

Temat nr 2:

Pompy ciepła, cz.1

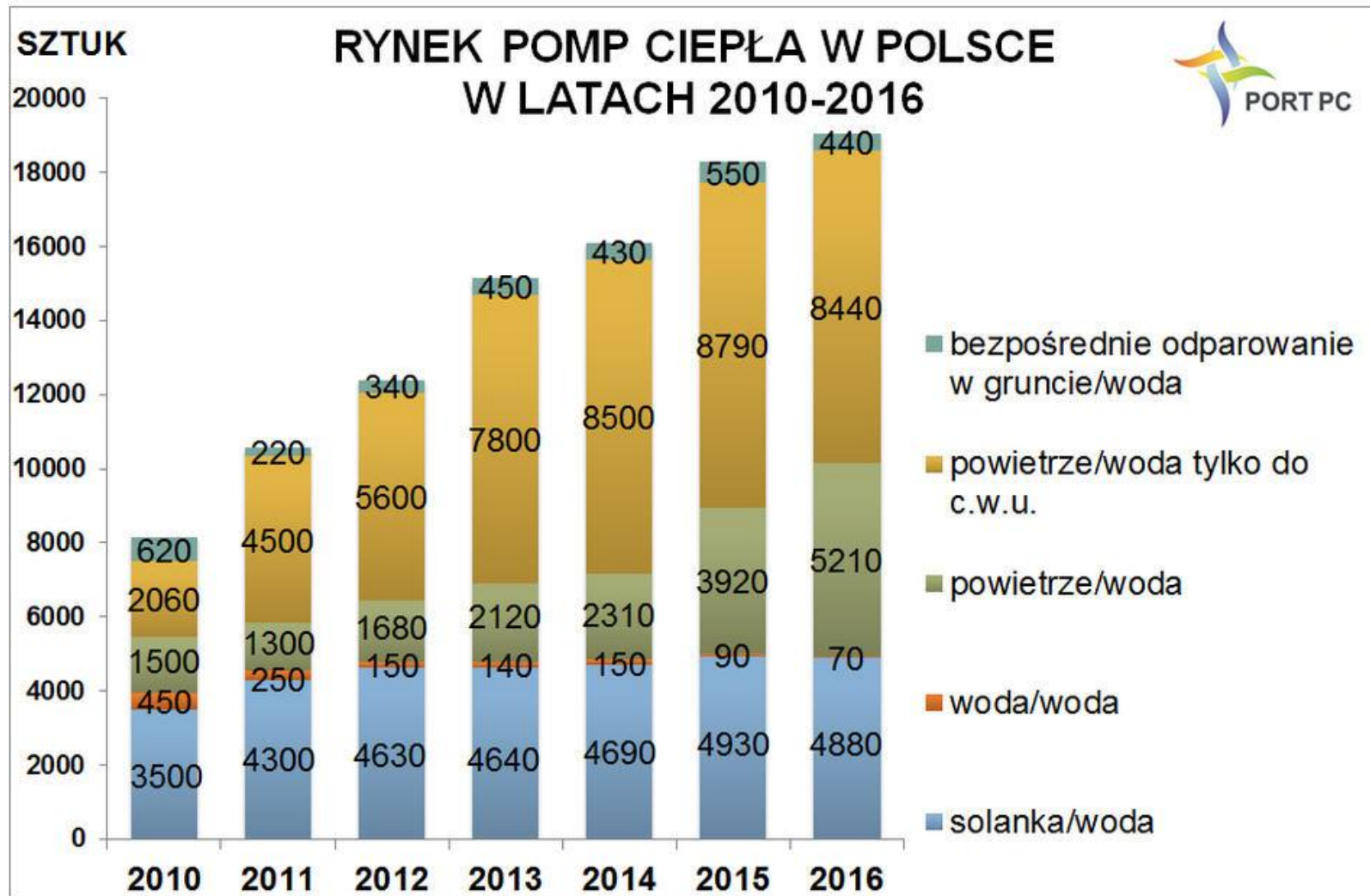


- Rynek pomp ciepła i PV
- Zasada działania pompy ciepła
- Źródła ciepła
- Rodzaje pomp ciepła
- Sposób pracy pompy ciepła
- Wizualizacje pracy instalacji



**ZAWSZE ZNAJDZIE SIĘ KTOŚ
KTO CI ZROBI NIŻSZĄ CENĘ ZA USŁUGĘ :)**

Rynek pomp ciepła i PV



Rys. Rynek pomp ciepła w Polsce w latach 2010-2016 [Źródło: PORT PC]

Rynek pomp ciepła i PV

Rynek pomp ciepłą w Polsce:

- z roku na rok, zainteresowanie pompami ciepła jest coraz większe,
- zmieniają się przy tym „kierunki” zainteresowań Polaków,
- w 2010r. najczęściej sprzedano gruntowych pomp ciepła (B/W): **3 500 sztuk**,
a powietrznych (A/W), tylko **1 500 szt.**,
- w 2016r. zmieniło się to – Polacy więcej kupili pomp A/W: **5 210 urządzeń**,
niż B/W: **4 800 szt.**,
- z każdym rokiem, pompy **A/W** zyskują na popularności – w 2016r. sprzedano
o **33% więcej** tych urządzeń niż w 2015r., podczas gdy..
- sprzedaż gruntowych pomp ciepła pozostaje na niemal stałym poziomie,
- od 2010r. dynamicznie maleje sprzedaż pomp woda-woda (W/W), z **450 szt.**
w 2010r. do **70 szt.** w roku 2016,
- **pompy ciepła do c.w.u.** – **najlepiej sprzedające się** pompy ciepła w PL,
sprzedaż w ciągu ostatnich 3 lat mieści się na poziomie **ok. 8 500 szt. rocznie.**

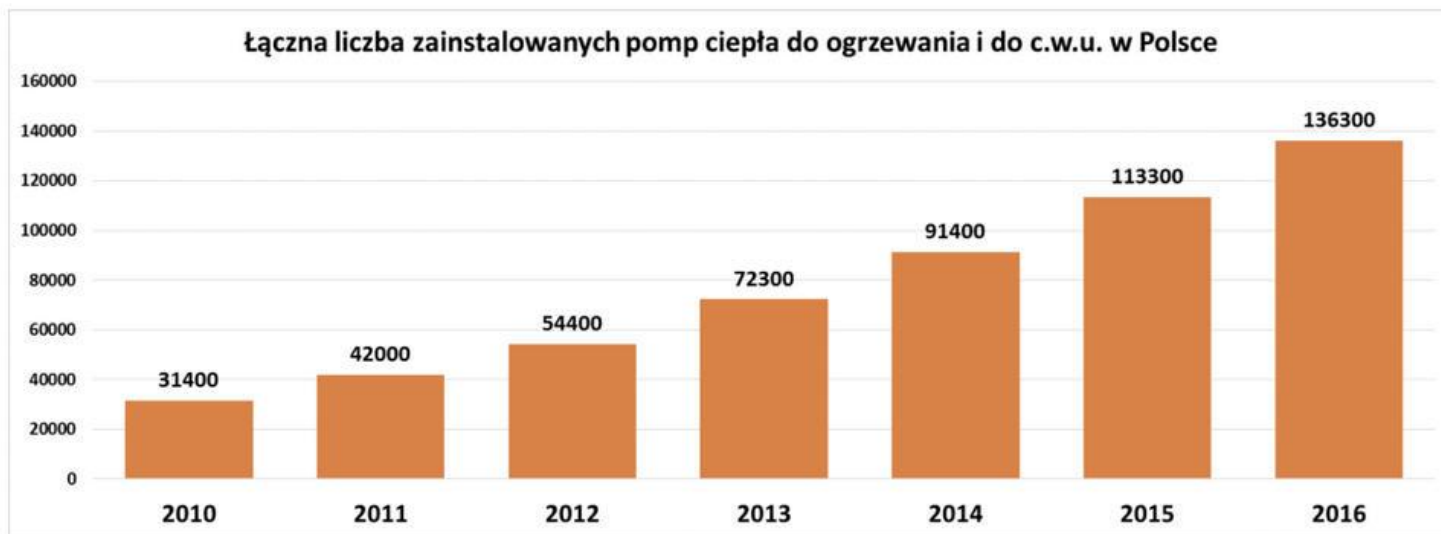
Rynek pomp ciepła i PV

Rynek pomp ciepłą w Polsce; c.d.

Prezes zarządu PORT PC: Paweł Lachman:

„Zgodnie z naszymi szacunkami, łączna liczba pracujących pomp ciepła w Polsce w roku 2016 to ponad 136 000 urządzeń, pomp ciepła przeznaczonych do ogrzewania to około 70.000 szt.

Rok 2017 oraz jak sądzimy, również kolejne lata, zapowiadają dalsze wzrosty rynku grzewczych pomp ciepła typu powietrze/woda. Myślę że ponownie możemy się spodziewać wzrostu rzędu 20-30%”



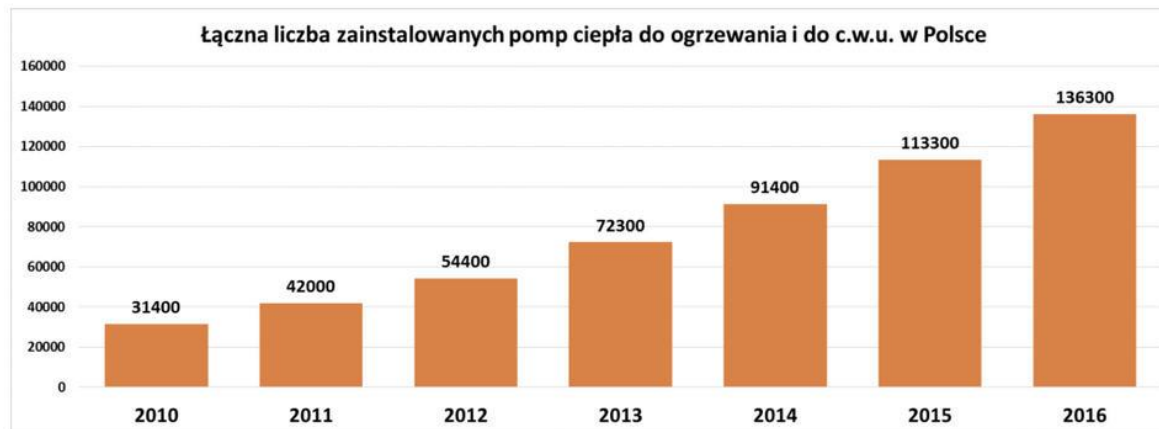
Rynek pomp ciepła i PV

Rynek pomp ciepłą w Polsce; c.d.

Podsumowanie:

„... łączna liczba pracujących pomp ciepła w Polsce w roku 2016
to **ponad 136 000 urządzeń...**”

**Duży potencjał dla firm
zajmujących się
obsługą i serwisowaniem pomp ciepła**

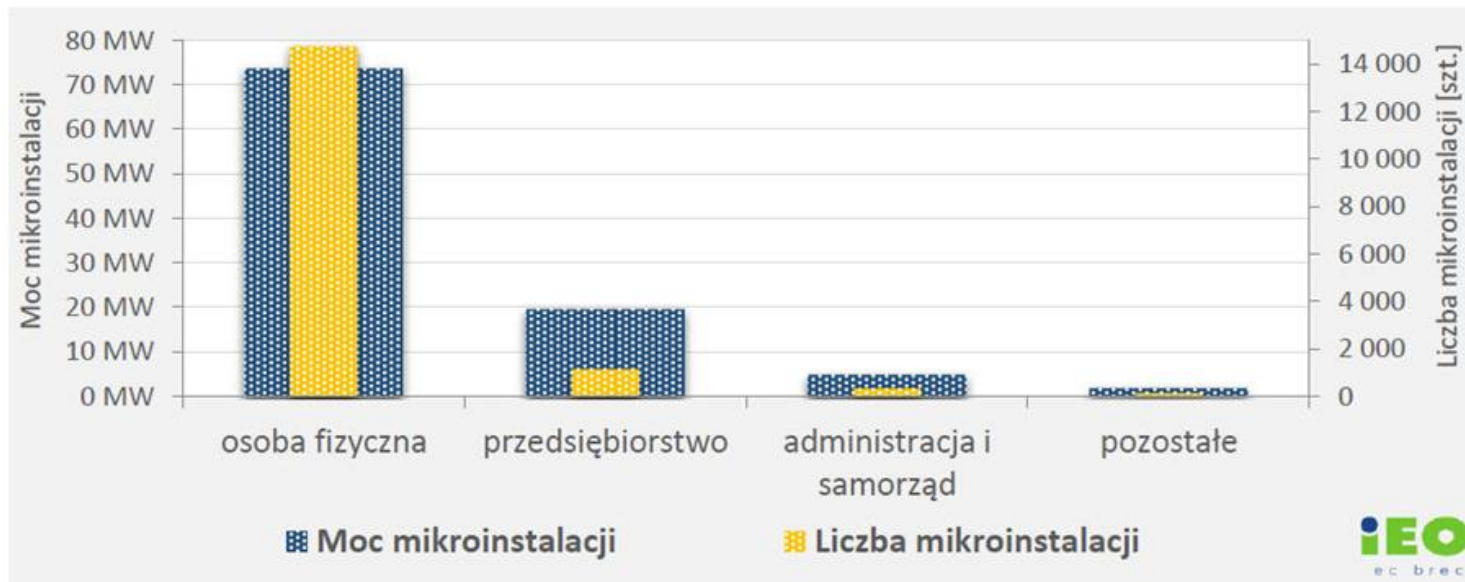


Rynek pomp ciepła i PV

Rynek fotowoltaiki w Polsce

W samym 2016 roku powstało **ponad 101 000 kW** nowych mocy w fotowoltaice, z czego ok. 73 000 kW w mikroinstalacjach (o mocy do 10 kW) – czyli, w zdecydowanej większości w małych domowych instalacjach fotowoltaicznych, których łączna liczba wynosi blisko **16 000 instalacji**.

Oznacza to prawie **4 krotny wzrost mocy** zainstalowanej w 2016 roku, w porównaniu z rokiem 2015.

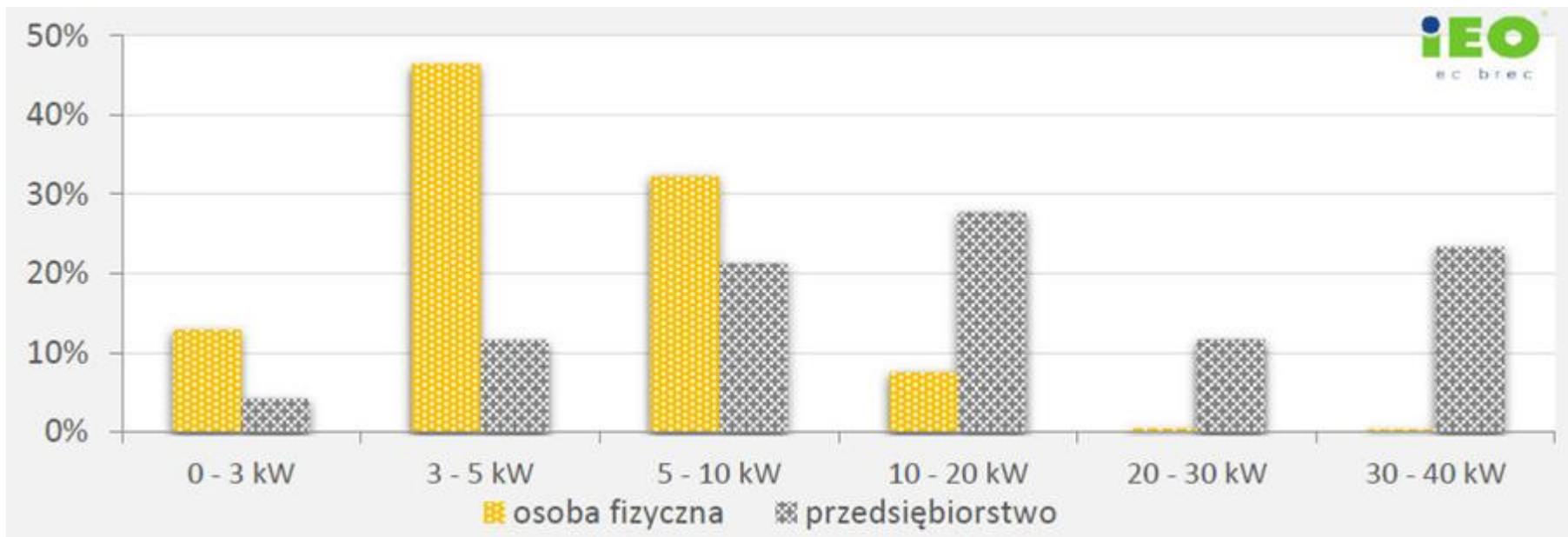


Wykres. Wytwórcy energii w mikroinstalacjach.

Rynek pomp ciepła i PV

Rynek fotowoltaiki w Polsce; c.d.

Do „naszych domów” **najczęściej kupujemy** instalacje fotowoltaiczne o mocy między **3-5 kW**, rzadziej o mocy 5-10 kW. Instalacja fotowoltaiczna o mocy 3-5 kW w ciągu roku wyprodukuje ok. 3 000 – 5 000 kWh słonecznej energii elektrycznej, co odpowiada ilości zużywanego prądu w „naszych domach”.



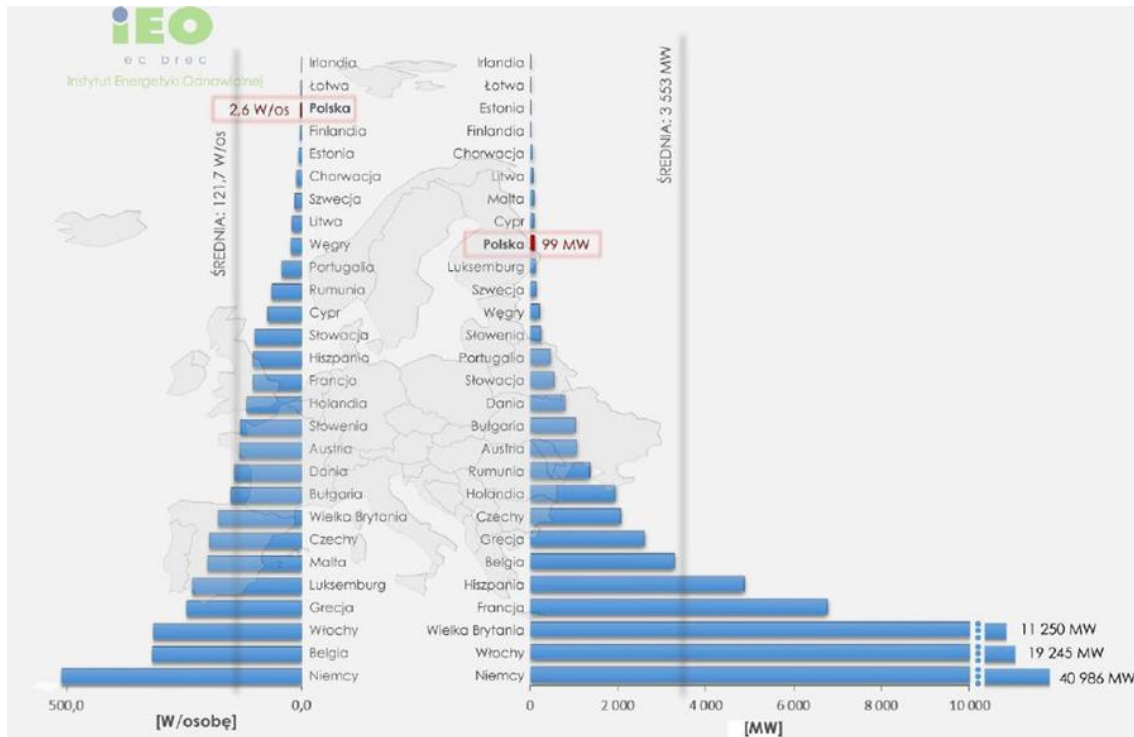
Wykres. Wielkość instalacji PV (moc zainstalowana).

Rynek pomp ciepła i PV

Rynek fotowoltaiki w Polsce; c.d.

W 2016 roku **najwięcej sprzedano** modułów fotowoltaicznych w województwach: podkarpackim, śląskim oraz w kujawsko-pomorskim.

Najmniej w województwach: lubuskim, opolskim i świętokrzyskim.



Wykres. Moc zainstalowana w fotowoltaice w krajach UE.

Rynek pomp ciepła i PV

Rynek fotowoltaiki w Polsce; c.d.

Raport „Rynek fotowoltaiki w Polsce’2017”,

na stronie IEO: <http://ieo.pl/pl/projekty/raport-rynek-fotowoltaiki-w-polsce-2017>



Zasada działania pompy ciepła

Co to jest ciepło ?

Ciepło jest to forma energii wewnętrznej substancji.

Substancje zawierają energię cieplną, aż **do temperatury zera absolutnego** ($0 \text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$).

Nawet powietrze o temperaturze **-20°C** zawiera ciepło, które mogą efektywnie wykorzystywać pompy ciepła.

Zasada działania pompy ciepła

Przepływ ciepła

Jeśli istnieje możliwość oddania energii innej substancji, powstaje strumień ciepła - przepływ ciepła.

Strumień ten płynie zawsze w kierunku temperatury niższej (nigdy odwrotnie).

Przykład przepływu ciepła.

Naczynie wypełnione wrzącą wodą, w temperaturze otoczenia, stygnie tak długo aż osiągnie temperaturę otaczającego je powietrza –
- woda oddała ciepło do otoczenia.

Zasada działania pompy ciepła

Fizyka pomp ciepła

Pompy ciepła wykorzystują zjawisko **przepływu ciepła**, ale również **zmianę stanu** fizycznego substancji.

Zmiana stanu: parowanie, skraplanie; zamarzanie i topnienie.

Przykład.

Jeżeli do gotującej się w naczyniu wody będziemy dalej dostarczać energię (ciepło), to cała woda wyparuje, a jej temperatura nie wzrośnie.

Ilość energii związana ze zmianą stanu fizycznego substancji, jest „tajemnicą”, dzięki której pompa ciepła pozyskuje energię z „zimnego” źródła i dostarcza energię, którą można wykorzystać do ogrzewania.

Zasada działania pompy ciepła

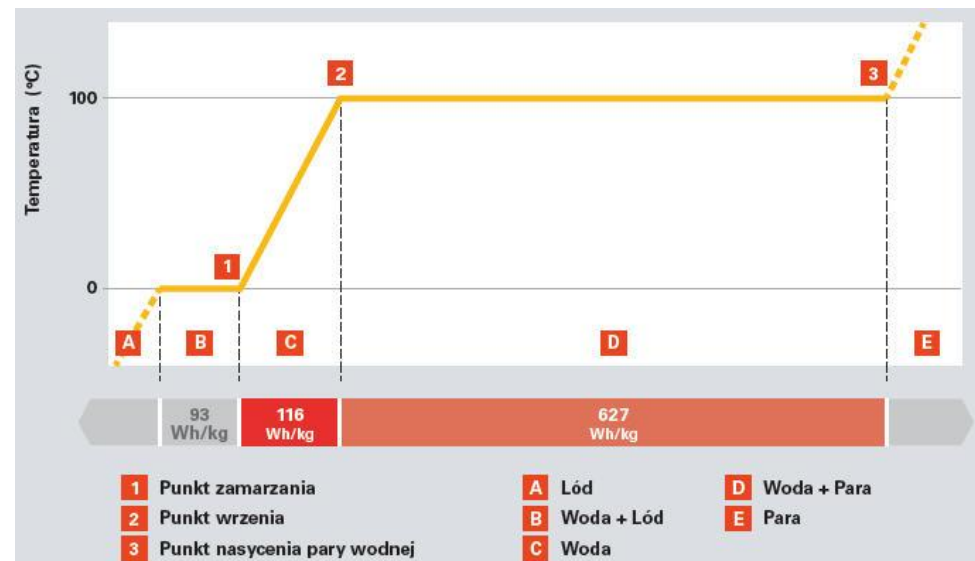
Skraplanie i parowanie

Są to dwa główne procesy zachodzące w pompie ciepła:

- **skraplanie** – stopniowe przechodzenie gazu (mieszanki gazów), w stan ciekły: **gaz -> ciecz**
- **parowanie** – stopniowe przechodzenie cieczy (lub mieszanki cieczy), w stan gazowy: **ciecz -> gaz**

Aby podgrzać 1 litr (kilogram) wody do punktu wrzenia, potrzeba **116 Wh** (pkt. 1-2). Kolejne **627 Wh** są konieczne, aby całkowicie odparować wodę (pkt. 2-3) - punkt nasycenia pary wodnej.

Rys. Zawartość energetyczna wody i pary wodnej.



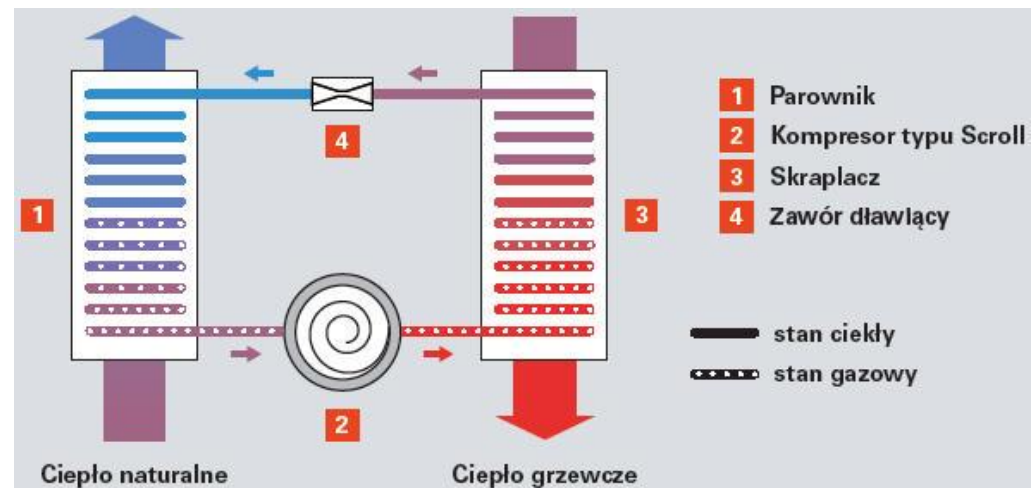
Zasada działania pompy ciepła

Sposób działania pompy ciepła (PC)

- 1 – w **parowniku**, czynnik chłodniczy odparowuje w niskich temperaturach - pochłania ciepło
- 2 – **sprężanie** (kompresja) podnosi temperaturę i ciśnienie pary czynnika chłodniczego
- 3 – w **skraplaczu**, dzięki kondensacji para czynnika chłodniczego oddaje ciepło
- 4 – **zawór dławiący** (rozprężny) - czynnik chłodniczy jest rozprężany, osiąga ciśnienie i temperaturę wyjściową

Parowanie i skraplanie odbywa się przy „stałym ciśnieniu”, a dokładniej – przy niemal stałym ciśnieniu.

Rys. Zasada działania kompresyjnej PC



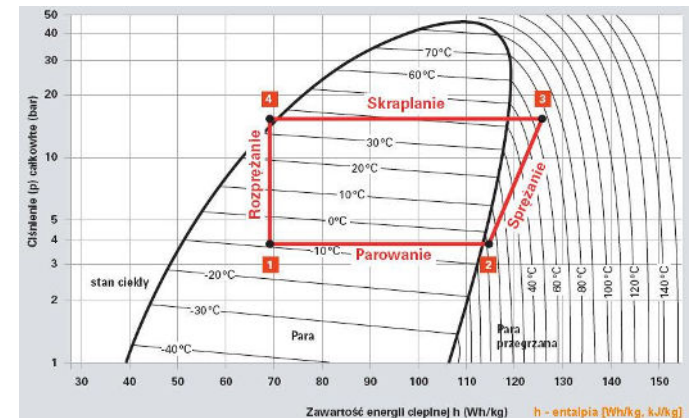
Zasada działania pompy ciepła

Sposób działania pompy ciepła (PC), c.d.

Obieg pracy pompy ciepła, można przedstawić na wykresie logarytmicznym, pokazującym zależność między ciśnieniem czynnika roboczego (chłodniczego), a jego entalpią.

Entalpia – określa zawartość energii w układzie termodynamicznym, oznaczana jako: H, I [kJ; Wh]; entalpia właściwa: h, i [kJ/kg, Wh/kg]. Entalpia, ze starogreckiego: „en” – „w” i „thalpein” – „rozgrzewać”.

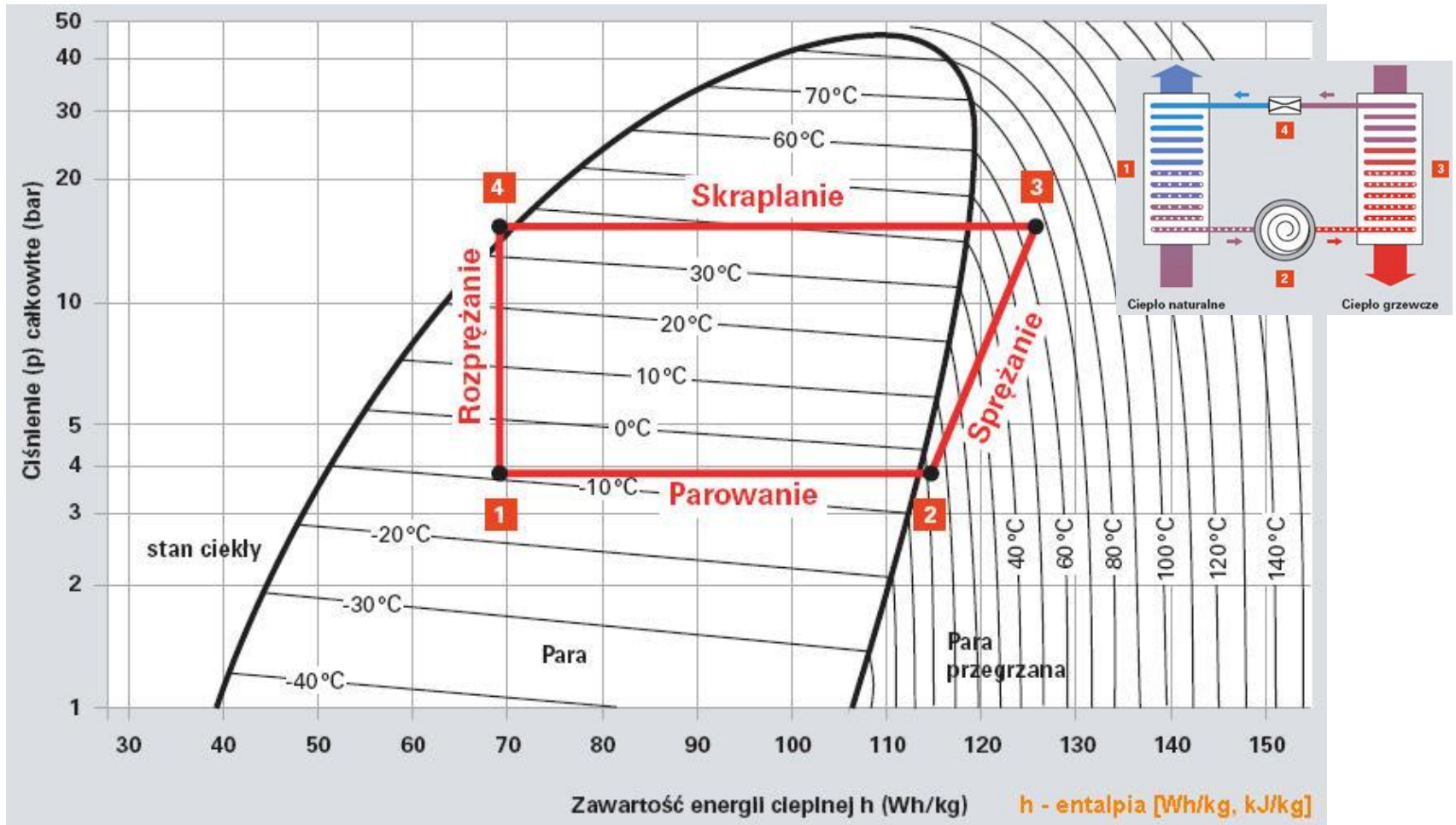
Praktycznie, każde urządzenie chłodzące można wykorzystać również do ogrzewania, a każdą pompę ciepła – do chłodzenia.



Rys. Diagram logarytmiczny czynnika chłodniczego: ciśnienie-entalpia.

Zasada działania pompy ciepła

Sposób działania pompy ciepła (PC), c.d.



Rys. Diagram logarymiczny ciśnienie-entalpia dla R407C (pompa ciepła A/W)

Zasada działania pompy ciepła

Efektywność pompy ciepła

Współczynnik efektywności PC (wsp. wydajności) – COP

Jest to stosunek ilości uzyskanej energii użytecznej (np. ciepła do ogrzewania), do energii włożonej – napędowej (np. energia elektryczna do zasilania sprężarki).

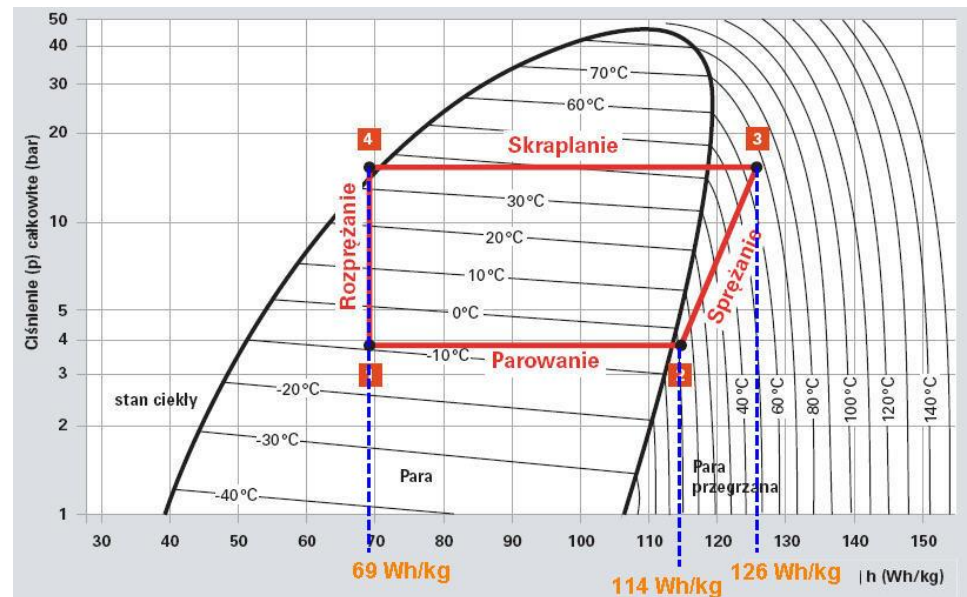
COP (ang. coefficient of performance):

$$COP = \frac{h3 - h4}{h3 - h2}$$

h2 entalpia na początku procesu sprężania

h3 entalpia na końcu procesu sprężania/początek oddawania ciepła

h4 entalpia na końcu procesu skraplania/koniec oddawania ciepła



$$COP = \frac{126 \text{ Wh/kg} - 69 \text{ Wh/kg}}{126 \text{ Wh/kg} - 114 \text{ Wh/kg}} = 4,75$$

Rys. Przykład obliczania COP

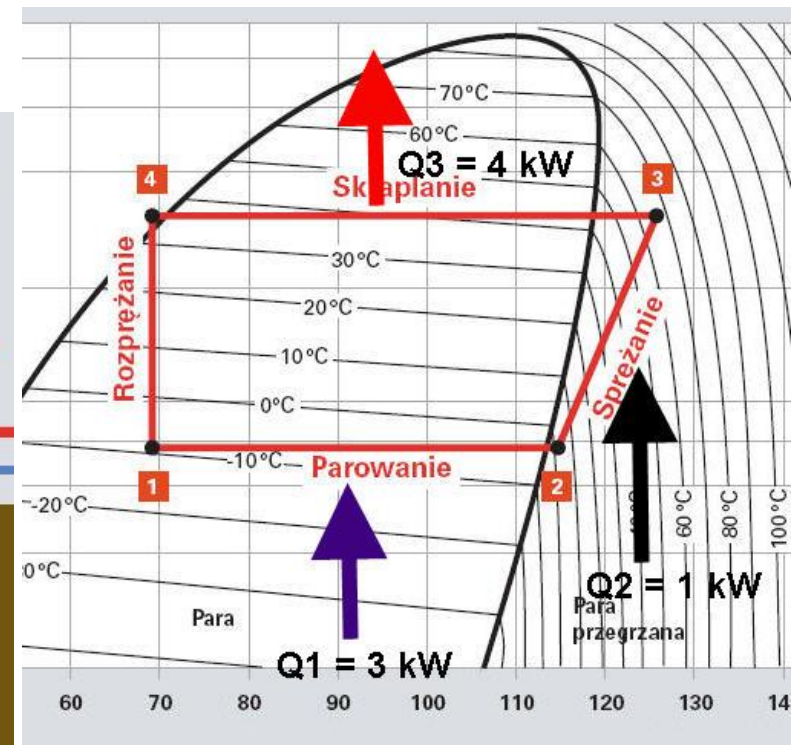
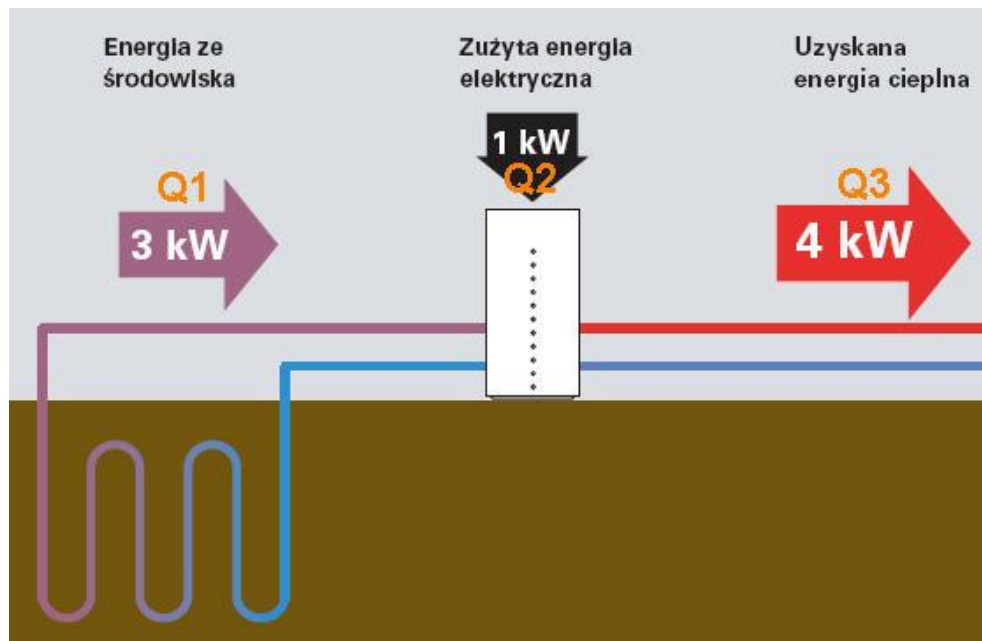
Zasada działania pompy ciepła

Efektywność pompy ciepła, c.d.

Lub:

$$COP = Q3 / Q2$$

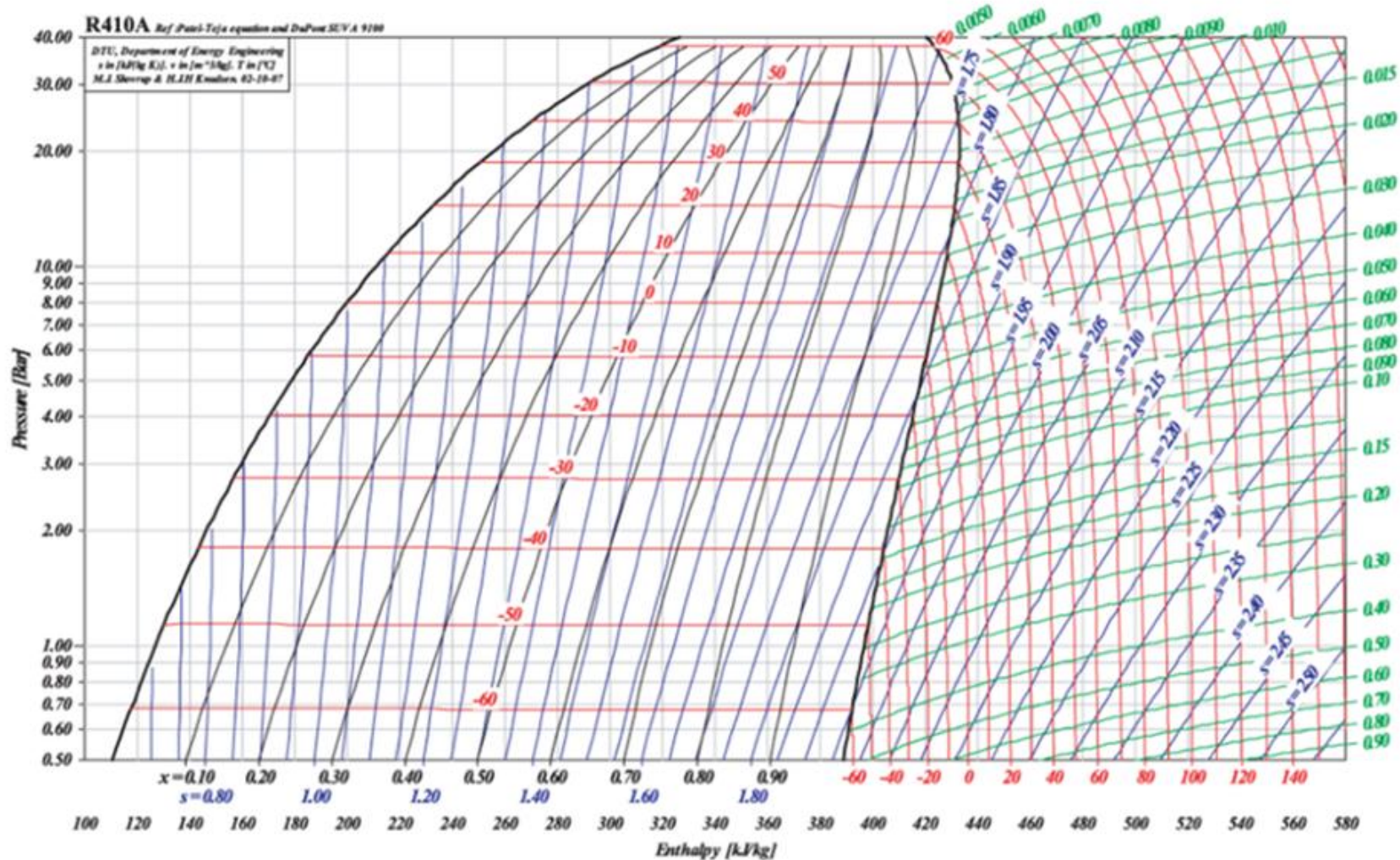
$$Q1 + Q2 = Q3$$



Rys. Przykładowy COP = 4 – ilość uzyskanej energii cieplnej jest 4 razy większa od zużytej energii elektrycznej; **COP = 4 kW / 1 kW = 4**

Zasada działania pompy ciepła

Charakterystyka R410A



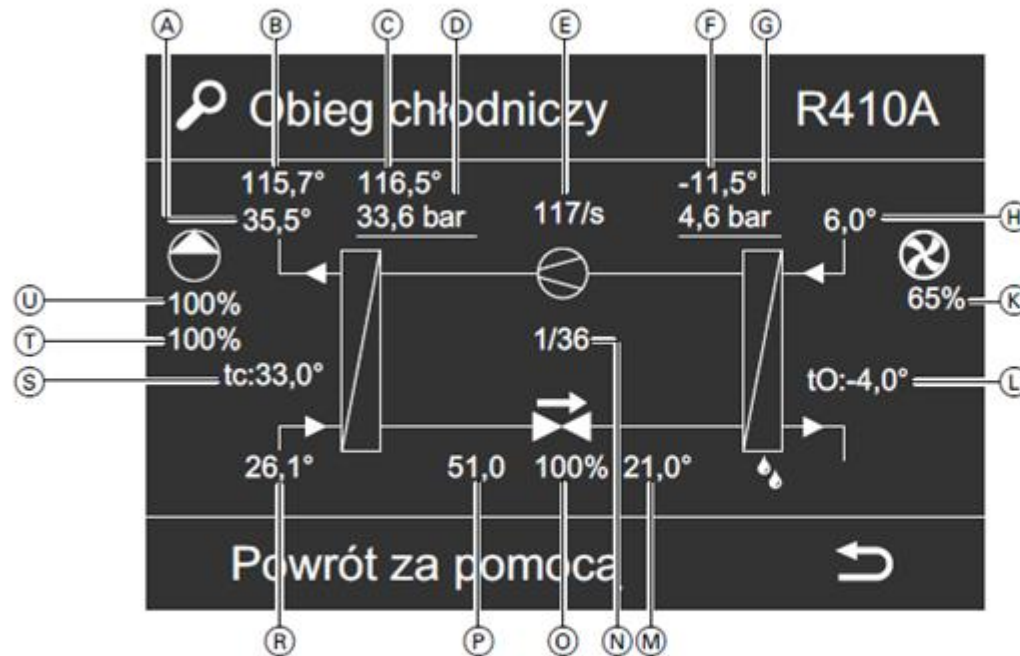
Zasada działania pompy ciepła

Regulator Vitotronic 200 – parametry układu chłodniczego:



Zasada działania pompy ciepła

Instrukcja serwisowa Vitotronic 200 (str. 116):



Rys. 23 Obieg chłodniczy w trybie grzewczym,



Zasada działania pompy ciepła

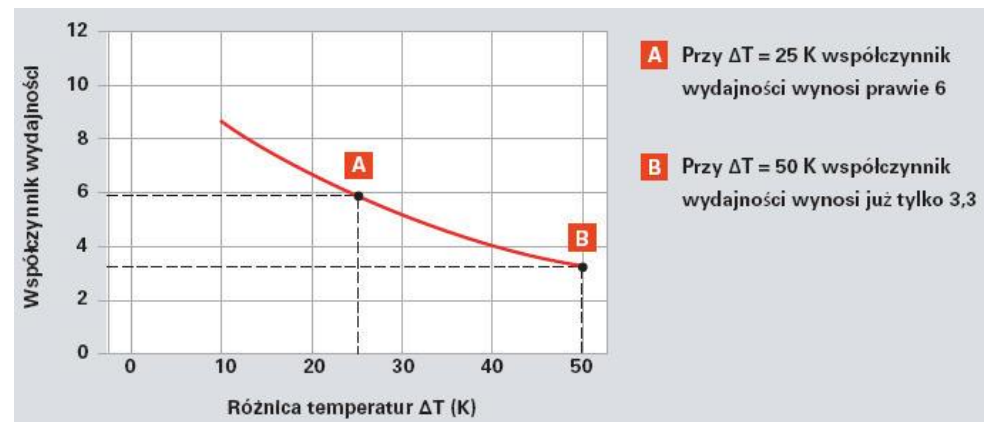
Efektywność pompy ciepła, c.d.

Wysokość COP

Im mniejsza jest różnica temperatur pomiędzy **temperaturą zasilania obiegu grzewczego** i **temperaturą wejściową źródła ciepła (ΔT)**, tym wyższy jest współczynnik wydajności COP (efektywności).

- temperatura zasilania ogrzewania niższa o 1 K – COP wyższy o **2,5%**
- temperatura źródła, np. solanki, wyższa o 1 K – COP wyższy o **2,7%**

Rys. Zmiana różnicy temperatur a współczynnik efektywności pompy ciepła



Zasada działania pompy ciepła

Efektywność pompy ciepła, **c.d.**

Współczynnik efektywności chłodniczej – EER

EER (Energy Efficiency Ratio) – współczynnik, który określa efektywność pompy ciepła, przy pracy **w trybie chłodzenia**. Jest to stosunek dostarczonej mocy chłodniczej, do pobranej mocy elektrycznej.

Jeśli EER wynosi 3 to znaczy, że wykorzystując 1 kWh energii elektrycznej dostarczamy do pomieszczenia 3 kWh chłodu (lub usuwamy 3 kWh ciepła).

Zasada działania pompy ciepła

Efektywność pompy ciepła, c.d.

COP znormalizowany

Współczynniki efektywności (wydajności) pomp ciepła, ustalane są w oparciu o normę DIN PN-EN 14511 i mierzone w ustalonych punktach pracy, w zależności od rodzaju pompy ciepła.

Punkty te określone są przez temperaturę wejściową źródła ciepła do PC – dolne źródło ciepła (powietrza: **A**, solanki: **B**, wody: **W**); i temperaturę zasilania instalacji grzewczej – górne źródło ciepła (na wyjściu z pompy ciepła); schłodzenie wody grzewczej: **5 K**.

Punkty pracy (DIN EN 14511):

	Typ	Temperatura wejściowa źródła ciepła	Temperatura zasilania obiegu wtórnego
A – z ang. air (= powietrze)	Powietrze/Woda	A 2 °C	W 35 °C
B – z ang. brine (= solanka)	Solanka/Woda	B 0 °C	W 35 °C
W – z ang. water (= woda)	Woda/Woda	W 10 °C	W 35 °C

Zasada działania pompy ciepła

Efektywność instalacji z pompą ciepła

Sezonowy współczynnik efektywności: SPF, SCOP

COP określa stosunek ciepła użytecznego dostarczonego przez pompę ciepła, do pobranej przy tym energii elektrycznej - w konkretnym punkcie pracy (temperatur), **w danej chwili**.

Może służyć **do porównania pomp ciepła** różnych producentów – **dla tych samych warunków pracy**.

SPF, SCOP - jest to stosunek dostarczonego ciepła użytecznego, do zużycia energii elektrycznej, ale wykorzystanej przez całą instalację ogrzewania (pompy, grzałki, siłowniki, itp.) - **dla określonego przedziału czasu**, np.: dla miesiąca, okresu grzewczego, całego roku, itp.

Jest pomocny przy określaniu **efektywności instalacji ogrzewania** budynku z pompą ciepła, tym samym, **do oszacowania kosztów ogrzewania**, np. w ciągu całego roku.

Zasada działania pompy ciepła

Efektywność instalacji z pompą ciepła, c.d.

Sezonowy współczynnik efektywności: SPF, SCOP, c.d.

SCOP – wsp. **obliczony** – określony na podstawie obliczeń.

SPF – wsp. **rzeczywisty** – wyznaczony na podstawie pomiarów zebranych w realnych warunkach pracy instalacji, np.:

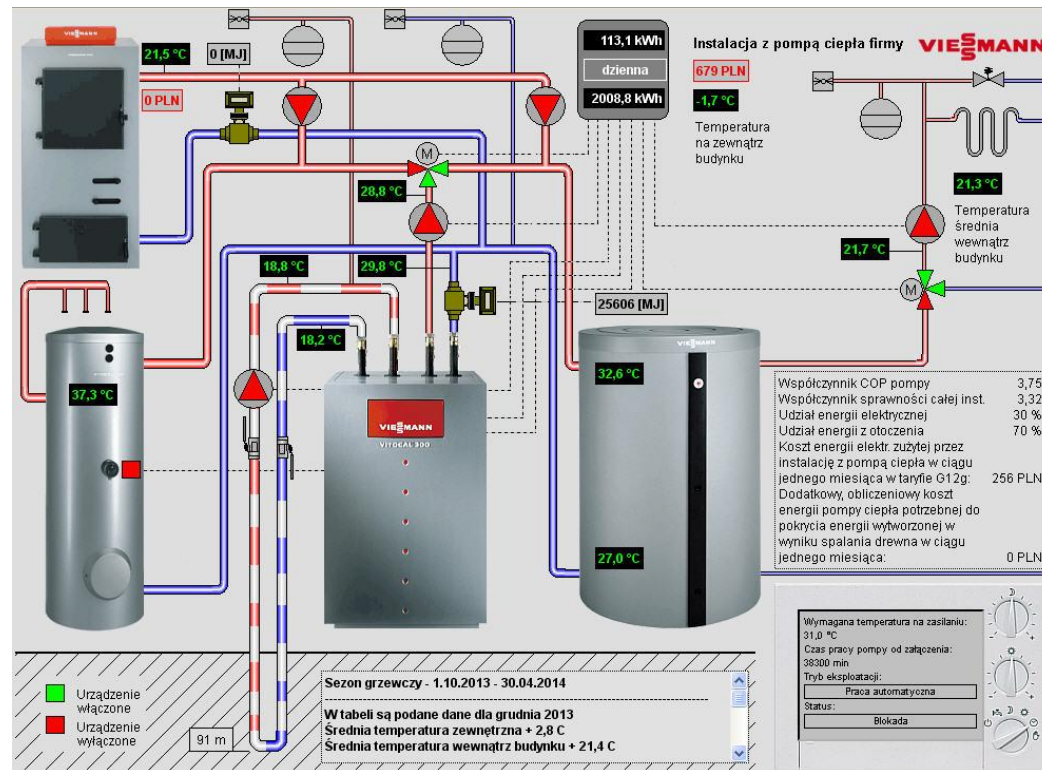
- zużycie energii elektrycznej (dodatkowy licznik energii elektrycznej), przez: pompę ciepła, grzałkę elektryczną, pompy, układy automatyki i sterowania;
- Ilość ciepła dostarczona do ogrzewania – licznik ciepła.

Zasada działania pompy ciepła

Efektywność instalacji z pompą ciepła, c.d.

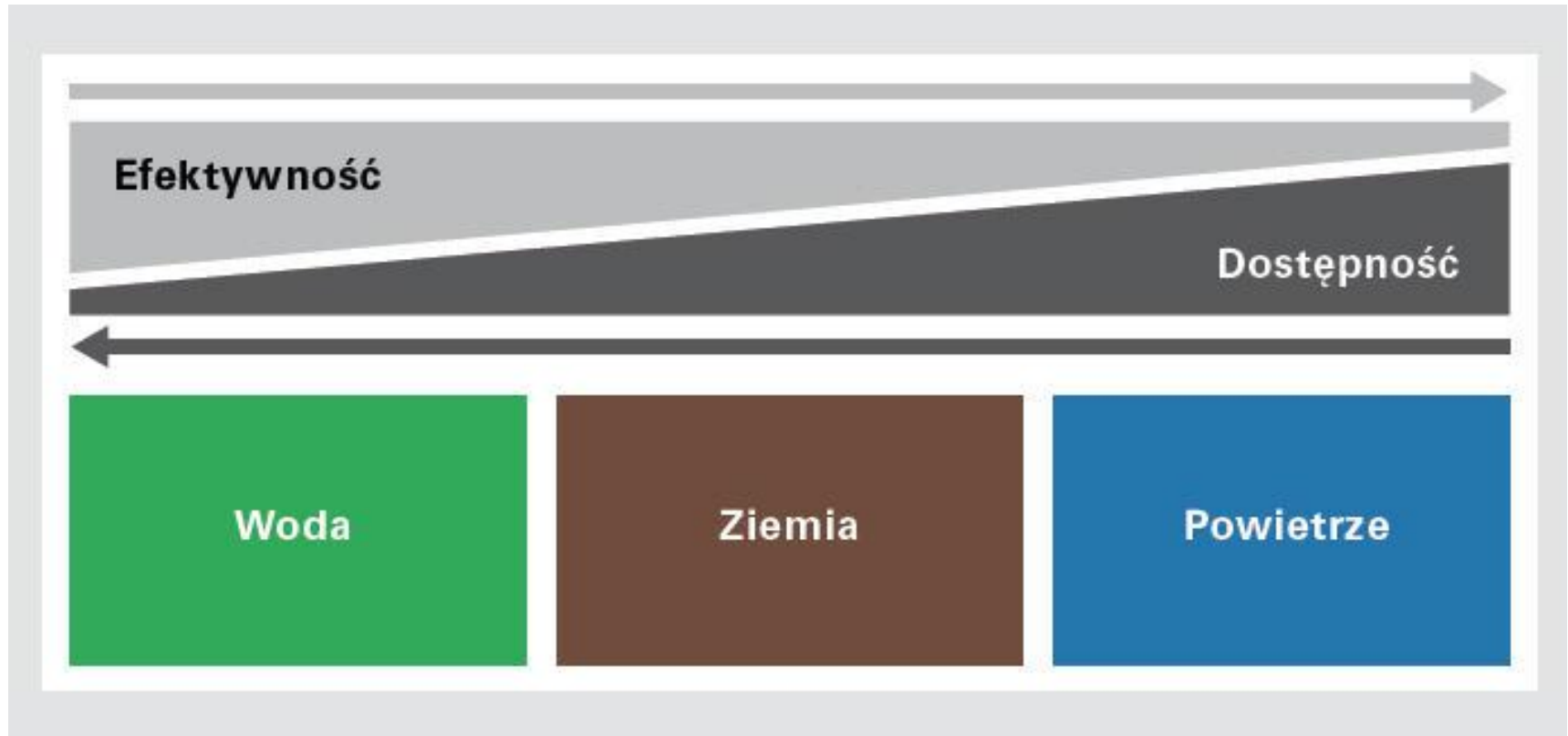
Sezonowy współczynnik efektywności: SPF, SCOP, c.d.

Przykładowa instalacja i jej opomiarowanie:



Źródła ciepła

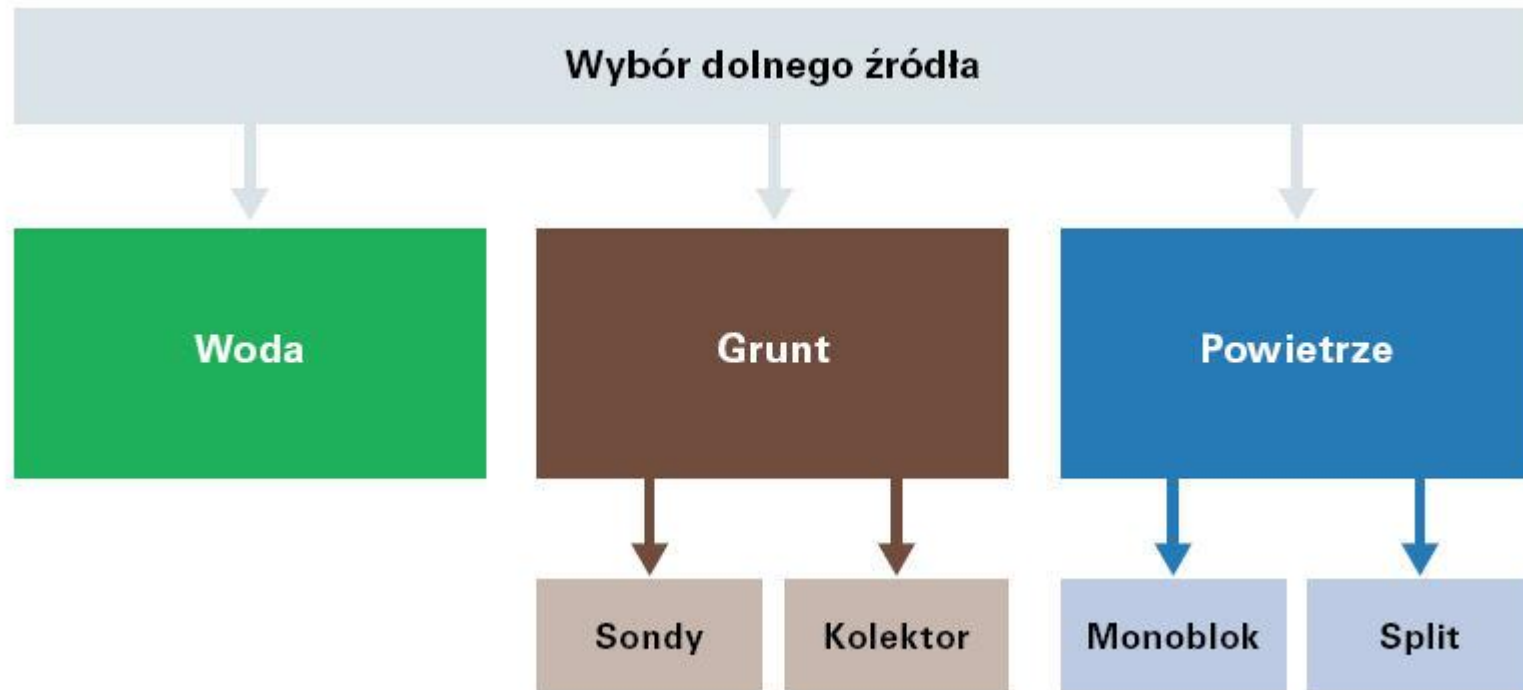
Źródło ciepła dla PC



Rys. Efektywność PC w zależności od źródła ciepła i jego dostępność.

Źródła ciepła

Źródło ciepła dla PC – podział ogólny



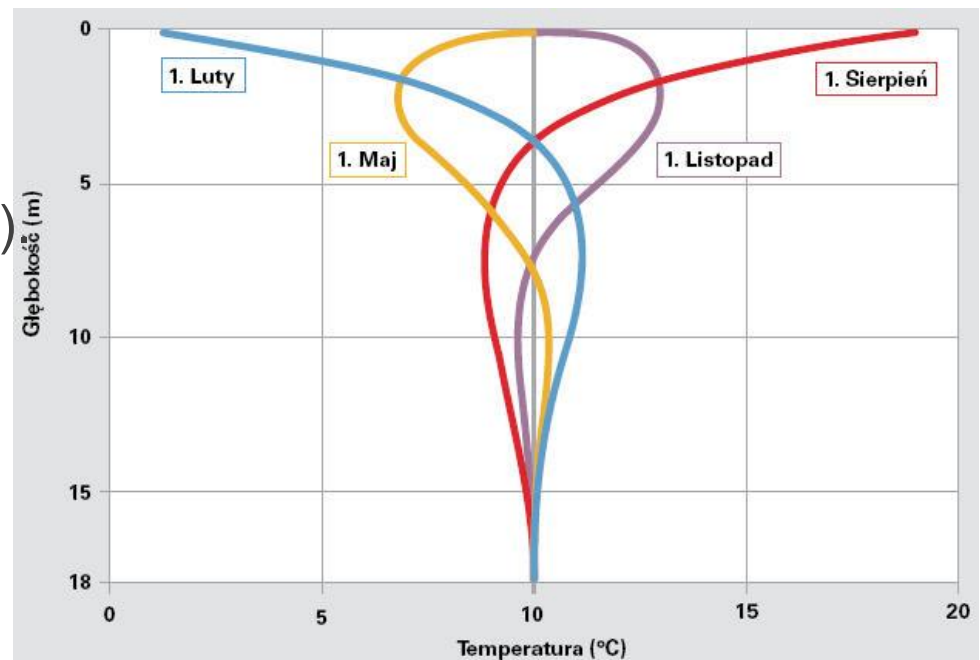
Rys. Wybór dolnego źródła pompy ciepła (PC)

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW)

Grunt jest stabilnym źródłem energii cieplnej – np. na głębokości 2 m temperatura gruntu utrzymuje się przez cały rok na stosunkowo równomiernym poziomie: od ok. 7°C do ok. 13°C.

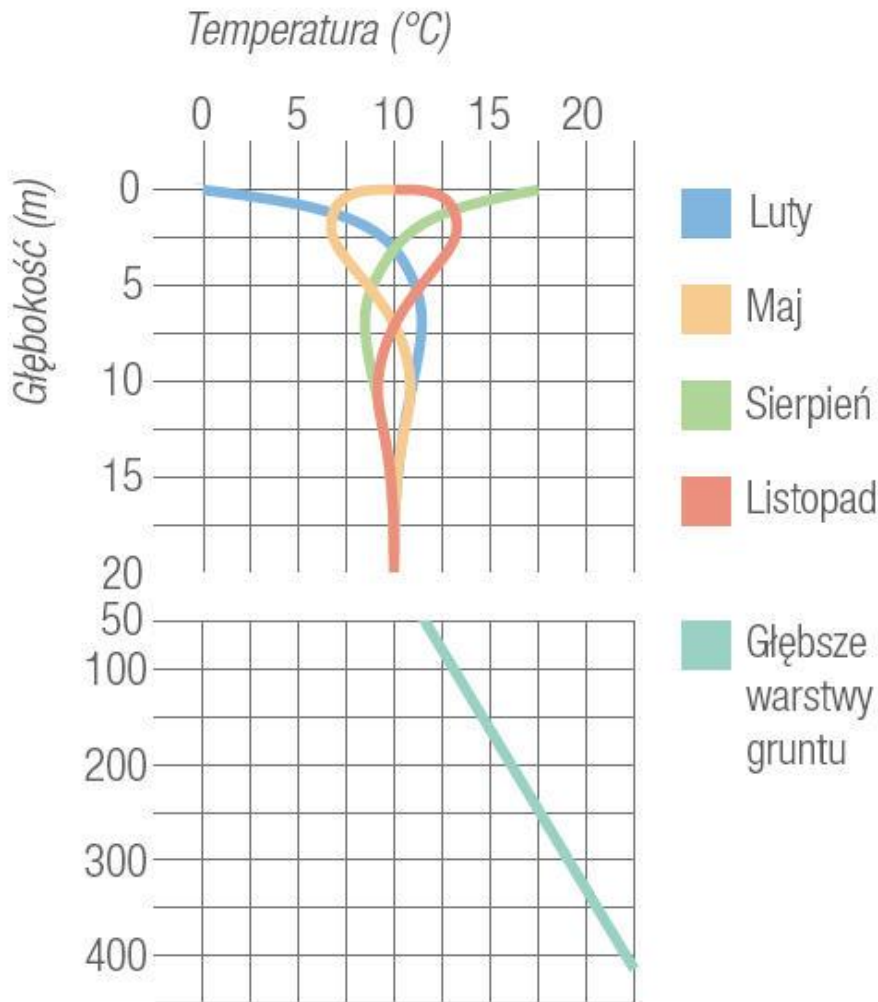
Pozyskiwanie ciepła z gruntu, realizowane jest najczęściej przez tzw. wymiennik gruntowy: rury ułożone poziomo lub pionowo, którymi przepływa „solanka” (mieszanka wody i środka przeciw zamarzaniu)



Rys. Rozkład temperatury w gruncie.

Źródła ciepła

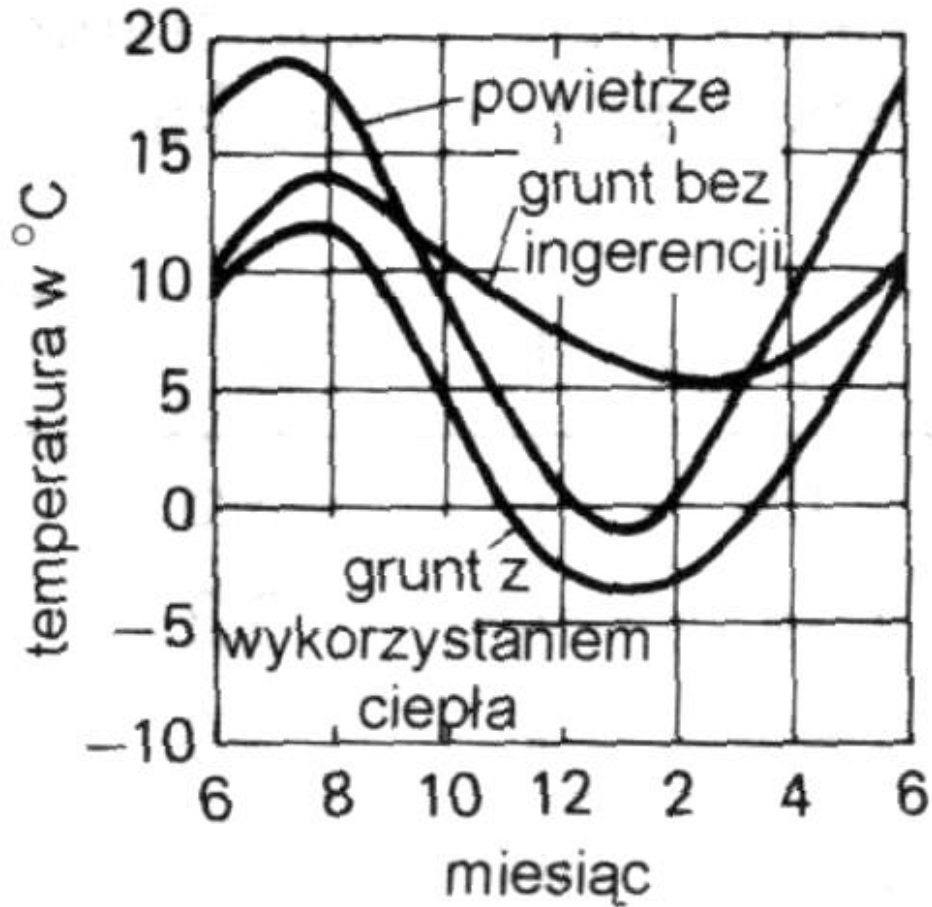
Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.



Rys. Rozkład temperatury w gruncie.

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.



Rys. Zmiana temperatury gruntu

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

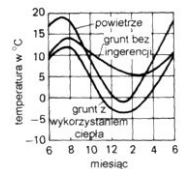
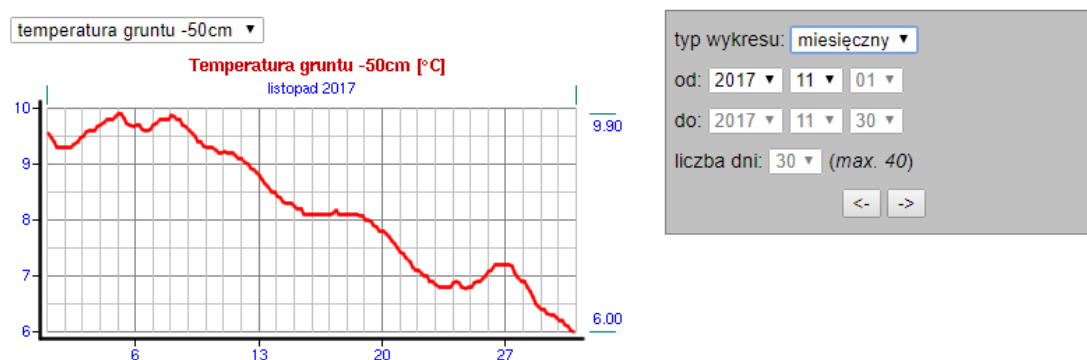
Stacja meteo Warszawa, dane aktualne i archiwalne:

<http://www.meteo.waw.pl/hist.pl>

- temperatura zewnętrzna
- prędkość i kierunek wiatru
- temperatura gruntu na głębokości 50 cm (10 cm, +10 cm)
- natężenie promieniowania słonecznego (W/m²)

Inne stacje meteo on-line, na stronie: <http://www.meteo.waw.pl/>

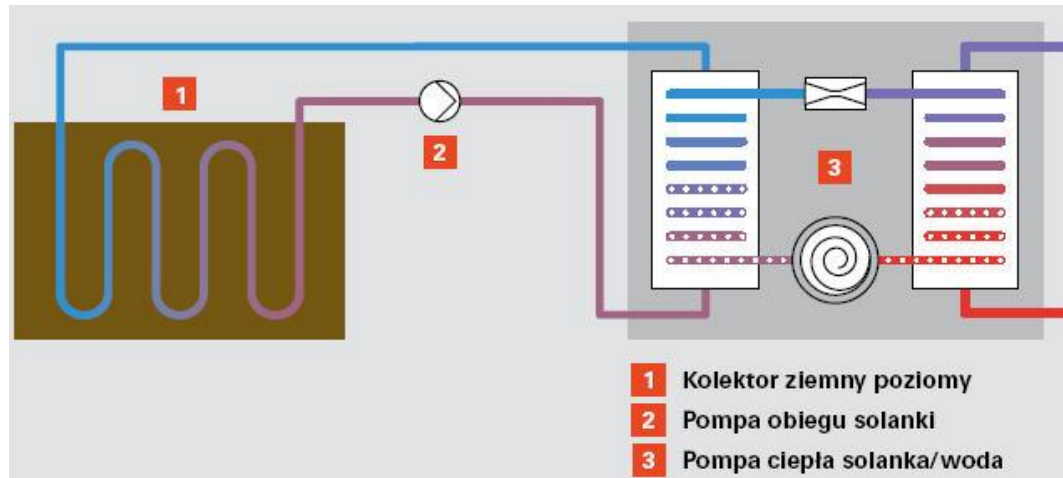
Historia pomiarów



Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

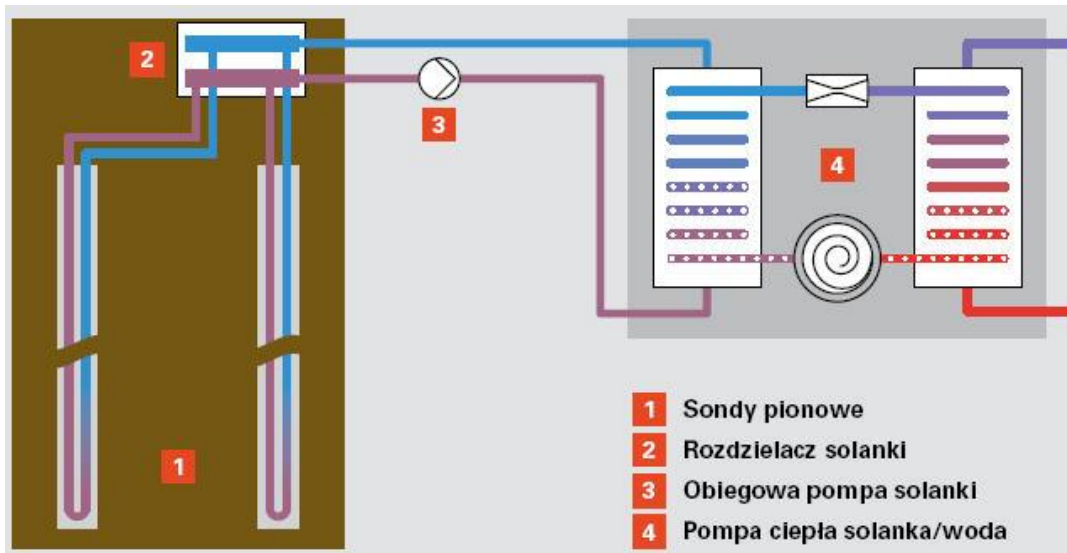
Wymiennik gruntowy poziomy - kolektor gruntowy:



Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik gruntowy pionowy – sondy gruntowe:



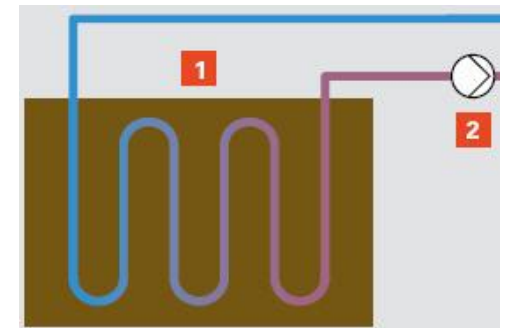
Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Wymiennik poziomy – kolektor gruntowy

Kolektory wykorzystują ciepło, które dostarczone zostało do gruntu w wyniku **promieniowania słonecznego, opadów deszczu** lub z **wodą pochodzącą z roztopów**. Wykorzystują w miarę stabilną temperaturę gruntu w ciągu całego roku :

- rury z tworzyw sztucznych, zakopane ok. 20-30 cm poniżej strefy przemarzania gruntu: **od 1,2 do 1,6 m** (większe głębokości są nieuzasadnione ekonomicznie)
- pojedyncze pętle (kręgi): **do 100 m długości** – dla uzyskania możliwie niewielkich spadków ciśnienia (>100 m – pompa o większej mocy = większe zużycie prądu)
- poszcz. pętle wymiennika łączą się w kolektorze zasilającym i powrotnym



Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

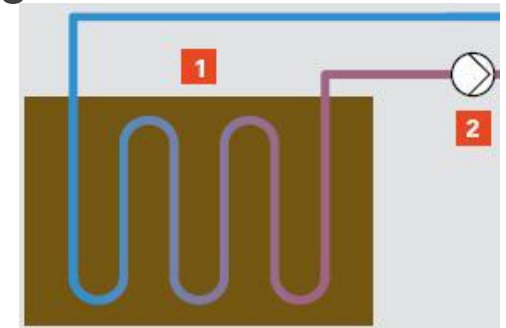
Wymiennik poziomy – kolektor gruntowy, c.d.

- odstępy między rurami określa się tak, aby **uniknąć całkowitego zamarznięcia gruntu**; mamy wówczas pewność, że warstwy lodu, tworzące się wokół rur, nie połączą się ze sobą

Przykład:

- dla rury PE o średnicy DA 20 (DN 15) zalecany odstęp wynosi 30 cm – długość przewodów rurowych wynosi wówczas 3 m na metr kwadratowy powierzchni kolektora (3 m/m²)
- rura PE DA 25 (DN 20), zalecany odstęp: 50 cm, długość: 2 m/m²

DA	DN	Odstęp pomiędzy rurami cm	Długość rury m/m ²
20	15	30	3
25	20	50	2
32	25	70	1,5



Tab. Odstępy pomiędzy rurami w kolektorach gruntowych (poziomych)

Źródła ciepła

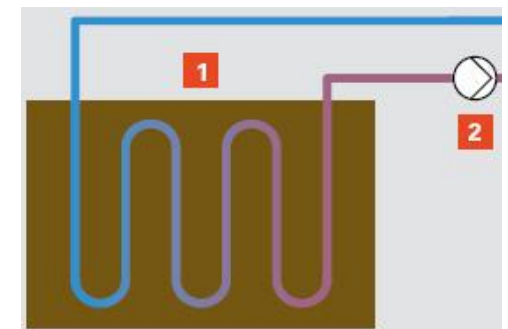
Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik poziomy – kolektor gruntowy, c.d.

- im bardziej suche jest podłoże, tym mniejsza jest wydajność poboru ciepła kolektorów ziemnych – trzeba wykonać **większy wymiennik**

Podłoże	Specyficzna wydajność poboru ciepła	
	w ciągu 1800 h	w ciągu 2400 h
Grunt suchy, niespoisty	10 W/m ²	8 W/m ²
Grunt spoisty, wilgotny	20–30 W/m ²	16–24 W/m ²
Piasek, żwir nasycony wodą	40 W/m ²	32 W/m ²

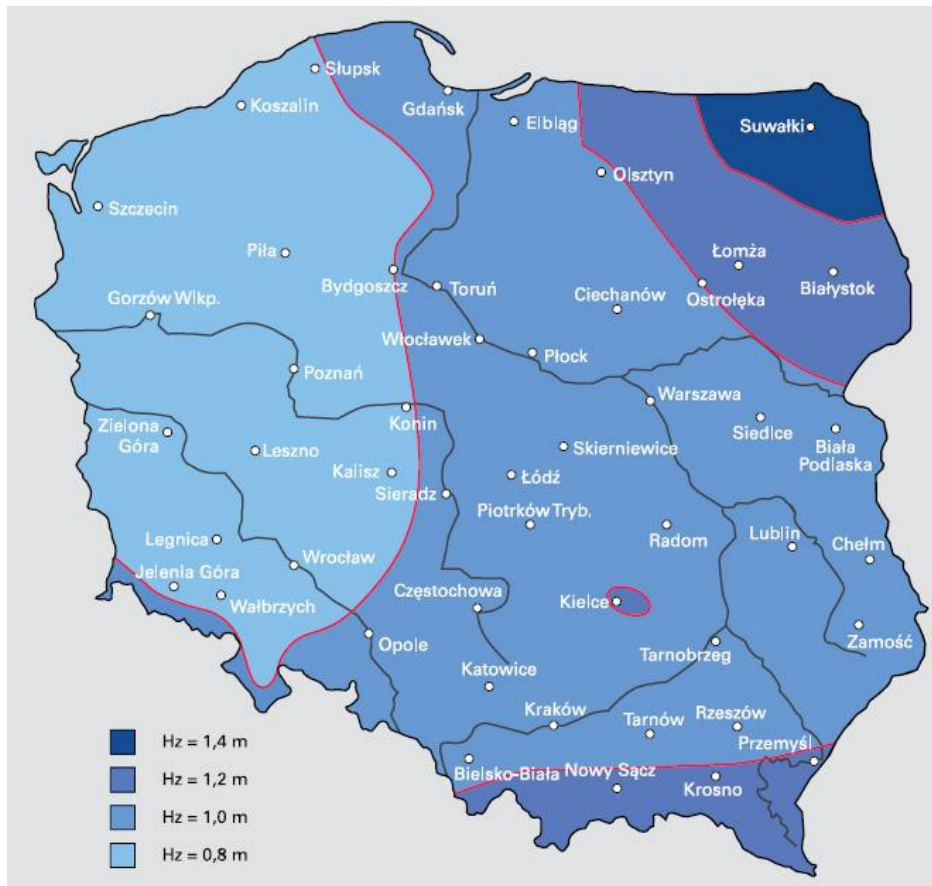
Teb. Wydajność poboru ciepła z kolektorów poziomych



Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Wymiennik poziomy – kolektor gruntowy, c.d.



Rys. Kolektor gruntowy - poziomy.

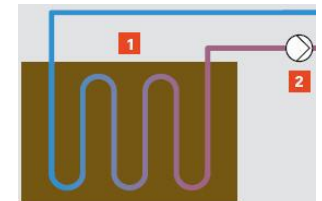
Rys. Strefy przemarzania gruntu w Polsce.

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik poziomy – kolektor gruntowy, c.d.

- na skutek działania pompy ciepła, wokół przewodów rurowych wymiennika poziomego, może okresowo występować niewielkie oblodzenie ziemi – nie ma negatywnego wpływu na działanie instalacji, „ani na rosnące na powierzchni rośliny”
- rośliny o głębokich korzeniach nie powinny być sadzone w pobliżu kolektorów ziemnych – bezpieczeństwo instalacji
- powierzchnia nad kolektorem gruntowym nie powinna być zabudowana czy zabetonowana, żeby umożliwić regenerację gruntu w okresie wiosenno-letnim (magazynowanie ciepła w gruncie)



Źródła ciepła

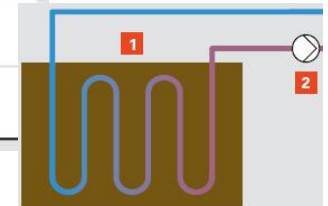
Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik poziomy – kolektor gruntowy, c.d.

- właściwości magazynujące i zdolność do przewodzenia ciepła są tym lepsze, im więcej wody i składników mineralnych jest w ziemi i im mniej porowaty jest grunt
- wydajność poboru ciepła z gruntu (ziemi), wynosi od ok. 10 do 35 W/m²

Rodzaj podłoża	Specyficzna wydajność poboru ciepła
Podłoże suche i piaszczyste	15–20 W/m ²
Podłoże wilgotne i piaszczyste	15–20 W/m ²
Podłoże suche i gliniaste	20–25 W/m ²
Podłoże wilgotne i gliniaste	25–30 W/m ²
Podłoże z obecnością wód gruntowych	30–35 W/m ²

Tab. Wydajność poboru ciepła z gruntu.



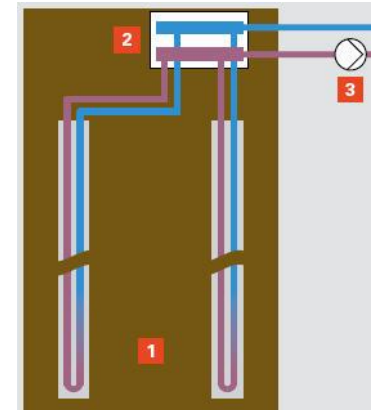
Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik pionowy – sondy gruntowe

Rury wymiennika ułożone są pionowo w głąb ziemi. Wymiennik wykonywany jest za pomocą specjalnych maszyn wiertniczych:

- najczęściej sondy gruntowe wykonuje się do głębokości ok. 100 m
- konieczny jest projekt geologiczny i uzyskanie zgody Urzędu Gminy
- głębsze odwierty – potrzebna jest zgoda Urzędu Górniczego
- w wywiercony otwór wprowadza się sondę (rurę z tworzywa sztucznego), a przestrzeń między rurą a ścianą otworu uzupełnia się substancją wypełniającą

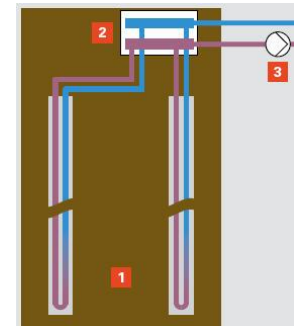


Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Wymiennik pionowy – sondy gruntowe, **c.d.**

- w zależności od rodzaju gruntu i rozmiaru sondy stosuje się różne typy wiertel
- koszt wykonania wymiennika gruntowego (z sondą, połączeniem i wypełnieniem), wynosi zwykle od 60 do 120 zł za metr

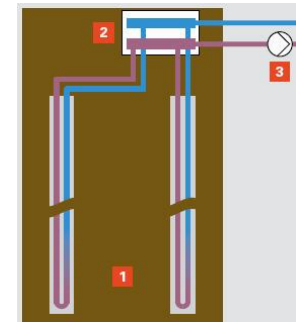


Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik pionowy – sondy gruntowe. c.d.

- podstawą projektowania instalacji wymiennika pionowego, jest **dokładna znajomość właściwości gruntu**, kolejność warstw geologicznych, obecność wód gruntowych lub powierzchniowych – kierunek przepływu cieków wodnych
- średnia wydajność ciepła z sondy gruntowej wynosi **do 50 W/m** długości sondy; jeśli sonda znajduje się w bogatej warstwie wodonośnej możliwe jest uzyskanie wyższej wydajności poboru ciepła
- pobrany podczas odwiertu rdzeń pozwala określić spodziewaną wydajność poboru ciepła z gruntu i skorygować wielkość obliczeniową wymiennika pionowego; czasem wykonuje się **odwierty próbne** dla uzyskania dokładnych informacji potrzebnych do zaprojektowania instalacji



Źródła ciepła

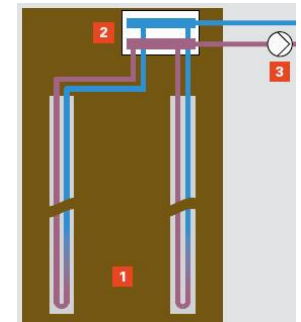
Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Wymiennik pionowy – sondy gruntowe. **c.d.**

- podobnie jak w kolektorach poziomych, czynnikiem transportującym ciepło jest solanka
- sondy gruntowe wykonuje się z rur w kształcie litery „U” – pojedyncza lub podwójna „U-rura”; zasilanie i powrót łączy się w rozdzielaczu solanki



Zdj. Studnia rozdzielaczowa



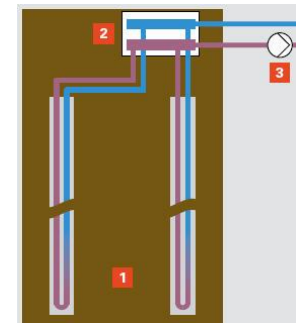
Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Wymiennik pionowy – sondy gruntowe. c.d.

Rodzaj podłoża	Wydajność średnia poboru ciepła
Wskaźniki ogólne	
Słabe podłoże (osad suchy)	20 W/m
Zwarta skała (osad nasycony wodą)	50 W/m
Zwarta skała o dużej przewodności cieplnej	70 W/m
Poszczególne rodzaje gleby	
Żwir, piasek, gleba sucha	< 20 W/m
Żwir, piasek, zawierające wodę	55–65 W/m
Gлина wilgotna	30–40 W/m
Wapień, (lity)	45–60 W/m
Piaskowiec	55–65 W/m
Magmatyty kwaśne (np. granit)	55–70 W/m
Magmatyty zasadowe (np. bazalt)	35–55 W/m
Gnejs	60–70 W/m

Tab. Wydajność średnia poboru ciepła – podwójna „U-rura”.



Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Rury wymiennika

Do wykonania sond i kolektorów gruntowych wykorzystuje się najczęściej przewody (rury) z tworzyw sztucznych (**PE 100, HDPE** - polietylen wysokiej gęstości, **HDPE RC, PEXa**).

PE 80 i 100 – **klasa materiału**, określana przez współczynnik minimalnej wymaganej wytrzymałości (wsp. MRS). Zastosowanie materiału o wyższym MRS pozwala na zmniejszenie grubości ścianki rury przy zachowaniu określonej wytrzymałości na ciśnienie.

Grubość ścianki rury decyduje o jej wytrzymałości na ciśnienie. Dla rur z tworzyw sztucznych używa się oznaczenia **SDR** (standard dimension ratio).

$$\text{SDR} = \frac{\text{DA}}{\text{S}}$$

SDR Standard Dimension Ratio

(współczynnik SDR)

DA średnica zewnętrzna w mm

S grubość ścianki w mm

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Rury wymiennika, **c.d.**

Im wsp. SDR jest mniejszy, tym bardziej wytrzymała na ciśnienie jest rura.

DN	DA	Grubość ścianki (mm)	
		SDR 11	SDR 7,4
15	20	1,9	2,8
20	25	2,3	3,5
25	32	2,9	4,4
32	40	3,7	5,5
40	50	4,6	6,9
50	63	5,8	8,6

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Rury wymiennika, **c.d.**

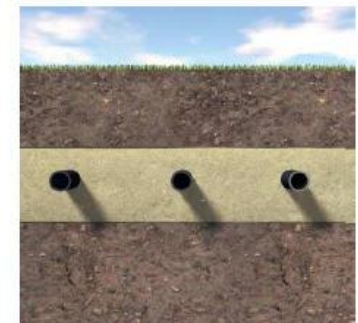
Wymienniki gruntowe mogą być również wykonane z rur **PE-Xa** (np. firma REHAU)



PE-Xa



lub



PE 100



Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), **c.d.**

Rury wymiennika, **c.d.**



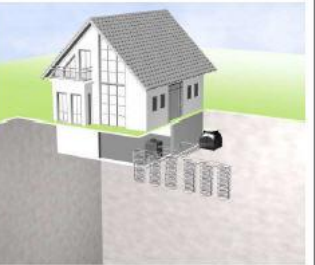







Trwałość Rury SDR 11(25x2,3 lub 32x2,9)			
PE-Xa		PE 100	
20 °C	100 lat / 15 bar	20 °C	100 lat / 15,7 bar
30 °C	100 lat / 13,3 bar	30 °C	50 lat / 13,5 bar
40 °C	100 lat / 11,8 bar	40 °C	50 lat / 11,6 bar
50 °C	100 lat / 10,5 bar	50 °C	15 lat / 10,4 bar
60 °C	50 lat / 9,5 bar	60 °C	5 lat / 7,7 bar
70 °C	50 lat / 8,5 bar	70 °C	2 lat / 6,2 bar
80 °C	25 lat / 7,6 bar	80 °C	-
90 °C	15 lat / 6,9 bar	90 °C	-

Źródło: REHAU

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Inne rozwiązania wymienników gruntowych

Sondy	Kolektory	Helix®	Sondy współosiowe	Pale Energetyczne
				
				

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Inne rozwiązania wymienników gruntowych, c.d.

Źródło: REHAU

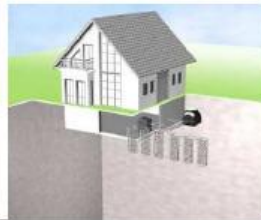
Sondy

Kolektory

Sondy spiralne Helix

Sondy współosiowe

Kolumny



Wymagane miejsce	Bardzo mało	dużo	średnio	Bardzo mało	brak
Głębokość ułożenia	50 – 300 m	ok. 1,5 m	1,5 – 4,5 m	10 – 50 m	5 – 20 m
Montaż	Firma specjalistyczna	Firma normalna	Firma normalna	Firma specjalistyczna	Firma specjalistyczna
Koszty ułożenia	wysokie	niskie	średnie	Średnio - wysokie	Bardzo niskie
Możliwość przebudowy	tak	tak	tak	tak	nie
Współczynnik efektywności energetycznej (ogrzewanie)	4 - 4,5	3 – 3,5	3,5 - 4	4 – 4,5	4 – 4,5

Źródła ciepła

Ciepło z gruntu – z ziemi (PC BW), c.d.

Inne rozwiązania wymienników gruntowych, c.d.

Źródło: REHAU

Sondy*

Kolektory*

Helix®

 Sondy
Współosiowe

Kolumny*


 Grunt suchy
piaszczysty

25 W/m

 10 W/m²

100-400 W/Helix

25 W/m

25 W/m

 Grunt gliniasty
suchy

50 W/m

 20 - 30 W/m²

400-600 W/Helix

50 W/m

50 W/m

 Grunt gliniasty
wilgotny

80 W/m

 40 W/m²

600-700 W/Helix

80 W/m

80 W/m

 Średnia
temperatura
solanki

0 bis 3°C

-3 bis 5°C

-3 bis 5°C

0 bis 3°C

2 bis 8°C

* Przy założeniu 1800 godzin pracy na rok (zgodnie z VDI 4640)

Źródła ciepła

Ciepło z wody (PC WW)

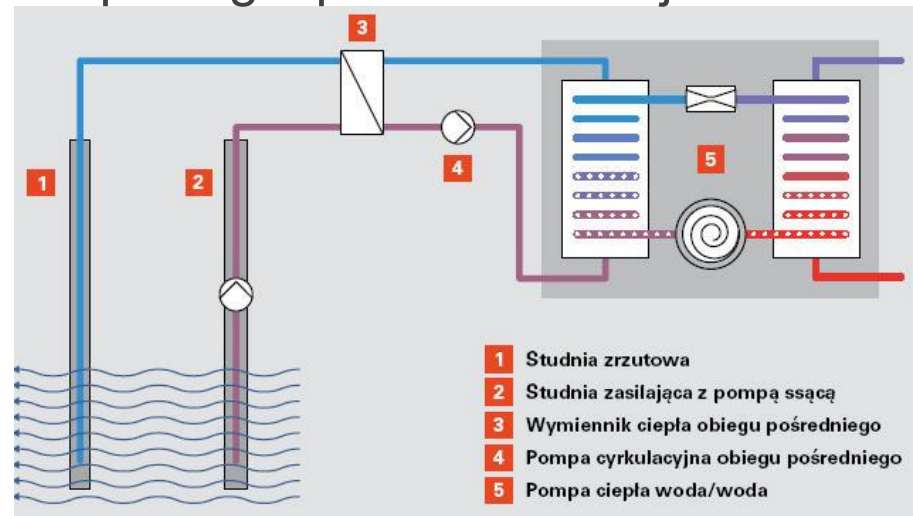
Nawet w czasie chłodnych zimowych dni, woda gruntowa utrzymuje stałą temperaturę, na poziomie: **od 7 do 12°C**.

Woda gruntowa pobierana jest ze studni zasilającej i transportowana do parownika pompy ciepła. Po odebraniu ciepła, schłodzona woda odprowadzana jest do studni zrzutowej.

Wykorzystanie wody gruntowej lub powierzchniowej, wymaga zezwolenia odpowiedniego urzędu, najczęściej do spraw gospodarki wodnej.

Jakość wody gruntowej może przekraczać wartości graniczne producenta urządzenia. Dlatego, często stosuje się pośrednie wymienniki ciepła (**obieg pośredni**), np. płytowe skręcane lub lutowane.

Obieg pośredni – napełniony solanką, niższe COP, ale pełna ochrona parownika pompy ciepła.



Rys. PC woda/woda (WW), z obiegiem pośrednim

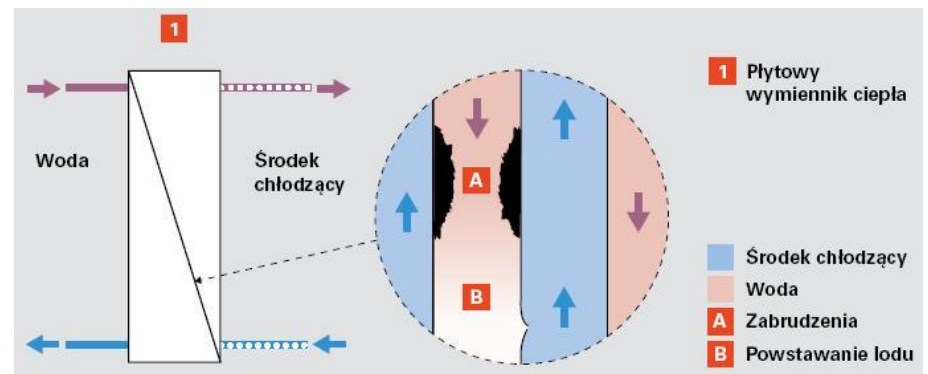
Źródła ciepła

Ciepło z wody (PC WW), c.d.

Podstawą wyboru wody gruntowej jako źródła ciepła, jest określenie, czy wydajność studni jest wystarczająca. Do stałej dyspozycji powinno być **205 l/h** wody **na kW** mocy chłodniczej PC.

Miejscowe zanieczyszczenia, poprzez swoje tamujące działanie, powodują częściowe zamarzanie wody. W ten sposób zmniejsza się prędkość strumienia, temperatura wody spada poniżej punktu zamarzania i tworzą się korki lodowe. Może to prowadzić do rozsadzenia wymiennika ciepła, co z kolei pociąga za sobą nieodwracalne uszkodzenia obiegu chłodzenia.

Rys. Zagrożenia dla płytowego wymiennika ciepła.

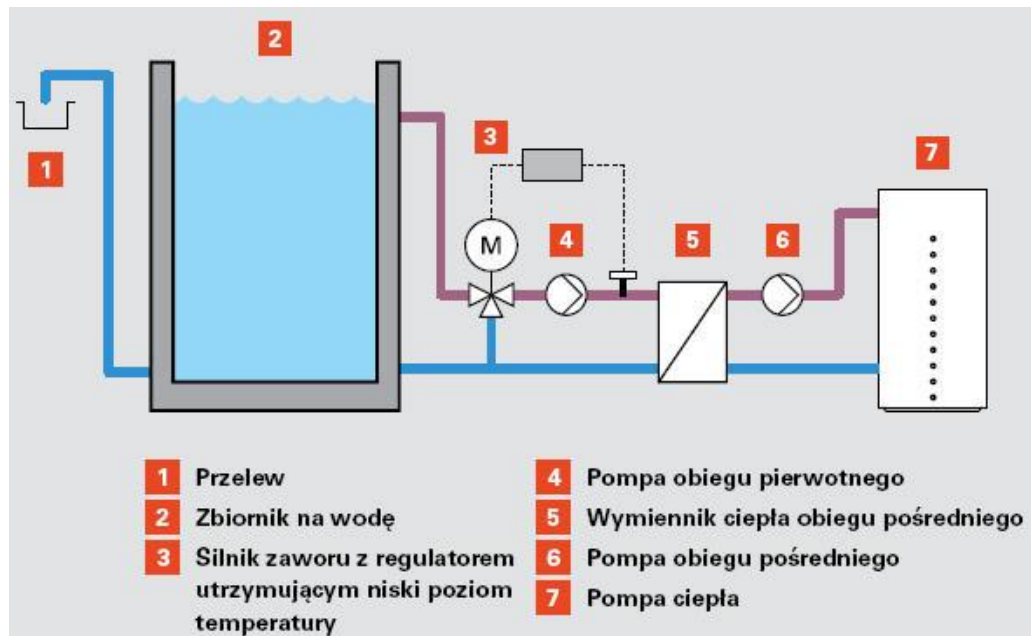


Źródła ciepła

Ciepło z wody (PC WW), c.d.

Obieg pośredni gwarantuje wysokie bezpieczeństwo pracy instalacji. Również dlatego, że jakość wody gruntowej może ulegać zmianie przez cały okres użytkowania instalacji.

Woda z procesu technologicznego – należy unikać przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej temperatury obiegu pierwotnego: $+25^{\circ}\text{C}$.



Rys. Woda chłodząca jako źródło ciepła.

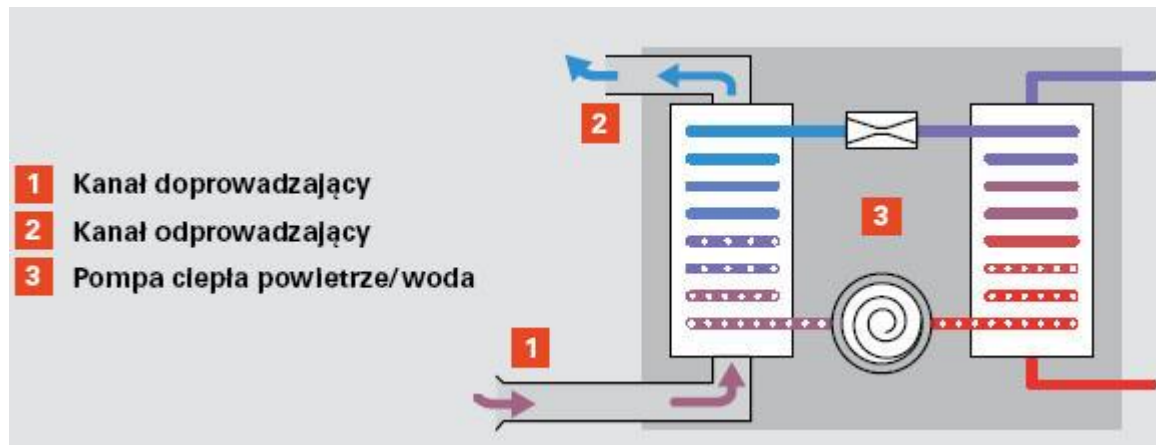
Źródła ciepła

Ciepło z powietrza (PC AW)

Wykorzystanie powietrza jako źródło ciepła wymaga najmniejszych nakładów inwestycyjnych, w porównaniu z uzbrojeniem terenu.

Powietrze jest zasysane, schładzane w parowniku, a następnie ponownie odprowadzane do otoczenia.

- nowoczesne pompy ciepła są w stanie wykorzystać ciepło z powietrza o temperaturze **-20, -25°C** – pracują z **COP > 2**



Rys. Pompa ciepła powietrze-woda (AW), ustawiona wewnątrz budynku



Zdj. Pompa AW, ustawiona na zewnątrz budynku

Ciepło z powietrza (PC AW), c.d.

- nawet najefektywniej pracująca PC AW, najczęściej nie jest w stanie pokryć całego zapotrzebowania na ciepło budynku – wymaga wspomaganie dodatkowym źródłem ciepła, np. grzałką elektryczną, kotłem gazowym, olejowym, na paliwo stałe
- hałas – pompy ciepła AW przetłaczają spore ilości powietrza (3.000 do 4.500 m³/h), w związku z tym, przy projektowaniu instalacji należy uwzględnić związany z tym poziom hałasu
- PC AW mogą zostać zamontowane wewnątrz, na zewnątrz budynku, lub tu i tu – urządzenia typu Split składające się z jednostki wewnętrznej i zewnętrznej
- stosowane są PC AW z regulacją mocy, jak i bez takiej regulacji (wymagany bufor).

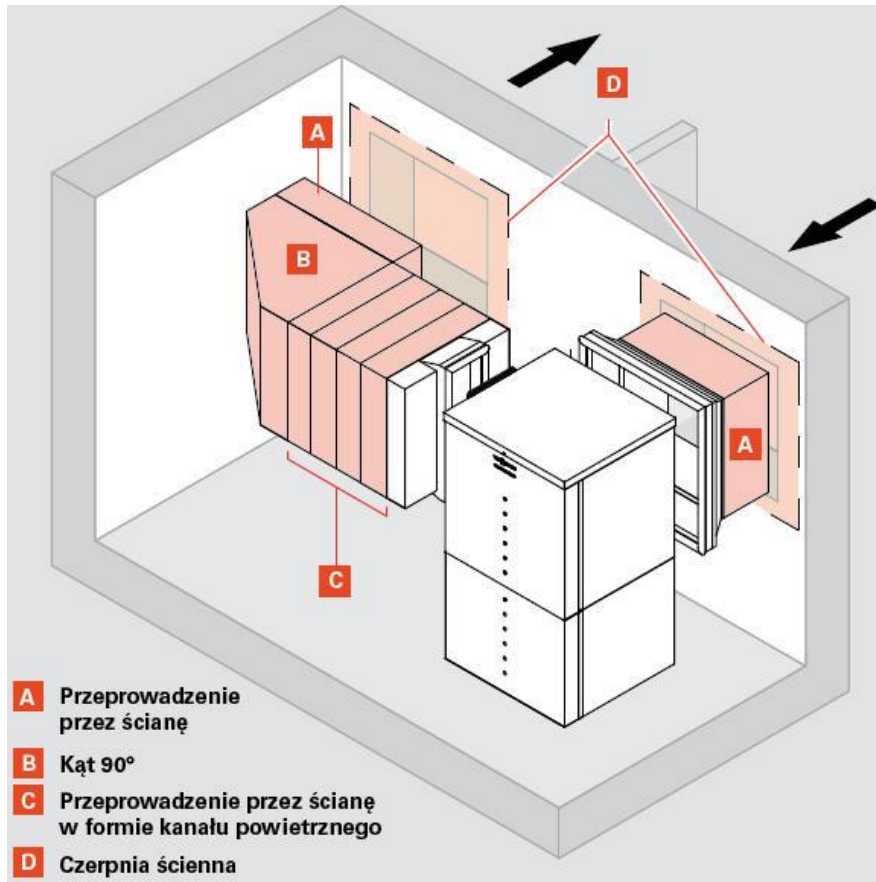
Rys. Pompa ciepła AW Split, Vitocal 200-S



Źródła ciepła

Ciepło z powietrza (PC AW), c.d.

Pompy AW montowane wewnątrz budynku – powietrze doprowadzane i odprowadzane jest systemem kanałów, np.:

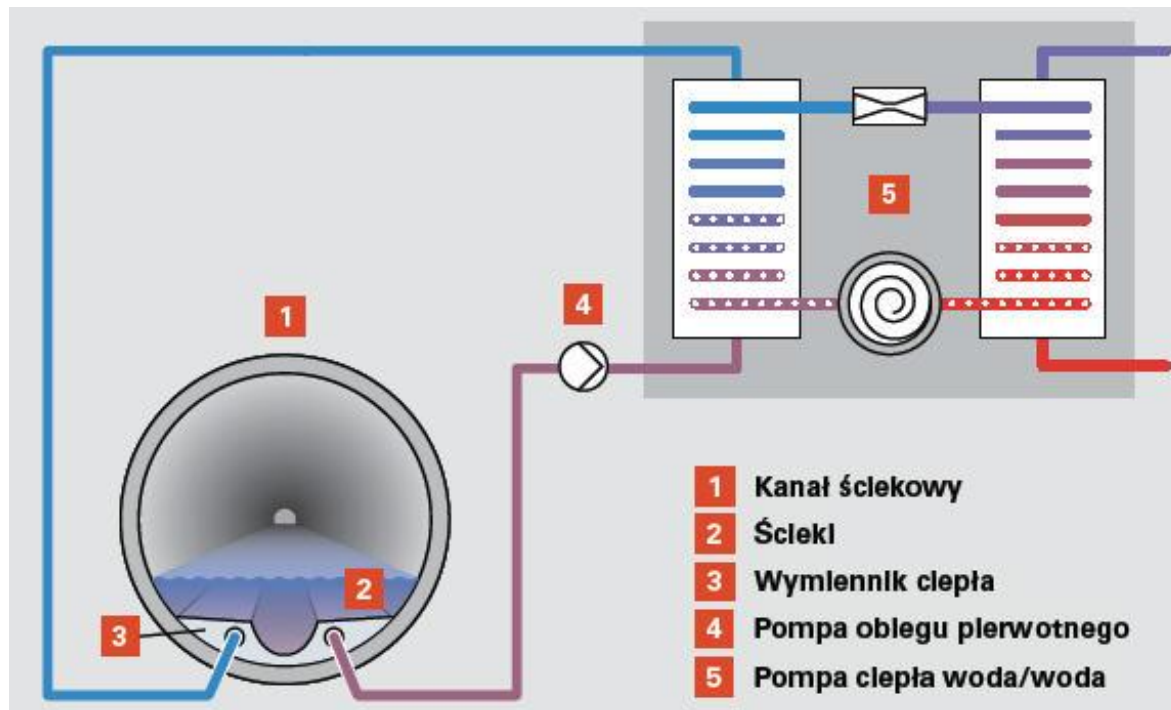


Rys. Przyływ powietrza wewnętrznej pompy ciepła AW

Źródła ciepła

Ciepło odpadowe

Pompy ciepła mogą wykorzystywać również ciepło odpadowe np. z zużytego powietrza, ścieków, wody z procesu technologicznego itd..



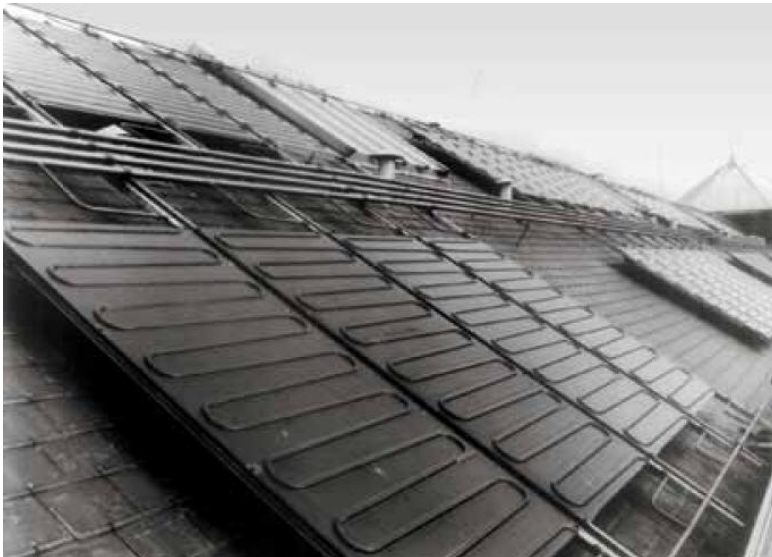
Rys. Wykorzystanie ścieków jako źródło ciepła dla PC

Źródła ciepła

Instalacje solarne

Do podniesienia temperatury po stronie pierwotnej PC można użyć kolektory słoneczne lub absorbery nieprzeszkłone – podnosi to efektywność pracy pompy ciepła, jednak korzyści nie równoważą niezbędnych nakładów technicznych i finansowych.

Połączenie instalacji solarnej i pompy ciepła umożliwia natomiast wykorzystanie zmiany faz w zasobnikach ciepła.

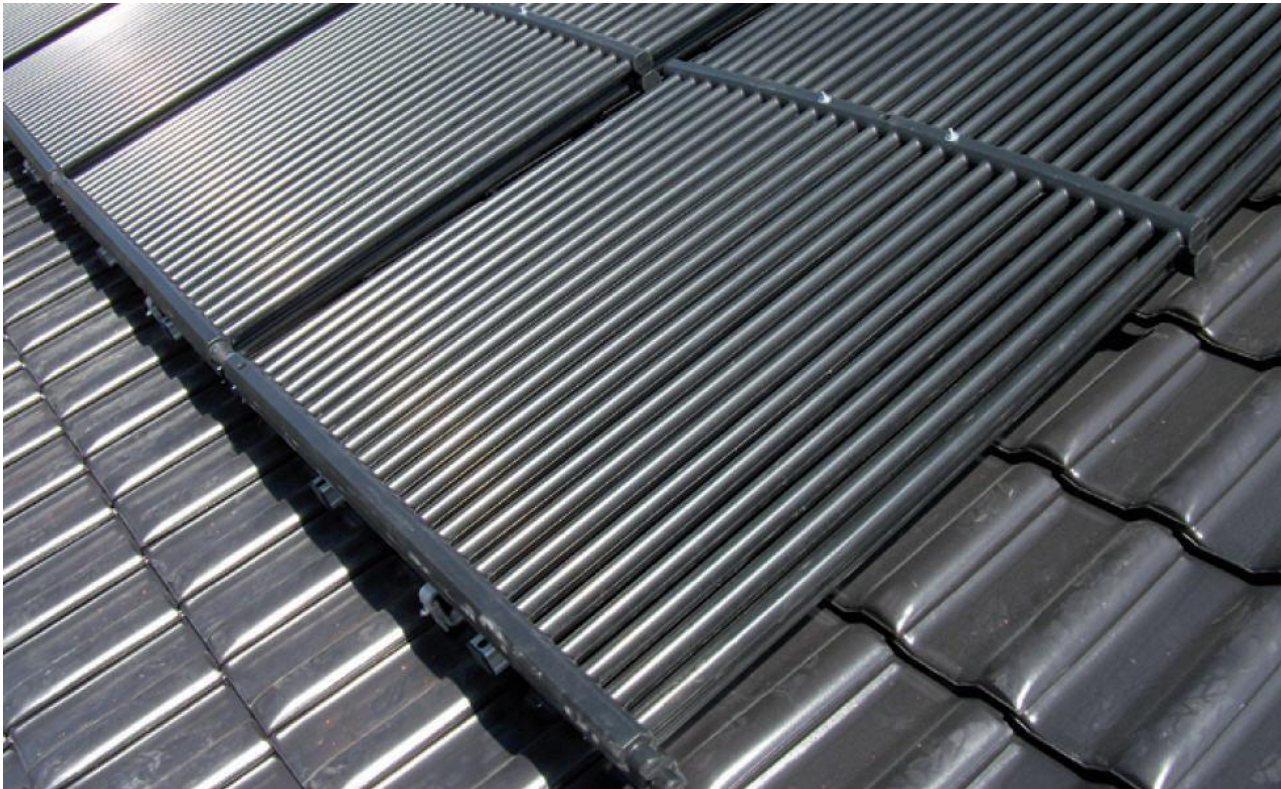


Zdj. Absorbery nieprzeszkłone, wykorzystujące jako źródło ciepła promieniowanie słoneczne i temperaturę otoczenia.

Źródła ciepła

Instalacje solarne; c.d.

Absorber pobiera ciepło głównie z powietrza (w dzień jak i w nocy)



Zdj. Absorber z rur z tworzywa, w formie harfy

Instalacje solarne; c.d.

Absorber pobiera ciepło głównie z powietrza (w dzień jak i w nocy)



Zdj. Absorber w formie wężownicy, położonej na dachu.

Źródła ciepła

Zasobniki ciepła – zmiana „faz”

„Ogrzewanie lodem”



Zdj. Zasobnik ciepła – energii pierwotnej, 10m³

Źródła ciepła

Zasobniki ciepła – zmiana „faz”; c.d.

Wykorzystują zmianę faz do gromadzenia ciepła (magazynowania ciepła), po stronie pierwotnej pompy ciepła.

Jako źródło ciepła dla PC wykorzystywana jest **entalpia krzepnięcia**. Regeneracja zasobnika (topnienie), następuje przy udziale ciepła z otoczenia i instalacji solarnej.

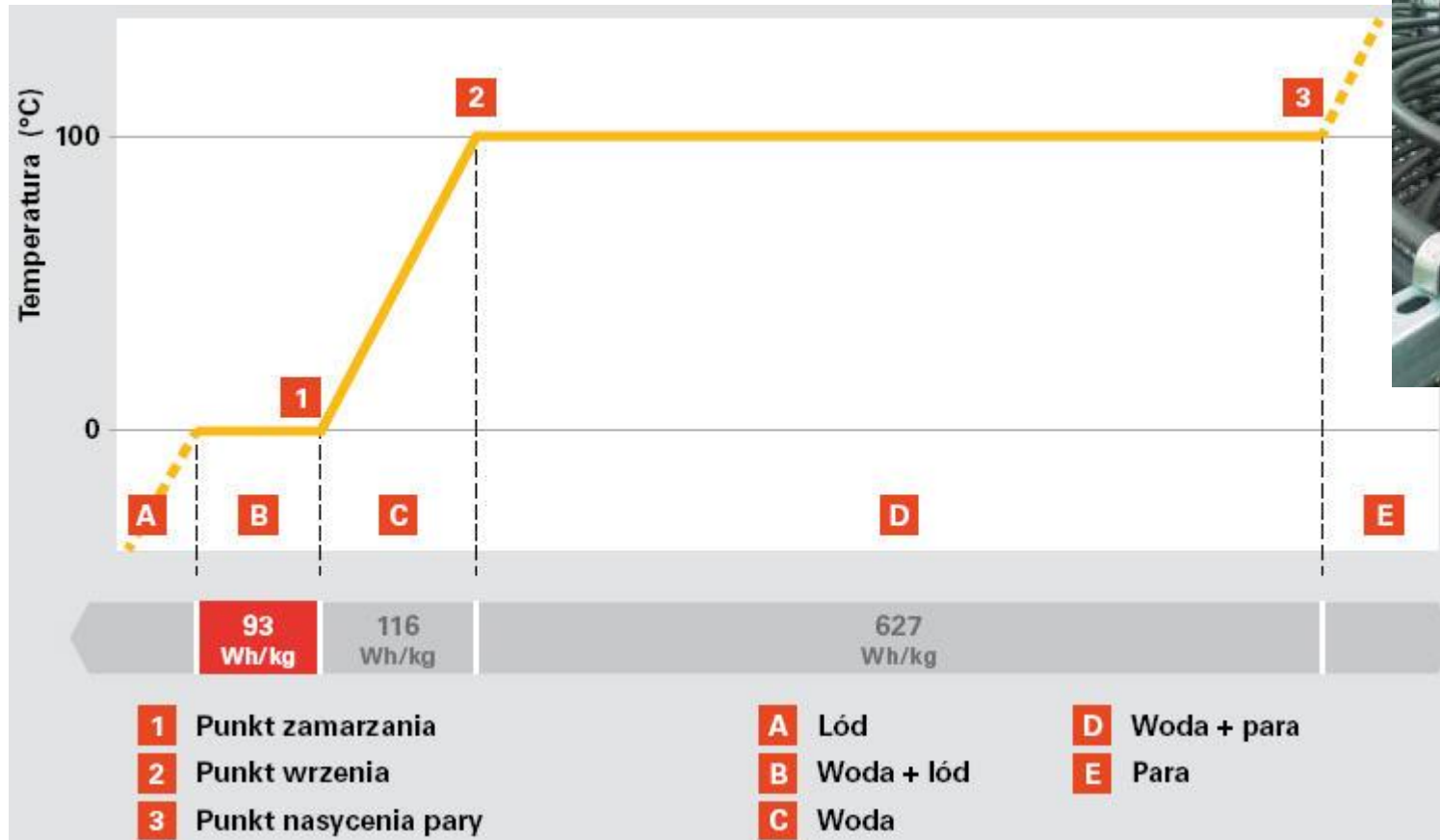
Obok wody (lodu), można również zastosować np. parafinę.

„W praktyce okazało się, że wykorzystanie jako źródła pierwotnego kombinacji zasobników ciepła opartych o przemianę fazową oraz absorberów zasilanych energią słoneczną, prowadzi do powstania bardzo efektywnych systemów”.

Zdj. Zasobnik ciepła - wykorzystanie przemiany fazowej wody-w lód jako źródło ciepła



Zasobniki ciepła – zmiana „faz”, c.d.



Rys. Wykorzystanie przemiany fazowej – do stopienia 1 kg lodu, przy stałej temperaturze, potrzeba **93 Wh** energii cieplnej.

Źródła ciepła

Zasobnik lodu

Standardowy system, o mocy grzewczej do 20 kW:

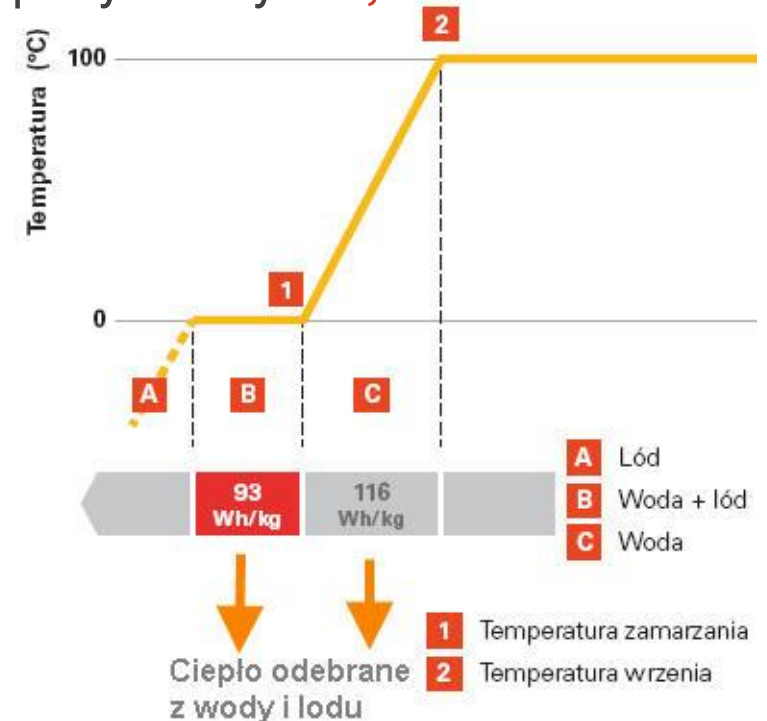
- zasobnik lodu składa się z jednego lub dwóch cylindrów betonowych (średnica 2,5 m, wysokość 3,56 m)
- zasobnik zakopuje się w gruncie i napełnia wodą wodociągową – pojemność zasobnika: 10 m³; PC 13 lub 16 kW – 2 zasobniki po 10 m³
- w zbiorniku znajdują się spiralne węzownice z rur z tworzywa sztucznego (wymyennik PC – dolne źródło ciepła)
- przy ściankach zbiornika ułożone są węzownice regenerującego źródła ciepła – regeneracja zasobnika energią z powietrznego kolektora słonecznego (ok. 12 m² powierzchni brutto, maks. temperatura postojowa: 60°C)

Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Wykorzystanie przemiany fazowej:

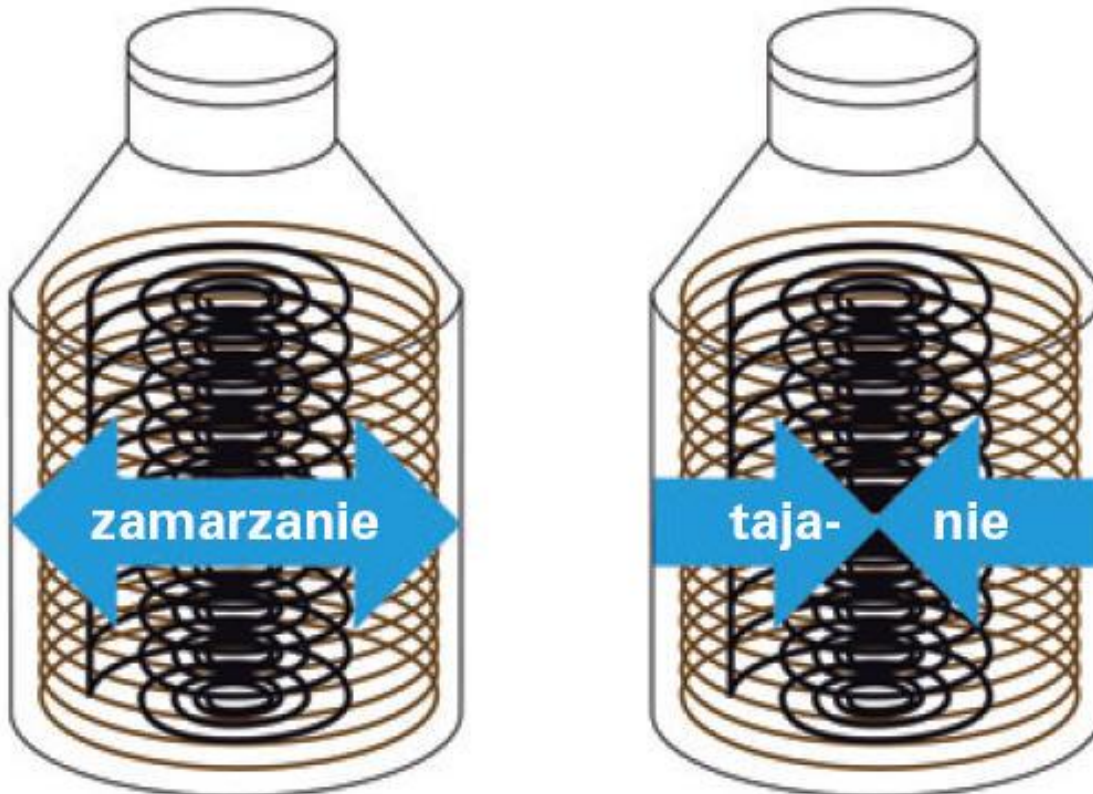
- przy schłodzeniu 1 kg wody, o 1 K - pozyskujemy **1,163 Wh** energii cieplnej; schłodzenie 10 m³ wody o 1 K – pozyskamy: **11,63 kWh**
- przy całkowitym zamrożeniu 1 kg wody pozyskujemy **93 Wh/kg** (przy stałej temperaturze = 0°C); 10 m³ => **930 kWh**
- energia z powietrznego absorbera solarnego ogrzewa wodę lub roztopia lód
- do zasobnika stale dopływa ciepło z gruntu (zależy od rodzaju gruntu)



Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Zasobnik lodu wykorzystywany jest również do chłodzenia budynku w lecie (zamarznięta woda stanowi naturalne źródło chłodu).

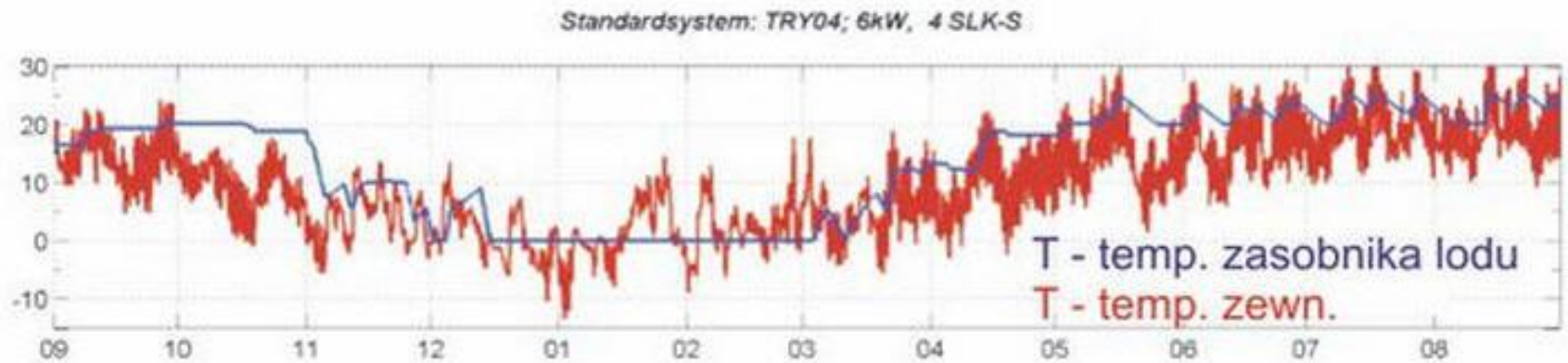


Zdj. Oblodzenie wężownic w zasobniku lodu.

Rys. Ukierunkowane zamarzanie i tawienie w zasobniku lodu

Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.



Rys. Rozkład temperatur zasobnik lodu w pracującej instalacji

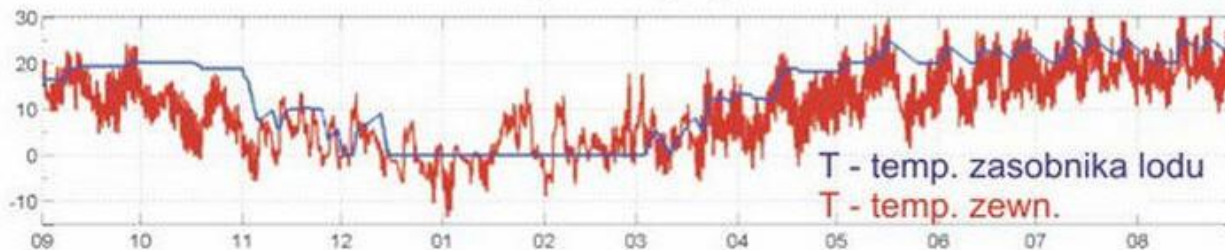
Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Vitocal 300-G, - „starsza” pompa ciepła Viessmann (2014r.)

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
Solanka (obieg pierwotny)		
Min. przepływ objętościowy (przy różnicy 5 K)	l/h	1470
Maks. temperatura na zasilaniu	°C	25
Min. temperatura na zasilaniu	°C	-5

Standardsystem: TRY04; 6kW, 4 SLK-S



Źródła ciepła

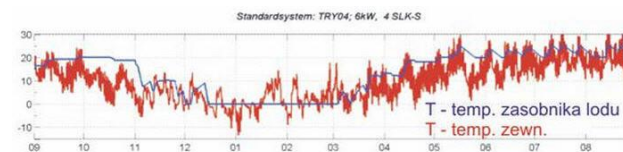
Zasobnik lodu, c.d.

Vitocal 300-G – „nowa” pompa ciepła Viessmann (2015r. ,do dzisiaj)

Vitocal 300-G

Dane techniczne pomp ciepła solanka/woda

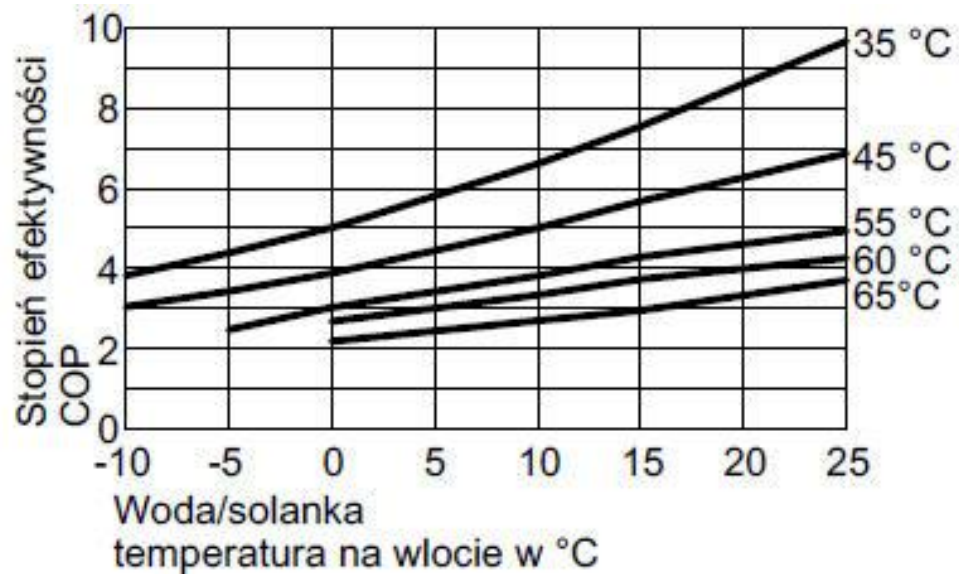
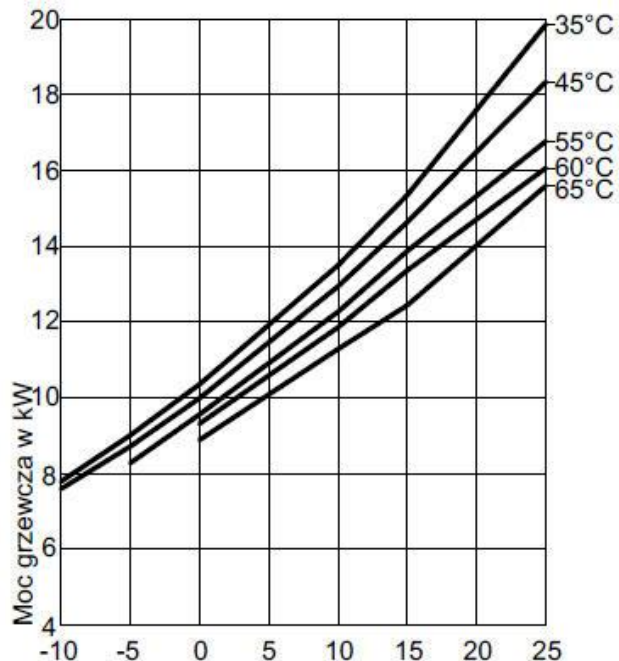
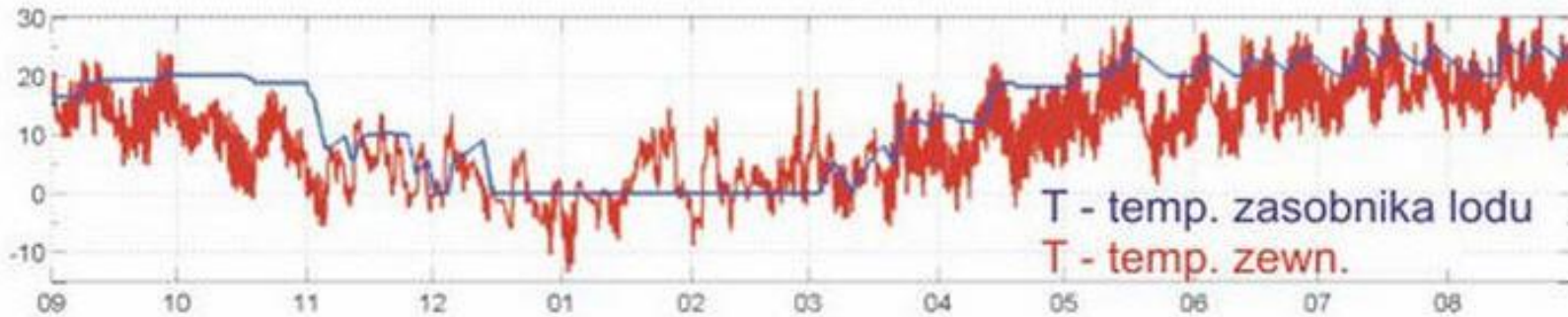
Typ BWC/BW/BWS 301.B		10
Dane dotyczące mocy wg EN 14511 (B0/W35, różnica 5 K)		
Znamionowa moc cieplna	kW	10,36
Wydajność chłodnicza	kW	8,43
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,07
Stopień efektywności ϵ (COP)		5,01
Solanka (obieg pierwotny)		
Pojemność	l	4,0
Minimalny przepływ objętościowy	l/h	1470
Opór przepływu przy minimalnym przepływie objętościowym (tylko typ BW/BWS)	mbar	25
	kPa	2,5
Dyspozycyjna wysokość tłoczenia przy minimalnym przepływie objętościowym (tylko typ BWC)	mbar	810
	kPa	81,0
Maks. temperatura na zasilaniu (wlot solanki)	°C	25
Min. temperatura na zasilaniu (wlot solanki)	°C	-10
Woda grzewcza (obieg wtórny)		
		4,0



Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Standardsystem: TRY04; 6kW, 4 SLK-S

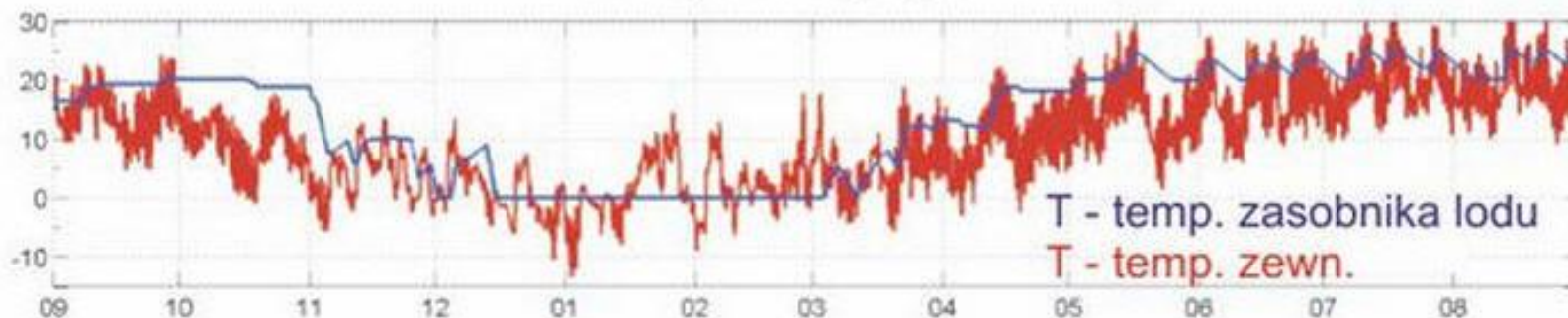


Rys. Charakterystyki Vitocal 300-G typ BWC 301.B10

Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Standardsystem: TRY04; 6kW, 4 SLK-S



Dane dotyczące mocy

Punkt pracy	W B	°C °C	35				
			-5	0	2	10	25
Moc grzewcza		kW	9,02	10,36	10,99	13,51	19,86
Wydajność chłodnicza		kW	7,10	8,43	9,07	11,60	17,94
Pobór mocy elektrycznej		kW	2,06	2,07	2,07	2,05	2,06
Stopień efektywności ϵ (COP)			4,38	5,01	5,32	6,58	9,63

Tab. Dane w formie tabeli dla Vitocal 300-G typ BWC 301.B10

Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Przykładowa instalacja

Budynek biurowy firmy Porsche Design, Ludwigsburg, Niemcy:

- moc grzewcza pompy ciepła Vitocal 300-G: 29 kW (B0/W35, schłodzenie 5 K, wg EN 14511)
- wydajność chłodnicza: 23 kW
- COP 4,83 (przy schłodzeniu 10 K COP 5,08)
- minimalna/maksymalna temperatura solanki: -10/+25°C
- COP w wybranych punktach pracy wg EN 14511:
 - 3,70 (B-5/W35)
 - 6,00 (B10/W35)
 - 7,01 (B15/W35)



Źródła ciepła

Zasobnik lodu, **c.d.**

Przykładowa instalacja, **c.d.**

Budynek biurowy firmy Porsche Design, Ludwigsburg, Niemcy: **c.d.**

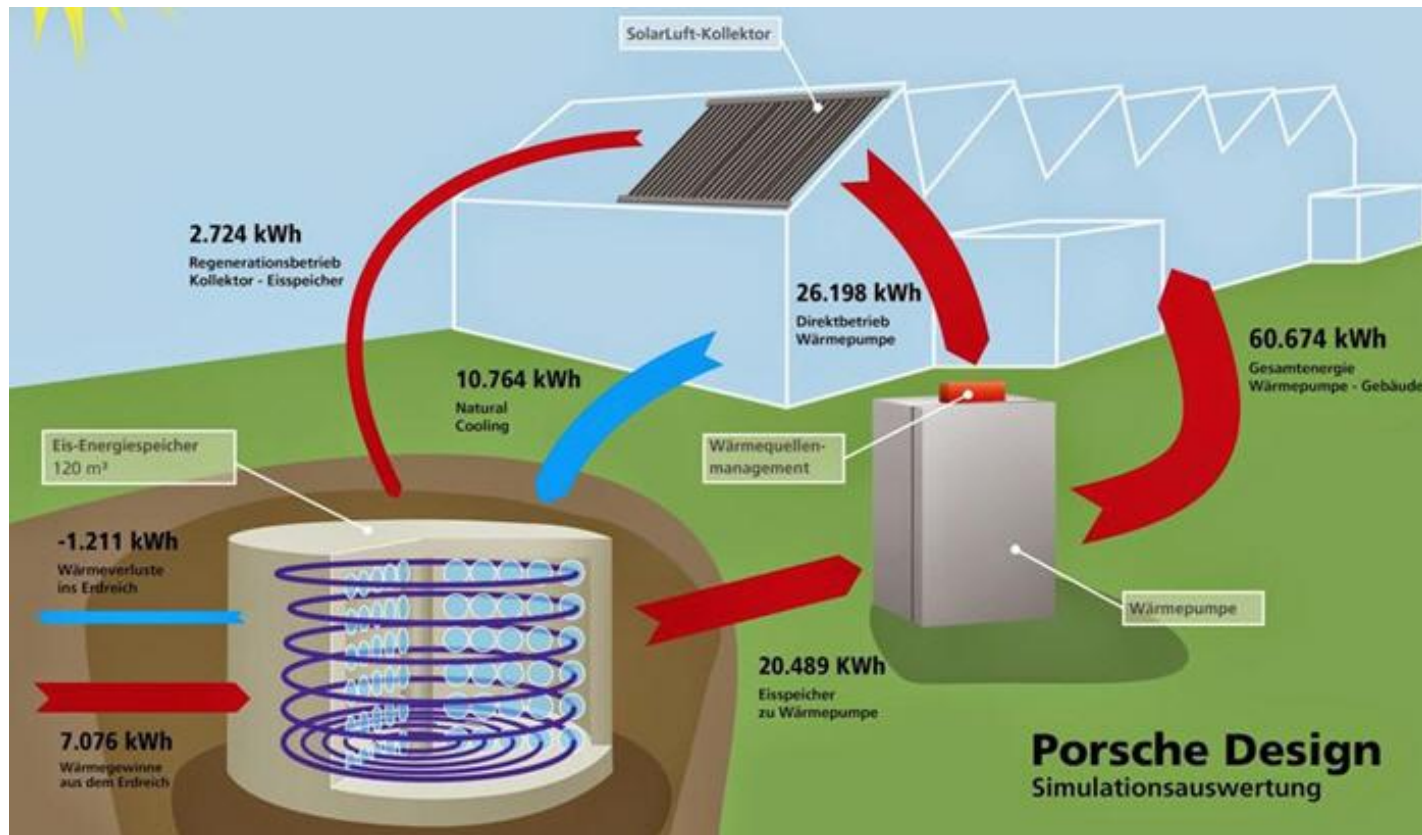
- instalacja do ogrzewania i chłodzenia budynku
- wysokość zasobnika lodu: 3 m
- średnica zasobnika: 7 m
- objętość zasobnika lodu: 120 m³ (120 000 litrów)
- pojemność wody w zbiorniku: 93 m³ (93 000 litrów)
- powierzchnia brutto absorbera powietrzno-solarnego: 51 m²

Artykuł o ogrzewaniu lodem – Załącznik.

Źródła ciepła

Zasobnik lodu, c.d.

Przykładowa instalacja, c.d.

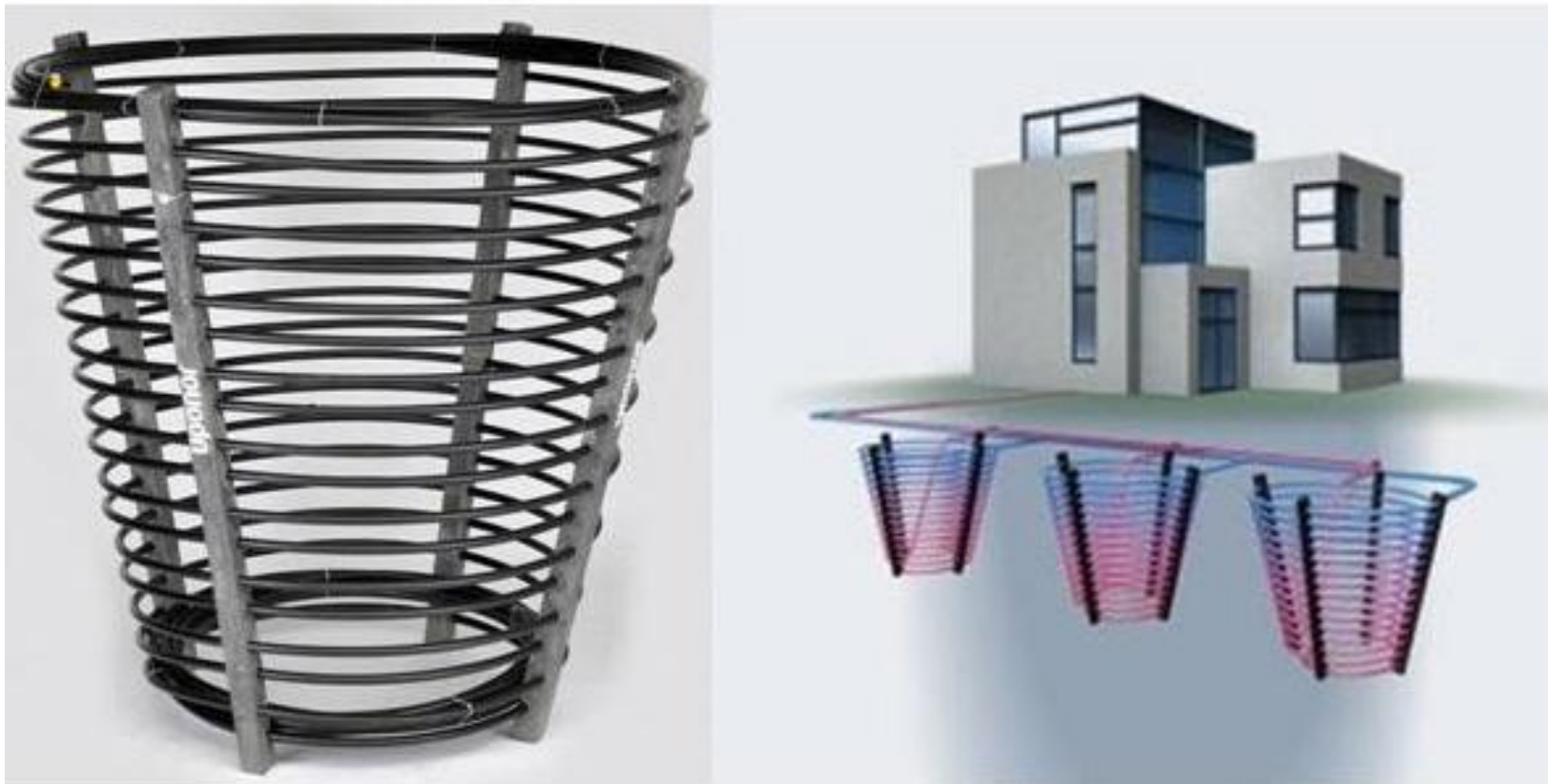


Rys. Roczny bilans energii

Źródła ciepła

Klatki energetyczne

Klatki geotermalne (geothermal energy cage), kosze energii itp.;
np. firma UPONOR



Klatki energetyczne, c.d.



Uponor Energy klatka PE-Xa

Stożkowy kształt: 2,4 - 1,4 m.

Rury produkowane są z tlenowo sieciowanego polietylenu (PE-Xa) wykorzystującego metodę Engela, zgodnie z normą PN-EN ISO 15875 „Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji wody zimnej i ciepłej, Usieciowany polietylen (PEX)”.

Przeznaczono do stosowania dla kolektorów gruntowych.

Powiązują warstwę ochronną z czarnego PE, odporne 2 lata na promieniowanie UV. Typ szeregu SDR 11. Temperatura pracy: -50 ° C do 95 ° C. Zawiera przyłączeniowy odcinek rury dla zasilania i powrotu.

Dopuszczono do zgrzewania elektrooporowego ze złączkami Uponor EF, PE100, PN16. Zgodnie z DVGW W 400-2 możliwość układania bez podsypki z piasku.

Nr kat.	d mm	l m	h m	opis	opakowanie	cena/ szt.
1058353	32	150	2.0	U ponor Energy klatka PE-Xa 32x2.9 długość rury 150 m	1 szt.	8990.00
1058783	32	200	2.7	U ponor Energy klatka PE-Xa 32x2.9 XL długość rury 200 m	1 szt.	11790.00

Źródła ciepła

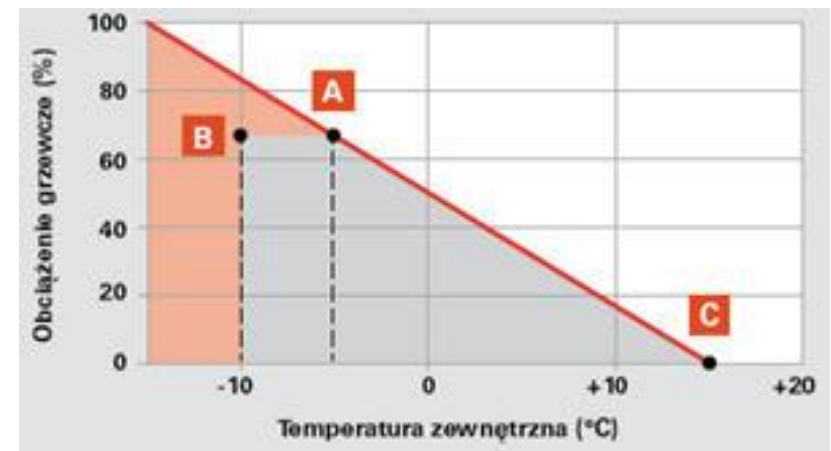
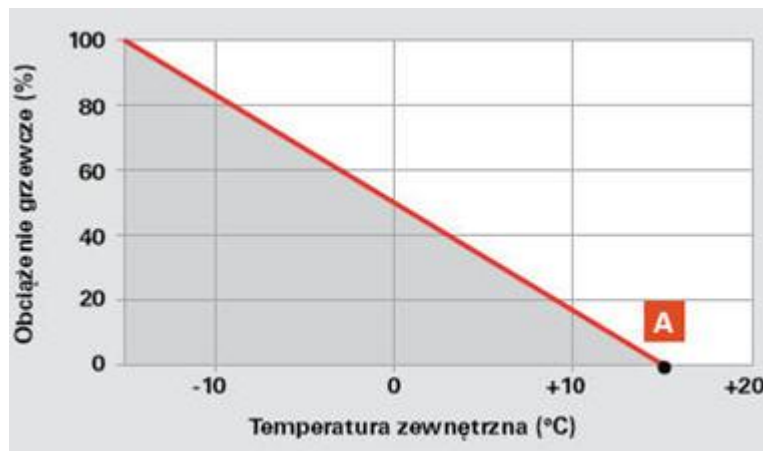
Spiralny wymiennik gruntowy



Sposób pracy pompy ciepła

Pompa ciepła może samodzielnie ogrzewać budynek lub współpracować z innym źródłem ciepła. W zależności od sposobu tej współpracy możemy wyróżnić dwa główne tryby pracy instalacji z pompą ciepła:

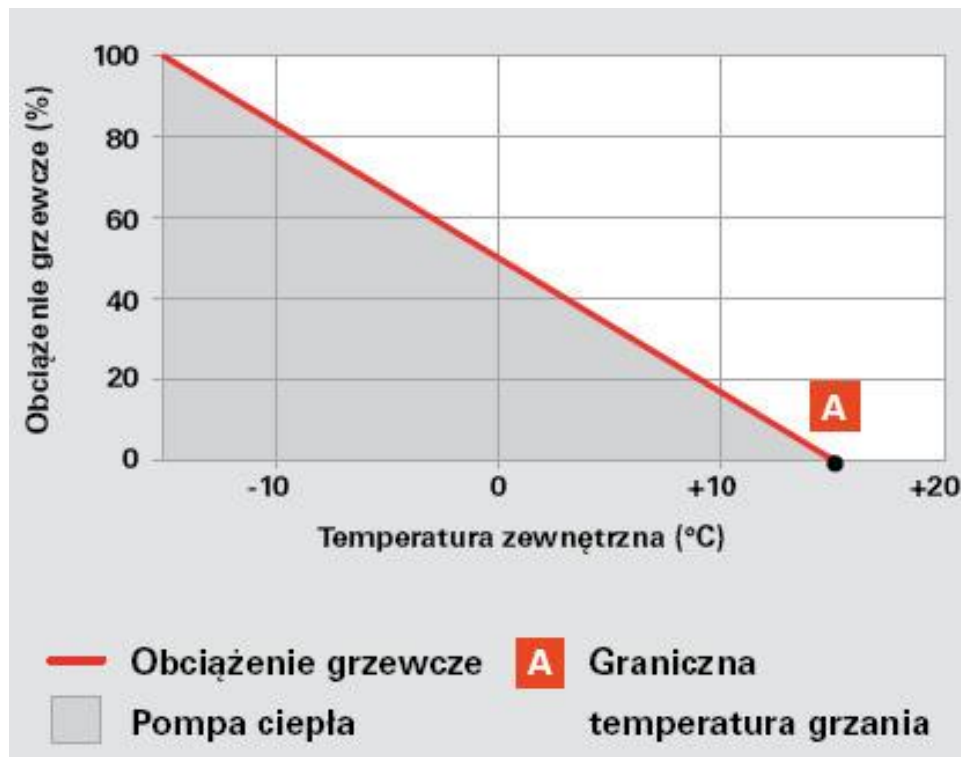
- monowalentny tryb pracy
- biwalentny tryb pracy: monoenergetyczny; równoległy; alternatywny; mieszany



Sposób pracy pompy ciepła

Monowalentny tryb pracy

Pompa ciepła pokrywa całe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (c.o.) i wody użytkowej (c.w.u.).



Rys. Monowalentny tryb pracy.

Sposób pracy pompy ciepła

Biwalentny tryb pracy

Oprócz pompy ciepła, w instalacji znajduje się dodatkowe źródło ciepła, które dostarcza część potrzebnej mocy grzewczej lub ogrzewa wodę do wyższych temperatur.

Jeśli dodatkowym źródłem ciepła jest grzałka elektryczna (np. elektryczny przepływowy podgrzewacz wody), to mówimy o układzie **biwalentnym monoenergetycznym** (pompa ciepła i dodatkowe źródło ciepła zasilane są energią elektryczną).

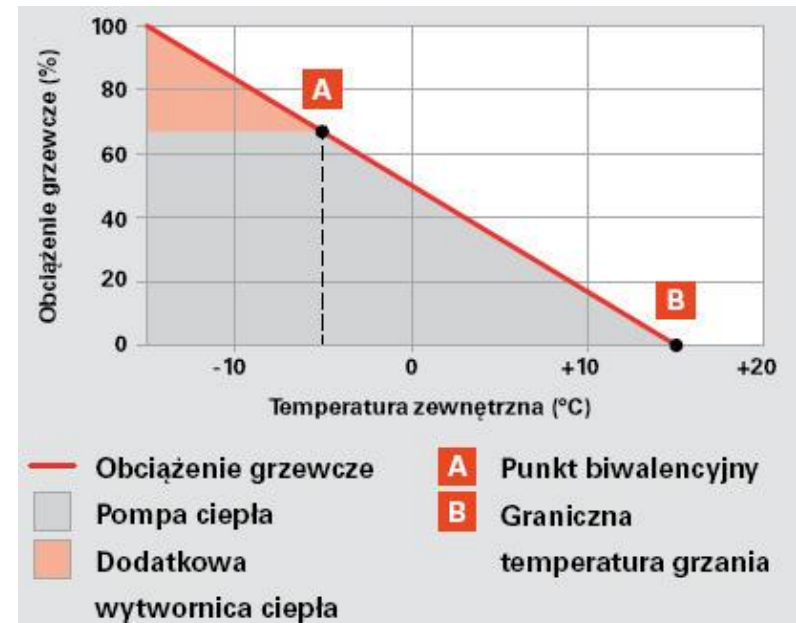
Sposób pracy pompy ciepła

Biwalentny tryb pracy, c.d.

Biwalentny, równoległy tryb pracy

PC pokrywa zapotrzebowanie na ciepło do określonej temperry zewnętrznej, np. -5°C (punkt biwalencyjny). Przy niższych temperaturach załącza się dodatkowe źródło ciepła, które dostarcza brakujące ciepło (moc).

UWAGA. W równoległym trybie pracy zwiększa się okres pracy pompy ciepła, a więc pobiera ona ze źródła ciepła więcej energii. Należy to uwzględnić w procesie projektowania, zwłaszcza w przypadku sond i kolektorów płaskich.



Rys. Równoległy tryb pracy.

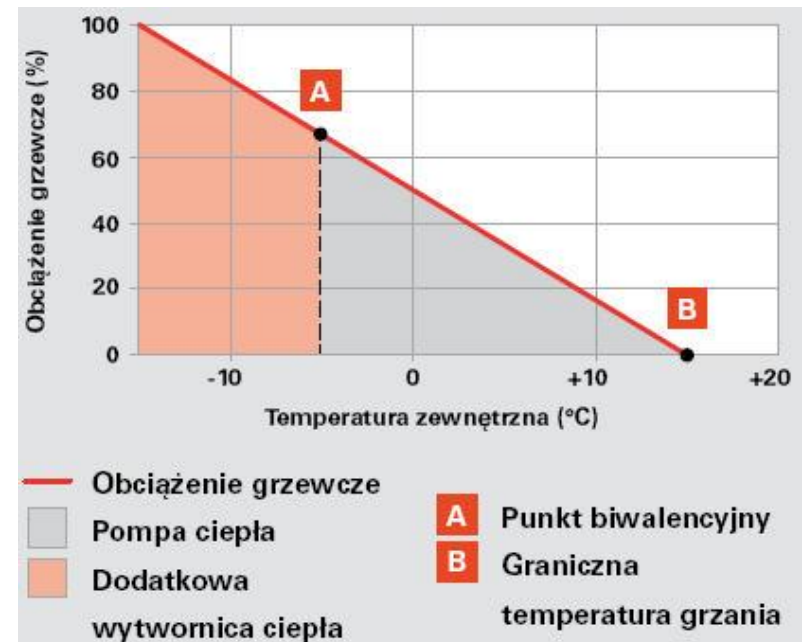
Sposób pracy pompy ciepła

Biwalentny tryb pracy, c.d.

Biwalentny, alternatywny tryb pracy

PC zostaje wyłączona po osiągnięciu punktu biwalentnego. Drugie źródło ciepła pokrywa całe zapotrzebowanie na ciepło.

Przy takim sposobie pracy, źródło ciepła projektuje się odpowiednio do mocy grzewczej pompy ciepła.



Rys. Alternatywny tryb pracy.

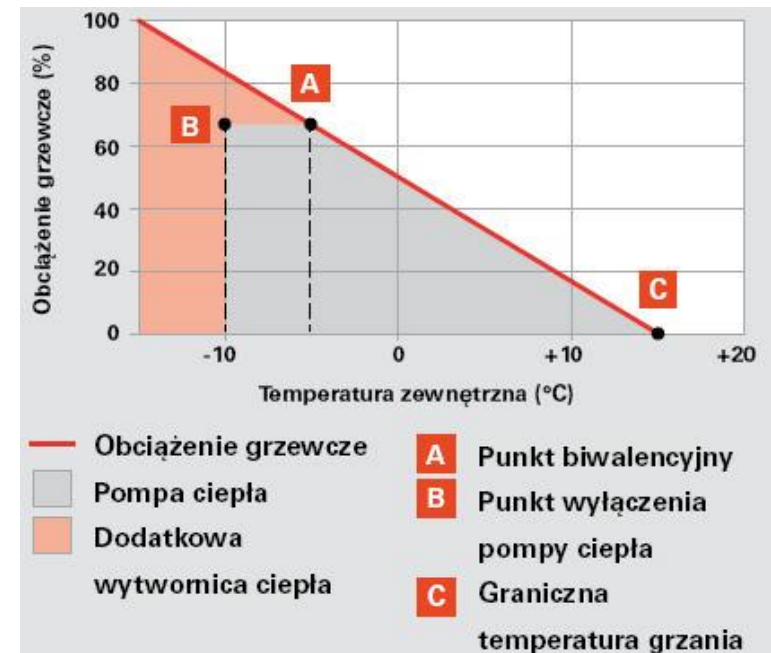
Sposób pracy pompy ciepła

Biwalentny tryb pracy, c.d.

Biwalentny, mieszany tryb pracy

Do osiągnięcia punktu biwalentnego PC pokrywa całe zapotrzebowanie na ciepło. Przy niższych temperaturach, załącza się dodatkowe źródło ciepła (oba pracują równolegle).

Po przekroczeniu maksymalnej temperatury (B) na zasilaniu PC lub przy określonej temperaturze zewnętrznej, wyłącza się PC, a całą potrzebną moc grzewczą dostarcza drugie źródło ciepła.



Rys. Mieszany tryb pracy.

Sposób pracy pompy ciepła

Ze względu na sposób pracy samej pompy ciepła możemy je podzielić na:

- jednostopniowe (np. Vitocal 200-G 10 kW)
- dwustopniowe (np. Vitocal 300-G 16,8/21,3 kW)
- o modulowanej mocy grzewczej (np. Vitocal 300-A 3-9 kW, Vitocal 200-S, Vitocal 100-S)
- instalacje kaskadowe



Sposób pracy pompy ciepła

Instalacje kaskadowe

Dwie lub więcej pomp ciepła pracujących w danej instalacji – rozwiązanie stosowane zwykle dla uzyskania wyższej całkowitej mocy grzewczej; również do jednoczesnego zasilania obiegów grzewczych o różnych temperaturach.

Możliwe jest łączenie w jednej instalacji (kaskada) pomp ciepła: o tej samej mocy grzewczej; o różnych mocach; o różnych temperaturach zasilania.



Przykład: Dom szeregowy - równoczesne zapotrzebowanie na c.w.u. i c.o., wysokotemperaturowa pompa ciepła (70°C) może podgrzać zbiornik c.w.u. do temperatury 60°C, w tym samym czasie inne moduły wchodzące w skład kaskady mogą efektywnie pokryć zapotrzebowanie na cele grzewcze na znacznie niższym poziomie temperatury. Jedno urządzenie nie byłoby w stanie tego zapewnić.

Sposób pracy pompy ciepła

Instalacje kaskadowe; c.d.

VITOCAL 200-S

- do 5-ciu pomp ciepła w kaskadzie
- możliwość jednoczesnego dostarczania ciepła do c.o. i do c.w.u. lub dostarczania chłodu i ogrzewania c.w.u.
- **specjalny algorytm sterowania** kaskadą dla uzyskania najwyższego COP
- optymalne COP jest obliczane przez regulator każdej pompy ciepła zależnie od aktualnej wartości temperatury zewnętrznej i zasilania



Sposób pracy pompy ciepła

Instalacje kaskadowe; c.d.

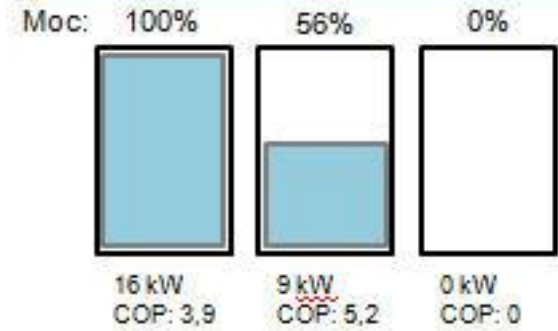
VITOCAL 200-S; c.d.

Optymalizacja mocy dla utrzymania maksymalnej efektywności:

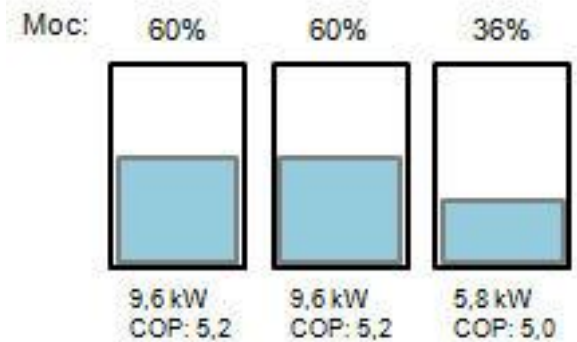
Pompy ciepła: 3 x Vitocal 200-S 201.C13
 Zainstalowana moc: 48 kW (dla A7/W35)
 Chwilowa wymagana moc: 25 kW



Rozwiązanie konwencjonalne:
 16 kW + 9kW ≈ COP = 4,5



Rozwiązanie optymalne:
 2 x 9,6 kW + 5,8 kW ≈ COP = 5,1



Wizualizacje pracy instalacji

Nawet najlepsza pompa ciepła nie gwarantuje najniższych kosztów ogrzewania.

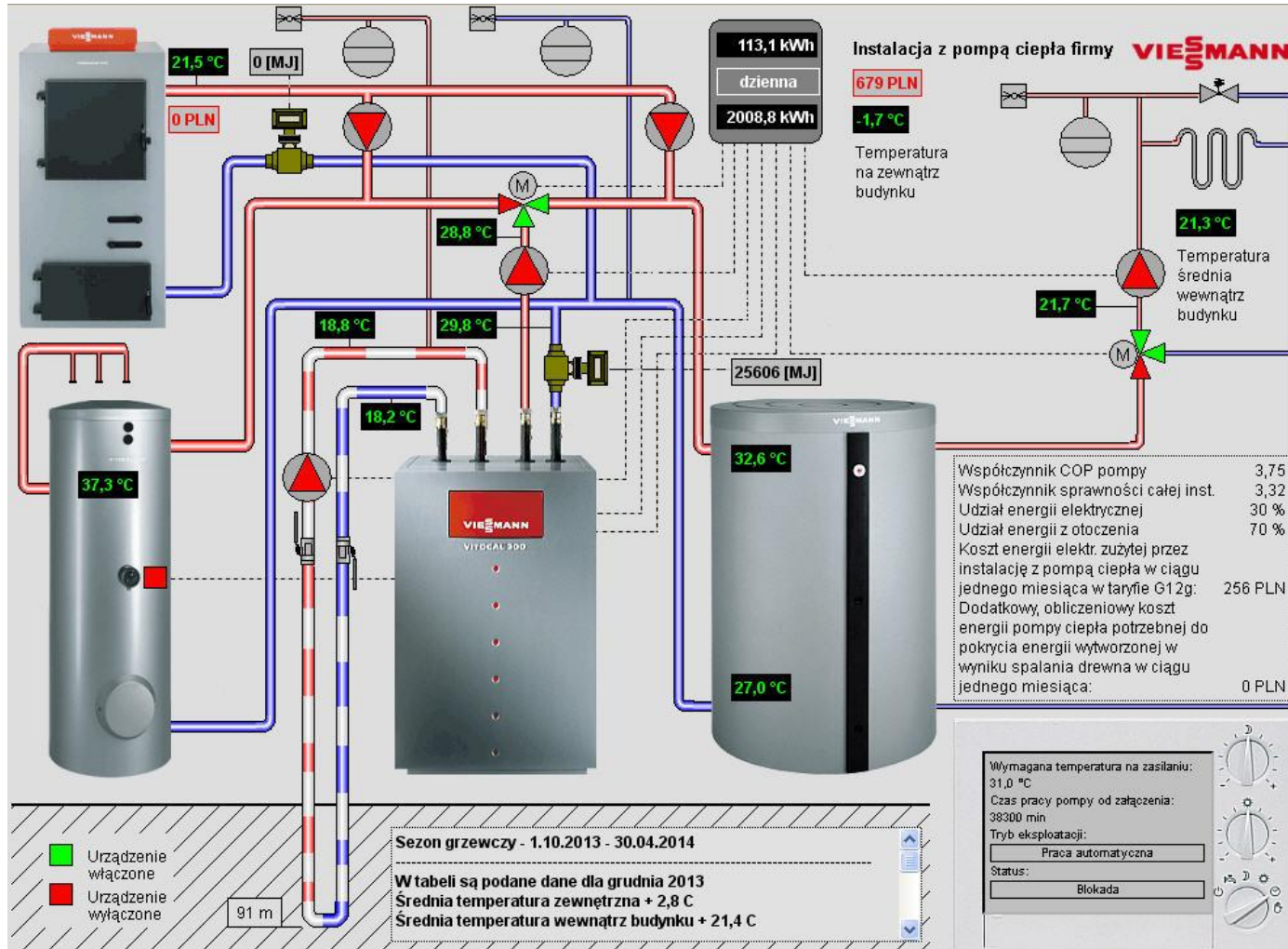
Właściwie zaprojektowana i wykonana instalacja, tworzy efektywny system grzewczy budynku.

Obieg pierwotny pompy ciepła (dolne źródło ciepła) – wszystkie komponenty, które są potrzebne do pobrania energii ze środowiska lub innego źródła ciepła, np. wymienniki ciepła, pompy solanki, wentylatory, itd..

Obieg wtórny (górne źródło ciepła) – wszystkie komponenty, które są potrzebne do przekazania pozyskanej energii do instalacji grzewczej, np. grzejników.

Wizualizacje pracy instalacji

Przykładowe rozwiązanie instalacji



Wizualizacje pracy instalacji

Przykładowe rozwiązanie instalacji, c.d.

Link do Wizualizacji instalacji z pompą ciepła:

<http://www.viessmann.pl/pl/dom-jednorodzinny/Ogrzewanie/pompy-ciepla/wizualizacja.html>

Dane budynku:

- powierzchnia użytkowa: 160 m²
- powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych: 200 m²
- kubatura: 550 m³
- obliczone zapotrzebowanie budynku na ciepło – wentylacja grawitacyjna: 11.300 W (11,3 kW) – wskaźnik 56,5 W/m² powierzchni ogrzewanej; 20,5 W/m³ kubatury
- 4 mieszkańców (w tym dwoje dzieci)

Link do opisu instalacji i wyników jej pracy:

<http://www.slideshare.net/Centraltech/gruntowa-pompa-ciepa-online?ref=http://www.centraltech.pl/pompa-ciepla-gruntowa/>



Wizualizacje pracy instalacji

Przykładowe rozwiązanie instalacji, c.d.

Instalacje z pompami ciepła, ISE

W latach 2006-2010 Instytut Fraunhofera ISE przeprowadził badania blisko 200 instalacji z pompami ciepła pracującymi w rzeczywistych budynkach :

- 110 instalacji w nowowytbudowanych domach jedno- i dwurodzinnych
- 70 starszych domów, w których jeszcze nie przeprowadzono termomodernizacji, ale z pompami ciepła jako alternatywą dla kotłów olejowych.

Badano pompy ciepła pobierające ciepło z gruntu (gruntowe) i z powietrza atmosferycznego (powietrzne). Nowe budynki, w ok. 95%, ogrzewane są przez ogrzewanie podłogowe. Starsze, w ponad 95% ogrzewane tradycyjnymi grzejnikami.

Średnia powierzchnia ogrzewana nowych i starszych budynków wynosi 190 m². Zapotrzebowanie na ciepło w nowych budynkach wynosiło od ok. 30 do 150 kWh/m²rok – średnio 70 kWh/m²rok. Dla starszych domów, zapotrzebowanie na ciepło obliczono na podstawie zużycia oleju opałowego z 5 lat i wynosiło: ok. 150 kWh/m² powierzchni ogrzewanej w ciągu roku.

Wizualizacje pracy instalacji

Przykładowe rozwiązanie instalacji, c.d.

Instalacje z pompami ciepła, ISE, c.d.:

W przeważającej części budynków, pompa ciepła służyła do ogrzewania domu i wody użytkowej.

Współczynniki efektywności instalacji SPF, w nowych i starszych domach, uwzględniały zużycie energii elektrycznej przez: pompę ciepła i jej regulator; pompę solanki (dla pomp ciepła gruntowych) lub wentylator powietrza – dla pomp ciepła powietrznych; grzałkę elektryczną (uzupełniająca źródło ciepła).

Ilość ciepła dostarczonego do instalacji ogrzewania mierzono bezpośrednio za pompą ciepła.



Wizualizacje pracy instalacji

Przykładowe rozwiązanie instalacji, c.d.

Instalacje z pompami ciepła, ISE, c.d.:

Na podstawie kilku lat badań tych instalacji, określono średnie wartości współczynników SPF, które wyniosły:

- dla pomp ciepła gruntowych (BW): **3,9** w nowych i **3,3** w starszych budynkach
- dla powietrznych pomp ciepła (AW): **2,9** dla nowych i **2,6** dla starszych

Więcej o wynikach badań w artykule: Sprawność pomp ciepła w realnych warunkach użytkowania, plik PDF, 862 KB >>

Link do pobrania PDF-a: http://instalreporter.pl/wp-content/uploads/2011/01/IR_2011_01_02_WynikiBadan.pdf



Systemy energetyki odnawialnej

Temat nr 2, 06.12.2017:

Pompy ciepła, cz.1

Polecam artykuły:

Zrozumieć pompę ciepła

Sprawność pomp ciepła w realnych warunkach

Wyniki badań gruntowych wymienników ciepła

Pompa ciepła w trudnych warunkach pracy

Ogrzewanie lodem

Dodatkowo polecam:

Kalkulator SCOP, na stronie PORT PC: <http://portpc.pl/kalkulator-scop/>

mgr inż. Krzysztof Gnyra

tel. 602 231 407

e-mail: kgnyra@gmail.com

