30% przez konwekcję
- minimalne zawirowania powietrza w pomieszczeniu z ogrzewaniem podłogowym nie powodują unoszenia kurzu

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie podłogowe; c.d.

Najważniejsze zalety: c.d.

- ogrzewanie podłogowe zapewnia optymalny dla komfortu człowieka rozkład temperatury w pomieszczeniu, a temperatura posadzki wynosi jedynie od 26 do 29°C – czyli odczuwamy, że podłoga jest tylko lekko ciepła
- duża powierzchnia „grzejnika” podłogowego i sposób oddawania ciepła pozwala na obniżenie temperatury w pomieszczeniu o 1 do 2°C bez pogorszenia komfortu cieplnego, zapewnia to oszczędność energii na poziomie 6 do 12% w ciągu roku.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie podłogowe; c.d.

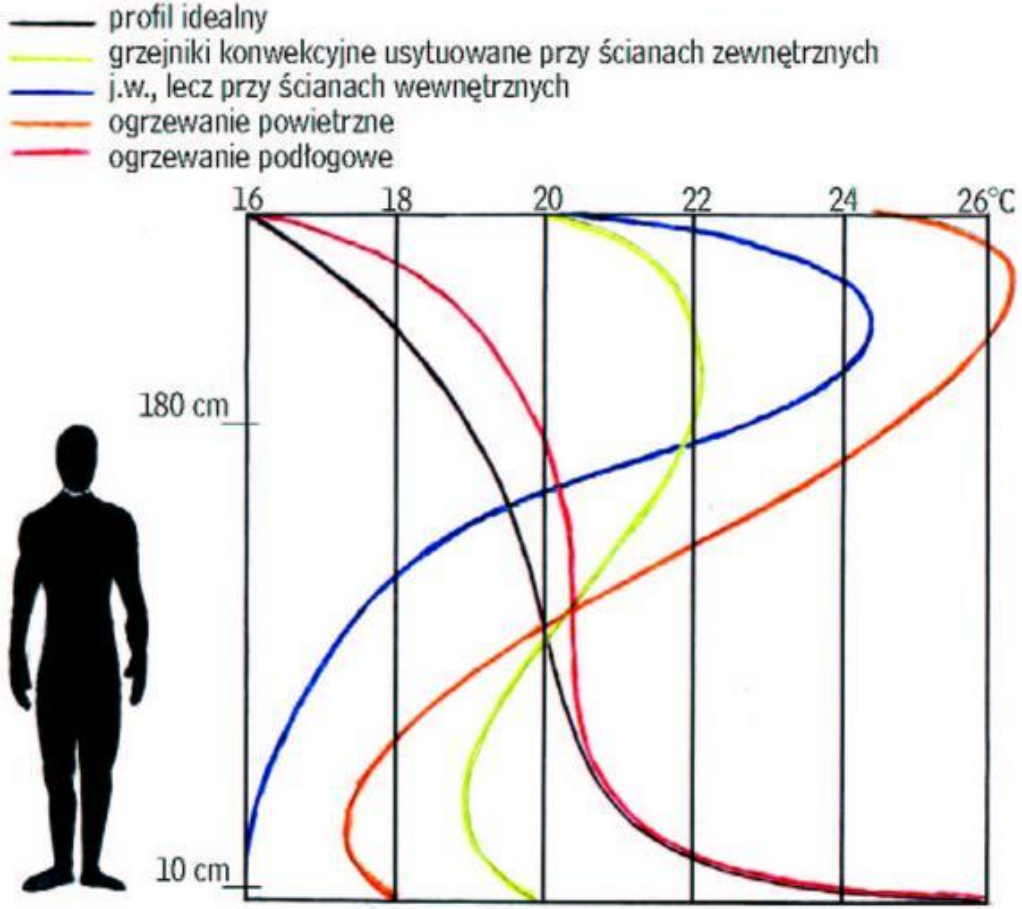
Najważniejsze zalety: c.d.

- w pomieszczeniach z ogrzewaniem podłogowym korzystny jest rozkład temperatury – cieplej jest przy stopach, chłodniej – przy głowie, a wtedy właśnie czujemy się najlepiej;

  Stopy są jedną z najwrażliwszych na zimno części ciała i utrzymywanie ich w cieple zwiększa poczucie komfortu - wydaje się nam, że jest ciepło, nawet gdy temperatura powietrza wokół głowy jest niższa.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie podłogowe; c.d.



Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie ścienne

Ogrzewanie ścienne jest podobne do ogrzewania podłogowego. Z tym, że zamiast w podłodze, rury układa się na ścianie i przykrywa cienką warstwą tynku.

Podobnie jak podłogówka, ogrzewanie ścienne jest jednym z rodzajów ogrzewania tzw. płaszczyznowego niskotemperaturowego – grzejnikiem jest tutaj spora powierzchni ściany, do zasilania którego wystarcza woda o niskiej temperaturze.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie ścienne; c.d.

Charakterystyka ogrzewania ściennego:

- jest to ogrzewanie niskotemperaturowe powierzchniowe, temperatura wody grzewczej między 35 a 55°C
- stosuje się najczęściej rury z tworzywa, praktycznie takie same jak przy ogrzewaniu podłogowym, zwykle o średnicy zewnętrznej 10, 14 lub 16 mm
- rozstaw rur, co: 10, 15, 20 cm
- rury mogą być również wykonane z miedzi lub jako gotowe moduły które układa się na ścianie i tylko łączy ze sobą; jako ciepłowody, w których znajduje się czynnik odparowujący w niskiej temperaturze, ogrzewany wodą z instalacji grzewczej

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie ścienne; c.d.

Charakterystyka ogrzewania ściennego: c.d.

- najlepiej rury ogrzewania ściennego zamontować na ścianach zewnętrznych, chociaż dopuszcza się również ich montaż na ścianach wewnętrznych
- ogrzewanie ścienne można stosować na powierzchniach skosów poddasza, wykończenie stanowią wówczas płyty gipsowo-kartonowe
- na ścianach zewnętrznych, o współczynniku przenikania ciepła U<0,4 W/m2, nie trzeba stosować dodatkowej izolacji cieplnej – rury układa się bezpośrednio na ścianie
- całkowita warstwa tynku, wraz z rurami, wynosi ok. 40 mm

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Ogrzewanie ścienne; c.d.

Charakterystyka ogrzewania ściennego: c.d.

- ogrzewanie ścienne może być łączone z instalacją ogrzewania podłogowego
- podobnie jak przy ogrzewaniu podłogowym, cześć pomieszczeń może być ogrzewana tradycyjnymi grzejnikami, a pozostałe przez ogrzewanie ścienne
- ogrzewanie ścienne zapewnia równomierny rozkład temperatury na całej wysokości pomieszczenia
- maksymalna temperatura powierzchni ściany: 35°C, przy chłodzeniu nie powinna być niższa niż +19°C

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

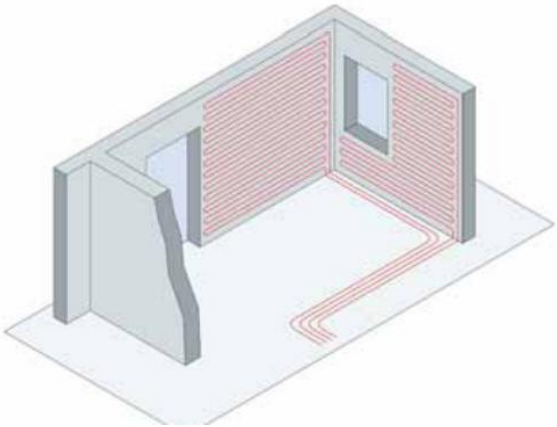
Ogrzewanie ścienne; c.d.

Charakterystyka ogrzewania ściennego: c.d.

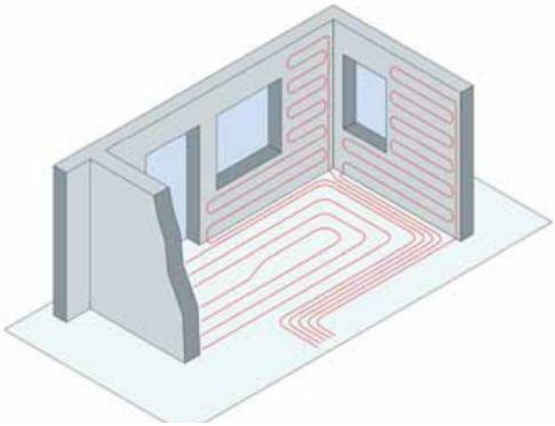
- większość ciepła jest oddawana do pomieszczenia na zasadzie promieniowania, ok. 90%, a jedynie ok. 10% na zasadzie konwekcji
- za pomocą ogrzewania ściennego można również chłodzić pomieszczenia w lecie
- orientacyjna maksymalna wydajność cieplna ogrzewania ściennego, przy temperaturze w pomieszczeniu 20°C: 120 W/m2; wydajność chłodnicza ok. 60 W/m2

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

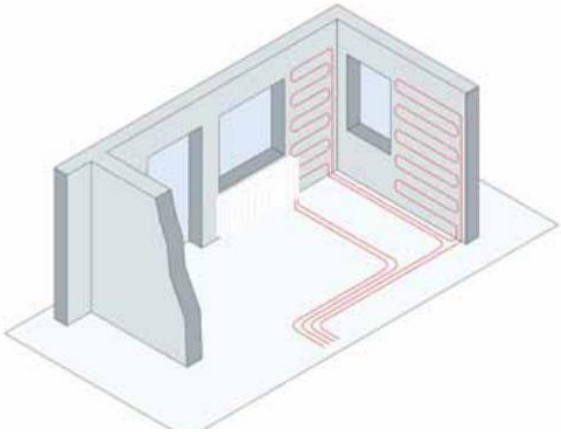
Ogrzewanie ścienne; c.d.



Rys. Ogrzewanie ścienne jako jedyne ogrzewanie.



Rys. Ogrzewanie ścienne w połączeniu z podłogowym



Rys. Ogrzewanie ścienne jako dodatkowe do ogrzewania grzejnikowego

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Samoregulacja ogrzewania płaszczyznowego

Efekt samoregulacji występuje w zasadzie w każdym systemie ogrzewania. Polega on na tym, że oddawana moc grzewcza zależy od różnicy między temperaturą powierzchni grzewczej a temperaturą pomieszczenia.
W ten sposób wraz ze wzrostem temperatury ilość oddawanego ciepła zmniejsza się, a rośnie wraz ze spadkiem temperatury.

Wydajność cieplna ogrzewania podłogowego:

$$q_H = \alpha_{ges.} (\vartheta_H - \vartheta_R)$$

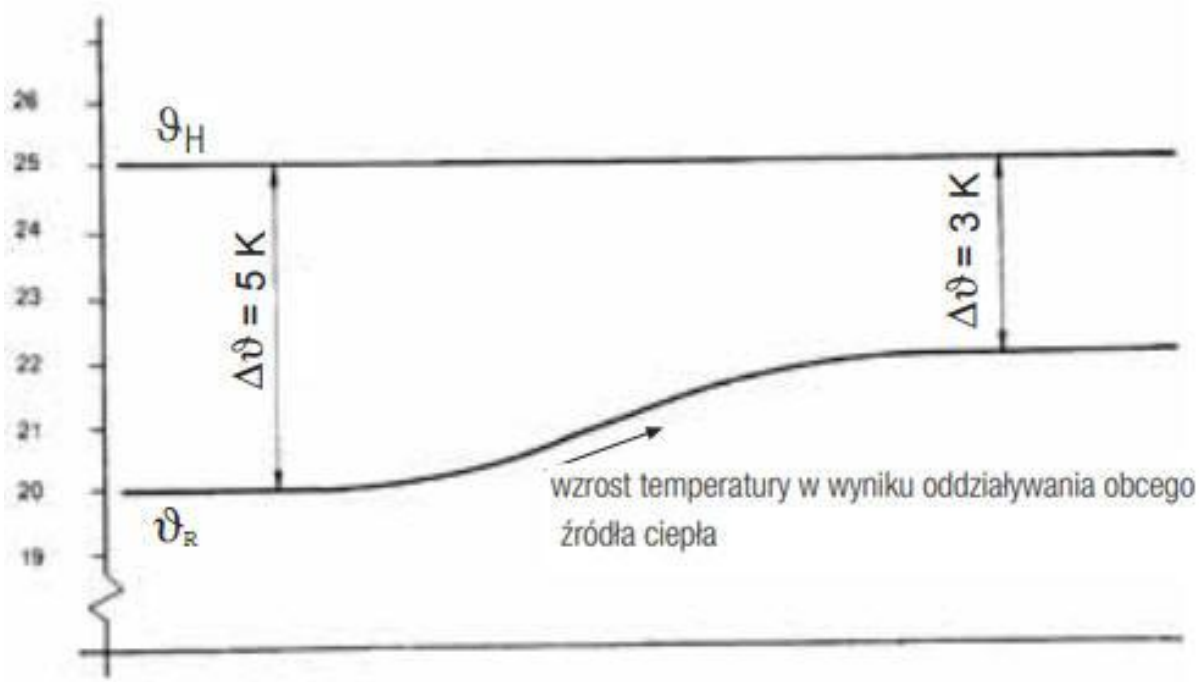
gdzie:

q_H	=	moc grzewcza powierzchni na m^2
α_{ges}	=	współczynnik przewodzenia ciepła
ϑ_R	=	temperatura pomieszczenia
ϑ_H	=	temperatura powierzchni grzewczej

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Samoregulacja ogrzewania płaszczyznowego; c.d.

Efekt samoregulacji: moc grzewcza q = 55 W/m2 w wyniku efektu samoregulacji jest redukowana do q = 33 W/m2 (o 40%).



Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Grzejniki

Grzejniki różnią się konstrukcją, sposobem pracy, wydajnością cieplną i jakością wykonania.
Ale przede wszystkim różnią się sposobem przekazywania ciepła (oddawania ciepła) do ogrzewanego pomieszczenia, które może odbywać się przez konwekcję i promieniowanie.

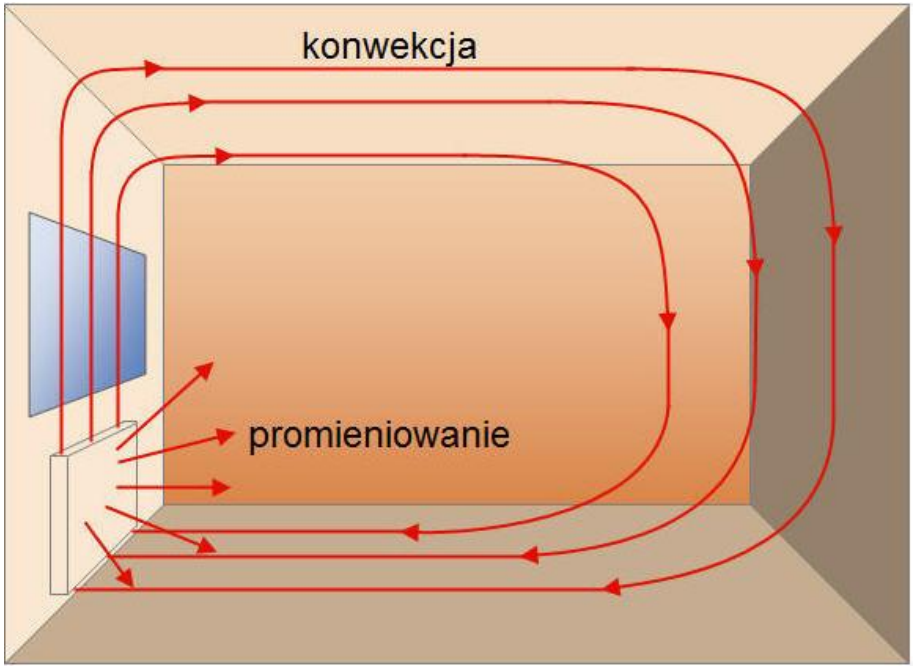
Konwekcja – powietrze przepływające przez grzejnik jest w nim ogrzewane, następnie ciepłe powietrze rozchodzi się po pomieszczeniu oddając ciepło, czyli grzejnik przekazuje ciepło przez ruch powietrza w pomieszczeniu.

Promieniowanie – ciepło przekazywane jest przez promieniowanie powierzchni grzejnika (przez promieniowanie Słońce ogrzewa Ziemię).

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Grzejniki; c.d.

W najczęściej spotykanych rodzajach grzejników udział przekazywania ciepła można znacznie się różnić, co przełoży się efektywność pracy grzejnika, szczególnie **przy niskich temperaturach wody grzewczej.**



Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Grzejniki; c.d.

Ogrzewanie podłogowe - grzejnikiem jest cała powierzchnia podłogi, która ok. 70% ciepła oddaje przez promieniowanie, a jedynie w 30% przez konwekcję (ruch powietrza).

Grzejniki stalowe płytowe - przekazują ciepło do 35% przez promieniowanie.

Grzejniki konwektorowe (tzw. konwektory) - przekazywanie ciepła w tych grzejnikach odbywa się praktycznie wyłącznie przez konwekcję

Grzejniki aluminiowe - oddają ciepło głównie przez konwekcję, a jedynie od 4 do 8% przez promieniowanie

Grzejniki członowe (żeliwne i stalowe) - w 85 do 90% przez konwekcje, a jedynie do 15% przez promieniowanie.

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Grzejniki; c.d.

Grzejniki płytowe i kanałowe (konwektory) – przykład jak zmienia się długość grzejnika w zależności od temperatury wody; przyjęto, że grzejnik powinien mieć wydajność 1200 W, przy temperaturze w pomieszczeniu 20°C.

Rodzaj grzejnika	Temperatura wody grzewczej [C]	75/65	70/55	65/50	55/45
Płytowy	Wydajność grzejnika [W]	1176	1174	1200	1200
	Typ grzejnika	22 CV	22CV	22CV	22CV
	Wysokość [mm]	500	500	500	500
	Długość [mm]	**800**	**1000**	**1200**	**1600**
Kanałowy, bez wentylatora	Wydajność grzejnika [W]	1191	1212	1167	-
	Typ grzejnika	FMK	FMK	FMK	-
	Szerokość [mm]	420	420	420	-
	Wysokość [mm]	140	140	140	-
	Długość [mm]	**2300**	**2900**	**3300**	-
Kanałowy, z wentylatorem	Wydajność grzejnika [W]	1539	1288	1178	1345
	Typ grzejnika	FMT	FMT	FMT	FMT
	Szerokość [mm]	420	420	420	420
	Wysokość [mm]	140	140	140	140
	Długość [mm]	**1100**	**1100**	**1300**	**1700**

Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

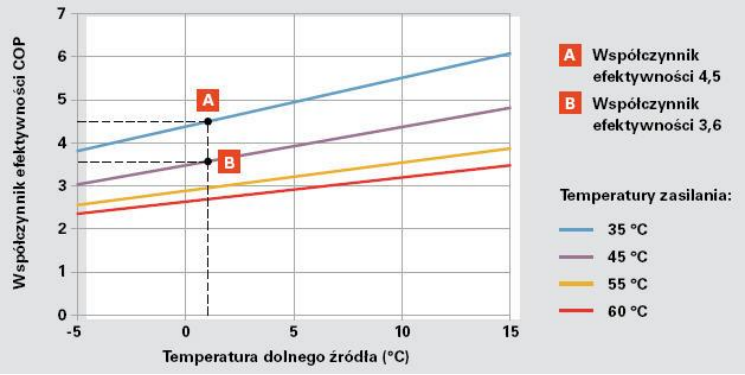
Krótkie porównanie wybranych sposobów ogrzewania:

Ogrzewanie ścienne	Ogrzewanie podłogowe	Grzejniki stalowe płytowe
Możliwość ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń	Ogrzewanie i chłodzenie	Tylko ogrzewanie
Wyrównana temperatura na całej wysokości pomieszczenia	Ciepło przy podłodze, im wyżej tym niższa temperatura	Ciepło pod sufitem, a zimniej przy podłodze
Przekazywanie ciepła do pomieszczenia głównie przez promieniowanie, ok. 90%, konwekcję tylko 10%	W ok. 70% oddawanie ciepła przez promieniowanie, 30% konwekcja	Przekazywanie ciepła w ok. 30% przez promieniowanie, a w 70% przez konwekcję
Niża temperatura w pomieszczeniu bez wpływu na komfort mieszkańców	Niższa temperatura w pomieszczeniu	Normalna temperatura w pomieszczeniu
Nie widać grzejnika	Nie widać grzejnika	Grzejnik widoczny w pomieszczeniu
Dowolne wykonanie powierzchni podłóg	Trzeba uwzględnić wykończenie podłogi – im ma mniejszy opór cieplny tym lepiej	Dowolne wykonanie powierzchni podłóg
Ograniczenia w aranżacji pomieszczenia – ściany grzewcze nie powinny być zasłaniane	Dowolna aranżacja ścian w pomieszczeniu	W aranżacji pomieszczenia trzeba uwzględnić widoczny grzejnik
Stosunkowo mała bezwładność cieplna	Duża bezwładność cieplna	Mała bezwładność cieplna

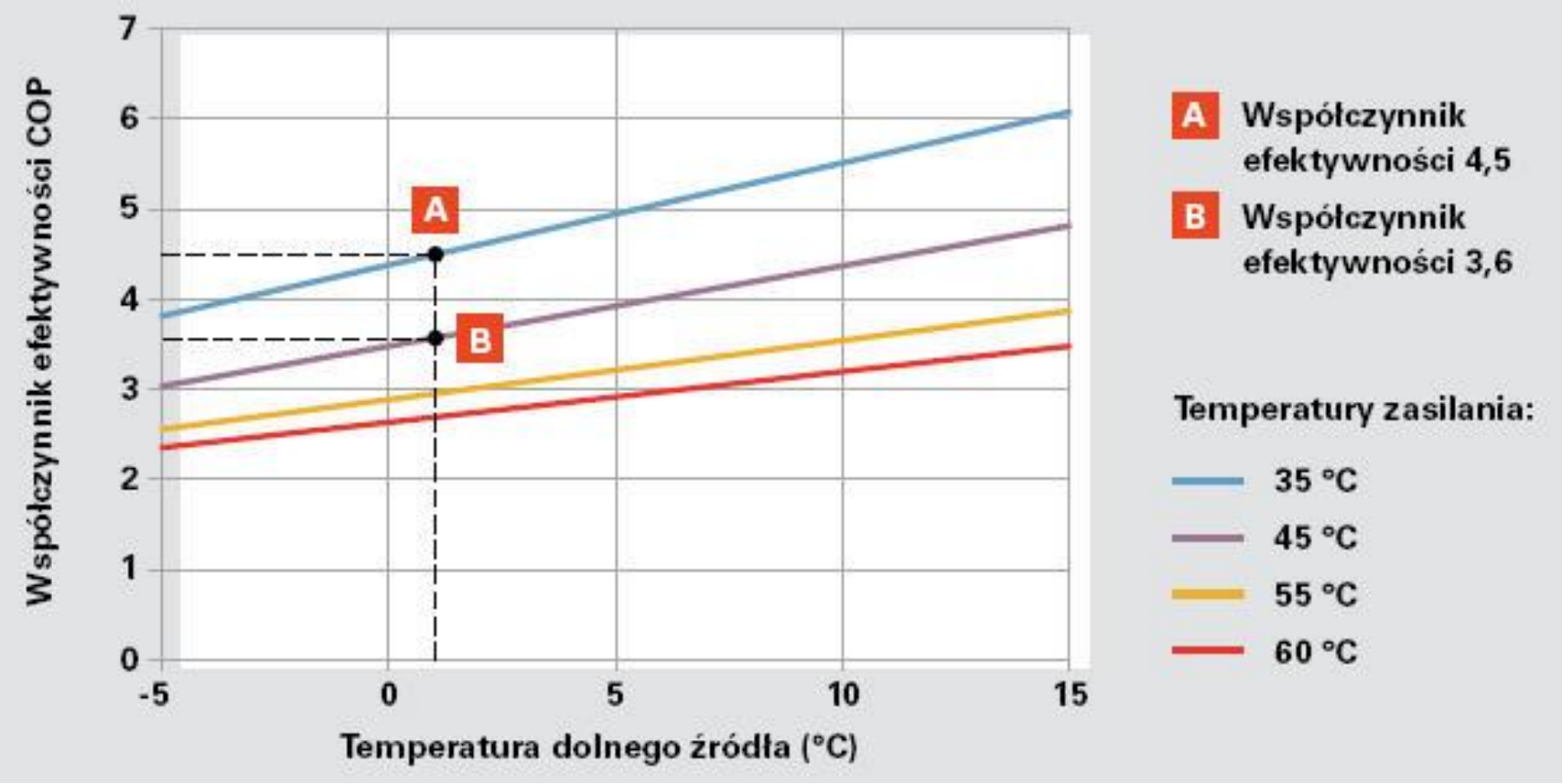
Instalacja ogrzewania budynku; c.d.

Warto pamiętać, że **im niższa temperatura wody** zasilającej instalację grzewczą, tym PC pracuje efektywniej = **niższe koszty ogrzewania**.

Obniżenie temperatury zasilania o 1 K, może podnieść COP aż o 2,5%.



Instalacja ogrzewania budynku; c.d.



Rys. Temperatura zasilania ogrzewania, a efektywność PC.

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła

Do pokazania zależności wielkości dolnego źródła ciepła od „klasy” pompy ciepła oraz **parametrów temperaturowych instalacji grzewczej**.

Obliczenia dla budynku:

Powierzchnia ogrzewana	160 m^2
Moc obliczeniowa (III strefa, Kraków)	8 kW
Ilość mieszkańców	4 osoby
Dzienne zużycie wody ciepłej	240 litrów
Temperatura wymagana pomieszczeń	21°C

Źródło. Na podstawie artykułu Dawida Pantera.

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła; c.d.

Pompa ciepła 10 kW (B0/W35 wg EN 14511)		COP wg EN 14511: 4,4	COP wg EN 14511: 4,8
Odwierty pionowe	Ogrzewanie podłogowe 100% → 35/28		
	podwójna U-rura : PE32 (40 W/m.b.)	3 x 82 m.b. (246 m.b.)	3 x 84 m.b. (252 m.b.)
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	4,50	4,92
	czas pracy sprężarki	1884 h/rok	1838 h/rok
	Ogrzewanie grzejnikowe 100% → 55/45		
	podwójna U-rura : PE32 (40 W/m.b.)	3 x 76 m.b. (228 m.b.)	3 x 78 m.b. (234 m.b.)
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	3,75	4,03
	czas pracy sprężarki	1947 h/rok	1915 h/rok

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła; c.d.

Pompa ciepła 10 kW (B0/W35 wg EN 14511)		COP wg EN 14511: 4,4	COP wg EN 14511: 4,8
Kolektor gruntowy	Ogrzewanie podłogowe 100% → 35/28		
	rura PE32 (liczba pętli po 100 m.b.)	695 m.b. (7 pętli po 100 m.b.)	727 m.b. (8 pętli po 100 m.b.)
	wymagana powierzchnia kolektora	minimum 503 m²	minimum 526 m²
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	4,43	4,81
	czas pracy sprężarki	1859 h/rok	1816 h/rok
	Ogrzewanie grzejnikowe 100% → 55/45		
	rura PE32 (ilość pętli po 100 m.b.)	543 m.b. (6 pętli po 100 m.b.)	556 m.b. (6 pętli po 100 m.b.)
	wymagana powierzchnia kolektora	minimum 393 m²	minimum 402 m²
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	3,67	3,92
	cas pracy sprężarki	1918 h/rok	1891 h/rok

Górne źródło ciepła

Pompa ciepła 10 kW (B0/W35 wg EN 14511)		COP wg EN 14511: 4,4	COP wg EN 14511: 4,8
Odwierty pionowe	Ogrzewanie podłogowe 100% → 35/28		
	podwójna U-rura : PE32 (40 W/m.b.)	3 x 82 m.b. (246 m.b.)	3 x 84 m.b. (252 m.b.)
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	4,50	4,92
	czas pracy sprężarki	1884 h/rok	1838 h/rok
	Ogrzewanie grzejnikowe 100% → 55/45		
	podwójna U-rura : PE32 (40 W/m.b.)	3 x 76 m.b. (228 m.b.)	3 x 78 m.b. (234 m.b.)
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	3,75	4,03
	czas pracy sprężarki	1947 h/rok	1915 h/rok
Kolektor gruntowy	Ogrzewanie podłogowe 100% → 35/28		
	rura PE32 (liczba pętli po 100 m.b.)	695 m.b. (7 pętli po 100 m.b.)	727 m.b. (8 pętli po 100 m.b.)
	wymagana powierzchnia kolektora	minimum 503 m^2	minimum 526 m^2
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	4,43	4,81
	czas pracy sprężarki	1859 h/rok	1816 h/rok
	Ogrzewanie grzejnikowe 100% → 55/45		
	rura PE32 (ilość pętli po 100 m.b.)	543 m.b. (6 pętli po 100 m.b.)	556 m.b. (6 pętli po 100 m.b.)
	wymagana powierzchnia kolektora	minimum 393 m^2	minimum 402 m^2
	współczynnik efektywności sezonowej wg VDI 4650	3,67	3,92
	cas pracy sprężarki	1918 h/rok	1891 h/rok

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła; c.d.

Tab. Zestawienie całościowe.

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła; c.d.

SCOP 4,0 a 4,9 – jakie zużycie prądu ?

Przykład 1. Założenia:
Dom 160 m2
Wsp. zapotrzebowania na energię cieplną budynku: 90 kWh/m2rok

1. Roczne zapotrzebowanie na ciepło do c.o. i c.w.u.:
   160 m2 x 90 kWh/m2rok = 14 400 kWh/rok

2. Zużycie energii elektrycznej - Q_{el}:
   dla SCOP **4,0** -> Q_{el} = 14 400 / 4,0 = **3 600 kWh/rok**
   koszt prądu: 3 600 x 0,6 zł/kWh = **2 160 zł brutto/rok**
   dla SCOP **4,9** -> Q_{el} = 14 400 / 4,9 = **2 939 kWh/rok** (**o 661 kWh mniej**)
   koszt prądu: 2 939 x 0,6 zł/kWh = **1 763 zł brutto/rok** (**o 397 zł mniej**, **o 18%** niższe koszty ogrzewania)

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła; c.d.

SCOP 4,0 a 4,9 – jakie zużycie prądu ?; c.d.

Przykład 2.

1. Roczne zapotrzebowanie na ciepło do c.o. i c.w.u.:

200 m2 x **100 kWh/m2** = **20 000 kWh/rok**

2. Zużycie energii elektrycznej - Q_{el}:

dla SCOP **4,0** -> Q_{el} = 20 000 / 4,0 = **5 000 kWh/rok**

koszt prądu: 5 000 x 0,6 zł/kWh = **3 000 zł brutto/rok**

dla SCOP **4,9** -> Q_{el} = 20 000 / 4,9 = **4 082 kWh/rok** (**o 918 kWh mniej**)

koszt prądu: 4 082 x 0,6 zł/kWh = **2 449 zł brutto/rok** (**o 551 zł mniej**, **o 18%** niższe koszty ogrzewania)

Dobór pompy ciepła solanka-woda w zależności od rodzaju ogrzewania i dolnego źródła ciepła; c.d.

SCOP 4,0 a 4,9 – jakie zużycie prądu ?; c.d.

	Przykład 1	Przykład 2
Zapotrzebowanie na ciepło [kWh/rok]	14 400	20 000
Zużycie prądu dla SCOP **4,0** [kWh/rok]	3 600	5 000
Zużycie prądu dla SCOP **4,9** [kWh/rok]	2 939	4 082
Koszt ogrzewania dla SCOP **4,0** [zł/rok]	2 160	3 000
Koszt ogrzewania dla SCOP **4,9** [zł/rok]	1 763	2 449
Oszczędności [zł/rok]	**397**	**551**
Oszczędności [%]	**18**	**18**

Zasobnik buforowy

W większości popularnych modeli pomp ciepła sprężarka pracuje ze stałą prędkością obrotową, a tym samym cała **PC pracuje ze stałą wydajnością** (mocą grzewczą),
zależną od temperatury dolnego źródła i wymaganej temperatury górnego źródła.

Do prawidłowej pracy pompy ciepła konieczne jest zapewnienie **stałego odbioru całej energii cieplnej**,
która jest dostępna po stronie górnego źródła.

Jeśli tego nie zapewnimy efektem końcowym braku odbioru ciepła jest **wyłączenie awaryjne pompy ciepła**.

Prawidłowo zaprojektowana i wykonana instalacja grzewcza musi gwarantować odbiór ciepła podczas pracy urządzenia.

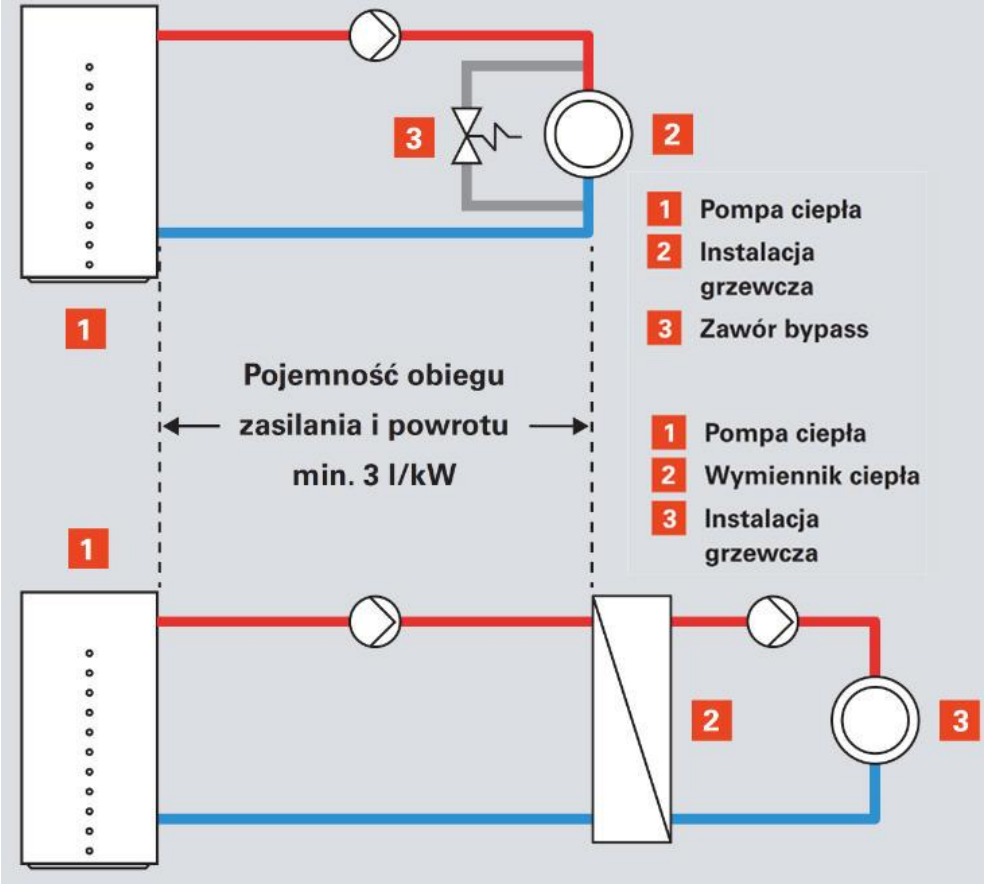
Rola zasobnika buforowego:

- służy hydraulicznemu zabezpieczeniu wymaganego przez PC minimalnego przepływu wody grzewczej – niezależnie od przepływu wody w instalacji ogrzewania budynku
- optymalizacji czasu pracy pompy ciepła – mniejsza częstotliwość załączeń
- utrzymuje ciepło w przypadku przerw w dostawie prądu – np. podczas blokady przez zakład energetyczny, ciepło z bufora nadal dostarczane jest do budynku
- pełni role akumulatora ciepła, np. przy maksymalnym wykorzystaniu tańszej taryfy energii elektrycznej – „nocnej”; w instalacji z dodatkowymi źródłami ciepła, np. z kotłem na paliwo stałe, kolektorami słonecznymi do c.o.

Minimalna pojemność wodna instalacji

Minimalna objętość wody w instalacji grzewczej, decydująca o zastosowania zasobnika buforowego, uzależniona jest od **maksymalnej mocy grzewczej pompy ciepła.**

Zaleca się aby minimalna objętość wody pomiędzy źródłem ciepła i przewodami rozprowadzającymi wynosiła **min. 3 l/kW** mocy grzewczej PC.

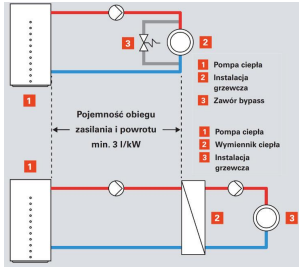


Minimalna pojemność wodna instalacji; c.d.

Jeżeli **objętość wody** w obiegu grzewczym **nie jest wystarczająca**, **stosuje się zbiorniki buforowe** wody grzewczej.

W instalacjach o większym zładzie wody, jak na przykład ogrzewanie podłogowe, możliwa jest również praca pompy ciepła bez zbiornika buforowego.

W takim przypadku w celu utrzymania minimalnego przepływu do instalacji włączany jest **zawór bypass**. Konieczne jest jednak zachowywanie wymaganej objętości wody i zachowanie wystarczającej odległości od pompy ciepła (pojemność rur).

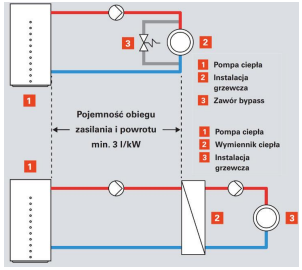


Minimalna pojemność wodna instalacji; c.d.

W praktyce okazuje się, że instalacje grzewcze płaszczyznowe czyli np. „podłogówka”, mogą w większości przypadków współpracować z pompami ciepła **bez zbiornika buforowego**.

Instalacje oparte o grzejniki charakteryzują się mniejszymi wymaganymi natężeniami przepływu wynikającymi z większego schłodzenia wody grzewczej między zasilaniem a powrotem…

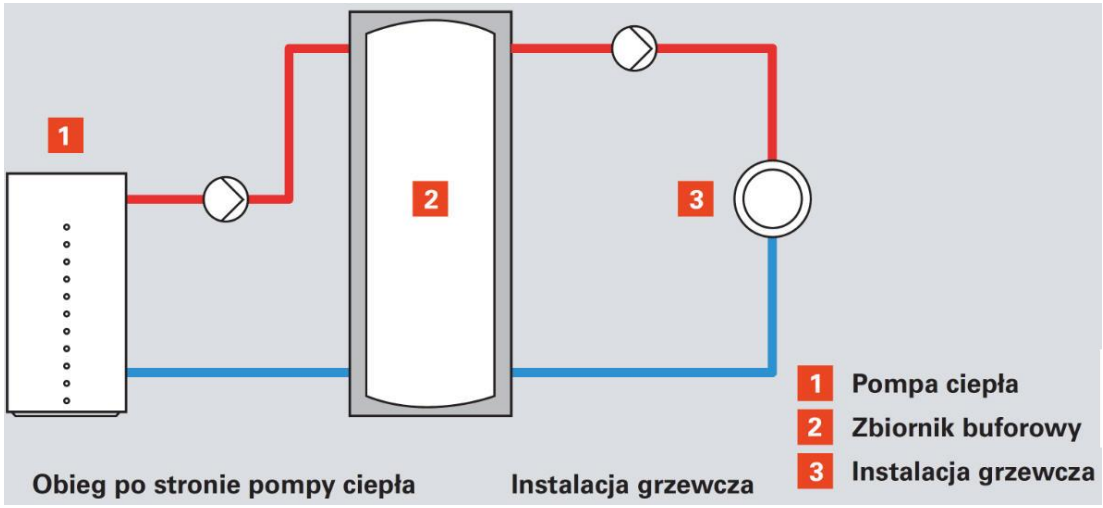
Jeśli wymóg **pojemności instalacji grzewczej** i **minimalnego natężenia przepływu** nie może być spełniony,
należy zastosować zbiornik buforowy.



Zasobnik w instalacji

Zbiorniki buforowe mogą być instalowane jako zbiorniki podłączane **szeregowo** albo **równolegle**.

Podłączenie równoległe
Odsprzęga pompę ciepła od obiegu grzewczego, spełniając tym samym funkcję sprzęgła hydraulicznego o dużej pojemności.
Wariant ten jest wymagany w przypadku wykorzystania kilku obiegów grzewczych.



Rys. Połączenie równoległe.

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie równoległe; c.d.

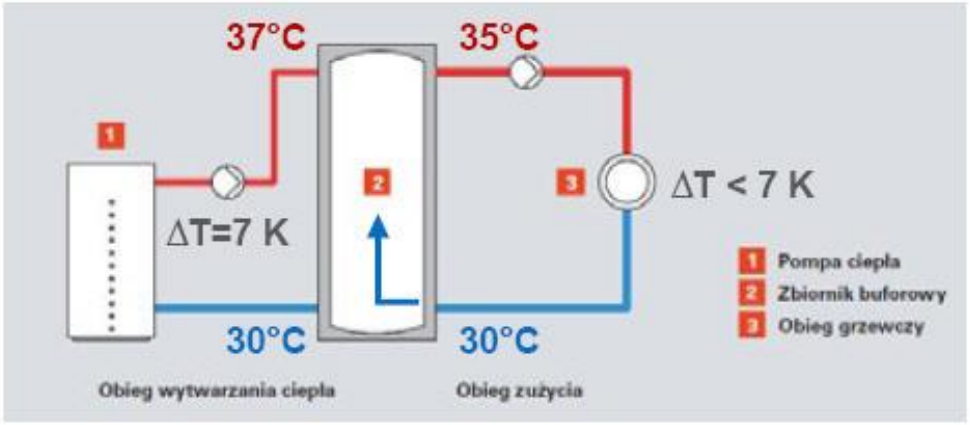
Takie połączenie jest najbezpieczniejszą metodą uniknięcia błędów hydraulicznych.
Równoległa praca zbiornika i PC, zapewnia konieczny minimalny przepływ dla pompy ciepła, niezależnie od przepływu w obiegu grzewczym.

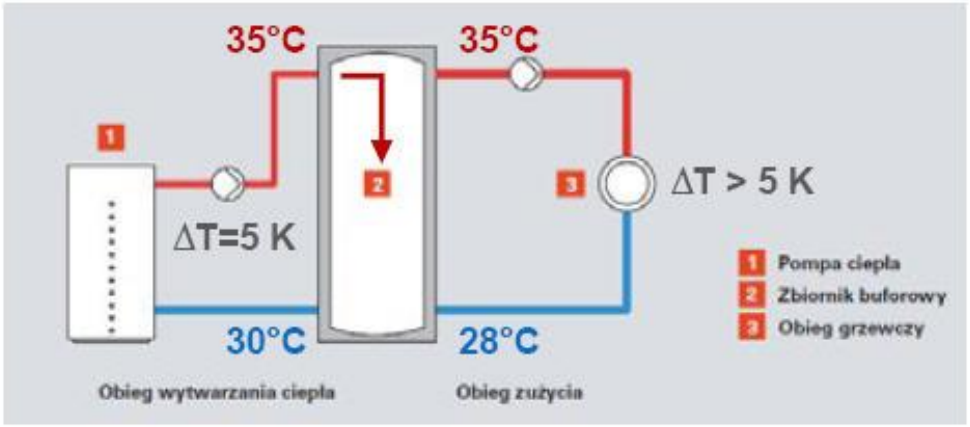
W celu zwymiarowania rurociągów oraz pomp obiegowych zakłada się maksymalną możliwą moc grzewczą pompy ciepła i różnicę temperatur o wartości **5-7 K**.

Wartość **przepływu w obiegu pompy ciepła** należy zaplanować jako **większą** niż sumę przepływów po stronie **obiegów grzewczych**.

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie równoległe; c.d.





Temperatura na zasilaniu wyższa o 1K = stopień efektywności niższy o 2,5%

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie równoległe; c.d.

Obliczeniowa różnica temperatury dla obiegu PC:
7 K – dla układów bezpośrednich
5 K – dla układów z buforem

Tabela wyjściowa do doboru przepływu i średnic rurociągów dla oporu przepływu < 200 Pa/mb (prędkość przepływu od 0,4 do 0,7 m/s)

Pompa ciepła	Praca na c.o. → układ bezpośredni	Praca na c.o. → układ z buforem	Praca na c.w.u.	
			wężownica	wymiennik
AW On/Off	A2/W35 ΔT = 7K	A2/W35 ΔT = 5K	A35/W60 ΔT = 7K	A35/W60 ΔT = 10K
AW Inwerter	A-7/W35 ΔT = 7K	A-7/W35 ΔT = 5K	A30/W55 * ΔT = 7K	A30/W55 * ΔT = 10K
BW On/Off	B0/W35 ΔT = 7K	B0/W35 ΔT = 5K	B15/W55 ΔT = 7K	B15/W55 ΔT = 10K

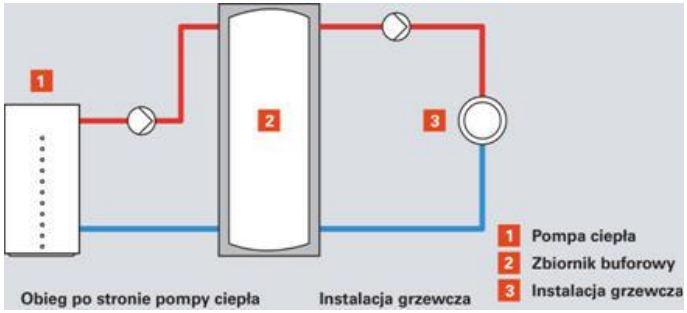
* dopuszcza się obliczenia strumieni dla minimum 30% mocy w punkcie A30/W55, ale znacząco wpływa to na komfort przygotowania ciepłej wody użytkowej

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie równoległe; c.d.

Zalety:

- bezpieczny system hydrauliczny
- odsprzęglenie hydrauliczne obiegu grzewczego i obiegu pompy ciepła
- kilka obiegów grzewczych może pracować równolegle – jednocześnie

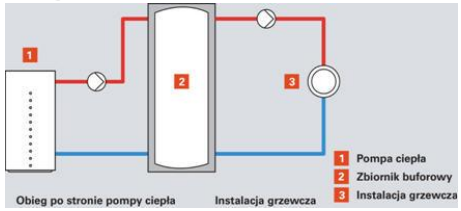


Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie równoległe; c.d.

Wady:

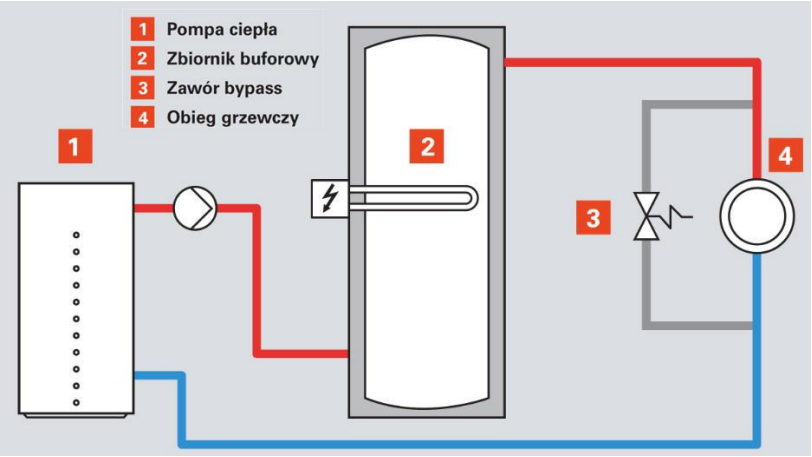
- konieczna jest dodatkowa pompa obiegowa, dla obiegu pompy ciepła (dodatkowe koszty inwestycyjne i eksploatacyjne)
- ponieważ pompa ciepła musi utrzymywać w zbiorniku buforowym temperaturę (magazynowanie wody o wyższej temperaturze) wynikającą w wymagań najcieplejszego obiegu grzewczego, pompa ciepła pracuje na wyższych temperaturach zasilania co również zwiększa koszty eksploatacyjne i wyższe straty ciepła niż w przypadku szeregowo podłączonych zbiorników buforowych w obiegu powrotu.



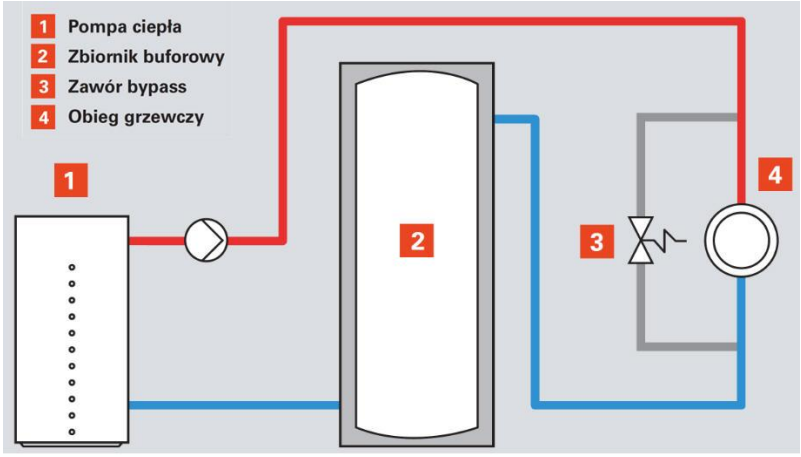
Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie szeregowe

Korzystniejsze pod względem ekonomicznym i energetycznym, lecz bardziej wymagające od strony hydraulicznej, jest włączenie szeregowe zbiornika buforowego - **zwiększające objętość systemu grzewczego**.
Zbiorniki buforowe mogą być włączane po stronie zasilania lub powrotu.



Rys. Włączenie po stronie zasilania.



Rys. Włączenie po stronie powrotu.

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie szeregowe; c.d.

Ponieważ zbiorniki te łączone są hydraulicznie w szeregu z instalacją grzewczą, konieczne jest zapewnienie minimalnego natężenia przepływu w instalacji poprzez wbudowanie zaworu bypass.

System taki zaleca są w instalacjach z jednym obiegiem grzewczym, w pozostałych przypadkach zaleca się równoległe włączenia zbiornika buforowego.

Włączając zbiornik buforowy w obieg zasilania jest możliwość zintegrowania ze zbiornikiem grzałki elektrycznej jako dodatkowego źródła ciepła. Usytuowanie zbiornika buforowego w obiegu powrotu tej możliwości nie oferują, ale wiąże się z mniejszymi stratami ciepła.

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie szeregowe; c.d.

Montaż małego zbiornika na powrocie z instalacji grzewczej, o pojemności wodnej np. **50 litrów,** to rozwiązanie, które pozwala połączyć zalety układu bezpośredniego z układem wyposażonym w bufor.

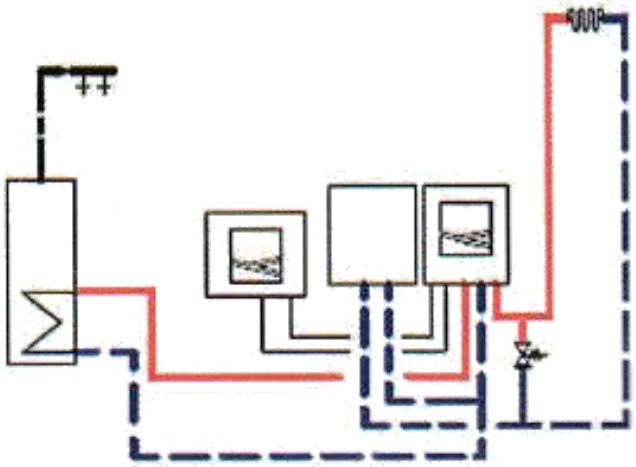
Taki zbiornik buforowy pełni funkcję magazynu dla energii cieplnej nieodebranej przez instalację grzewczą (zwiększa pojemność instalacji), a także magazynu ciepła na czas odmrażanie parownika.

Niezbędny jest przy tym zawór bypass zamontowany w pobliżu PC i ustawiony tak, aby zapewnić minimalny przepływ wody grzewczej przez PC.

Zasobnik w instalacji; c.d.

Podłączenie szeregowe; c.d.

Mały zbiornik na powrocie – instalacja grzewcza może mieć pełną regulację przepływu (np. termostaty), a przy tym niekoniecznie dużą pojemność wodną.
Można zatem stosować takie rozwiązanie zarówno w instalacjach z ogrzewaniem płaszczyznowym, jak i z grzejnikami.



Rys. Układ z małym zasobnikiem buforowym na powrocie z instalacji.

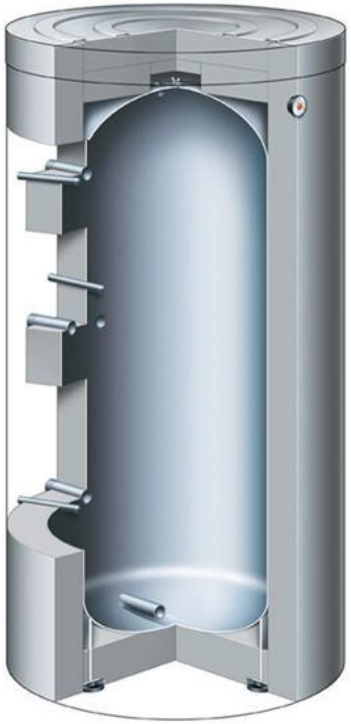
Zasobnik w instalacji; c.d.

Pojemność zasobnika buforowego

Minimalna pojemność instalacji pomiędzy pompą ciepła i przewodami rozprowadzającymi gwarantująca bezpieczną pracę pompy ciepła wynosi 3 l/kW.
Jeśli warunek ten nie jest spełniony zaleca zastosowanie zbiornika buforowego o pojemności przynajmniej **20-25 l/kW mocy grzewczej pompy ciepła.**

Jeśli planowana jest eksploatacja pompy ciepła zasilanej energią elektryczną w systemie **dwutaryfowym**, minimalna objętość zbiornika buforowego **nie powinna być mniejsza niż 60 l/kW**.

Zasobniki buforowe wody grzewczej



Vitocell 100-E

Vitocell 140-E

Vitocell 160-E

Moc grzewcza pompy ciepła

Zapotrzebowania na ciepło budynku powinno zostać **policzone dokładnie** – **programem komputerowym**.

Propozycje współczynników dla wstępnych obliczeń - szacunkowych

Zapotrzebowanie na ciepło budynku :

- domy budowane obecnie: 80 – 120 kWh/m2rok
- domy energooszczędne: 30 – 70 kWh/m2rok
- domy pasywne: 10 – 15 kWh/m2rok
- starszy dom – ocieplony: 140 – 160 kWh/m2rok
- starszy dom – bez ocieplenia: 170 – 200 kWh/m2rok

Moc grzewcza na c.o. :

- domy budowane obecnie: 40 – 60 W/m2
- domy energooszczędne: 25 – 40 W/m2
- domy pasywne: ok. 15 W/m2
- starszy dom – ocieplony: 60 – 80 W/m2
- starszy dom – bez ocieplenia: 120 – 160 W/m2

Temperatury zewnętrzne

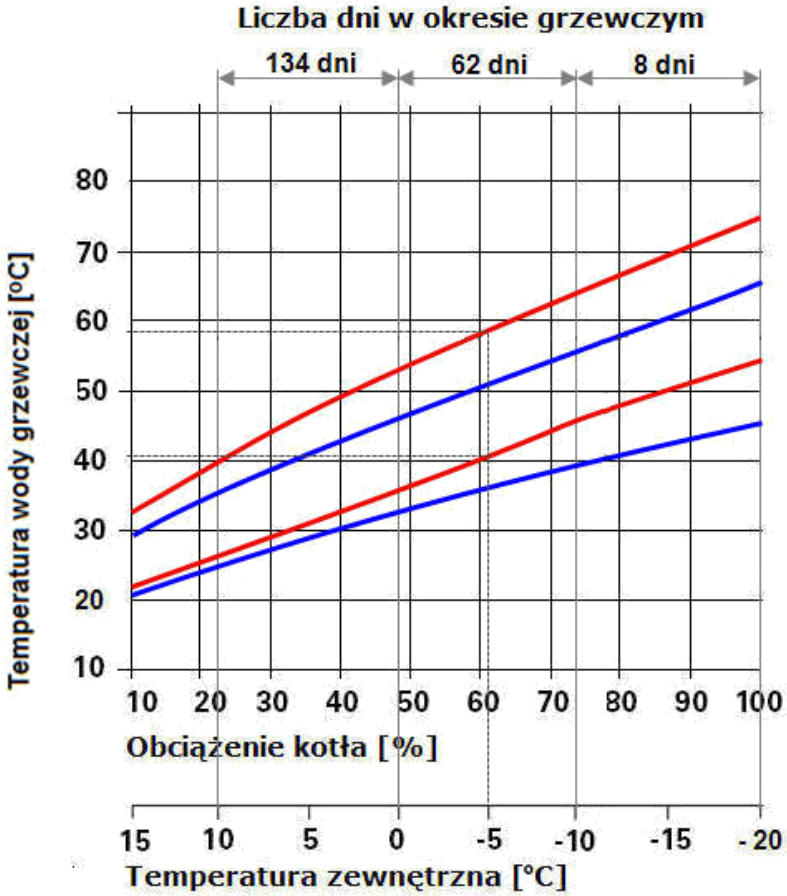
W Warszawie (III strefa klimatyczna), w okresie od 1951 – 2000 roku, średnio w roku występował:
- 69 dni o temperaturze w zakresie od 10 do 15°C
- 134 dni z temperaturami od 0 do 10°C (od sierpnia do czerwca)
- 62 dni o temperaturze od -10 do 0°C (od października do kwietnia)
- 8 dni o temperaturze poniżej -10°C (od listopada do marca)

Źródło: „Warunki odczucia cieplnego określone na podstawie temperatury średniej dobowej (na przykładzie Warszawy)” z Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Urszula Kossowska-Cezak. Borgis - Balneologia Polska 1-2/2005.

Moc grzewcza pompy ciepła

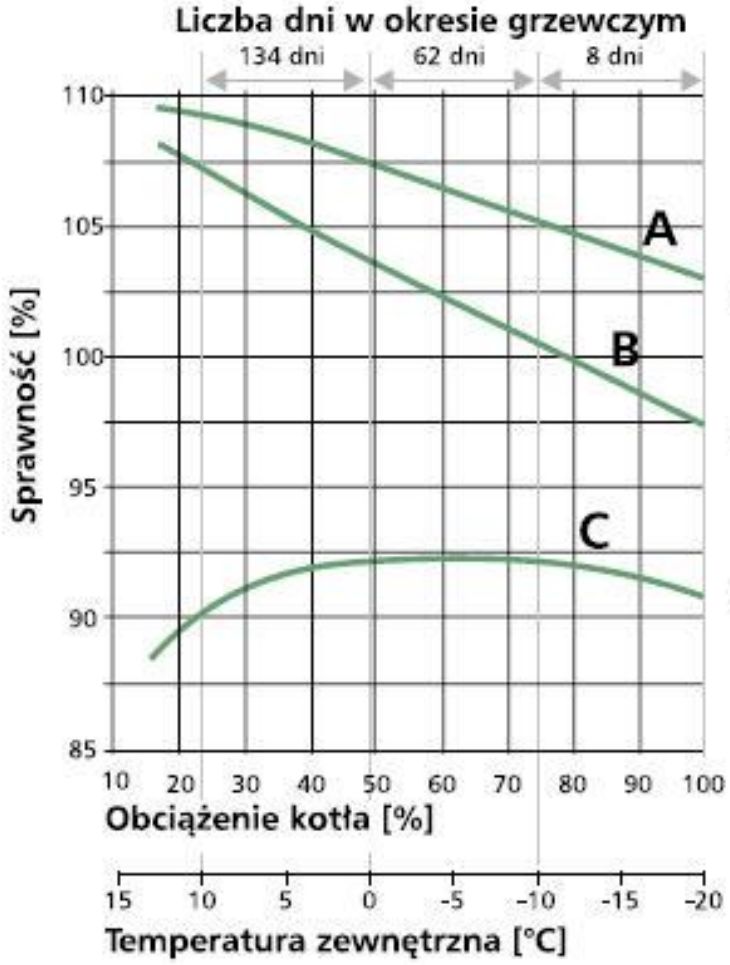
Temperatury zewnętrzne; c.d.

Uwzględniając tylko dni zimne i bardzo zimne (poniżej 10°C), średni sezon grzewczy w Warszawie trwa 204 dni.
W tym okresie występuje:
66% dni o temperaturach dodatnich,
30% o temperaturze od -10 do 0°C
i tylko 4% dni bardzo i skrajnie zimnych (z temperaturami poniżej -10°C).



Moc grzewcza pompy ciepła

Temperatury zewnętrzne, c.d.



A - kocioł kondensacyjny 40/30°C

B - kocioł kondensacyjny 75/60°C

C - kocioł tradycyjny (z dolnym ograniczeniem temperatury wody kotłowej)

Rys. Sprawność kotłów gazowych w zależności od obciążenia.

Moc grzewcza pompy ciepła

Moc grzewczą pompy ciepła można dobrać na kilka sposobów, które mogą mieć istotny wpływ na koszty ogrzewania domu, niezawodność dostarczania ciepła, no i na koszty inwestycji.

Ciepło z ziemi – PC gruntowe (BW)
Zapotrzebowanie na ciepło budynku: 10 kW – PC może mieć moc:
ok. 7-8 kW (co stanowi 70-85% potrzeb budynku),
ok. 5-7 kW (50-70%),
ok. 10 kW (100%),
lub np. 12 kW (>100%):

70-85% – pompa ciepła pokryje w ciągu roku **ok. 92-98%** zapotrzebowania budynku na ciepło, pozostałe dostarczy np. grzałka elektryczna

Moc grzewcza pompy ciepła

Ciepło z ziemi – PC gruntowe (BW); c.d.

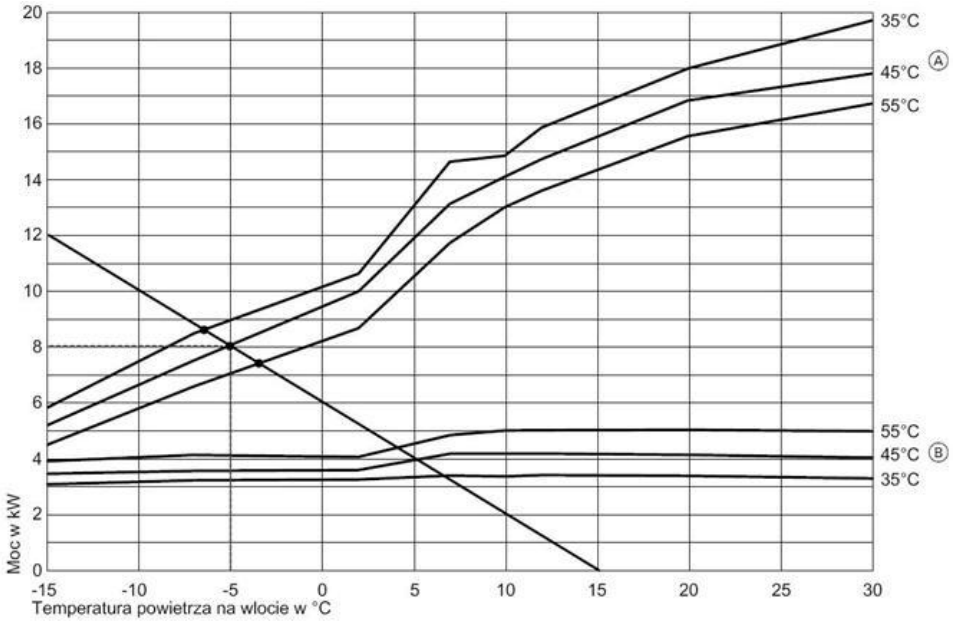
50-70% – pompa pokrywa ok. **85-92%** zapotrzebowania na ciepło, pozostałe dostarcza kocioł gazowy, olejowy lub na paliwo stałe

100% – pompa ciepła pokrywa całe zapotrzebowanie na ciepło budynku, nie potrzebne jest dodatkowe źródło ciepła

>100% – gdy zakładamy przerwę w pracy pompy ciepła, np. 4 godziny w ciągu doby, jej moc należy zwiększyć o ok. 20%; gdy mamy stosunkowo duże zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową (c.w.u.), stosuje się odpowiedni dodatek mocy.

Ciepło z powietrza – PC powietrzne (AW)

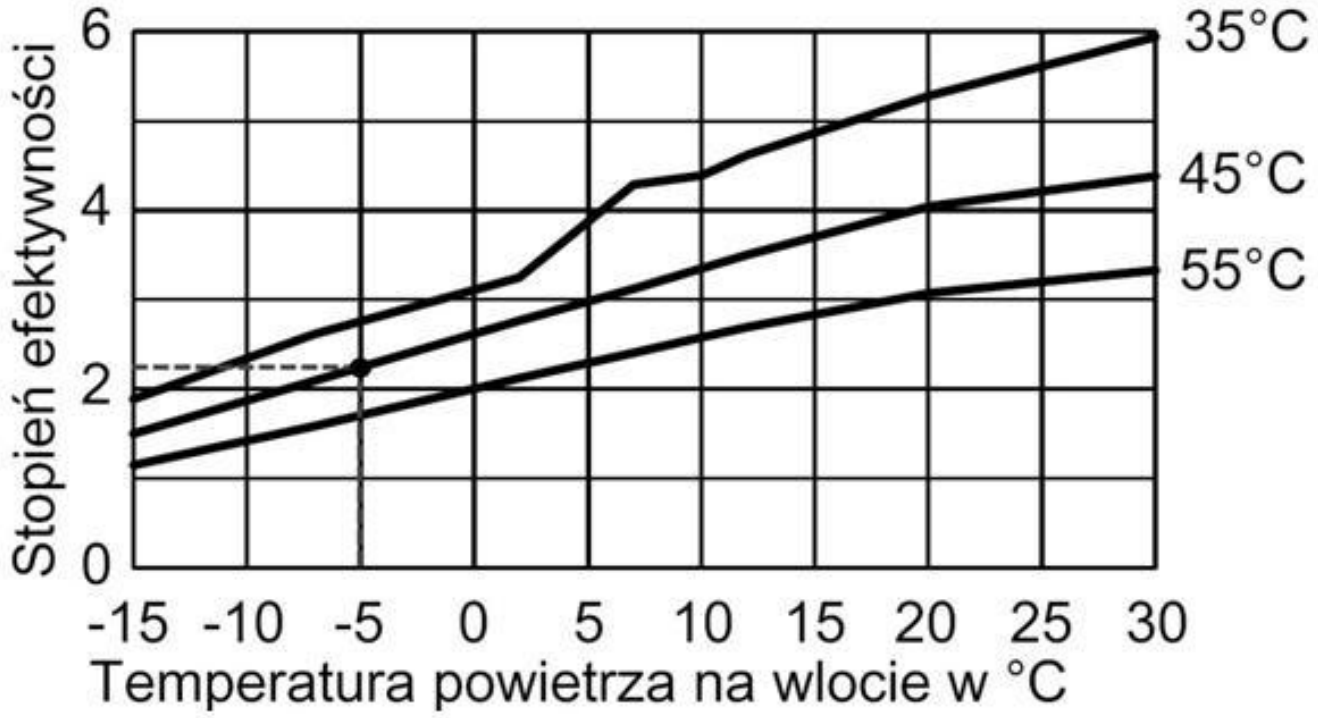
Moc pompy powietrze-woda dobiera się dla pokrycia częściowego zapotrzebowania budynku na ciepło, np. do temperatur zewnętrznych np.: -5 lub -10° C. Poniżej tych temperatur załącza się dodatkowe źródło ciepła, np. grzałka elektryczna, kocioł gazowy, olejowy czy na paliwo stałe.



A – moc grzewcza przy temperaturze wody na zasilaniu: 35, 45, 55°C
B – Pobór mocy elektrycznej dla określonej temperatury wody grzewczej

Moc grzewcza pompy ciepła

Ciepło z powietrza – PC powietrzne (AW), c.d.

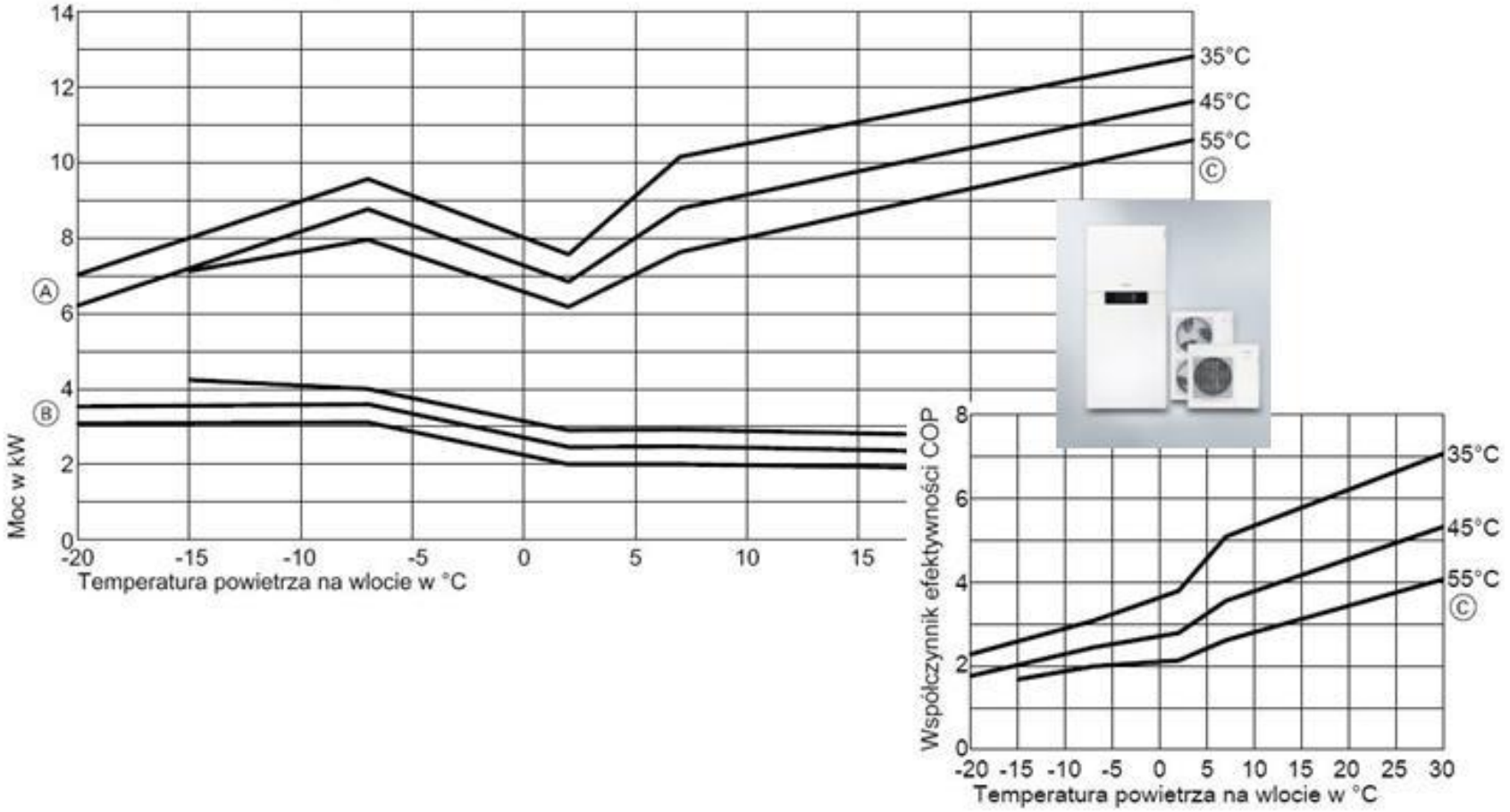


Rys. COP przykładowej pompy ciepła AW w zależności od temperatury powietrza i wody zasilającej ogrzewany budynek.

Moc grzewcza pompy ciepła

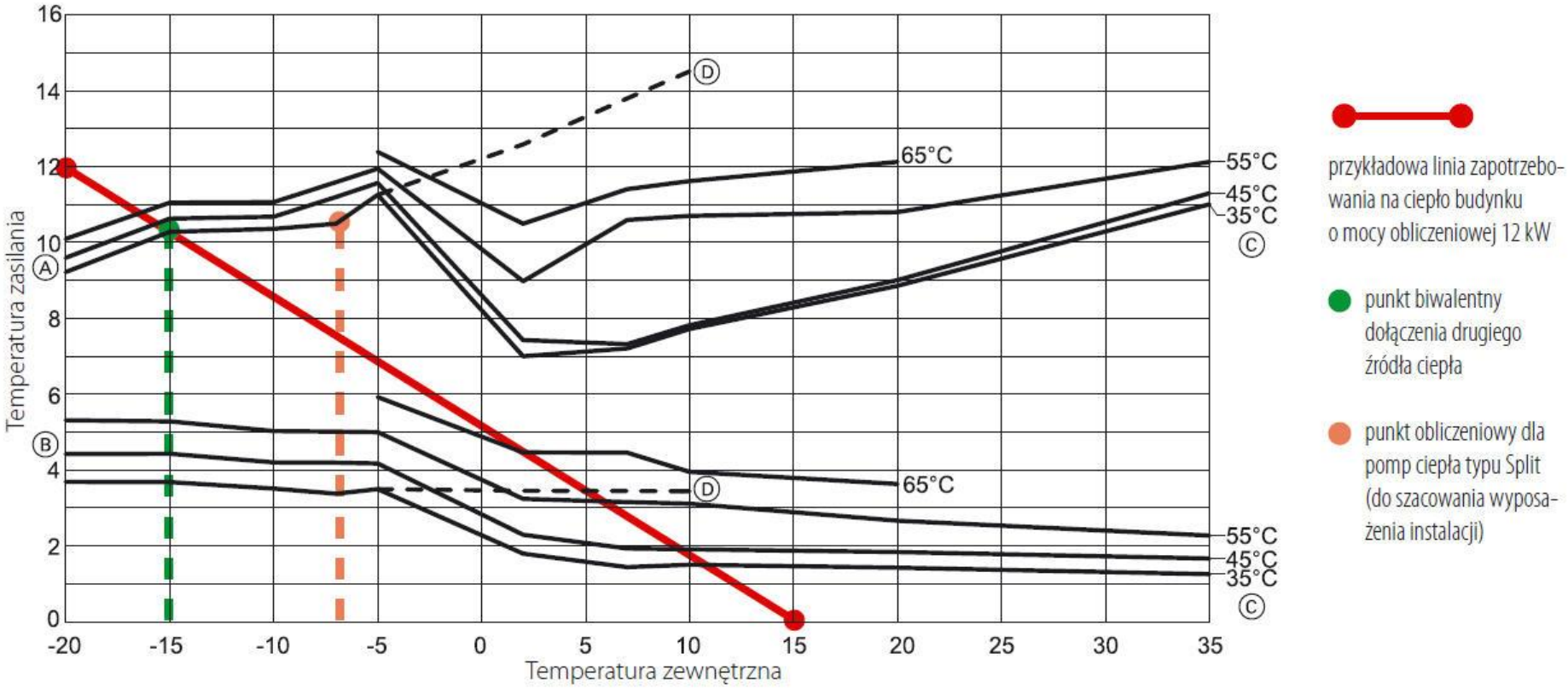
Vitocal 200-S/Vitocaldens 222-F (400V):

Typ HAWB-M 222.A29 (urządzenia 400 V)



Moc grzewcza pompy ciepła

Vitocal 200-S/Vitocaldens 222-F (400V): c.d.



Rys. Charakterystyka pracy pompy ciepła powietrze-woda typu Split: A – krzywe mocy grzewczych dla różnych wartości temperatury zasilania c.o.; B – krzywe mocy elektrycznych; C – temperatury zasilania c.o.; D – teoretyczna krzywa mocy grzewczej/elektrycznej dla temperatury zasilania 35°C przy założeniu 100% obciążenia inwertera (pełna moc sprężarki)

Ocena akustyczna

„Hałas”

Ocena akustyczna źródeł ciepła (kotła grzewczego, pompy ciepła) i systemów jego rozprowadzania, w ostatnich latach znacznie zyskała na znaczeniu.

Ze względu na komfort użytkowników unika się wszelkich odgłosów przepływu wody w rurach oraz dźwięków wytwarzanych przez źródła ciepła. Pod tym względem instalacje pomp ciepła nie różnią się niczym od innych źródeł ciepła.

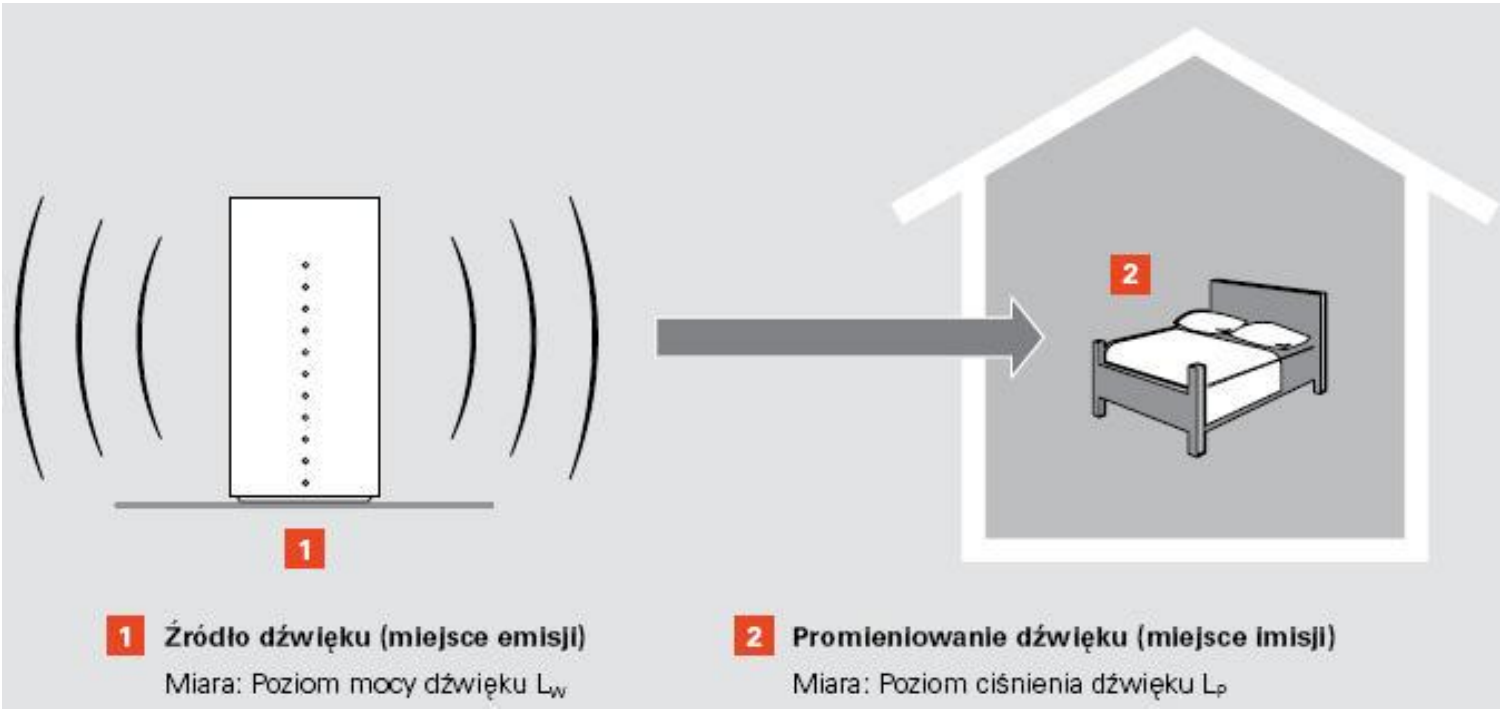
W przypadku wykorzystywania powietrza jako źródła pierwotnego, wentylator jest elementem konstrukcji urządzenia, którego emisje dźwięków wymagają szczególnego uwzględnienia na etapie projektowania, zwłaszcza w przypadku pomp ciepła montowanych na zewnątrz budynku.

Ocena akustyczna

„Hałas”; c.d.

Ocena akustyczna:

- moc dźwięku
- ciśnienie dźwięku



Poziom mocy dźwięku – Lw

Oznacza całkowitą emisję dźwięku pompy ciepła, rozchodzącą się we wszystkie strony, niezależnie od warunków otoczenia (odbicia).

Poziom mocy dźwięku ustalany jest **w warunkach laboratoryjnych** i stanowi kryterium **oceny pomp ciepła** w procesie ich bezpośredniego porównywania.

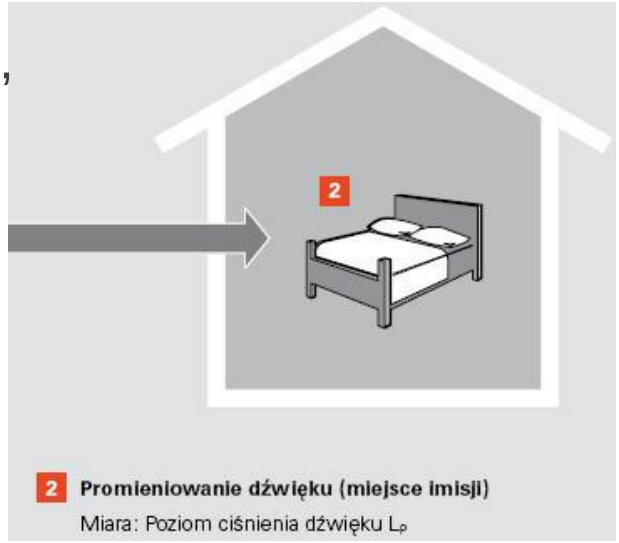
Poziom ciśnienia dźwięku – Lp

Jest miarą, służącą orientacji w odniesieniu do siły dźwięku odczuwalnej w określonym miejscu.

Oznacza ona mniej więcej **to, co „dobiega" do naszych uszu**.

Na poziom ciśnienia dźwięku zasadniczo wpływają: **odległość od źródła** dźwięku oraz **warunki otoczenia**.

Ciśnienie dźwięku można zmierzyć **na miejscu**, stanowi ono kryterium oceny imisji dźwięku poszczególnych urządzeń na miejscu instalacji. Dostarcza również wskazówek dotyczących odpowiedniego umiejscowienia pompy.



Ocena akustyczna

Wartości progowe hałasu, zgodnie z PN-B-02151

Lp.	Przeznaczenie terenu	Wartość progowa poziomu hałasu wyrażona równoważnym poziomem dźwięku A w dB			
		drogi lub linie kolejowe*		pozostałe obiekty i grupy źródeł hałasu	
		pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom)	pora nocy (przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom)	pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia, kolejno po sobie następującym)	pora nocy (przedział czasu odniesienia równy jednej, najmniej korzystnej godzinie nocy)
1	Obszary A ochrony uzdrowiskowej	60	50	50	45
2	Tereny wypoczynkowo-rekreacyjne poza miastem	60	50	–	–
3	Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży Tereny zabudowy szpitalnej i domów opieki społecznej	65	60	60	50
4	Tereny zabudowy mieszkaniowej	75	67	67	57

* Wartości określone dla dróg i linii kolejowych stosuje się także dla torowisk tramwajowych poza pasem drogowym.

Ocena akustyczna

Wartości progowe hałasu, zgodnie z PN-B-02151; **c.d.**

Lp.	Przeznaczenie terenu	**Wartość progowa poziomu hałasu dla startów, lądowań i przelotów statków powietrznych, wyrażona równoważnym poziomem dźwięku A w dB**	
		długotrwały, średni poziom dźwięku A, dla długotrwałego przedziału czasu trwającego 6 miesięcy, najmniej korzystnych pod względem akustycznym	
		pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom)	pora nocy (przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom)
1	Obszary A ochrony uzdrowiskowej Tereny zabudowy szpitalnej, domów opieki społecznej oraz zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży	65	55
2	Tereny zabudowy mieszkaniowej Tereny wypoczynkowo-rekreacyjne poza miastem	70	60

Pompy ciepła zewnętrzne

W przypadku pomp ciepła instalowanych na zewnątrz, pomiarowi poddawane są **imisje dźwięków** pomieszczeń najsilniej na nie narażonych i wymagających ochrony.

Dla precyzyjnego ustalenia tych wartości miarodajne są imisje dźwięków na zewnątrz budynku, w odległości 0,5 m od środka otwartego okna.

Wskaźniki, których nie należy przekraczać, określa Polska Norma PN-B-02151 (Norma akustyczna).

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Zgodnie z Polską Normą PN-B-02151 pomieszczeniami wymagającymi ochrony przed hałasem, są:

- pokoje dzienne i sypialnie
- pokoje dziecięce
- gabinety/biura
- sale lekcyjne i seminaryjne

W celu **akustycznej oceny** planowanego miejsca usytuowania pompy ciepła należy **obliczyć spodziewane poziomy ciśnienia dźwięku** w pomieszczeniach **wymagających ochrony przed hałasem**.

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku

Przybliżona wartość poziomu **ciśnienia dźwięku,** na podstawie wartości poziomu mocy dźwięku urządzenia, warunków usytuowania PC oraz odległości od danego pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem:

$$L_P = L_W + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$

L_P Poziom ciśnienia dźwięku przy odbiorcy (wskaźnik według TA Lärm)

L_W Poziom mocy dźwięku przy źródle dźwięku (Podane w karcie danych technicznych)

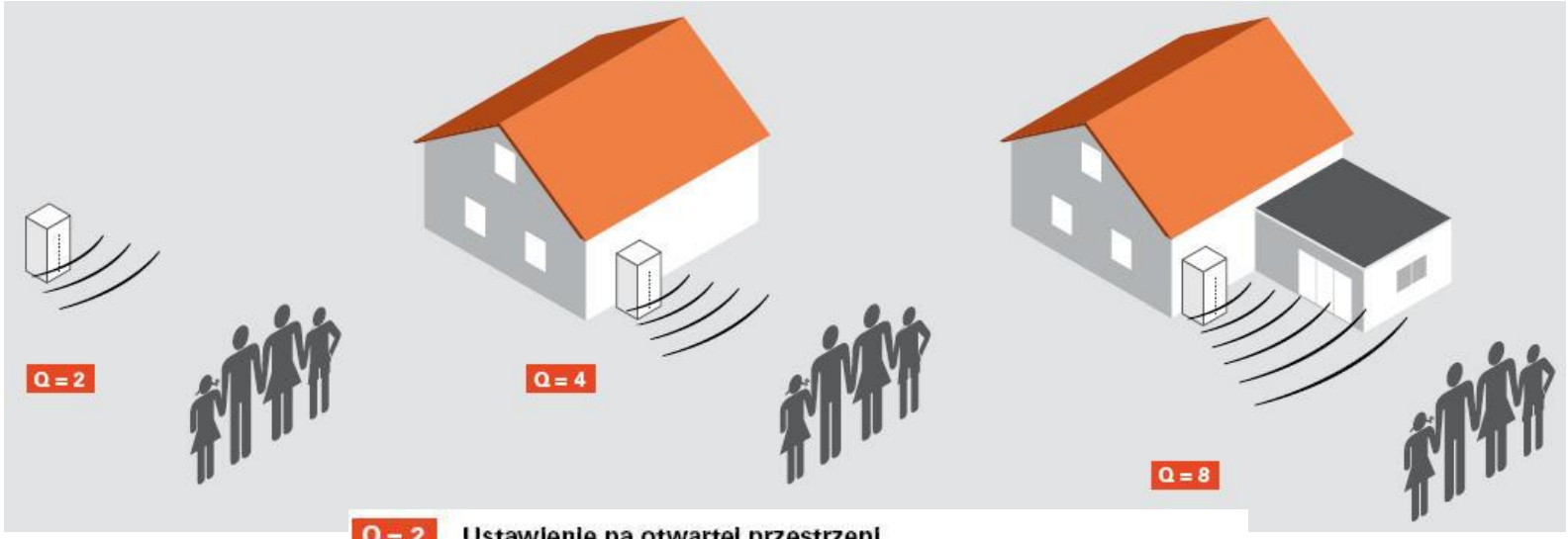
Q Współczynnik kierunkowości

r Odległość pomiędzy odbiorcą a źródłem dźwięku

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.

Współczynnik kierunkowości **Q** - wraz ze wzrostem liczby pionowych powierzchni w sąsiedztwie urządzenia (np. ściany) wzrasta poziom ciśnienia dźwięku w stosunku do ustawienia urządzenia na otwartej przestrzeni.



Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.

Współczynnik kierunkowy Q uwzględnia przestrzenne warunki „promieniowana” przy źródle dźwięku.
Jeżeli źródło dźwięku znajduje się na przestrzeni całkowicie otwartej, nad powierzchnią podłoża, fale dźwiękowe rozchodzą się w powietrzu we wszystkich kierunkach, **kuliście, w równym stopniu**.
W takim przypadku współczynnik kierunkowości wynosi **Q=1**.

Jeżeli źródło dźwięku stoi na podłożu, fale dźwiękowe mogą rozchodzić się już tylko w **kształcie półkuli**, a współczynnik kierunkowości wynosi w tym przypadku **Q=2**.

Im **bardziej ostry kąt rozchodzenia się fal** (ćwierć lub jedna ósma przestrzeni), tym **wyższy jest współczynnik kierunkowości** oraz **poziom dźwięku przy odbiorcy**.

Ocena akustyczna

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku w pomieszczeniach wymagających ochrony przed hałasem **zmniejsza się** (wychodząc od ustalonego poziomu mocy dźwięku przy urządzeniu), w **zależności od odległości** oraz **współczynnika kierunkowości**.

Współczynnik kierunkowości Q	Odległość od źródła dźwięku w m								
	1	2	4	5	6	8	10	12	15
	Poziom ciśnienia dźwięku L_p w odniesieniu do poziomu mocy dźwięku L_w przy urządzeniu w dB(A)								
2	-8	-14	-20	-22	-23,5	-26	-28	-29,5	-31,5
4	-5	-11	-17	-19	-20,5	-23	-25	-26,5	-28,5
8	-2	-8	-14	-16	-17,5	-20	-22	-23,5	-25,5

Tab. Obniżenie poziomu ciśnienia dźwięku na podstawie mocy dźwięku, wsp. kierunkowości i odległości od źródła dźwięku.

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.

Przykład

Pompa ciepła AW: 14 kW.
Ustawiona na zewnątrz budynku, przy ścianie zewnętrznej => Q=4
Budynek znajduje się na ogólnym terenie mieszkalnym, gdzie zgodnie z lokalnym planem zagospodarowania, dopuszczalna wartość imisji przy odbiorcy wynosi: w dzień 55 dB(A), a w nocy 40 dB(A).

Dane techniczne PC:

Vitocal 350-A Typ	14 kW
Poziom mocy dźwięku L_w	
– poziom wentylatora 1	56 dB(A)
– poziom wentylatora 2	57 dB(A)
– poziom wentylatora 3	59 dB(A)

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.

Przykład; c.d.

Dla ustalenia **minimalnej odległości** od pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem uwzględniany jest poziom mocy dźwięku przy poziomie **pracy wentylatora 3 (59 dB(A))**, przy ustawieniu urządzenia dla **Q4**.

Vitocal 350-A Typ	14 kW
Poziom mocy dźwięku L_W	
– poziom wentylatora 1	56 dB(A)
– poziom wentylatora 2	57 dB(A)
– poziom wentylatora 3	59 dB(A)

Ocena akustyczna

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.

Przykład; c.d.

Zmniejszenie poziomu ciśnienia dźwięku poprzez zmianę odległości

W dzień:

Przy **1 m odległości** poziom ciśnienia dźwięku zmniejsza się **o 5 dB(A);** czyli: 59 dB(A) – 5 dB(A) = **54 dB(A)** < od dopuszczalnego: **55 db(A)**

Wniosek: pompa ciepła może zostać usytuowana w odległości 1 m od pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem.

Współczynnik kierunkowości Q	Odległość od źródła dźwięku w m					
	1	2	4	5	6	8
	Poziom ciśnienia dźwięku L_P w odniesieniu do poziomu mocy dźwięku L_W przy ur					
2	-8	-14	-20	-22	-23,5	-26
4	-5	-11	-17	-19	-20,5	-23
8	-2	-8	-14	-16	-17,5	-20

Vitocal 350-A Typ	14 kW
Poziom mocy dźwięku L_W	
– poziom wentylatora 1	56 dB(A)
– poziom wentylatora 2	57 dB(A)
– poziom wentylatora 3	59 dB(A)

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.
Przykład; c.d.

Zmniejszenie poziomu ciśnienia dźwięku poprzez zmianę odległości
W nocy:
Przy **1 m odległości** poziom ciśnienia dźwięku zmniejsza się **o 5 dB(A);**
czyli: 59 dB(A) – 5 dB(A) = **54 dB(A)** > od dopuszczalnego: **40 db(A)**

Wniosek: **Trzeba zwiększyć odległość**

Przy **5 m odległości: 19 dB(A)**
czyli: 59 dB(A) – 19 dB(A) = **40 dB(A)** = dopuszczalnemu: **40 db(A)**

Wynik: Pompa ciepła może zostać ustawiona **w odległości 5 m** od pomieszczenia wymagającego ochrony przed hałasem.

Współczynnik kierunkowości Q	Odległość od źródła dź				
	1	2	4	5	6
	Poziom ciśnienia dźw w odniesieniu do poziomu mocy dźwięku				
2	-8	-14	-20	-22	-23,5
4	-5	-11	-17	-19	-20,5
8	-2	-8	-14	-16	-17,5

Ocena akustyczna

Pompy ciepła zewnętrzne; c.d.

Poziom ciśnienia dźwięku; c.d.
Przykład; c.d.

Uwaga:
Regulator Viessmann daje możliwość **obniżenia poziomu pracy w nocy**. Jeżeli funkcja ta zostanie wybrana, można założyć wartość mocy dźwięku odpowiadającą **poziomowi pracy wentylatora 2**.
Wówczas, wymagana mnimalna odległość wyniesie **4 m**,
bo: 57 – 17 = **40 dB(A)** = dopuszczalnemu: **40 db(A)**

Vitocal 350-A Typ	14 kW
Poziom mocy dźwięku L_w	
– poziom wentylatora 1	56 dB(A)
– poziom wentylatora 2	57 dB(A)
– poziom wentylatora 3	59 dB(A)

Współczynnik kierunkowości Q	Odległość od 1	2	4	5
	Poziom ci w odniesieniu do poziomu mo			
2	-8	-14	-20	-22
4	-5	-11	-17	-19
8	-2	-8	-14	-16

Zapotrzebowanie energii cieplnej do ogrzewania c.w.u.:

$$Q_{c.w.u.} = Q_c + Q_s$$

$$Q_c = m \times c \times (t_c - t_z)$$

c = 1,163 Wh/kgK
1 kg c.w.u. ≈ 1 litr

m = 60 kg c.w.u/(osobę x dobę) x 4 osoby x 365 dni/rok (lub 351 dni/rok jeśli zakładamy 14 dni urlopu)

m = 87 600 kg c.w.u./rok (z urlopem: m = 84 240 kg/rok)

Qc = 87 600 x 1,163 x (45 – 10)
kg/rok x Wh/kgK x K

Qc = 3 565 758 Wh/rok = **3 565,8 kWh/rok** (z urlopem: 3 331 kWh/rok)

Uwzględniając straty ciepła na: cyrkulację wody użytkowej i straty postojowe zbiornika (ciepła)….

Zapotrzebowanie energii cieplnej do ogrzewania c.w.u.; c.d.

Straty ciepła standardowego podgrzewacza c.w.u. w domu jednorodzinnym, wynoszą zwykle: 1,5 – 3 kWh/d (d – doba) – przyjmujemy: 1,5 kWh/d.
Straty spowodowane cyrkulacją: ok. 1,5 kWh/d

Straty ciepła: $\mathbf{Q_s}$ = 365 x (1,5 +1,5) = **1 095 kWh/rok**

$\mathbf{Q_{c.w.u.} = Q_c + Q_s}$

$\mathbf{Q_{c.w.u.}}$ = 3 566 + 1 095 = **4 661 kWh/rok**

Ile potrzeba gazu ziemnego ?

$\mathbf{\eta_k = Q_{c.w.u.} / Q_{dopr.}}$

$Q_{dopr.}$ = p x wd [kWh/rok]
p – zużycie paliwa [m3/rok]
wd – wartość opałowa paliwa – gaz ziemny E: 9,9 [kWh/m3]
η_k – sprawność kotła (instalacji), przyjmuję 85%

Zapotrzebowanie energii cieplnej do ogrzewania c.w.u.; c.d.

Ile potrzeba gazu ziemnego ?; c.d.

$\eta_k = Q_{c.w.u.} / Q_{dopr.}$

$Q_{dopr.} = p \times wd = [kWh/rok]$

$\eta_k = Q_{c.w.u.} / (p \times wd)$

p = $Q_{c.w.u.} / (\eta_k \times wd)$ = 4 661 / (0,85 x 9,9) = **553,89 m3/rok**

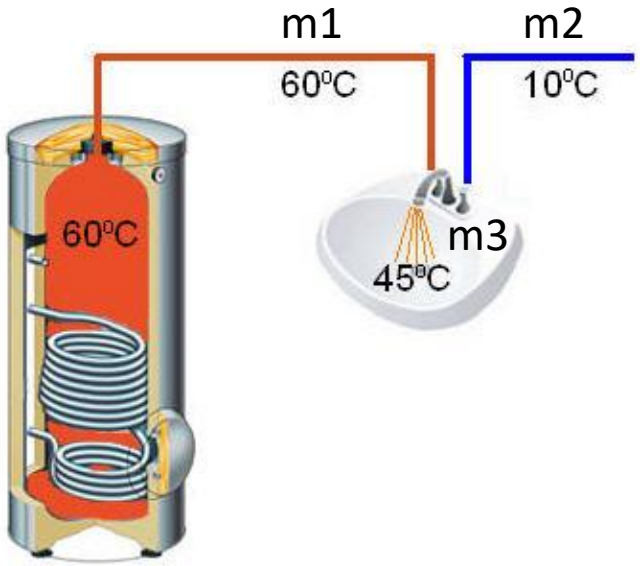
kWh/rok / (kWh/m3)

Koszt ogrzewania c.w.u. – przy cenie gazu ok. 2,40 zł brutto/m3:

554 m3/rok x 2,40 zł/m3 = **1 329,6 zł/rok**

Zapotrzebowanie energii cieplnej do ogrzewania c.w.u.; c.d.

Ile zużyjemy c.w.u. ze zbiornika, w którym utrzymywana jest temperatura wody 60°C – na wypływie z kranu potrzebujemy 150 litrów wody o temperaturze 45°C ?; c.d.



m3 = 150 kg c.w.u.
m1 = ?; m2 = ?

m1 + m2 = m3 ==> **m1** = m3 – m2
Q1 + Q2 = Q3 (Q = m x c x T)

m3 x ~~c~~ x T3 = **m1** x ~~c~~ x T1 + m2 x ~~c~~ x T2
m3 x T3 = (m3 – m2) x T1 + m2 x T2
m3 x T3 = m3 x T1 – m2 x T1 + m2 x T2
m2 x T1 – m2 x T2 = m3 x T1 – m3 x T3
m2 x (T1 – T2) = m3 x (T1 – T3)
m2 = m3 x (T1 – T3) / (T1 – T2)
m2 = 150 x (60 – 45) / (60 – 10)
m2 = 45 kg (45 kg wody zimnej – o temperaturze 10°C)

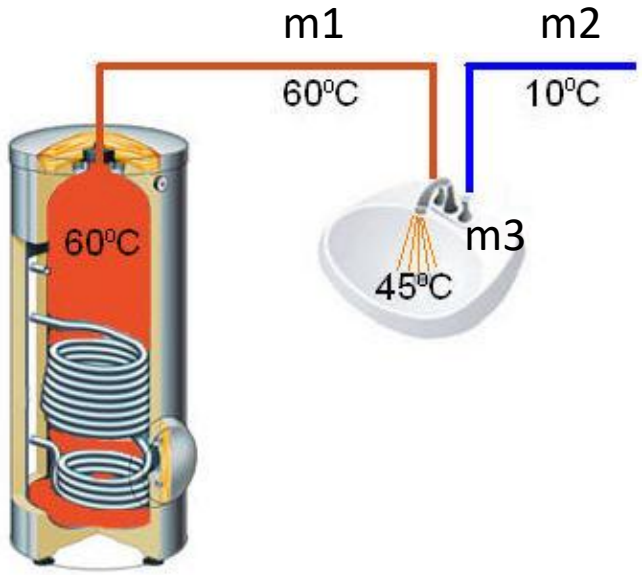
m1 = m3 – m2
m1 = 150 – 45
m1 =105 kg

Zapotrzebowanie energii cieplnej do ogrzewania c.w.u.; c.d.

Ile zużyjemy c.w.u. ze zbiornika, w którym utrzymywana jest temperatura wody 60°C – na wypływie z kranu potrzebujemy 150 litrów wody o temperaturze 45°C ?; c.d.

m2 = 45 kg (45 kg wody zimnej – o temperaturze 10°C)

m1 = m3 – m2
m1 = 150 – 45
m1 =105 kg



Vitocell 100-W typ CUG 100 litrów pojemności:

Wydatek wody użytkowej podgrzewacza Vitocell 100-W CUG								
Moc kotła	kW	16	18	19	22	24	25	32
Moc odbierana na wężownicy	kW	16	18	19	22	22	22	22
Wydajność stała	l/h	390	440	465	540	540	540	540
Wydajność krótkotrwała	l/10min	143	143	143	143	143	143	143

Zapotrzebowanie energii cieplnej do ogrzewania c.w.u.; c.d.

Ile czasu zajmie ogrzewanie wody od temperatury 10°C do 45°C i do 60°C, w zbiorniku o pojemności 100 litrów i 120 litrów, gdy moc grzewcza kotła wynosi 18 kW ?

Φ = 18 kW
m = 100 kg / 120 kg
t1 = 10°C
t2 = 45° / 60°C
c = 1,163 Wh/kgK

Φ = Q / t [W]
Φ = (m x c x dT) / t
t = (m x c x dT) / Φ

$t_{100/45}$ = (**100** x 1,163 x (**45** – 10)) / 18 000 = 0,226 h x 60 min/h = **14 min**
[(kg x Wh/(kgxK) x K) / W = h x 60 min/1h = min]

$t_{100/60}$ = (**100** x 1,163 x (**60** – 10)) / 18 000 = 0,323 h x 60 = **19 min**

$t_{120/45}$ = (**120** x 1,163 x (**45** – 10)) / 18 000 = 0,271 h x 60 = **16 min**

$t_{120/60}$ = (**120** x 1,163 x (**60** – 10)) / 18 000 = 0,388 h x 60 = **23 min**

Ogrzewanie c.w.u.

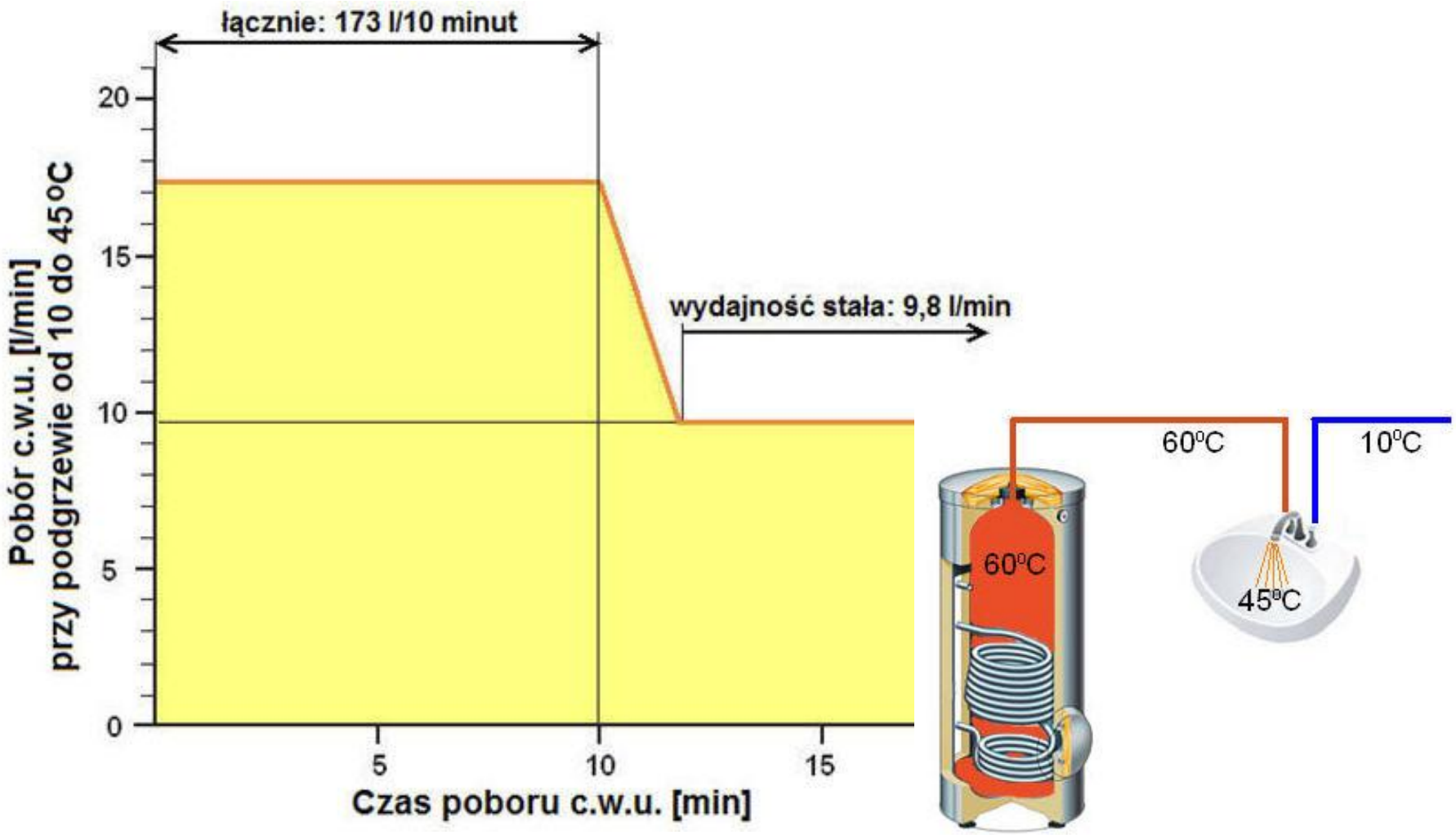
Nieregularne zapotrzebowanie na c.w.u. – w budynkach takich jak: szkoły, zakłady przemysłowe, hotele lub hale sportowe z instalacjami prysznicowymi, zapotrzebowanie na c.w.u. określa się często na podstawie **wydajności krótkotrwałej,** tj. maksymalnej ilości c.w.u. pobieranej podczas 10 minut. Istotna jest tutaj pojemność podgrzewacza c.w.u..

Stałe zapotrzebowanie na c.w.u. – w np. zakładach przetwórstwa spożywczego, kąpieliskach, instalacja c.w.u. projektowana jest zgodnie z zapotrzebowaniem – wg **wydajności stałej**. Decydująca jest tutaj wielkość wymiennika ciepła oraz dostępna moc grzewcza.

Polecam: Wytyczne projektowe Viessmann – Vitocell.

UWAGA: Zbiorniki powinny być stosowane zgodnie z ich przeznaczeniem.

Przykładowa wydajność c.w.u. kotła z zasobnikiem-zbiornikiem:



Szacunkowe dzienne zapotrzebowanie na c.w.u.:

Obiekt	Zapotrzebowanie na c.w.u. (45°C), l
Gospodarstwo domowe	
Przeciętne	30
Małe	15÷20
Średnie	30÷60
Duże	60÷120
Budynki użyteczności publicznej	
O charakterze sportowym	60
Domy mieszkalne	80
Szpitale	80÷160

Tab. Dzienne zapotrzebowanie na c.w.u. przypadające na osobę.

Szacunkowe zapotrzebowanie na c.w.u.; c.d.

Punkt poboru	Umywalka	Zlew kuchenny	Natrysk oszczędny	Natrysk standardowy	Natrysk komfortowy[1)]	Wanna
Temperatura c.w.u. [°C]	35-40	55	40	40	40	40
Czas poboru [min]	1,5-3	5	6	6	6	10-15
Zużycie c.w.u. [litr]	5-15	20-30	30	50	90	120-200

[1)] kabina natryskowa z baterią mieszającą i dwoma natryskami bocznymi

Rodzaj wanny	Pobór jednorazowy c.w.u. [litr]
Mała wanna	120
Wanna kąpielowa 1600x700 mm	140
Wanna kąpielowa 1700x700 mm	160
Duża wanna 1800x750 mm	200

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności N_L

Szczegółowe dane techniczne, wskaźniki mocy oraz wykresy stałej wydajności pojemnościowego podgrzewacza wody znajdują się w danych technicznych urządzeń.

Współczynnik N_L ustala się przy temperaturze wody w zbiorniku równej 60°C, temperaturze c.w.u. na wypływie 45°C i dopływie zimnej wody równej 10°C.

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności N_L; c.d.

Zapotrzebowanie w punkcie poboru w_v

Nr	Urządzenie sanitarne lub punkt poboru	Skrót wg normy DIN	Ilość pobierana przy każdym użyciu lub pojemność użytkowa w l	Zapotrzebowanie w punkcie poboru w_v przy każdym poborze w Wh
1	Wanna kąpielowa	NB1	140	5820
2	Wanna kąpielowa	NB2	160	6510
3	Mała wanna i wanna kaskadowa	KB	120	4890
4	Wanna duża (1800 mm × 750 mm)	GB	200	8720
5	Kabina natryskowa*7 z baterią mieszającą i natryskiem ekonomicznym	BRS	40*8	1630
6	Kabina natryskowa*7 z baterią mieszającą i natryskiem normalnym*9	BRN	90*8	3660
7	Kabina natryskowa*7 z baterią mieszającą i natryskiem luksusowym*10	BRL	180*8	7320
8	Umywalka	WT	17	700
9	Bidet	BD	20	810
10	Umywalka podręczna	HT	9	350
11	Zlew kuchenny	SP	30	1160

Dla wanien kąpielowych, których pojemność użytkowa znacznie odbiega od podanych wartości, zapotrzebowanie w punkcie poboru w_v należy wyliczyć według wzoru $w_v = c \times V \times \Delta T$ w Wh i zastosować podczas obliczania (ΔT = 35 K).

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności N_L; c.d.

Współczynnik zapotrzebowania N

Zapotrzebowanie na ciepło do c.w.u. wyznacza się na podstawie tzw. mieszkania obliczeniowego:

- liczba pomieszczeń r = 4 pomieszczenia
- liczba osób p = 3,5 osoby
- zapotrzebowanie w punkcie poboru w_V = 5 820 Wh (dla jednej kąpieli w wannie)

Zapotrzebowanie na ciepło do podgrzewu wody użytkowej dla mieszkania obliczeniowego zamieszkiwanego przez 3,5 osoby × 5 820 Wh = 20 370 Wh odpowiada współczynnikowi zapotrzebowania N = 1

N = suma zapotrzebowania na ciepło do podgrzewu wody użytkowej wszystkich uwzględnionych mieszkań, podzielona przez zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową dla mieszkania obliczeniowego.

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności NL; c.d.

Należy wybrać taki pojemnościowy podgrzewacz wody, którego współczynnik **NL wynosi co najmniej N**.

Im wyższy współczynnik NL podgrzewacza, tym większy jest komfort ciepłej wody w tych samych warunkach.

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności N_L; c.d.

Punkt poboru	Ilość wody podczas 1 użycia [dm³]	Zapotrzebowanie w punkcie poboru podczas 1 użycia [Wh]
wanna kąpielowa	140	5820
	160	6510
wanna duża (1,8 x 0,75 m)	200	8720
kabina natryskowa z baterią mieszającą i natryskiem normalnym	90	3660
umywalka	17	700
umywalka mała	9	350
zlew kuchenny	30	1160

Dane dla Vitocell 100-W

Nenn-Wärmeleistung des Wandgeräts zur Trinkwasser-erwärmung		kW	24
Trinkwasserdauerleistung bei Trinkwassererwärmung von 10 auf 45 °C und einer mittleren Kesselwassertemperatur von 78 °C			
Speicherinhalt	160 u. 200 l	kW	24
		l/h	590
	300 l	kW	24
		l/h	590
Leistungskennzahl N_L nach DIN 4708			
Speicherinhalt	160 l		2,2
	200 l		3,2
	300 l		8,0

Przykład: moc kotła 24kW

Osób:	4
Łazienek:	2
Wanna:	TAK, 200 litrów
Natrysk normalny:	TAK
Zlew kuchenny:	TAK
CWU_{wym}	45°C
N_L min:	2,6
Wym. zbiornik:	200 l

$$\frac{4 \times (8720+3660+1160)}{3{,}5 \times 5820}$$

w mianowniku tzw. rodzina referencyjna N_L=1

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności N_L; c.d.

Vitocell 100-W typ CUG 100 litrów pojemności:

Wydatek wody użytkowej podgrzewacza Vitocell 100-W CUG								
Moc kotła	kW	16	18	19	22	24	25	32
Moc odbierana na wężownicy	kW	16	18	19	22	22	22	22
Wydajność stała	l/h	390	440	465	540	540	540	540
Wydajność krótkotrwała	l/10min	143	143	143	143	143	143	143
Współczynnik N_L		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

N_L = 1,0 odpowiada :
Rodzina referencyjna 3,5 osoby
1 łazienka z wanną 140 litrów lub natryskiem

Podgrzewacz proponowany do domów jednorodzinnych z jedną łazienką i baterią o standardowym przepływie. Wanna o pojemności do 160 litrów lub natrysk ze standardową słuchawką.

Wybór podgrzewacza wg stopnia efektywności NL; c.d.

Vitocell 100-W typ CVBA 250 litrów:

150 litrów jako pojemność pod układ solarny
i 100 litrów pod kocioł grzewczy.

Pompa ciepła

Podgrzew c.w.u. z wykorzystaniem pompy ciepła może odbywać się, w zależności od zapotrzebowania, poprzez następujące systemy:

- centralny podgrzew c.w.u. poprzez pompę ciepła do ogrzewania wody użytkowej
- centralny podgrzew c.w.u. i magazynowanie w pojemnościowym podgrzewaczu wody użytkowej
- centralny podgrzew c.w.u. poprzez magazynowanie w zbiorniku buforowym oraz oddzielnym module wody pitnej
- decentralny podgrzew c.w.u. poprzez mieszkaniowe stacje wymiennikowe
- decentralny podgrzew c.w.u. poprzez elektryczne przepływowe podgrzewacze wody użytkowej

Pompa ciepła; c.d.

DVGW-Arbeitsblatt W551 (Publikacja Niemieckiego Związku Branży Gazowej i Wodnej) wyróżnia pod względem higienicznym małe i duże instalacje.

Pod pojęciem małych instalacji podgrzewu c.w.u. rozumiane są instalacje podgrzewu wody w domach jednorodzinnych i bliźniakach – niezależnie od rozmiaru pojemnościowego podgrzewacza wody i pojemności orurowania.

Pompa ciepła; c.d.

DVGW-Arbeitsblatt W551 postuluje stały poziom temperatury wody na wyjściu wynoszący przynajmniej **60°C** przy zbiorniku.

Temperatura wody powrotnej w przewodzie cyrkulacyjnym musi wynosić przynajmniej **55°C.**

Zgodnie z tym dokumentem woda użytkowa w zasobnikach przynajmniej raz dziennie powinna zostać podgrzana do temperatury 60°C lub wyższej.

W małych instalacjach należy dopilnować stałego utrzymywania temperatury wody na wyjściu na poziomie **60°C**.

Pompa ciepła; c.d.

Tradycyjne pompy ciepła, ze względu na stosowane środki chłodzące, mogą z reguły osiągać maksymalne temperatury na zasilaniu wynoszące 55°C i 65°C.

Przy temperaturze na zasilaniu wynoszącej 55°C możliwe jest podgrzanie c.w.u. do temperatury **48°C**,
zaś przy temperaturze na zasilaniu wynoszącej 65°C – do temperatury maksymalnej **58°C**.

W celu osiągnięcia takich temperatur w pojemnościowym podgrzewaczu wody użytkowej pompy ciepła pracują z bardzo niskimi wskaźnikami efektywności (COP 2,5-3,3 w zależności od temperatury źródła ciepła).

Pompa ciepła; c.d.

Aby móc dostosować się do wymogów higienicznych przy pojemnościowych podgrzewaczach wody użytkowej, konieczne jest dogrzewanie ich do poziomu temperatury wypływu 60°C.

Jest to możliwe dzięki zastosowaniu dodatkowego źródła ciepła, specjalnie do tego przystosowanych pomp ciepła z temperaturami zasilania sięgającymi 72°C lub też bezpośrednio drogą elektryczną (grzałka elektryczna).

Pompa ciepła; c.d.

W POLSCE - Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – z wyjątkiem budynków jednorodzinnych:
Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o temperaturze nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C.
Ponadto powinna umożliwiać przeprowadzanie ciągłej lub okresowej dezynfekcji metodą chemiczną lub fizyczną (w tym okresowe stosowanie metody dezynfekcji cieplnej), bez obniżania trwałości instalacji i zastosowanych w niej wyrobów.

Dla przeprowadzenia dezynfekcji cieplnej niezbędne jest zapewnienie uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 70°C i nie wyższej niż 80°C.

Pompa ciepła; c.d.

Przy pompach ciepła nie posługujemy się wsp. NL, uwzględniamy natomiast profil zapotrzebowania na c.w.u. i jej potrzebną ilość i dostępną moc grzewczą.

Dodatek mocy do podgrzewu c.w.u.

Dla zwykłego budynku mieszkalnego przyjmuje się maksymalne zapotrzebowanie na ciepłą wodę wynoszące ok. 50 l na osobę dziennie o temperaturze ok.45°C.
Odpowiada to dodatkowej mocy grzewczej około **0,25 kW** na osobę.

Dodatek mocy PC **uwzględnia się tylko wówczas**, gdy suma dodatkowego obciążenia grzewczego (na c.w.u.) wynosi więcej niż 20% obciążenia grzewczego budynku (zapotrzebowanie na ciepło budynku).

Pompa ciepła; c.d.

Dodatek mocy do podgrzewu c.w.u.; c.d.

Dodatek mocy:

	Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową o temperaturze 45°C w l/dzień na osobę	Użytkowe ciepło właściwe w Wh/dzień na osobę	Zalecany dodatek grzewczy do podgrzewu wody użytkowej *6 w kW/osobę
Niskie zapotrzebowanie	15 do 30	600 do 1200	0,08 do 0,15
Normalne zapotrzebowanie *7	30 do 60	1200 do 2400	0,15 do 0,30

Przykład:
Obciążenie grzewcze budynku: 4,8 kW
Dodatek do podgrzewu c.w.u. – 3 osoby: 0,25 x 3 = **0,75 kW**
20% z 4,8 kW = **0,96 kW**
0,75 < 0,96 => nie uwzględniamy dodatku mocy do podgrzewu c.w.u.

Pompa ciepła; c.d.

Dodatek mocy do podgrzewu c.w.u.; c.d.

Dobór podgrzewacza na podstawie wytycznych producenta:

Vitocal	Do 4 osób Vitocell 100-V, typ CVW, 390 l	Vitocell 100-V, 200 l	Vitocell 100-B, 300 l	Vitocell 300-B, 300 l	Do 8 osób Vitocell 100-B, 500 l	Vitocell 300-B, 500 l
200-G						
BWC 201.A06	X	–	X	X	X	X
BWC 201.A08	X	–	–	X	–	X
BWC 201.A10	X	–	–	X	–	X
BWC 201.A13	X	–	–	–	–	–
BWC 201.A17	X	–	–	–	–	–

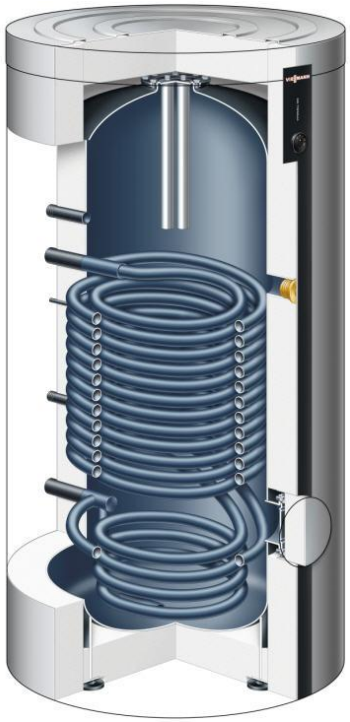
Pompa ciepła; c.d.

Dodatek mocy do podgrzewu c.w.u.; c.d.

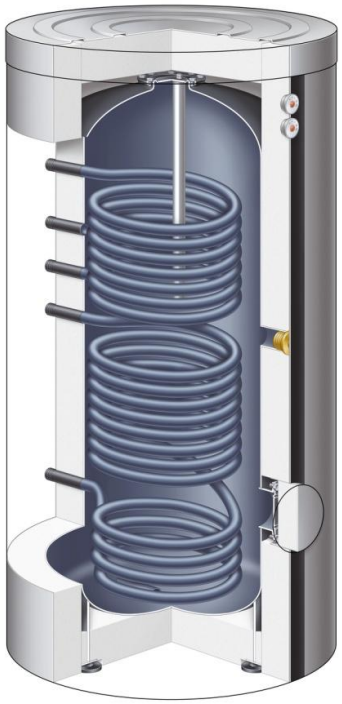
Dobór podgrzewacza na podstawie wytycznych producenta: c.d.

Podgrzewacz	Pojemność l	Maks. moc cieplna pompy (eksploatacja 1-stopniowa, temperatura zasilania 60°C) kW	Możliwe ogrzewanie dodatkowe (do wyboru)		Zakres zastosowania
			Grzałka elektryczna EHE (6 kW)	Podgrzewacz przepływowy wody użytkowej (do wstępnie podgrzanej wody, w zakresie obowiązków inwestora)	
Vitocell 100-V, typ CVA	300	16	x	x	do 4 osób
	500	16	x	x	do 8 osób
Vitocell 300-V, typ EVI, z otworem kołnierzowym	300	16	x	x	do 5 osób
	500	16	x	x	do 8 osób
Vitocell 100-L, typ CVL	500	32	x	x	do 8 osób
	750	32	x	x	do 16 osób
	1000	32	x	x	do 16 osób

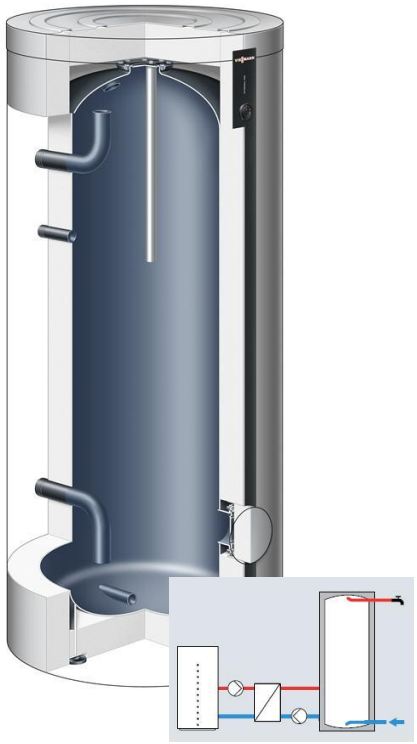
Zasobniki i podgrzewacze wody użytkowej:



Vitocell 100-V
typ CVW



Vitocell 100-B



Vitocell 100-L

Dodatkowe źródła ciepła

Pompy ciepła można łączyć z innymi źródłami ciepła, np. kolektorami słonecznymi, kotłami na biomasę, kotłami gazowymi i olejowymi.

Instalacja solarna do c.w.u.:

- umożliwia odciążenie pompy ciepła przy ogrzewaniu c.w.u.
- sprzyja szybszej regeneracji gruntu – mniejsza ilość ciepła pobierana z gruntu
- dłuższa żywotność PC – krócej pracuje w ciągu roku
- obniża koszty ogrzewania c.w.u.

Rys. Kompaktowa pompa ciepła z zabudowanym zasobnikiem c.w.u. z wężownicą solarna i osprzętem instalacji solarnej.

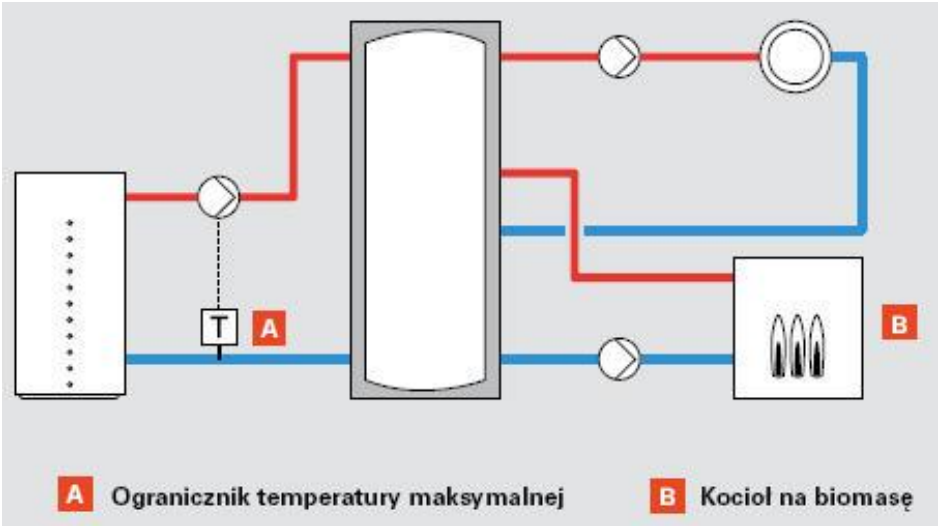
Kocioł na biomasę:

- może to być kominek z płaszczem wodnym, kocioł na pelet, drewno itd.
- możliwość kontrolowania zużycia prądu, zwłaszcza przy pompach powietrze-woda (AW)
- połączenie kotła z PC – przez zasobnik buforowy wody grzewczej

Zdj. Kocioł zgazowujący drewno Vitoligno 100-S

Kocioł na biomasę: c.d.

- wymagana ochrona PC przed zbyt wysoką temperatury powrotu z bufora do PC, np. przez ogranicznik temperatury maksymalnej – termostat zabezpieczający, który wyłącza pompę ładowania zasobnika buforowego (na rysunku: „A”)
- instalacja ogrzewania budynku – regulacja temperatury przez 3-drogowy zawór mieszający z siłownikiem elektrycznym

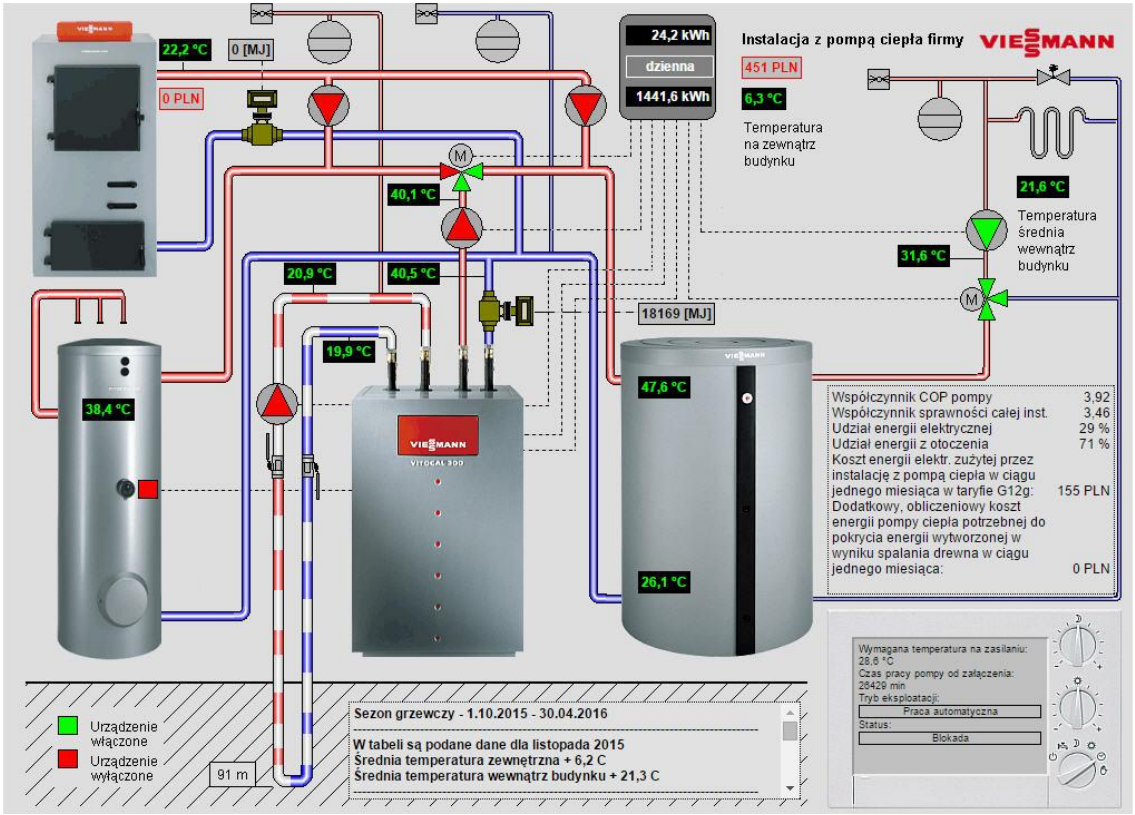


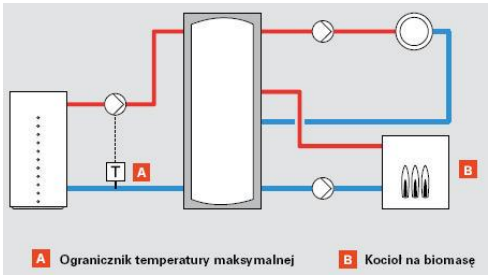
Rys. Połączenie kotła na biomasę i PC.

Kocioł na biomasę: c.d.

Przykład instalacji:

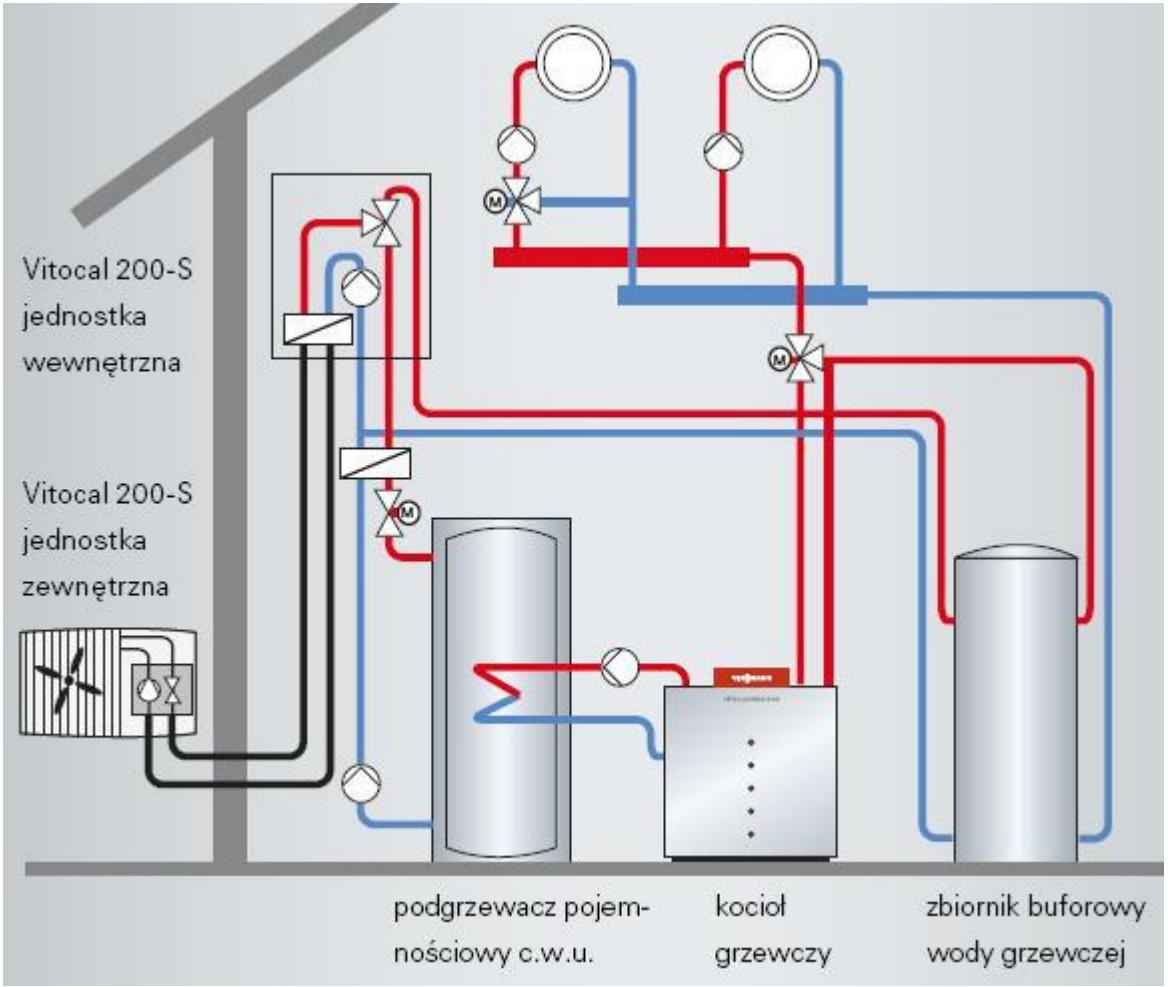
http://www.viessmann.pl/pl/budynki-mieszkalne/pompy-ciepla/wizualizacja-pracy-pompy-ciepla/online.html





Kocioł gazowy/olejowy

- rozwiązanie często spotykane przy modernizacji ogrzewania
- pompa ciepła może sterować pracą kotła, jego załączaniem i wyłączaniem, w zależności od potrzeb

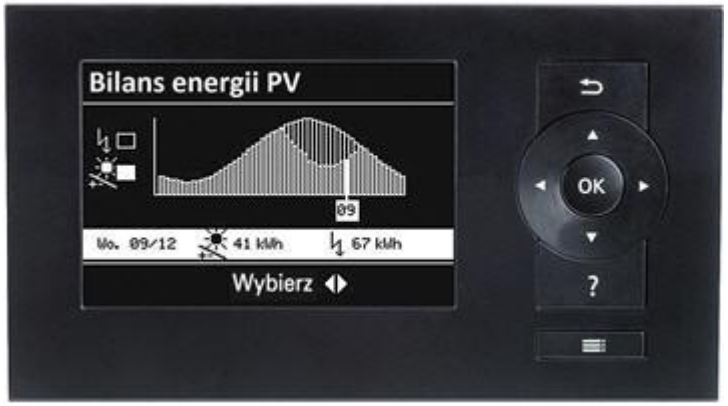


Rys. Przykład połączenia kotła i PC.

Pompa ciepła z instalacją PV:

- priorytet wykorzystania prądu solarnego do zasilania odbiorników energii elektrycznych w budynku (oświetlenie, RTV i AGD)
- nadwyżki prądu solarnego zgłaszane są do regulatora pompy ciepła – dodatkowy licznik energii elektrycznej
- pompa ciepła zasilana prądem solarnym pracuje na potrzeby: c.o., c.w.u., chłodzenia budynku i jego wentylacji
- prąd solarny może być magazynowany w postaci ciepłej wody w zasobniku buforowym wody grzewczej, może być wykorzystywany do ogrzewania również w nocy (kiedy PV nie produkuje prądu)
- rekuperator (np. Vitovent 300-F) sterowany i zasilany przez regulator pompy ciepła również może wykorzystywać prąd solarny

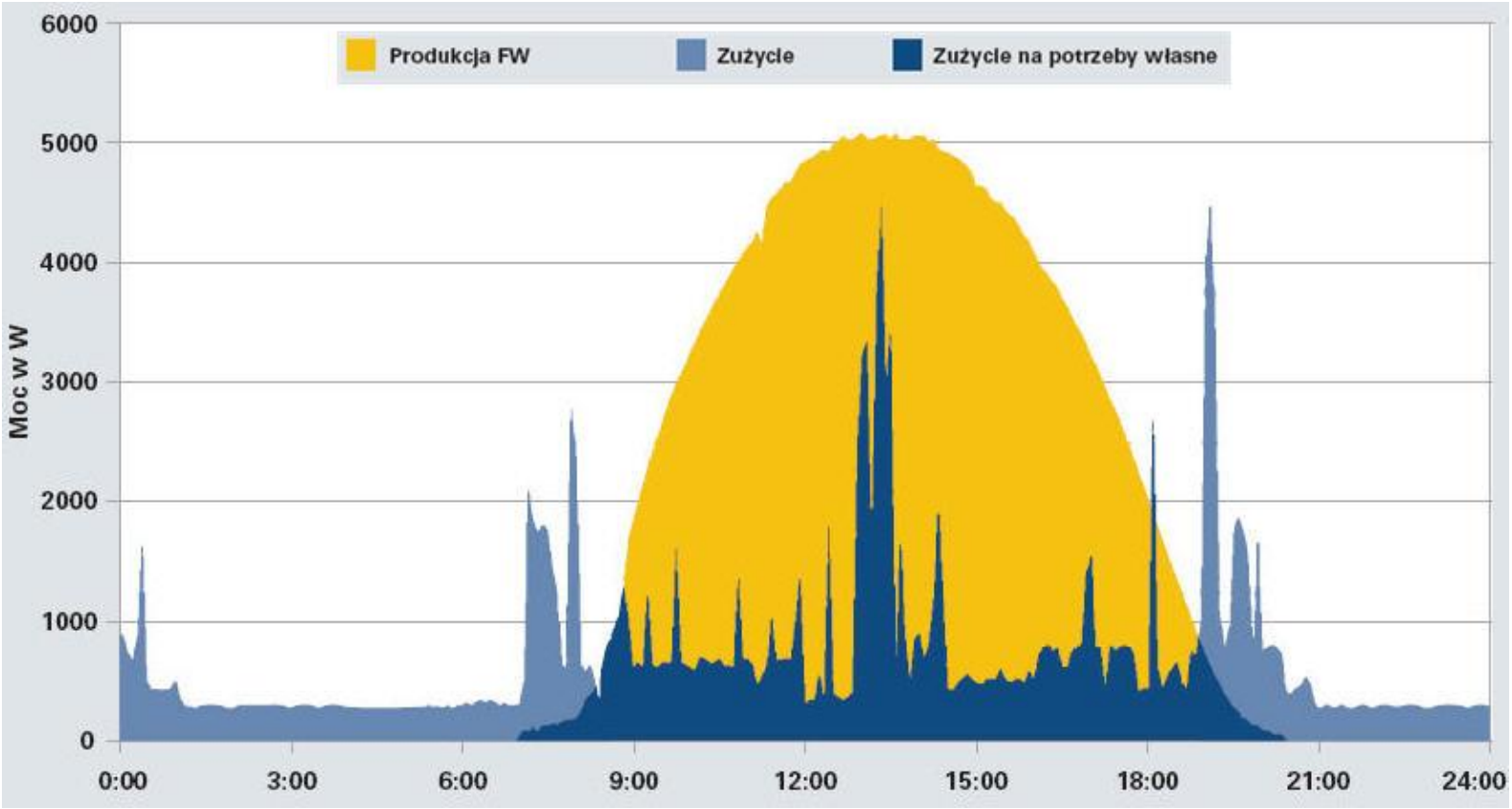
Pompa ciepła z instalacją PV; c.d.



Zdj. Regulator PC Vitotronic 200 typ WO1C

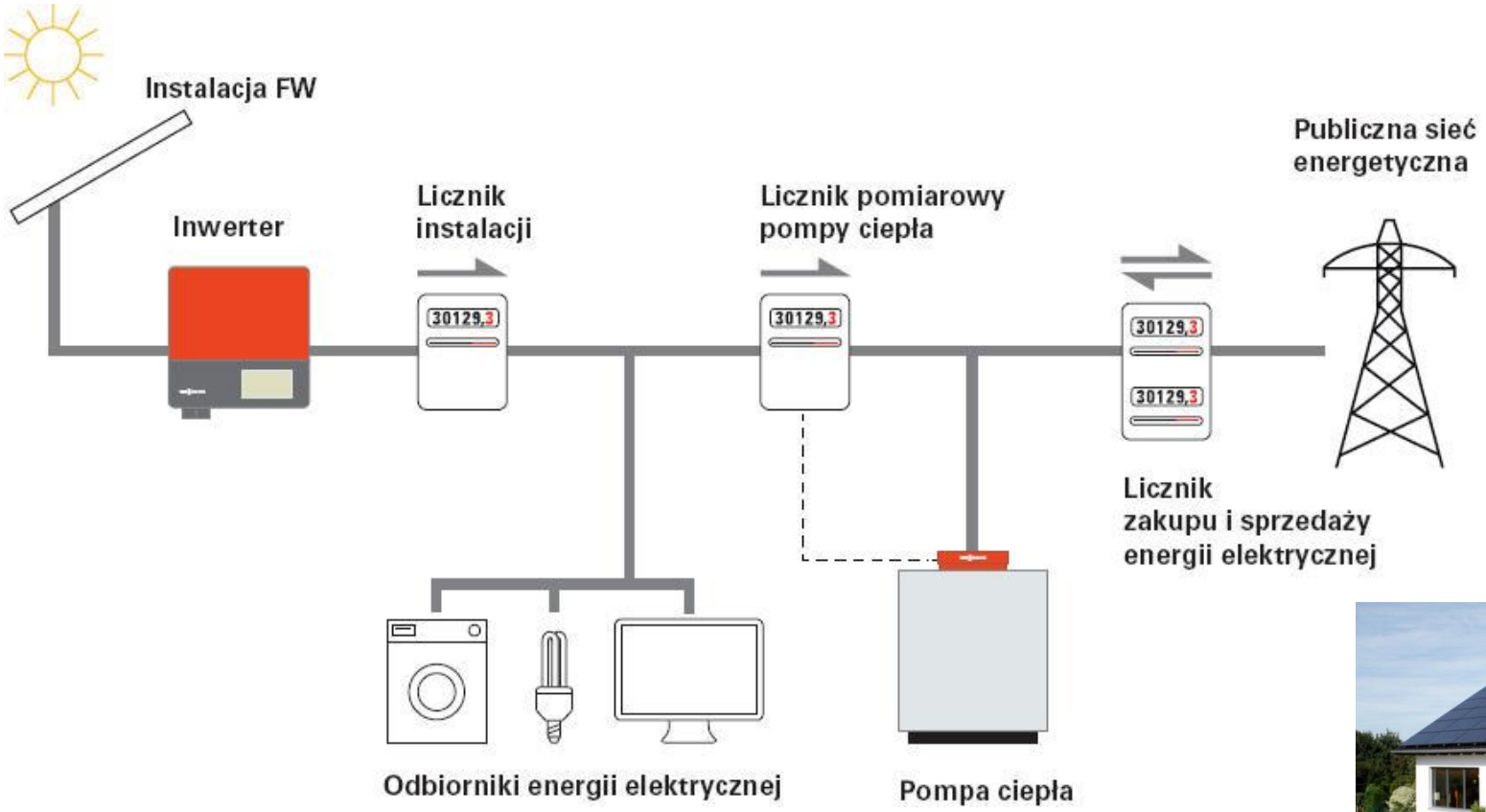
Rys. PV+PC+Vitovent 300-F – rozwiązanie systemowe Viessmann dla maksymalnego wykorzystania prądu solarnego na własne potrzeby

Pompa ciepła z instalacją PV; c.d.



Rys. Typowy przebieg słonecznego dnia letniego na przykładzie 4-ro osobowego gospodarstwa domowego z instalacją fotowoltaiczną: 5 kWp

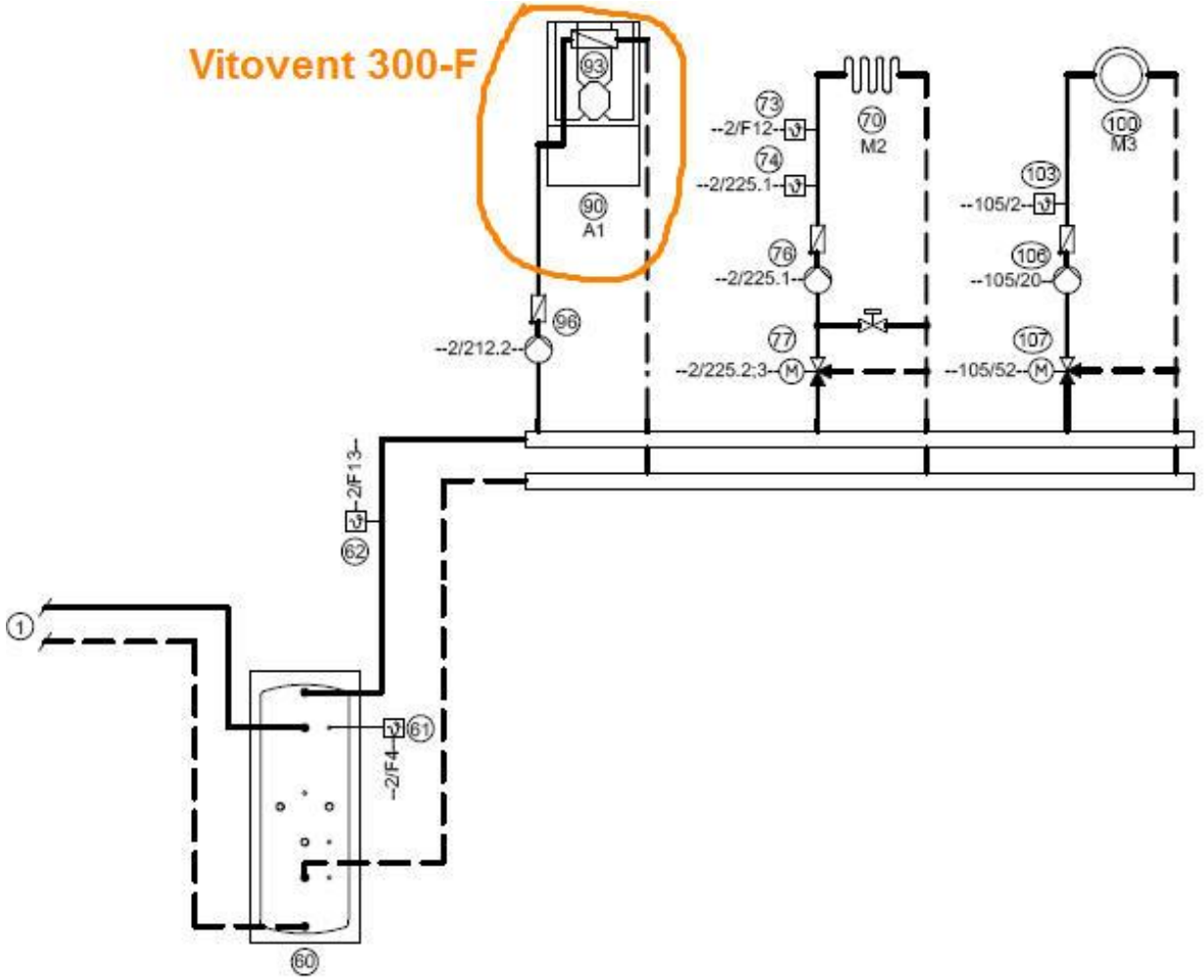
Pompa ciepła z instalacją PV; c.d.



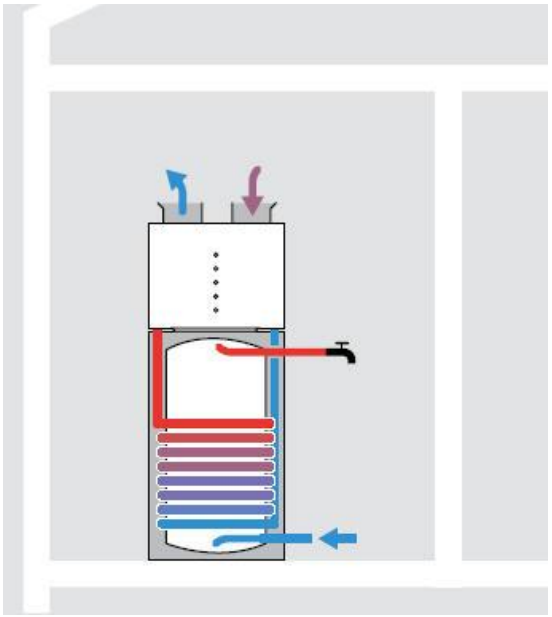
Rys. Schemat ideowy instalacji PV i PC

Vitovent 300-F

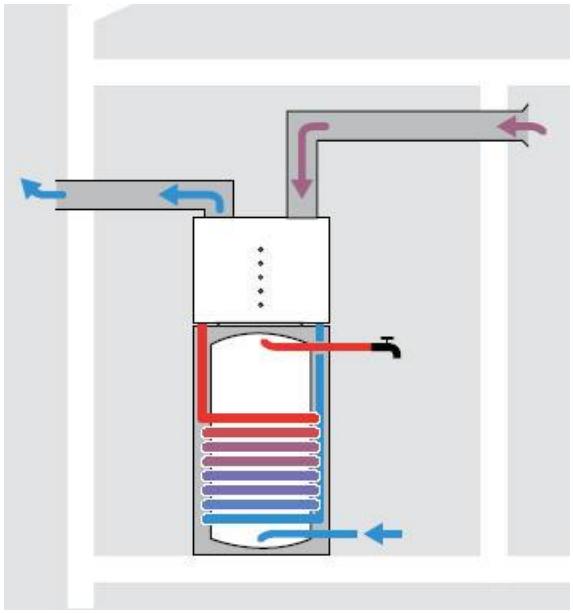
Vitovent 300-F; c.d.



Pompa ciepła do c.w.u.



Na powietrze obiegowe



Na powietrze wylotowe (odprowadzane z pomieszczeń)

Rys. Pompa Vitocal 161-A

W przypadku klimatyzacji pomieszczeń należy zwrócić uwagę na fakt, iż temperatura powietrza w pomieszczeniu nie powinna być niższa od temperatury zewnętrznej o więcej niż 5 K.

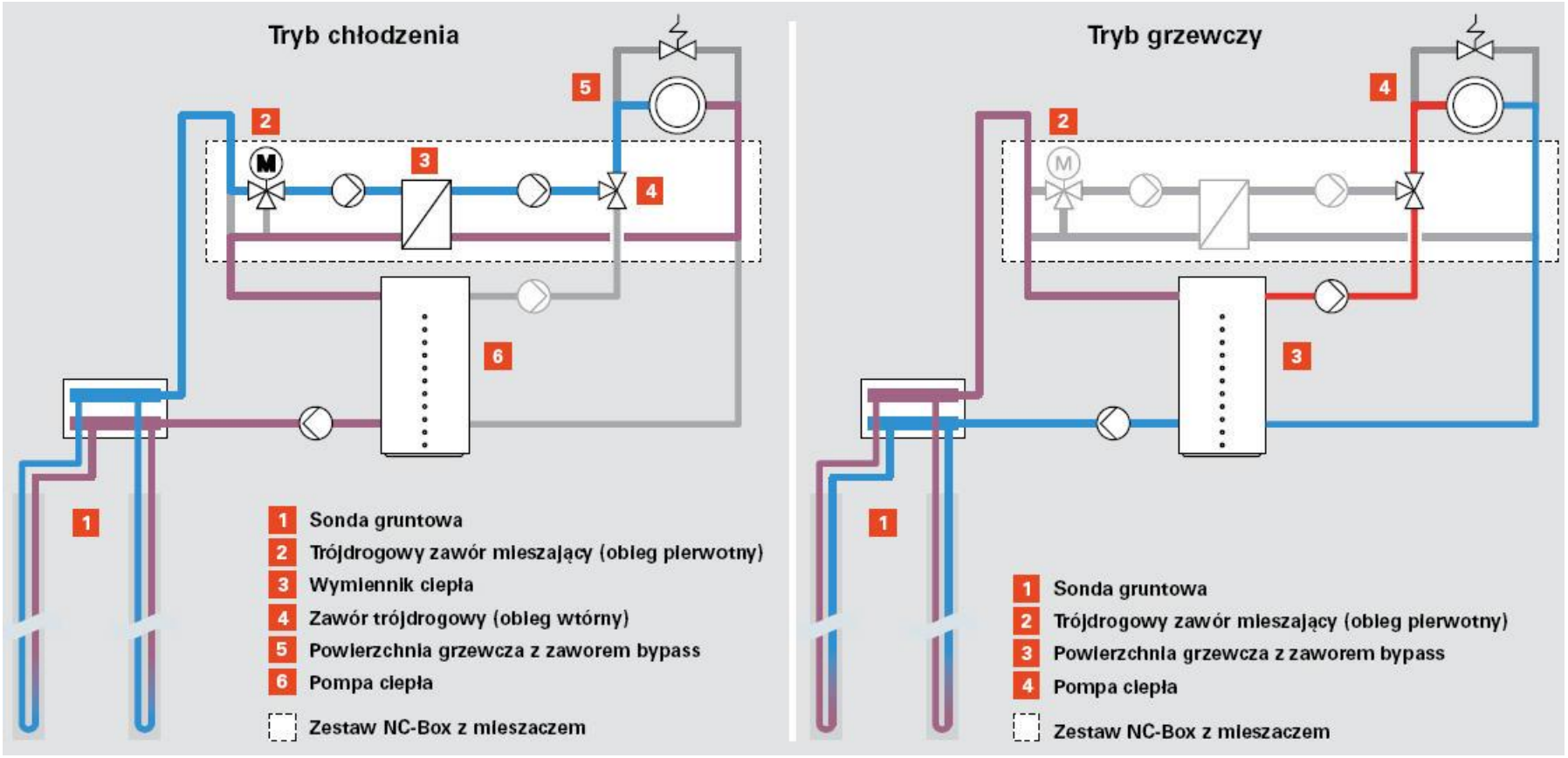
Większe różnice temperatur mogłyby prowadzić do problemów związanych z aklimatyzacją.

Wartości empiryczne umożliwiające ustalenie obciążenia chłodniczego dla rejonu Europy środkowej

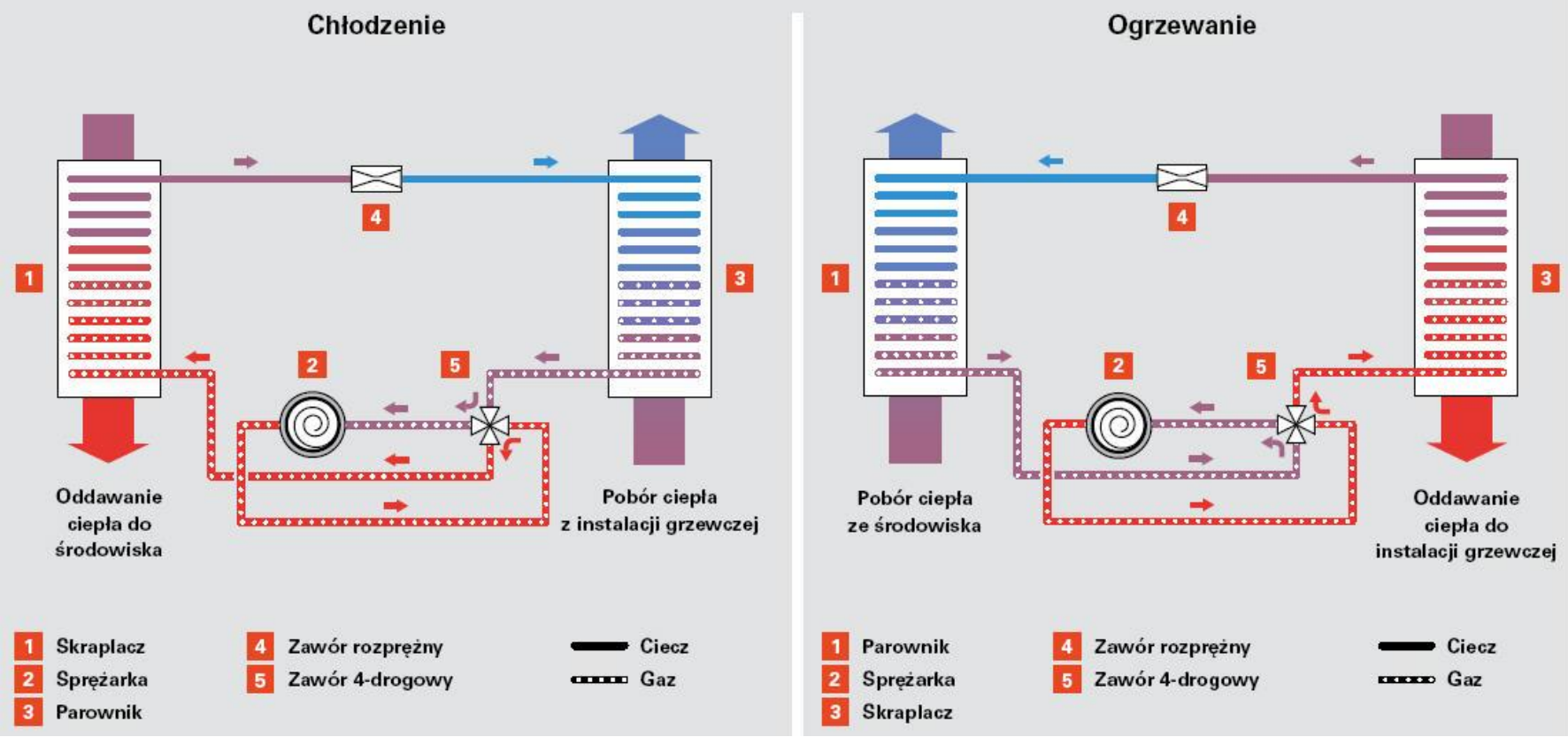
Typ pomieszczenia	**Obciążenie chłodnicze** w odniesieniu do wielkości pomieszczenia
Pomieszczenia mieszkalne	30 – 40 W/m³
Pomieszczenia biurowe	50 W/m³
Pomieszczenia handlowe	50 – 60 W/m³
Pomieszczenia przeszklone	do 200 W/m³

Tab. Obciążenie chłodnicze.

Chłodzenie pasywne (naturalne)



Chłodzenie aktywne



Chłodzenie za pomocą PC Viessmann – Vitocal 300-G B/W i W/W

Pompa ciepła może chłodzić budynek naturalnie i/lub aktywnie.

Stosując **Zestaw AC** obie funkcje chłodzenia mogą być stosowane naprzemiennie - przy zapotrzebowaniu na chłodzenie zestaw AC zaczyna zawsze od funkcji „natural cooling”; jeśli wydajność tego rodzaju chłodzenia nie wystarcza, przełącza się na funkcję „active cooling” - - włącza się pompa ciepła i przez zestaw AC strona zimna (obieg pierwotny) i ciepła (obieg wtórny) są zamieniane.

Chłodzenie za pomocą ogrzewania podłogowego

Temperatura powierzchni podłogi w trybie chłodzenia nie może wynosić mniej niż **20°C** – ochrona przed wykraplaniem wody z powietrza.

W celu uniknięcia tworzenia się kondensatu na powierzchni ogrzewanej podłogi, na zasilaniu instalacji ogrzewania podłogowego należy zamontować czujnik do pomiaru punktu rosy.
Dzięki temu, nawet w przypadku krótkotrwałych wahań pogodowych (np. burza) można zapobiec tworzeniu się kondensatu.

VIESMANN
Akademia

Systemy energetyki odnawialnej

Temat nr 4, 24.01.2017:
Pompy ciepła, cz.3

mgr inż. Krzysztof Gnyra
tel. 602 231 407
e-mail: kgnyra@gmail.com