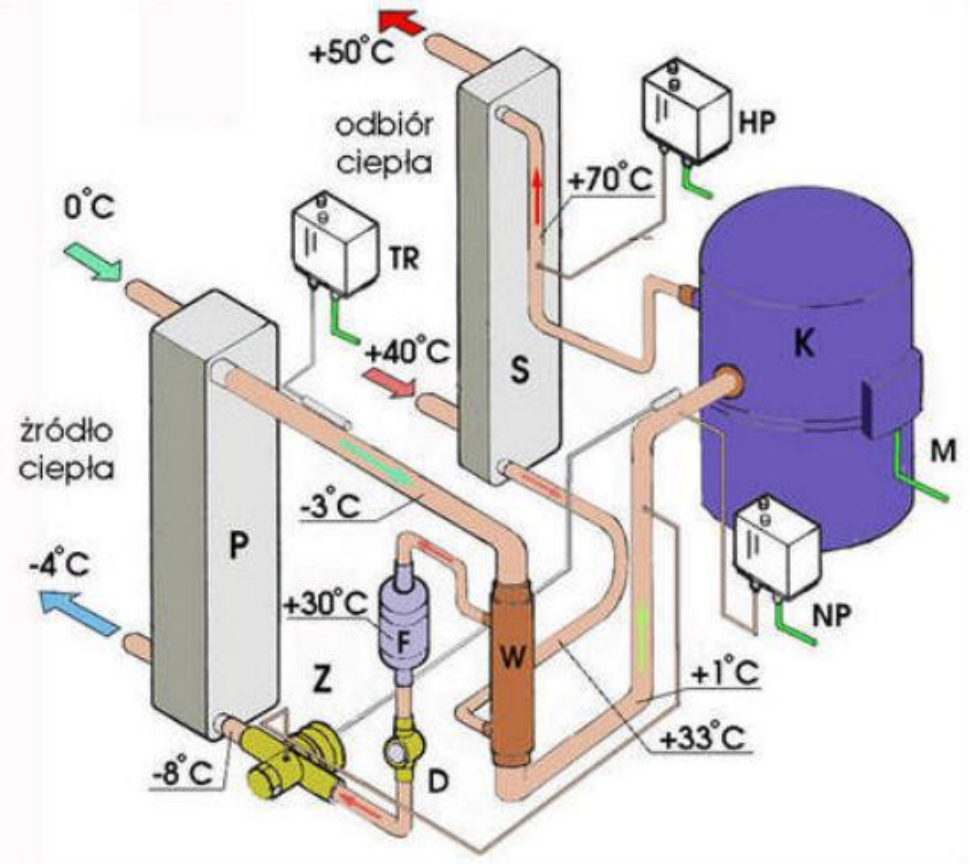
Temat nr 3:

Pompy ciepła, cz.2

- Budowa pompy ciepła
- Czynniki chłodnicze
- Regulacja mocy pompy ciepła
- Inne rodzaje pomp ciepła

Sprężarkowa pompa ciepła



Rys. Budowa sprężarkowej pompy ciepła

Oznaczenia:
K – sprężarka; M - zasilanie sprężarki; NP - wyłącznik ciśnieniowy (presostat niskiego ciśnienia); HP - wyłącznik ciśnieniowy (presostat wysokiego ciśnienia; S – skraplacz;
P – parownik; TR - termostat parownika; F – filtr; Z - zawór rozprężny; D – wziernik;
W - dodatkowy wymiennik ciepła dogrzewający czynnik na ssaniu sprężarki.

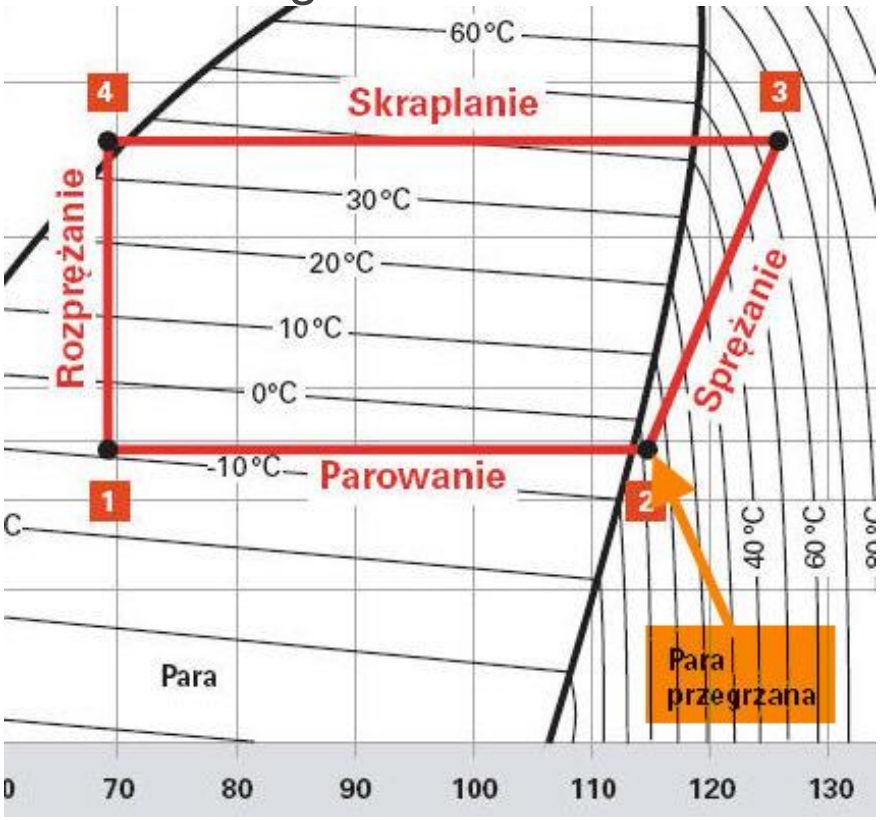
Temperatury pokazane na schemacie są typowe dla określonego czynnika chłodniczego, tutaj R407C

Sprężarka

Sprężarka (kompresor – „pompa”) – zasysa czynnik chłodniczy w postaci gazowej (para), jednocześnie go sprężając. W wyniku tego, **wzrasta ciśnienie i temperatura** pary czynnika chłodniczego.

Wszystkie rodzaje kompresorów są projektowane z myślą o sprężaniu gazów – **mogą ulec uszkodzeniu, gdyby zassane zostałyby znajdujące się w parze krople cieczy**. Dlatego para, zanim dostanie się do sprężarki, jest lekko przegrzewana (para przegrzana).

Przegrzewanie pary regulowane jest za pomocą zaworu dławiącego – jego precyzja regulacji (dokładność regulacji), decyduje o efektywności pompy ciepła w różnych punktach jej pracy.

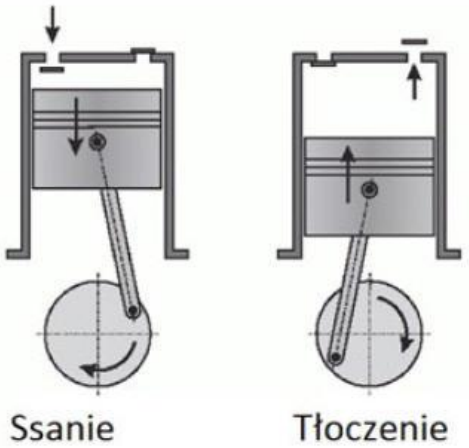


Sprężarka

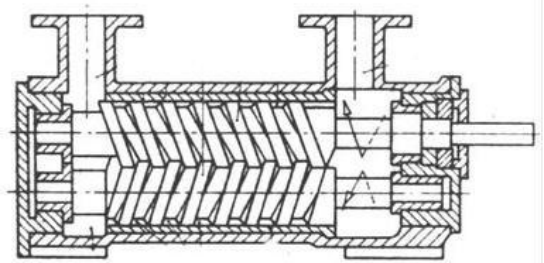
Decydujące znaczenie dla efektywności pompy ciepła ma proces kompresji – sprężania.

Rodzaje sprężarek:

- **sprężarki tłokowe** – proces sprężania zachodzi w cylindrze, w którym porusza się tłok ruchem posuwisto-zwrotnym
- **sprężarki rotacyjne** – proces sprężania realizowany jest za pomocą elementów wirujących, przez które gaz przepływa w sposób ciągły



Rys. Sprężarka tłokowa



Rys. Przykładowa sprężarka rotacyjna - śrubowa.

Sprężarka

Rodzaje sprężarek; c.d.

- sprężarki jednostopniowe – sprężarki w których ciśnienie końcowe czynnika tłoczonego jest osiągane w jednym procesie sprężania

- sprężarki dwustopniowe – sprężarki, w których ciśnienie końcowe jest osiągane w kilku kolejnych procesach sprężania;

Sprężanie 1- czy 2-stopniowe nie odnosi się bezpośrednio do pomp ciepła 1-dno i 2-stopniowych.

Sprężarka

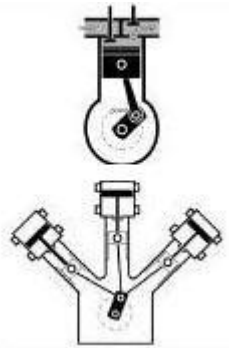
Sprężarki tłokowe

Posiadają zwykle silnik spalinowy benzynowy lub na olej, mają więc napęd niezależny od sieci energetycznej.

Ich wadą jest wyższy hałas w czasie pracy.

Sprężarki tłokowe są dzielone na:

- jednostopniowe i wielostopniowe - w zależności od liczby stopni sprężania
- jednostronnego lub dwustronnego działania - w zależności od tego, czy tłok spręża gaz po jednej czy po dwóch stronach
- chłodzone powietrzem lub wodą



Sprężarka

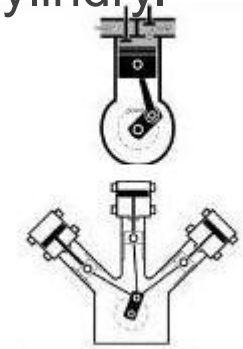
Sprężarki tłokowe; c.d.

Podstawą klasyfikacji mogą być też:

- liczba i układ tłoków np. jednotłokowe, wielotłokowe; z tłokami pionowymi, widlastymi, itp.
- itd..

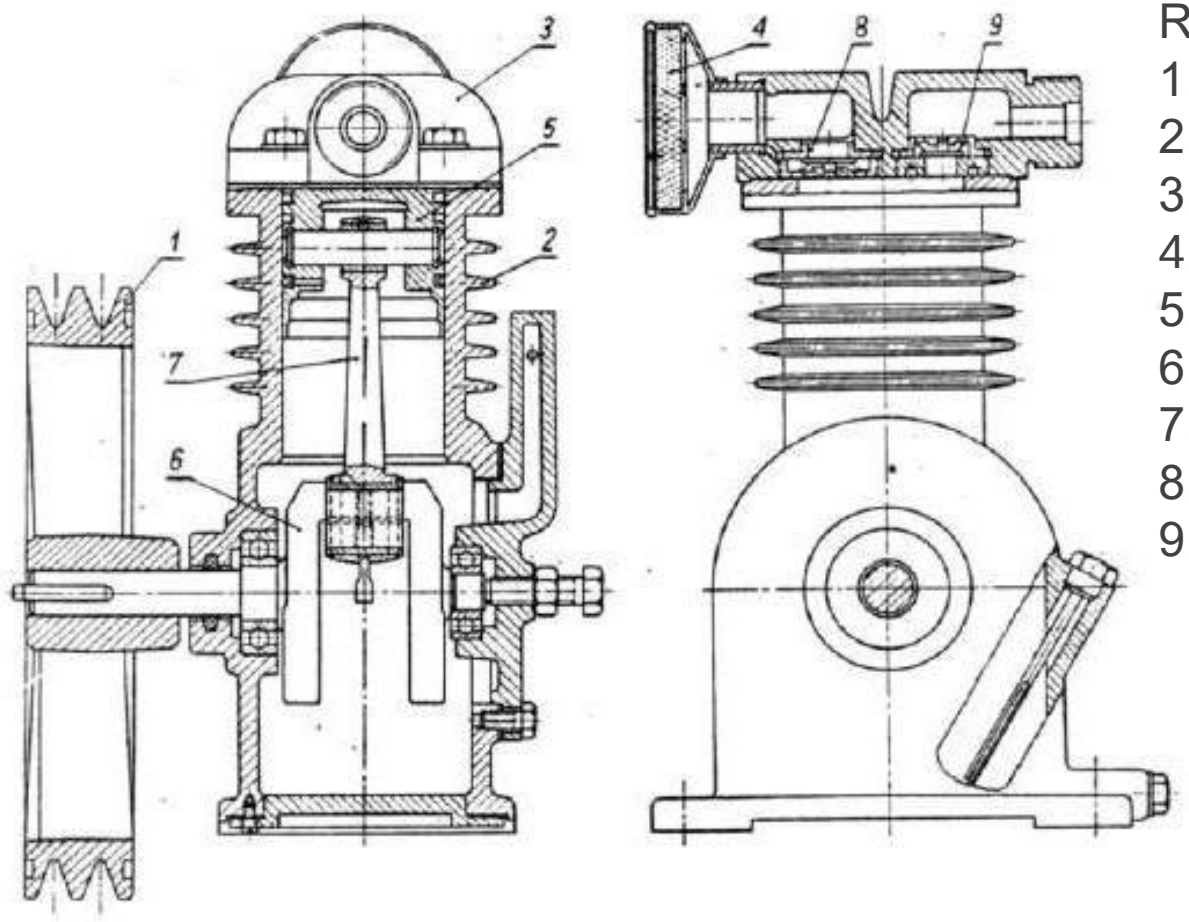
Cylindry sprężarek chłodzonych powietrzem są użebrowane, a na wale korbowym umieszcza się wentylator powodujący wymuszony przepływ powietrza tak, aby omywało użebrowanie, chłodząc tym samym cylindry.

Cylindry sprężarek chłodzonych wodą są otoczone płaszczem wodnym i muszą pracować w temperaturach dodatnich.

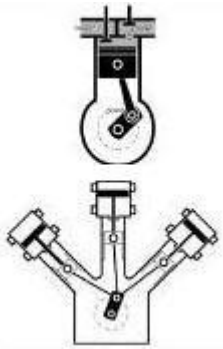


Sprężarka

Sprężarki tłokowe; c.d.



Rys. Sprężarka tłokowa:
1. koło pasowe,
2. użebrowany cylinder,
3. głowica,
4. filtr powietrza,
5. tłok,
6. wał korbowy,
7. korbowód,
8. zawór ssawny,
9. zawór tłoczny (wylotowy).



Sprężarka

Sprężarki rotacyjne

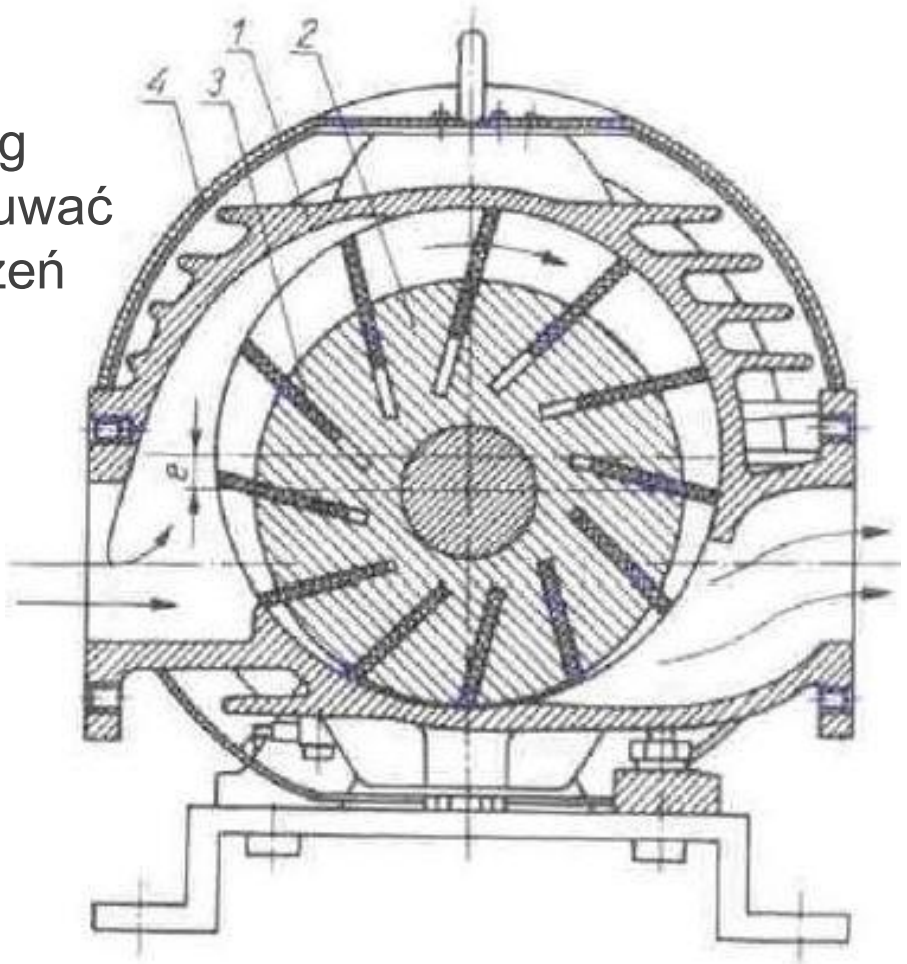
Do których zalicza sie:

- sprężarki spiralne
- sprężarki łopatkowe
- sprężarki śrubowe
- sprężarki z wirującymi tłokami krzywkowymi (sprężarki Rootsa)
- rotacyjne z wirującym tłokiem

Sprężarka

Sprężarki łopatkowe

Posiadają wirnik wyposażony w szereg łopatek, które mogą swobodnie przesuwać się w rowkach wirnika dzieląc przestrzeń gazową cylindra na komory, w których sprężany jest gaz.

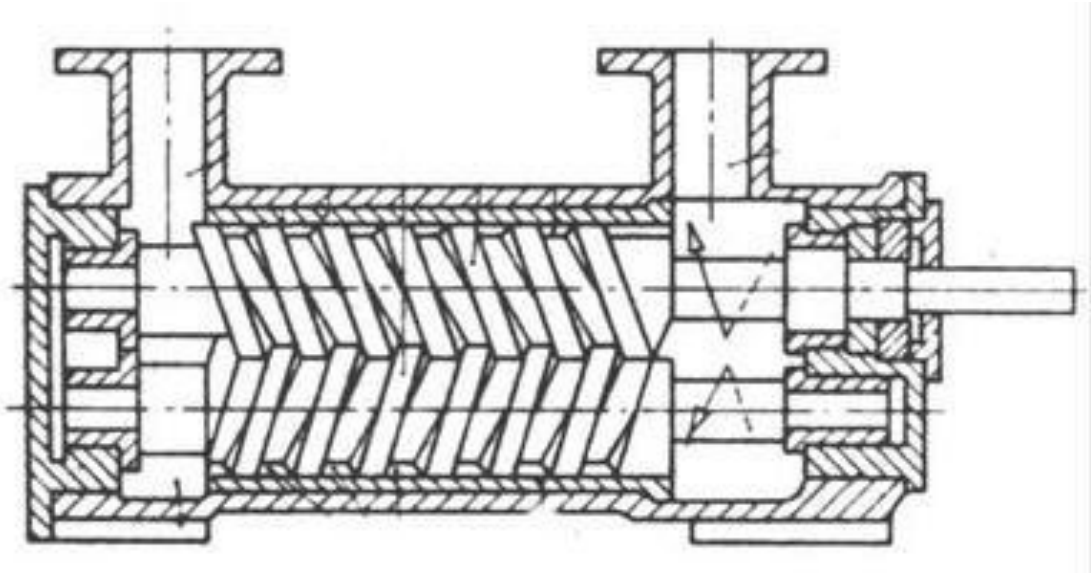


Rys. Sprężarka łopatkowa:
1. cylinder,
2. wirnik mimośrodowy,
3. ruchome łopatki,
4. obudowa.

Sprężarka

Sprężarki śrubowe

Sprężarki rotacyjne śrubowe są to sprężarki wyporowe o obrotowym ruchu „tłoka”, w których elementem roboczym, spełniającym rolę tłoka, są zwoje dwóch wirników śrubowych,
a rolę przestrzeni roboczych spełniają międzyzwojowe komory tych wirników.

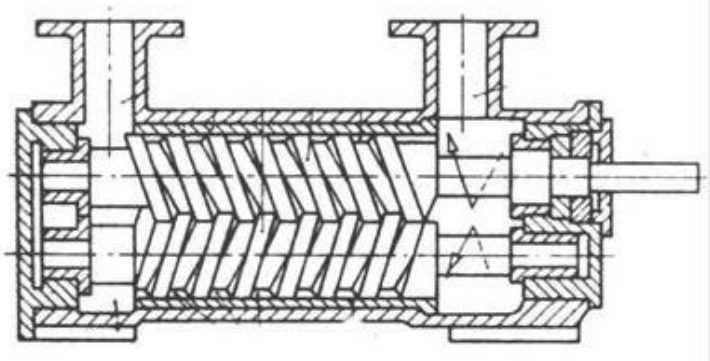


Sprężarka

Sprężarki śrubowe; c.d.

Proces sprężania polega na zmniejszeniu objętości komór przez śrubowe zwoje wirników, obracających się w przeciwnych kierunkach.

Rotacja wirnika wspomagającego jest powodowana bezpośrednio przez śrubę napędzaną silnikiem głównym, a chłodzenie i smarowanie jest wykonywane poprzez wtrysk oleju po stronie ssącej.
Rotacja śrub może być również synchronizowana poprzez zespół przekładni zębatych, w tym przypadku wtrysku oleju nie stosuje się.

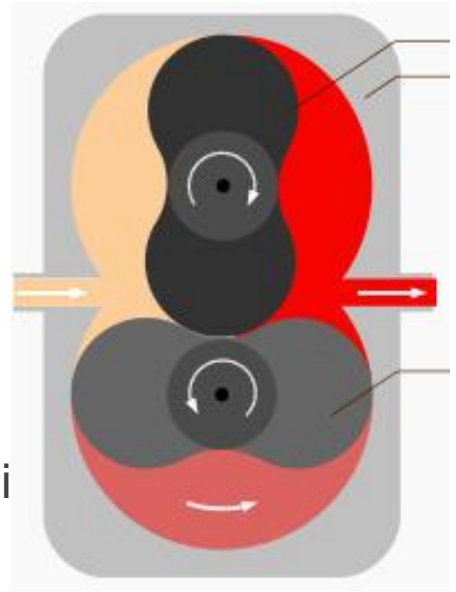


Sprężarka

Sprężarki z wirującymi tłokami krzywkowymi (sprężarki Rootsa)

Posiadają dwa wirniki z dwoma lub trzema "zębami" obracające się w przeciwnych kierunkach.

Kształty są tak dobrane, że wirniki pozostają w stałym kontakcie z cylindrem sprężarki.



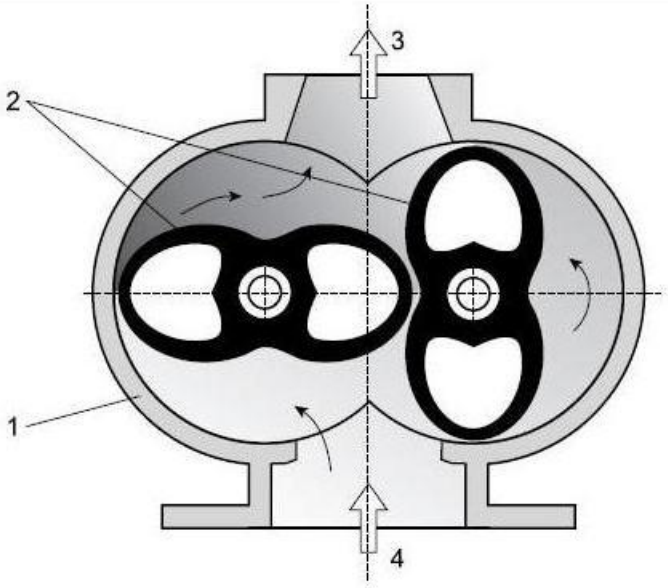
Rys. Sprężarka z wirującymi tłokami

Sprężarka

Sprężarki z wirującymi tłokami krzywkowymi (sprężarki Rootsa); c.d.

W czasie obrotu następuje sprężenie gazu znajdującego się w przestrzeni między wirnikiem a kadłubem.

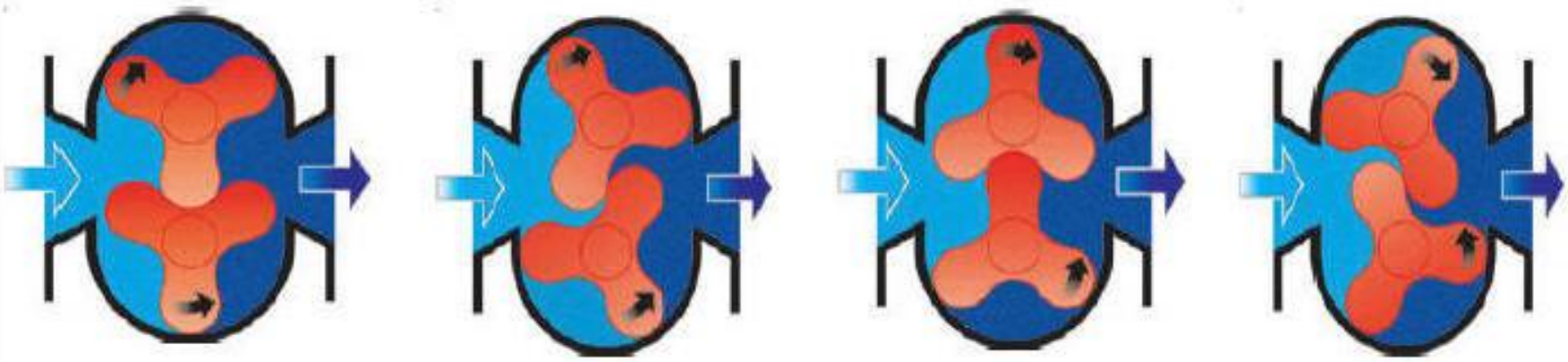
Sprężarki Roots'a to tak naprawdę dmuchawy, bowiem spręż w tych urządzeniach z reguły nie przekracza 1 bar.



Rys. Sprężarka typu Roots'a
1. kadłub,
2. wirniki krzywkowe,
3. wylot,
4. wlot.

Sprężarka

Sprężarki z wirującymi tłokami krzywkowymi (sprężarki Rootsa); c.d.

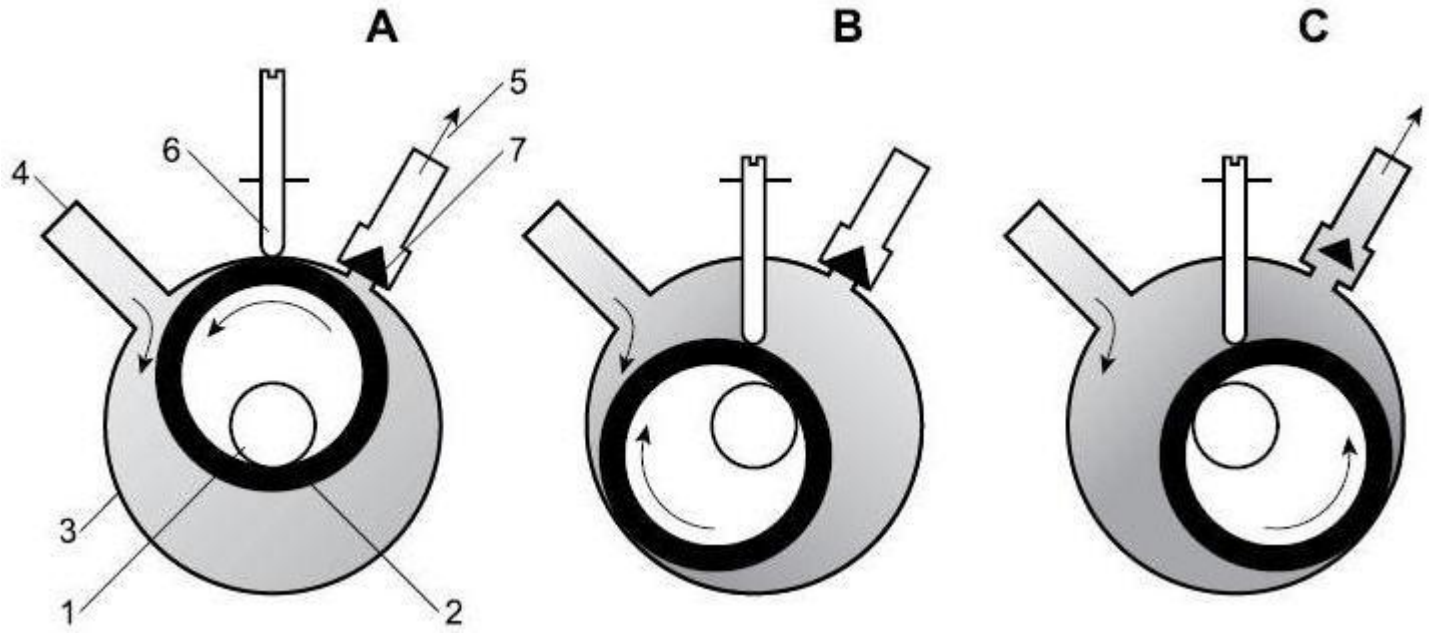


Rys. Zasada działania sprężarki Roots'a z wirnikiem „trójzębnym”.

Sprężarka

Sprężarki rotacyjne z wirującym tłokiem

Sprężarki rotacyjne mimośrodowe z tłokiem wirującym - tłok (wirnik) obracający się odśrodkowo w stosunku do skrzyni korbowej cylindra, zapewnia kolejno: zasysanie, sprężanie i tłoczenie gazu.

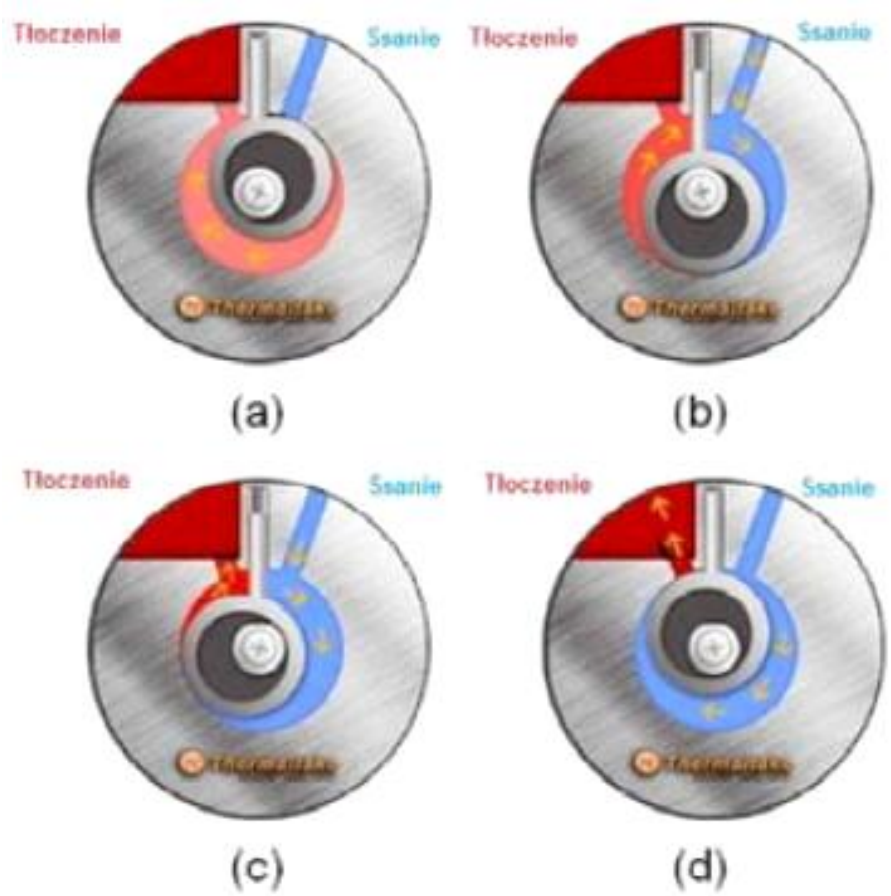


Sprężarka

Sprężarki rotacyjne z wirującym tłokiem; c.d.

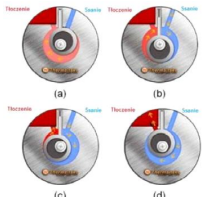
Łopatka jest zainstalowana w szczelinie skrzyni korbowej.

Przemienne przemieszczanie sterowane przez mimośrodowy wirnik i przez sprężynę cofającą zapewnia oddzielenie obszaru zasysania od obszaru tłoczenia.



Rys. Zasada działania sprężarki rotacyjnej z wirującym tłokiem.

Sprężarka



Sprężarki rotacyjne z wirującym tłokiem; c.d.

Sprężarki powyższe doczekały się modyfikacji w postaci **podwójnego tłoka** - "sprężarka Twin Rotary", gdzie dzięki umieszczeniu drugiego mimośrodowego tłoka na jednym wale uzyskano **spadek hałasu** i **drgań**, a także **wzrost współczynnika COP**.

Rys. Porównanie budowy sprężarki z pojedynczym i podwójnym tłokiem.

Sprężarka

Podsumowanie

Najczęściej stosowane sprężarki :

- **tłokowe** – pompy ciepła małej i dużej mocy; **średni cza „życia”: 7 lat**
- **sprężarki z tłokiem wirującym** stosowane najczęściej w niskim zakresie mocy grzewczej (np. pompy ciepła do c.w.u.), w urządzeniach typu Split.
- **spiralne typu Scroll**: najczęściej stosowane w zakresie od niskiej do średniej mocy;
  pracują cicho i z niskim poziomem drgań;
  są bardzo trwałe i nie wymagają konserwacji;
  „żywotność”: do 80 000 - 100 000 godzin pracy – 20-25 lat ???
- **śrubowe** – stosowane w dużym zakresie mocy grzewczej.

Sprężarka

Sprężarka spiralna (Scroll)

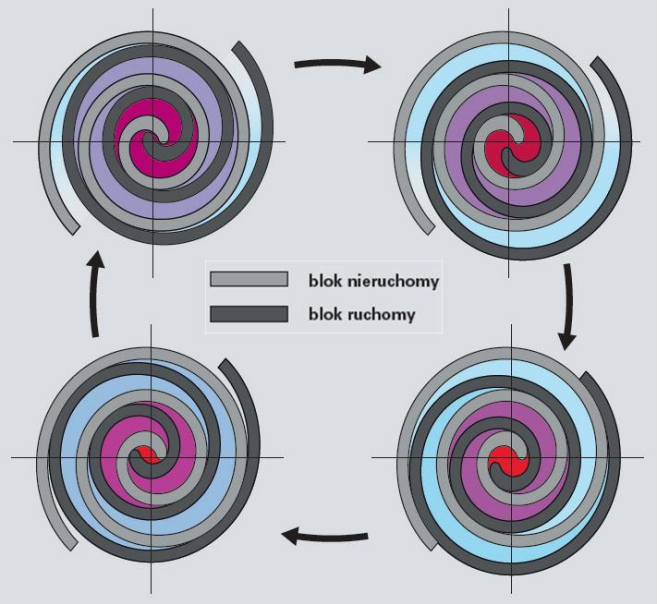
Posiadają dwie spirale Archimedesa.

Sprężarka

Sprężarka spiralna (Scroll); c.d.

Wskutek mimośrodowości jednej ze spiral, powstają dwie przeciwległe sierpowate zamknięte przestrzenie, przemieszczające się od zewnętrz do wewnątrz i zmniejszające przy tym swoją objętość.

Masy ruchome zostały w ten sposób zredukowane do minimum i wykonują jedynie ruch obrotowy.
Taki układ i brak ruchów oscylacyjnych **minimalizuje wibracje**.



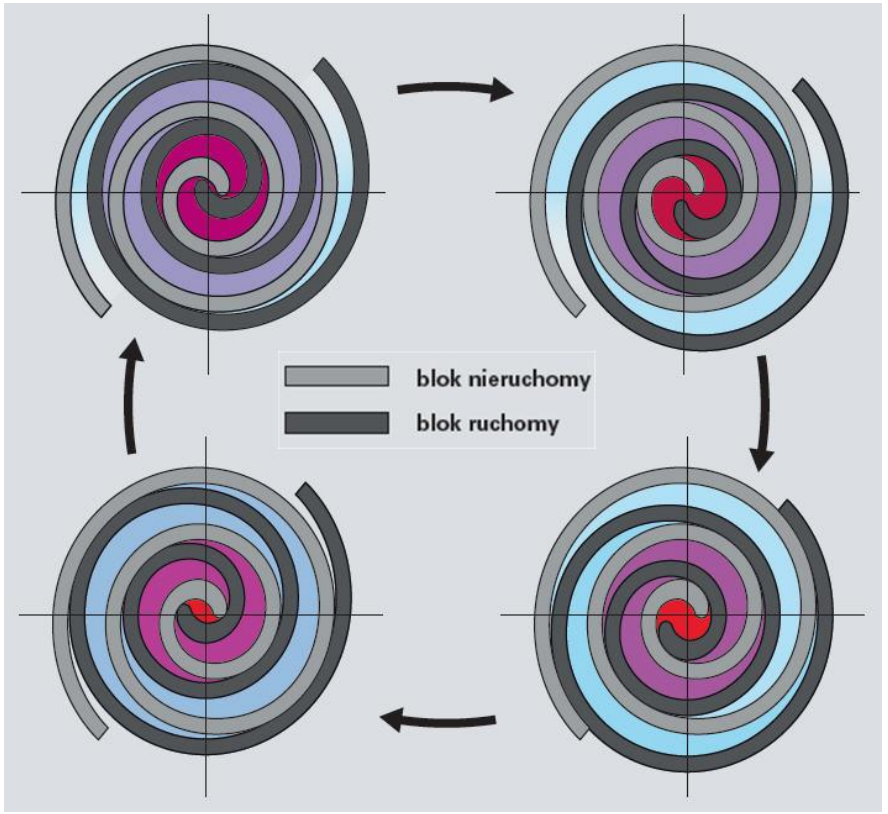
Sprężarka

Sprężarka spiralna (Scroll); c.d.

Dwa zachodzące na siebie bloki (spirale): ruchomy i nieruchomy.

Ruchomy blok spiralny porusza się ruchem mimośrodowym, podczas którego odbywają się równocześnie trzy procesy.

- zasysanie (segmenty niebieskie)
- sprężanie (segmenty fioletowe)
- wypychanie (segmenty czerwone)



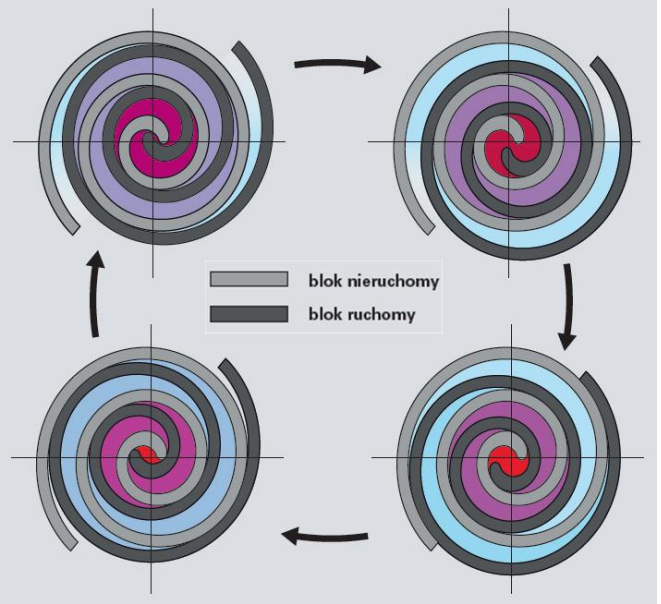
Rys. Zasada działania sprężarki typu Scroll.

Sprężarka

Sprężarka spiralna (Scroll); c.d.

Zasada działania - z dwóch spiral sprężarki typu Scroll jedna jest nieruchoma, a druga obraca się ruchem mimośrodowym przeciwnie do ruchu wskazówek zegara.

Obrót spirali powoduje zassanie czynnika chłodniczego w postaci gazu i stopniowe jego sprężanie pomiędzy zamkniętymi przestrzeniami.
Całość procesu sprężania trwa około 2,5 obrotu, po czym czynnik zostaje wytłoczony, a na jego miejsce zostaje zassana następna porcja gazu.

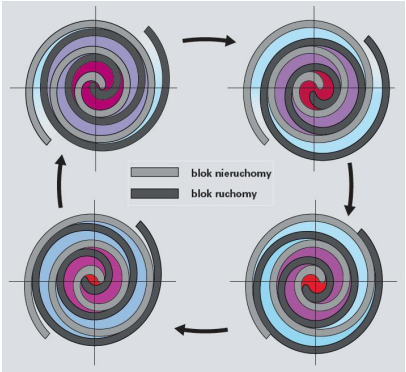


Sprężarka

Sprężarka spiralna (Scroll); c.d.
Dzięki wysokoprecyzyjnej obróbce można było zrezygnować z elementów uszczelniających na końcach spiral, a gazoszczelność przestrzeni roboczych zapewnia **film olejowy**.

W porównaniu z konwencjonalnymi sprężarkami tłokowymi uzyskano redukcję poziomu ciśnienia akustycznego o ok. 6 dB(A), co odpowiada redukcji hałasu odczuwanego do jednej czwartej.
Głośność pracy odpowiada mniej więcej głośności chłodziarki domowej (lodówki).

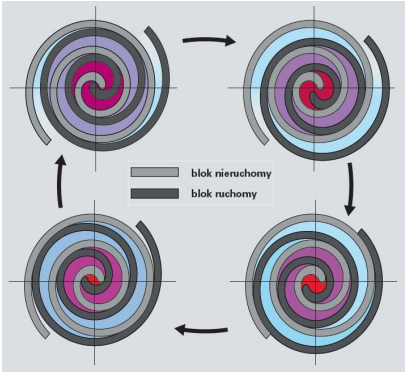
Sprężarki typu Scroll to obecnie najpopularniejsze rozwiązanie w pompach ciepła małej mocy.



Sprężarka

Sprężarka spiralna (Scroll); c.d.

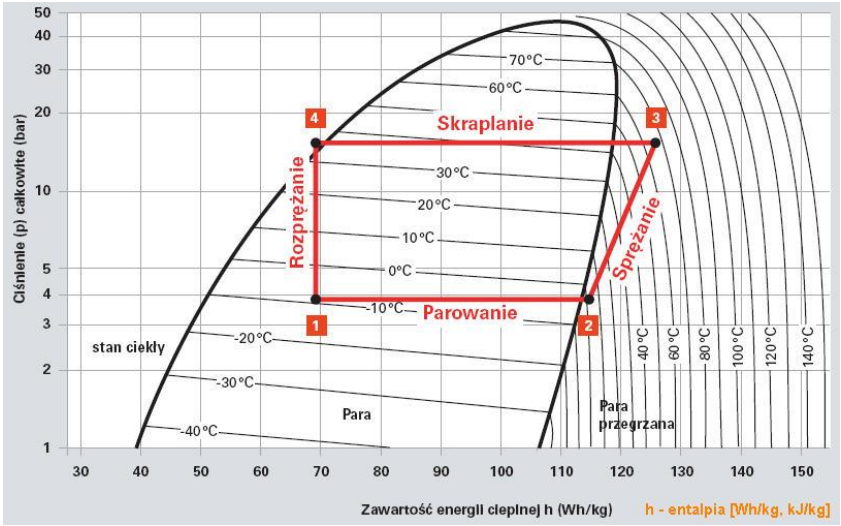
Film: Schemat działania sprężarki Scroll:
https://youtu.be/PacP_YGZibo



Zawór rozprężny – dławiący

Zadania zaworu rozprężnego w obiegu pompy ciepła:

- **obniżenie ciśnienia i temperatury czynnika chłodniczego**, który skrapla się po oddaniu ciepła do systemu grzewczego, ale nadal znajduje się pod wysokim ciśnieniem; w zaworze rozprężnym obniża się ciśnienie i temperatura czynnika chłodniczego, do wartości umożliwiających ponowne pobieranie ciepła ze środowiska naturalnego
- **reguluje przepływ czynnika chłodniczego,** żeby do sprężarki dostawała się **tylko para przegrzana** czynnika chłodniczego (**bez cieczy**); tak reguluje przepływ, żeby do parownika dostało się tylko tyle czynnika chłodniczego, ile może tam całkowicie odparować.



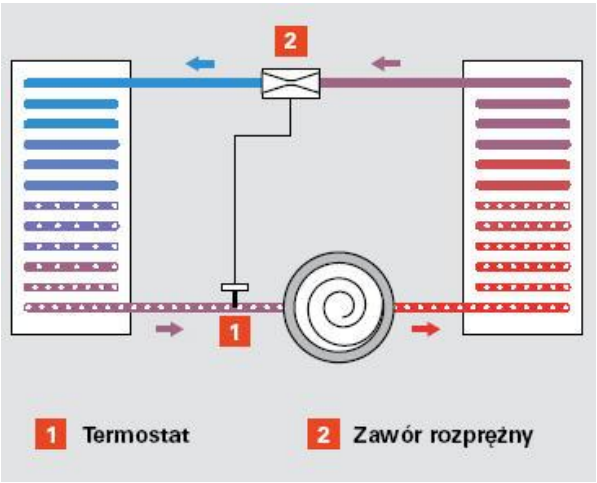
Zawór rozprężny – dławiący

Termostatyczny zawór rozprężny

Jest to zawór rozprężny **sterowany temperaturą** – mierzy temperaturę w przewodzie ssącym sprężarki [1] i steruje ilością przekazywanego czynnika chłodniczego do parownika (steruje natężeniem przepływu czynnika chłodniczego).

Termostatyczne zawory rozprężne osiągają poziom minimalnego wymaganego przegrzania tylko w punkcie projektowym. **We wszystkich pozostałych punktach pracy poziom przegrzania jest wyższy**.

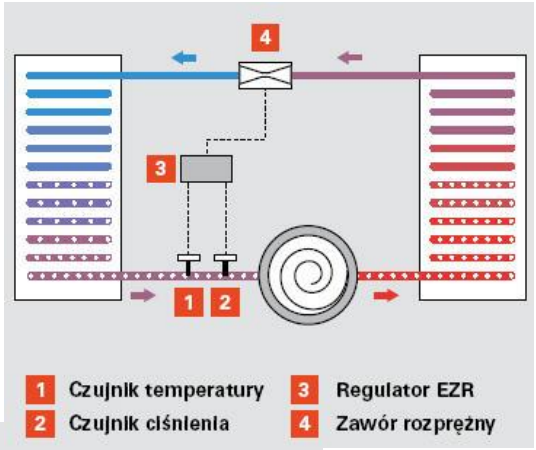
Im wyższy jest poziom przegrzania czynnika chłodniczego, tym:
niższa jest maksymalna temperatura uzyskiwana w skraplaczu;
wzrasta wymagany czas pracy sprężarki;
a, **efektywność pompy ciepła spada**.

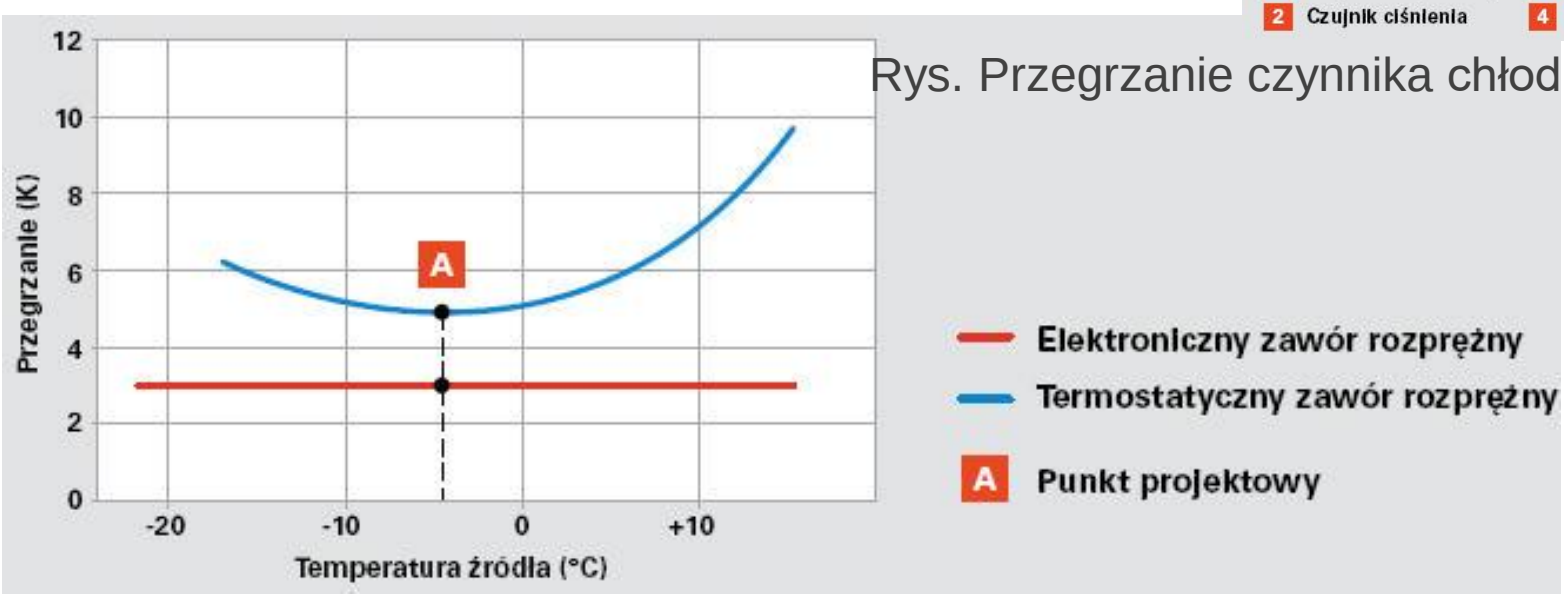


Rys. Termostatyczny zawór rozprężny

Zawór rozprężny – dławiący

Elektroniczny zawór rozprężny
Mierzy **temperaturę i ciśnienie** przed sprężarką. Na tej podstawie, szybko i precyzyjnie reguluje przepływ czynnika chłodniczego, co umożliwia utrzymanie przegrzania na stałym poziomie w całym zakresie regulacji mocy sprężarki.



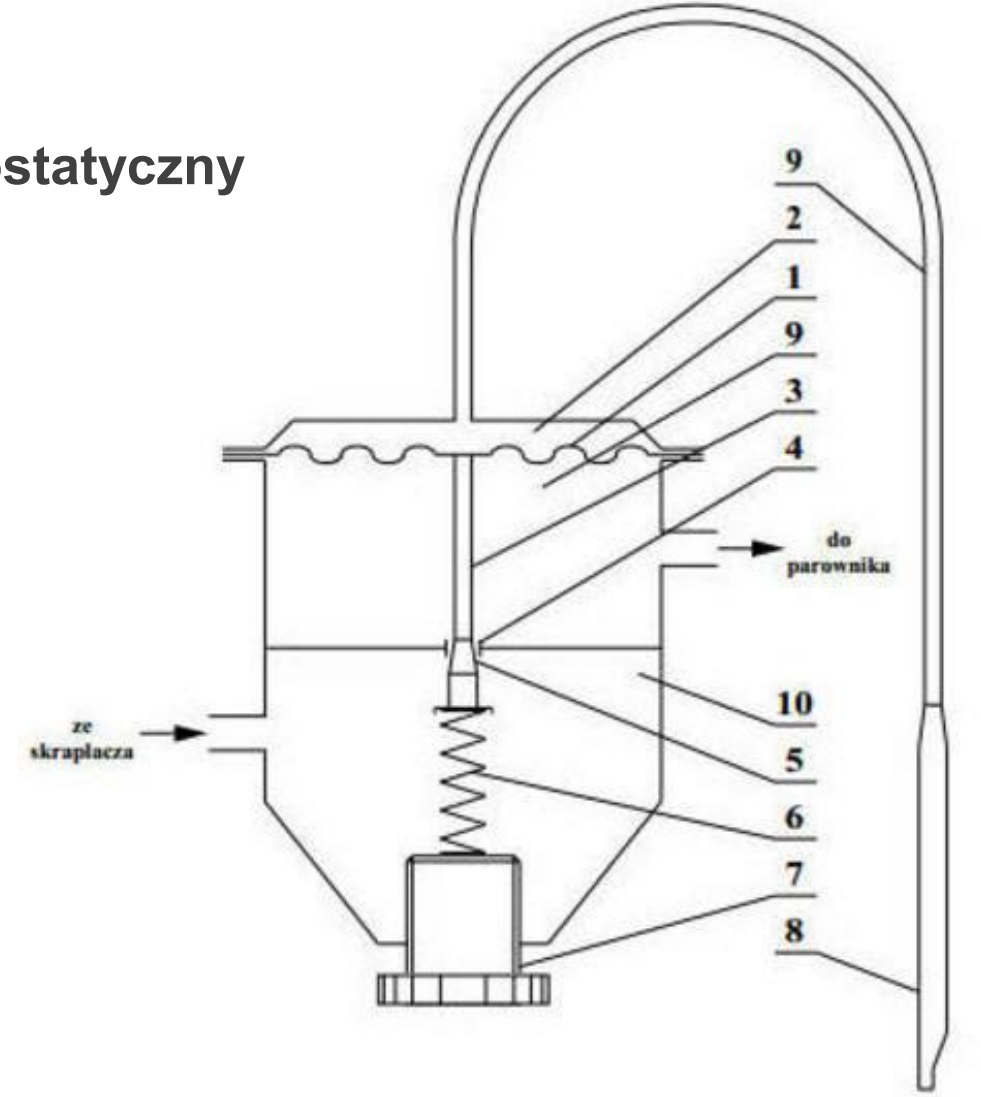


Rys. Przegrzanie czynnika chłod.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór termostatyczny

Rys. Termostatyczny zawór rozprężny z wewnętrznym wyrównywaniem ciśnień:
1. membrana,
2. mieszek ciśnieniowy,
3. popychacz,
4. dysza,
5. iglica,
6. sprężyna,
7. śruba regulacyjna,
8. czujnik temperatury,
9. komora niskiego ciśnienia,
10. komora wysokiego ciśnienia

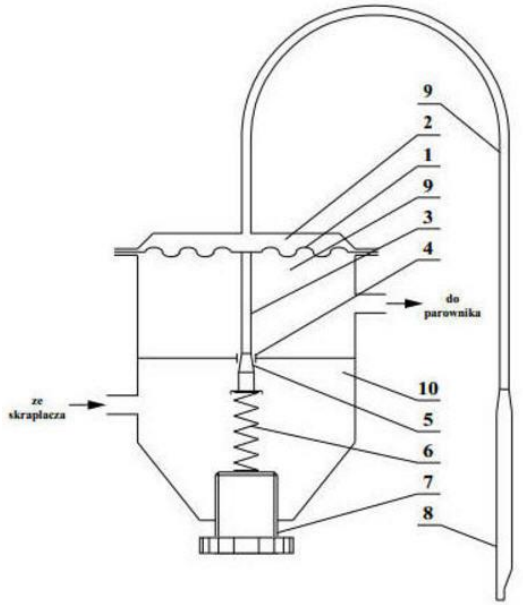


Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.

Czynnik chłodniczy o wysokim ciśnieniu wpływa do komory wysokiego ciśnienia zaworu. Następnie przez szczelinę pomiędzy dyszą, a iglicą czynnik przepływa do komory niskiego ciśnienia, a stąd do parownika, gdzie odparowuje.
Za parownikiem do ścianki przewodu jest przytwierdzony czujnik zaworu.

Zmiana temperatury w przewodzie za parownikiem powoduje zmianę ciśnienia w czujniku, a to z kolei powoduje zmianę ciśnienia działającego na membranę.
Zmiana siły działającej na membranę zmienia położenie iglicy. **W wyniku przesunięcia iglicy zmienia się prześwit szczeliny**, a to z kolei powoduje zmianę strumienia masy czynnika chłodniczego przepływającego przez zawór.

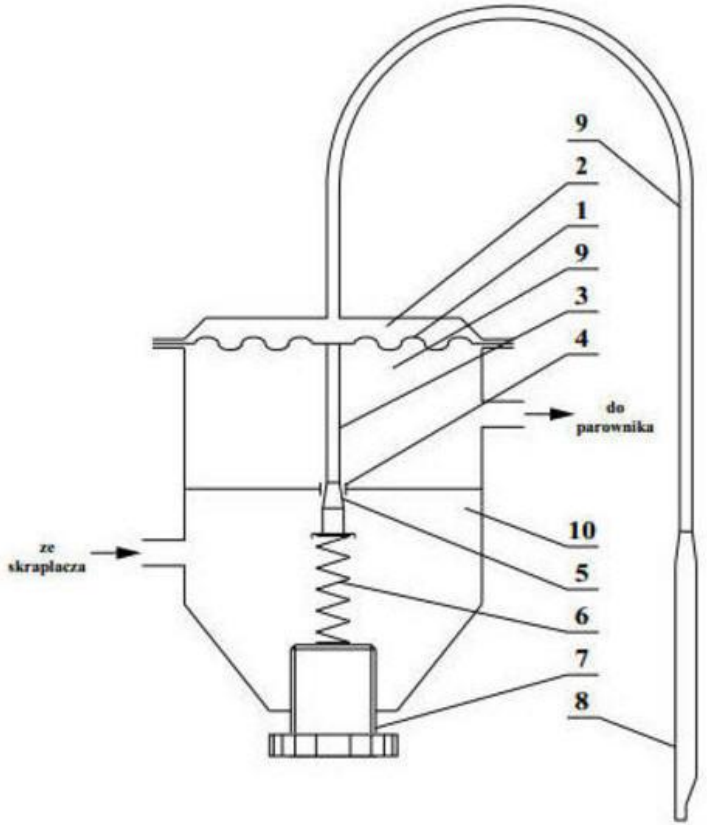


Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.

Zawory termostatyczne wykonywane są:

- ze stałą dyszą
- z wymienną dyszą
- wtryskowe

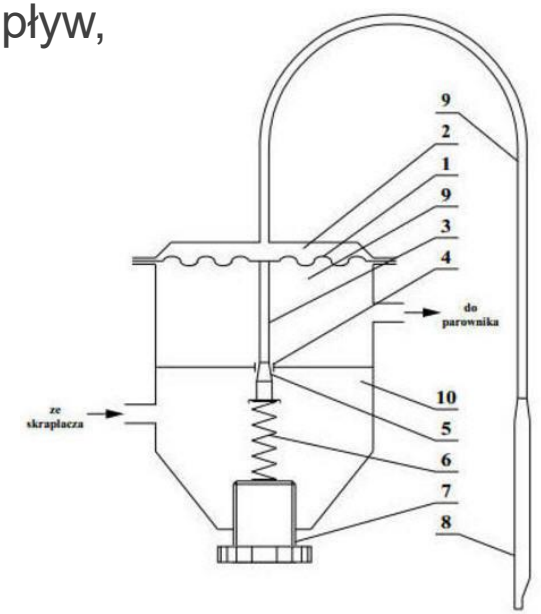


Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.

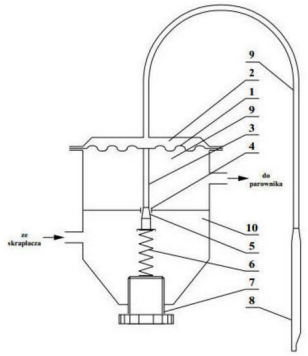
Ze względu na materiał mogą się dalej dzielić na armaturę **mosiężną** i ze **stali nierdzewnej**, o **figurze prostej** lub **kątowej**, z **przyłączami lutowanymi** bądź **gwintowymi**.

Zawory ze stałą dyszą produkowane są na określony przepływ, należy je zamawiać według katalogu i numeru dyszy.



Zawór rozprężny – dławiący

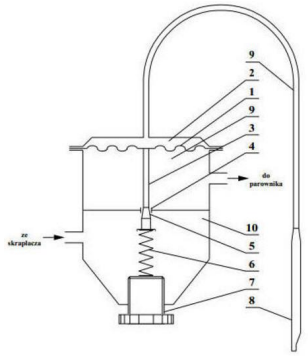
Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.

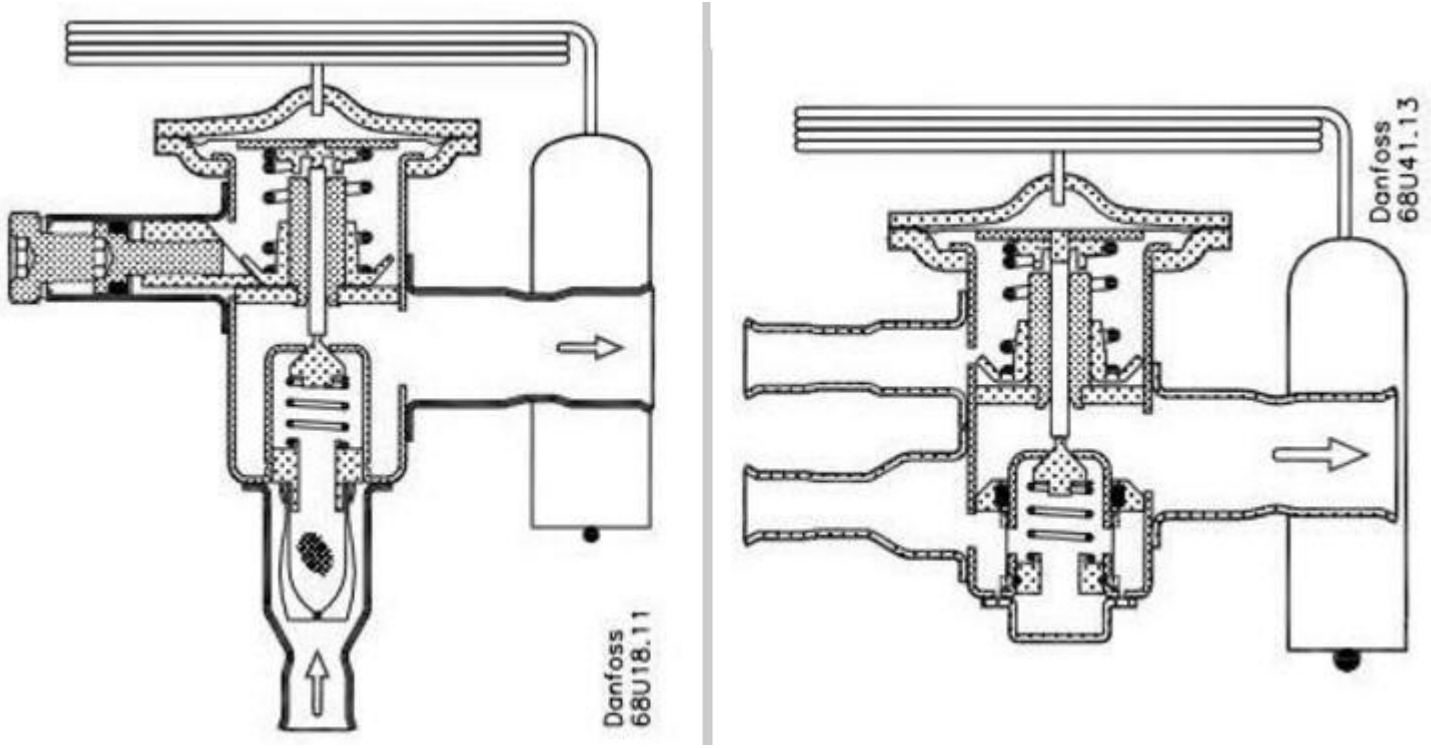


Zdj. Zawory termostatyczne w wersji lutowanej.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.

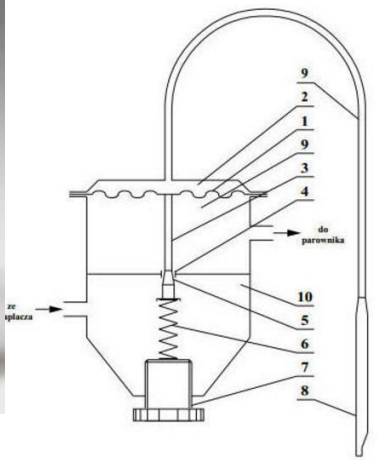




Rys. Zawory o stałej dyszy i figurze - po lewej kątowej, po prawej - prostej.

Zawór rozprężny – dławiący

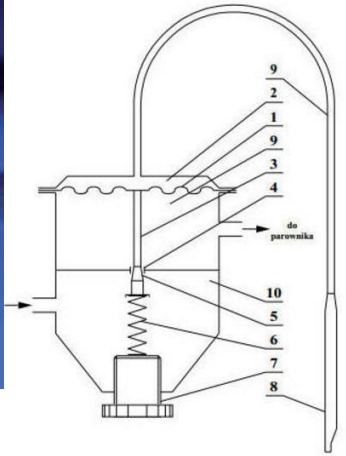
Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.



Zdj. Zawory lutowane w wersji mosiężnej.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór termostatyczny; c.d.



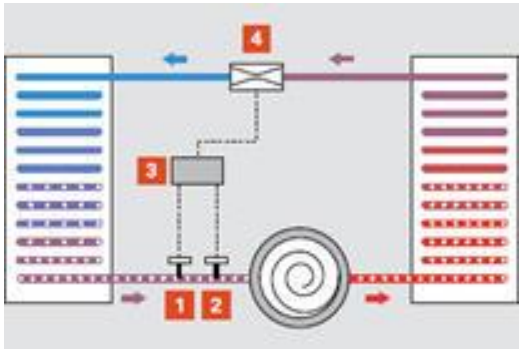
Zdj. Zawory termostatyczne z wymiennym zespołem dyszy.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny

Zawory tego typu wykorzystują dwa czujniki:

- przetwornik ciśnienia
- czujnik temperatury,



oba zamontowane są na końcu parownika.

Przeprowadzone przez nie pomiary są analizowane przez mikroprocesorowy sterownik, który odpowiada za stopień otwarcia zaworu – steruje stopniem otwarcia.

Zawory elektroniczne wyposażone są w silnik krokowy zapewniający precyzyjną regulację przepływu.

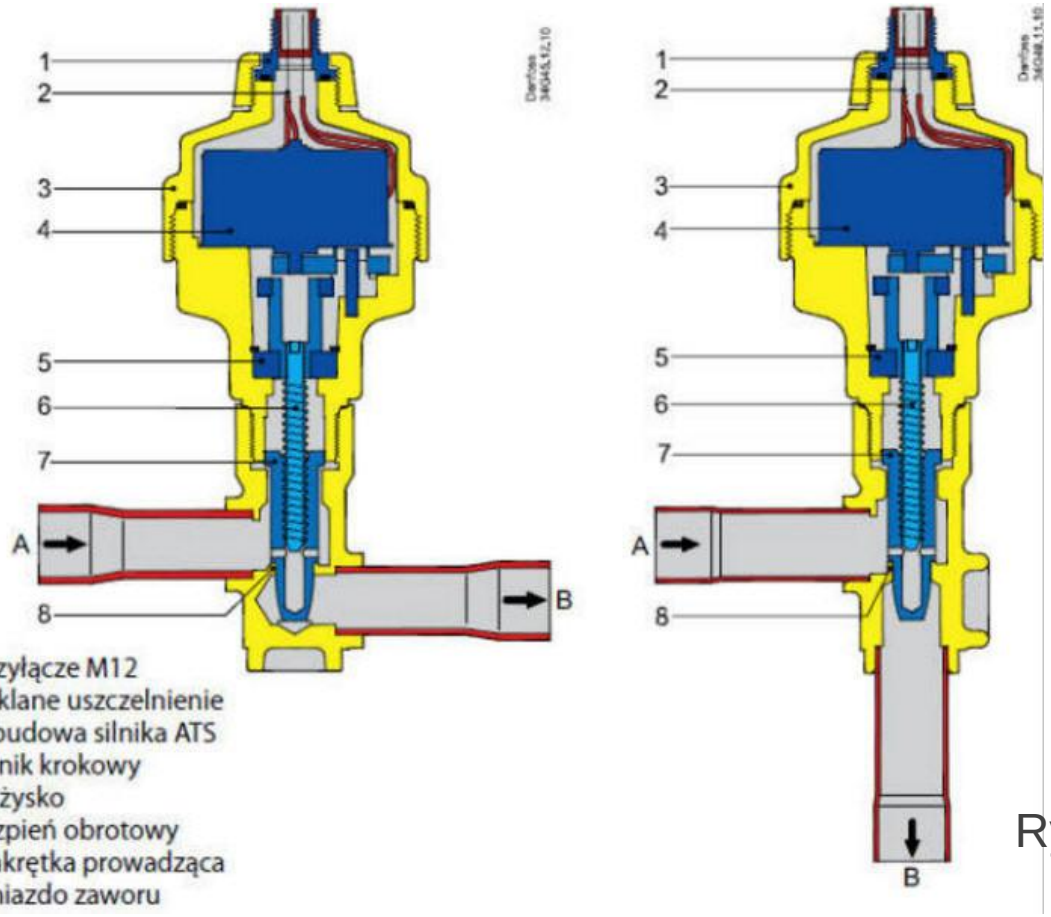
Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny; c.d.

Zdj. Zawory krokowe elektroniczne typu ETS firmy Danfoss.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny; c.d.



1. Przyłącze M12
2. Szklane uszczelnienie
3. Obudowa silnika ATS
4. Silnik krokowy
5. Łożysko
6. Trzpień obrotowy
7. Nakrętka prowadząca
8. Gniazdo zaworu

Rys. Schemat zaworu ETS o figurze prostej i kątowej.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny; c.d.

Elektroniczne zawory rozprężne można dalej dzielić w zależności od sposobu regulacji przepływu czynnika na:

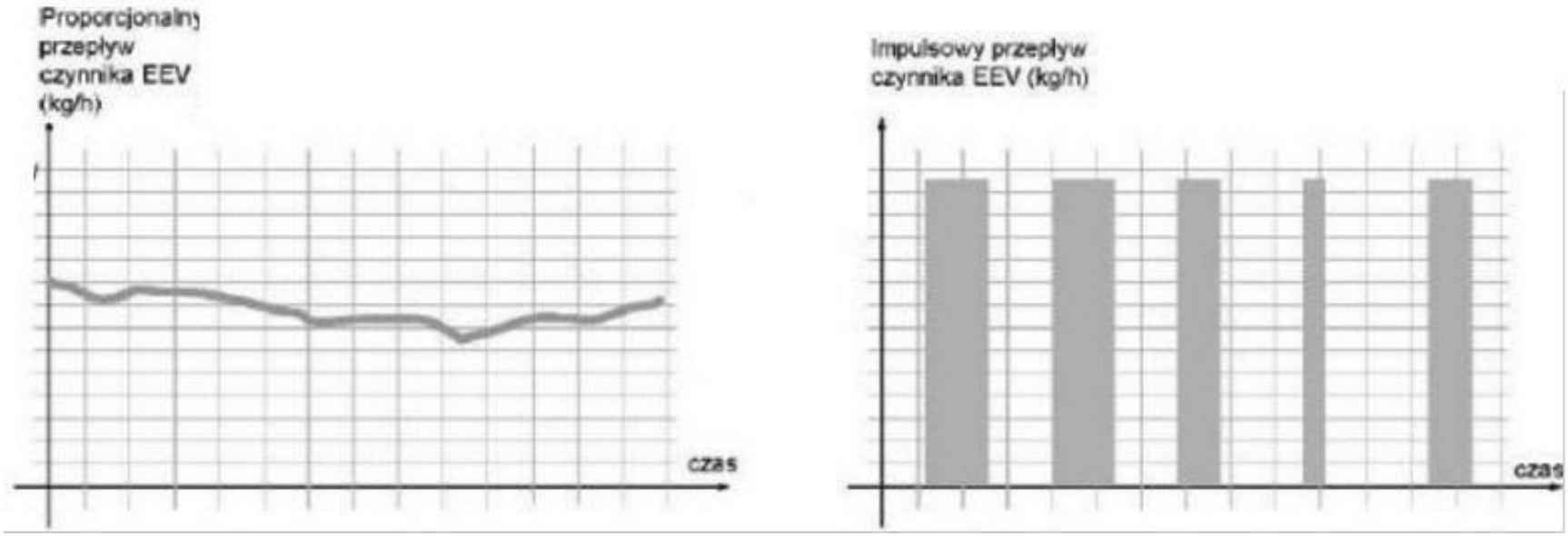
- o działaniu proporcjonalnym
- o działaniu impulsowym

Zawory **o działaniu proporcjonalnym** - działają na zasadzie **regulacji stopnia otwarcia iglicy**.

Zawory **impulsowe** - powodują **całkowite zamknięcie lub otwarcie dyszy przez ściśle określony czas**.

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny; c.d.



Rys. Porównanie przepływu w instalacji z zaworem proporcjonalnym i impulsowym (modulacja szerokości impulsu – PWM).

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny; c.d.

W zakresie precyzji i sterowania zaleca się typ proporcjonalny, ponieważ modulacja impulsowa wtrysku czynnika chłodniczego może spowodować problemy ze stabilnością i niską efektywnością układu.

Zasadniczą różnicą pomiędzy zaworami proporcjonalnymi i PWM, jest **rozchodzenie się pulsacji ciśnienia** w przewodach instalacji chłodniczej, a szczególnie wtedy, gdy są one bardzo długie (np.: w supermarketach).

Pulsacje ciśnienia mogą doprowadzić do nieprzewidywalnych awarii, nie tylko w zaworze rozprężnym, lecz w całej instalacji (przewody cieczowe, parownik, rozdzielacz wtrysku czynnika, wymiennik ciepła).

Zawór rozprężny – dławiący

Zasada działania – zawór elektroniczny; c.d.

Dzięki elektronicznemu zaworowi rozprężnemu można osiągnąć znaczne oszczędności energii, oraz zwiększenie średniej rocznej wydajności sprężarki (nawet o 25%).

Pozostała armatura pompy ciepła

Ręczne zawory odcinające – stosowane są w celu ułatwienia obsługi i wykonywania napraw; jako przelotowe i kątowe; z pokrętłem lub nakrętką do klucza (gdy użytkownik nie powinien mieć bezpośredniego dostępu do urządzenia).

Zawory zwrotne – zapewniają przepływ czynnika chłodniczego tylko w jednym kierunku; jako przelotowe i kątowe; przystosowane do połączeń rozłącznych i nierozłącznych (lutowanych lub spawanych).

Zawory bezpieczeństwa – zabezpieczają urządzenie chłodnicze przed uszkodzeniem na skutek zbyt dużego ciśnienia w instalacji; rozróżniamy zawory bezpieczeństwa do zbiorników ciśnieniowych oraz zawory upustowe (przelewowe) do sprężarek; zbyt duże ciśnienie – zwór otwiera się i czynnik chłodniczy „wyrzucany” jest z instalacji aż do osiągnięcia w niej zadanej wartości ciśnienia.

Pozostała armatura pompy ciepła; c,d,

Zawory serwisowe – umożliwiają prace kontrolno-serwisowe, np. podłączenie do instalacji chłodniczej manometrów kontrolnych, zestawu do uzupełniania ubytków czynnika chłodniczego w instalacji, itd.

Zawory upustowe – montowane są w sprężarkach, w których po przekroczeniu dopuszczalnego ciśnienia roboczego czynnik chłodniczy przepłynie ze strony tłocznej sprężarki, do strony ssawnej.

Wymienniki ciepła

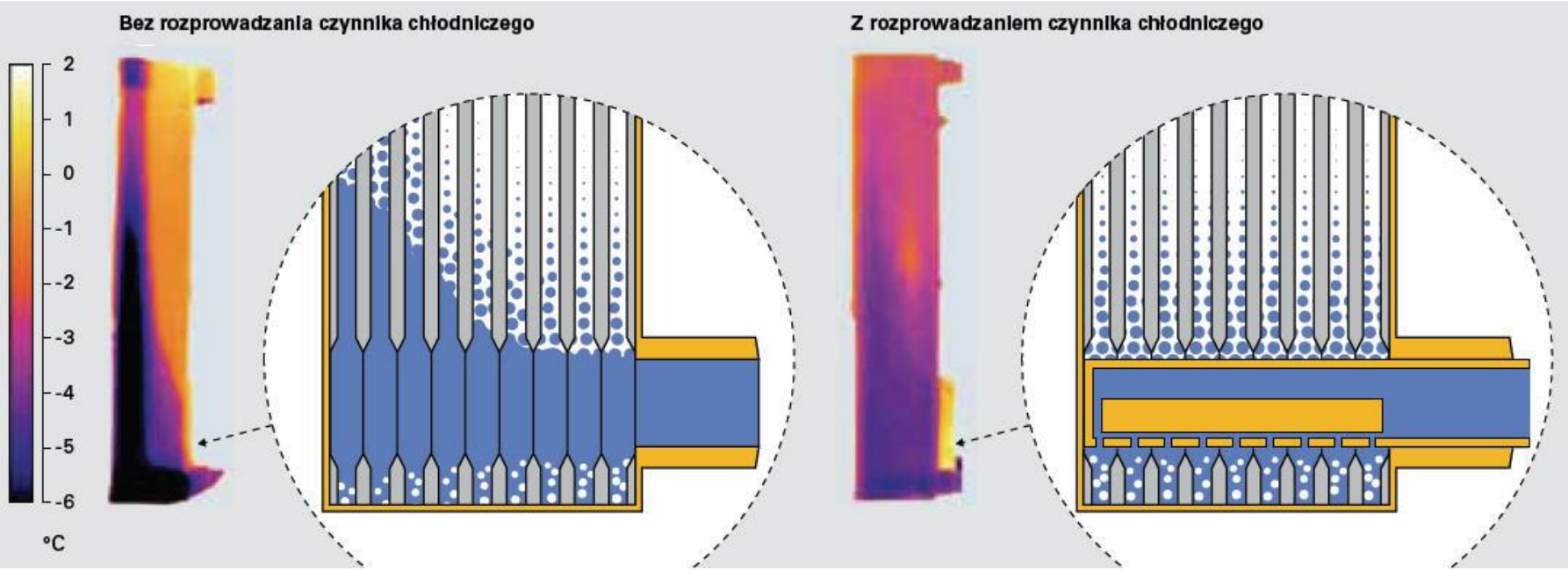
Przekazywanie ciepła w PC realizowane jest w wymiennikach ciepła:
parownik – odbiera ciepło ze środowiska i przekazuje czynnikowi chłodniczemu w obiegu PC (odparowanie czynnika chłodniczego);
skraplacz – przekazuje ciepło do instalacji grzewczej (skraplanie czynnika chłodniczego w obiegu PC) – wymiennik płytowy.

Parownik
W pompach BW i WW, jest to najczęściej **wymiennik płytowy** – wysoka zdolność przekazywania ciepła, przy jednocześnie małych wymiarach wymiennika.
Również z kanałami odpowiednio rozprowadzającymi czynnik chłodniczy – większa wydajność wymiennika płytowego.
Dzięki kanałom, czynnik chłodniczy jest rozprowadzany równomiernie na całej powierzchni odparowania. Zapobiega to „przestrzeliwania" czynnika chłodniczego tylko w części parownika i zapewnia się optymalne wykorzystanie całej powierzchni wymiany ciepła.

Wymienniki ciepła

Parownik, c.d.

Termografie – wymiennik bez rozprowadzenia (strona lewa), czynnik chłodniczy może „przestrzeliwać”, a wymiennik ciepła jest penetrowany nierównomiernie. Z rozprowadzaniem (strona prawa) możliwa jest równomierna penetracja parownika.



Wymienniki ciepła

Parownik, c.d.

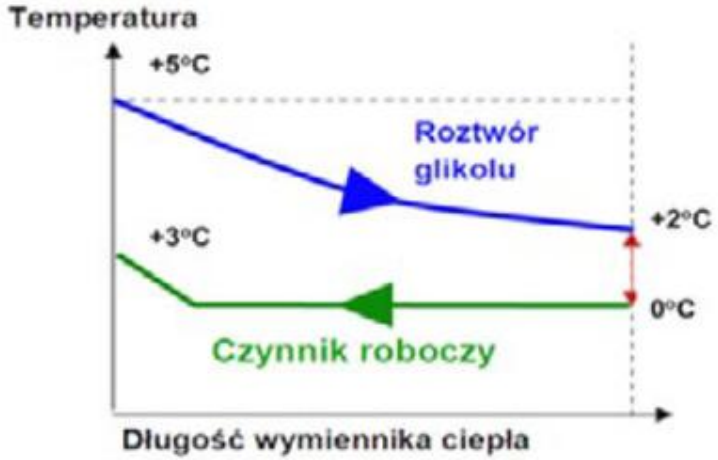
W pompach ciepła AW (powietrze/woda), jako parownik stosuje się lamelowe wymienniki ciepła, które charakteryzują się bardzo dużą powierzchnią wymiany ciepła po stronie powietrza (bo powietrze ma znacznie mniejszą pojemność cieplną niż woda czy „glikol").

W niskich temperaturach, para wodna zawarta w powietrzu zamarza na lamelach wymiennika ciepła - dzięki dużym przerwom między lamelami przedłuża się czas obladzania parownika.
Zamarznięte wymienniki: wzrost głośności pracy urządzenia, zwiększony pobór mocy przez wentylator.

W nowoczesnych pompach ciepła rozmrażanie parownik odbywa się automatycznie – w zależności od potrzeb. Czas rozmrażania, nie przekracza **2-5%** czasu pracy PC w ciągu roku.

Wymienniki ciepła

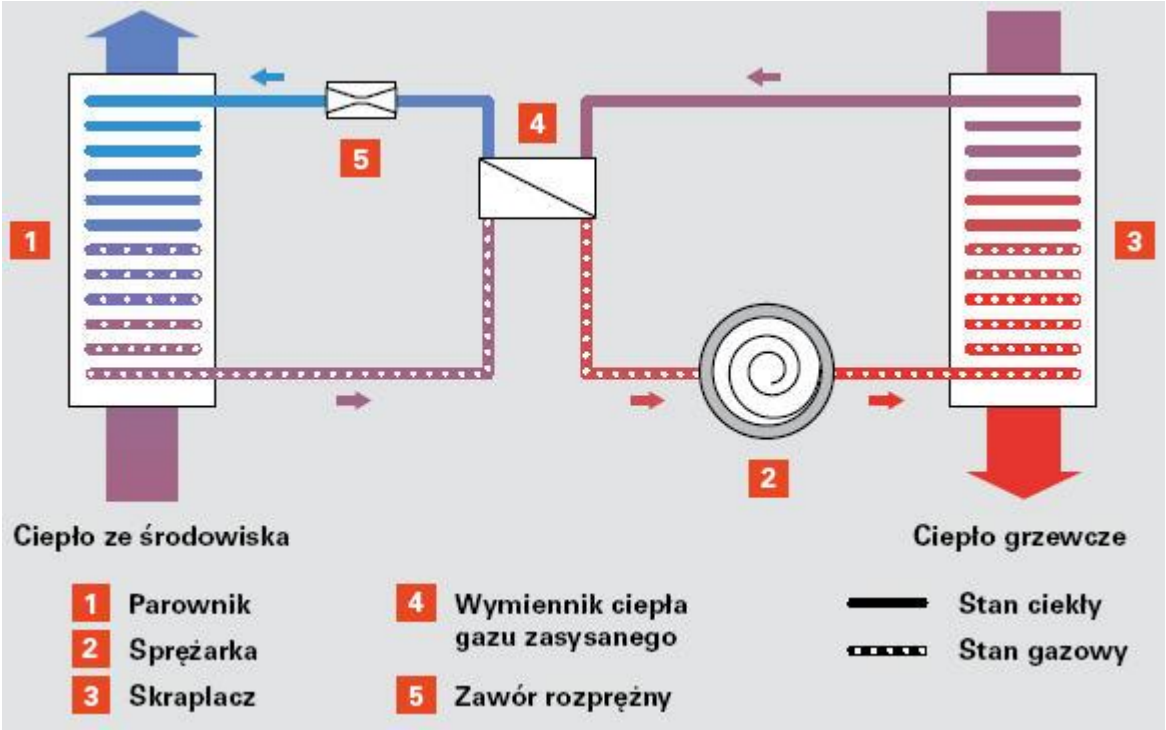
Przekazywanie ciepła w parowniku i skraplaczu:



Wymienniki ciepła

Wymiennik ciepła gazu zasysanego

Podnosi bezpieczeństwo pracy sprężarki – zapobiega występowaniu w sprężarce ciekłych cząstek czynnika chłodniczego. Jest dodatkowym zabezpieczeniem sprężarki (oprócz zaworu rozprężnego), szczególnie w przypadku mieszanek czynnika chłodniczego, których części składowe mogą mieć różne temperatury wrzenia.

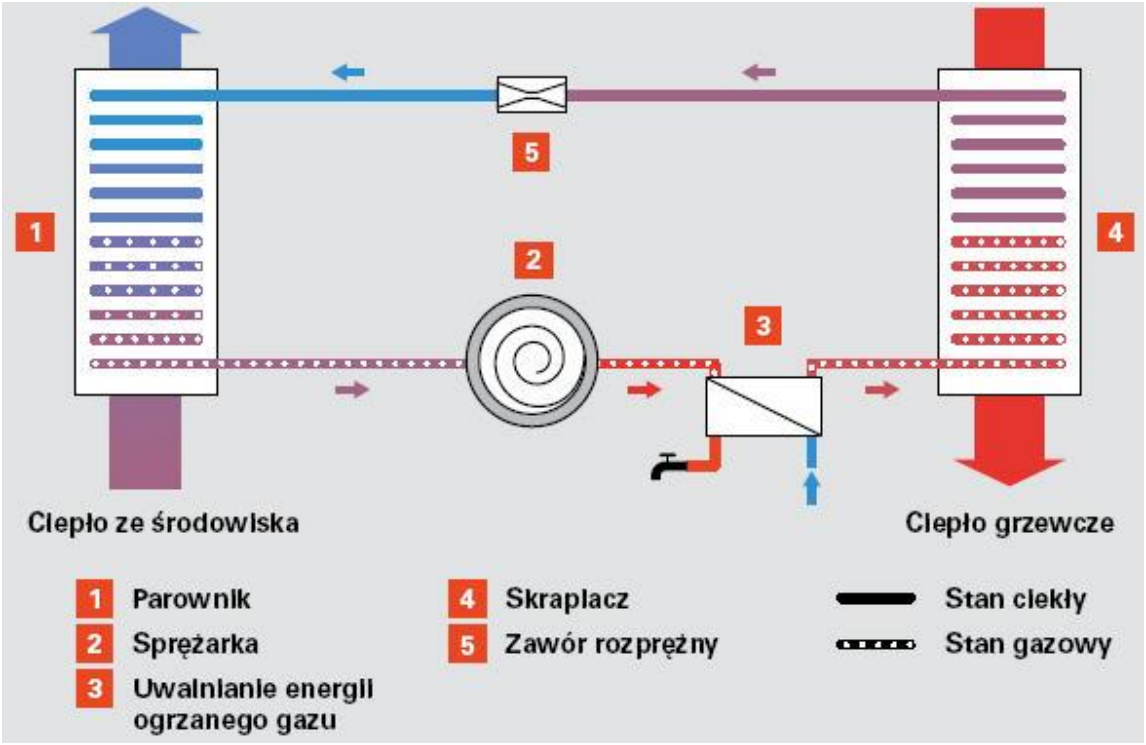


Rys. Schemat obiegu PC z wymiennikiem ciepła gazu zasysanego

Wymienniki ciepła

Uwalnianie energii ogrzanego gazu

Dodatkowy wymiennik, za pomocą którego część energii gorącego gazu może zostać wykorzystana do ogrzewania wody użytkowej (ok. 10%). Rozwiązanie nie stosowane w PC firmy Viessmann – mniejsza efektywność pompy ciepła.



Rys. Schemat obiegu PC z uwalnianiem energii ogrzanego gazu

Osprzęt pompy ciepła

Filtry mechaniczne

Mają za zadanie **usuwać** z układu wszelkie **zanieczyszczenia mechaniczne**, jak opiłki, zgorzel powstała podczas lutowania, muł, itp. Bardzo często pełnią też dodatkowe funkcje: **odwadniacza** lub **odkwaszacza**.

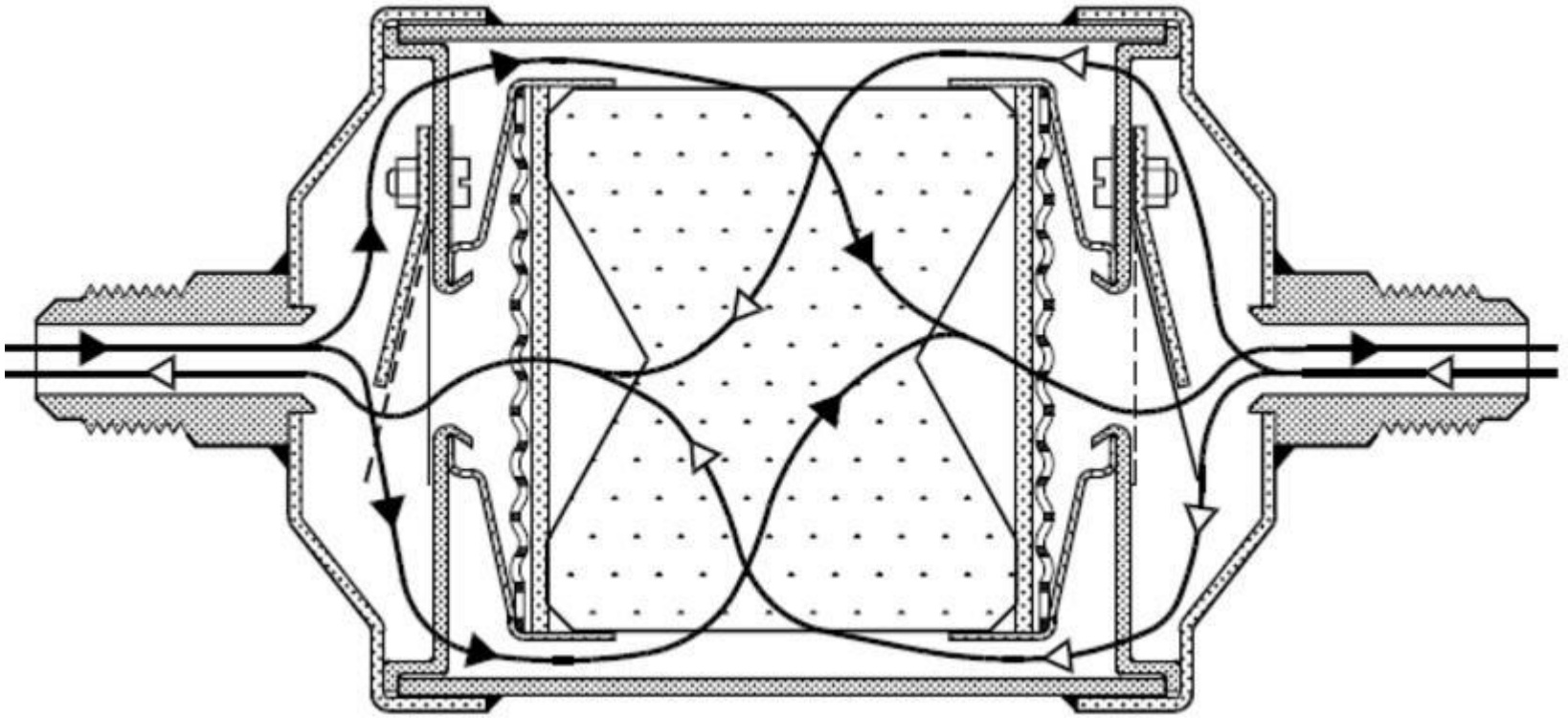
Filtr odwadniający skutecznie adsorbuje wilgoć jak i niewielkie ilości kwasów organicznych i nieorganicznych.

Filtry odwadniające najczęściej posiadają **wkłady z sit molekularnych** (sit cząsteczkowych) - porowate związki chemiczne mające własność zatrzymywania w wewnętrznych obszarach sieci krystalicznej cząsteczek wody.

Filtry mogą być wykonane jako **jednokierunkowe** lub **dwukierunkowe**.

Osprzęt pompy ciepła

Filtry mechaniczne; c.d.



Rys. Filtr mechaniczny, odwadniający dwukierunkowy (Danfoss)

Osprzęt pompy ciepła

Filtry mechaniczne; c.d.

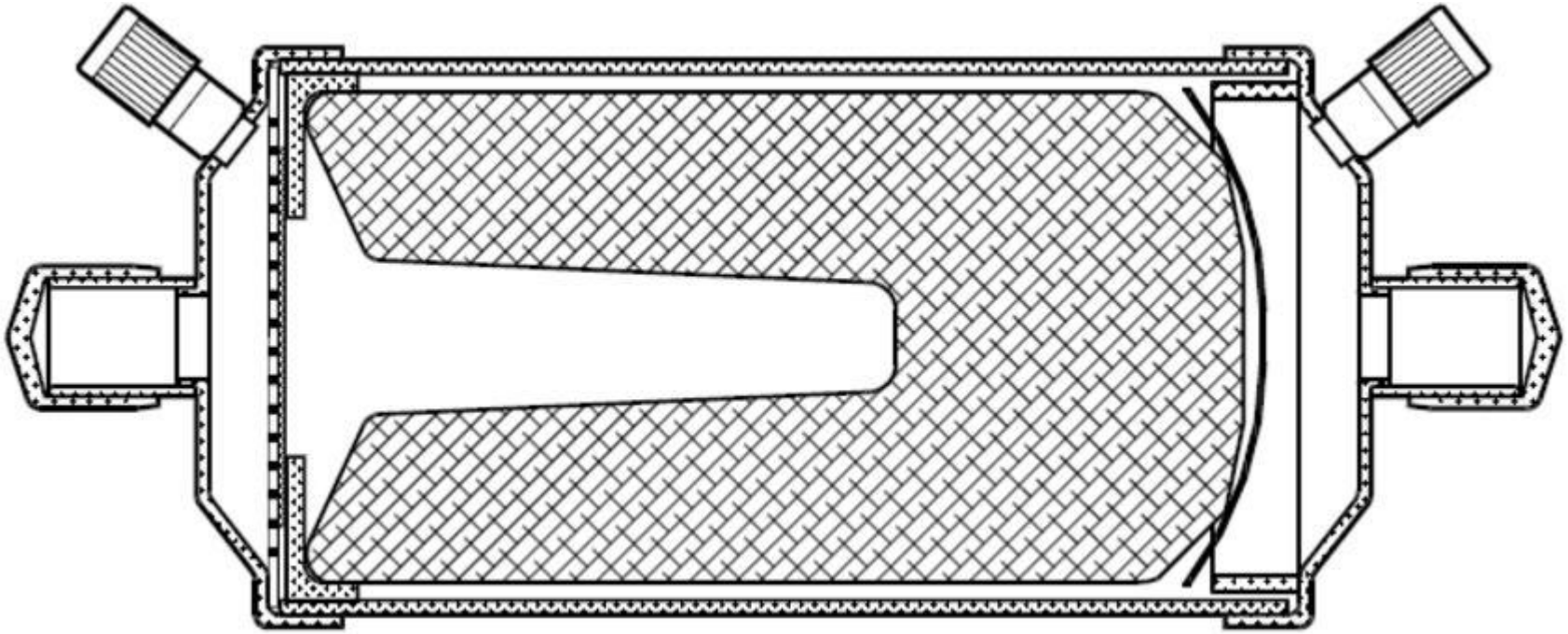
Filtry odwadniacze produkowane są **z wymiennymi** i **niewymiennymi wkładami**.
O konieczności wymiany filtra decyduje zwykle **sygnał ze sterownika pompy ciepła** (kod informujący o zbyt niskim ciśnieniu), **zadziałanie presostatu niskiego ciśnienia** lub **zmiana zabarwienia czynnika** chłodniczego widziana we wzierniku.

Filtry odkwaszające stosowane są w pompach ciepła w celu usunięcia z obiegu zakwaszenia powstałego w wyniku, np. kontaktu wody czy oleju z czynnikiem chłodniczym.
Posiadają wkłady składające sie w części z sit molekularnych (usuwanie wilgoci) i aktywowanego tlenku glinowego (odkwaszanie).

Przy montażu należy zwrócić uwagę na kierunek przepływu czynnika zaznaczony strzałką na korpusie.

Osprzęt pompy ciepła

Filtry mechaniczne; c.d.



Rys. Filtr odkwaszający "Eliminator" (Danfoss)

Osprzęt pompy ciepła

Odolejacze

Pracująca sprężarka wraz z czynnikiem chłodniczym wyrzuca do instalacji część oleju, który służy do smarowania jej podzespołów. Jego warstwa na wewnętrznych powierzchniach wymienników pogarsza warunki wymiany ciepła, a co za tym idzie obniża sprawność całego układu.

Wniosek - w instalacji chłodniczej, olej znajdujący się poza sprężarką jest czynnikiem niepożądanym.

Osprzęt pompy ciepła

Odolejacze; c.d.

W rozbudowanych instalacjach oraz w układach niskotemperaturowych, powrót oleju z układu do sprężarki jest utrudniony lub wręcz niemożliwy.

Skutkuje to niedoborem oleju w sprężarce, co może być przyczyną jej uszkodzenia.

Niedobór oleju może również doprowadzić do osiągnięcia zbyt wysokiej temperatury pracy sprężarki, w wyniku czego może dojść do jego rozkładu.

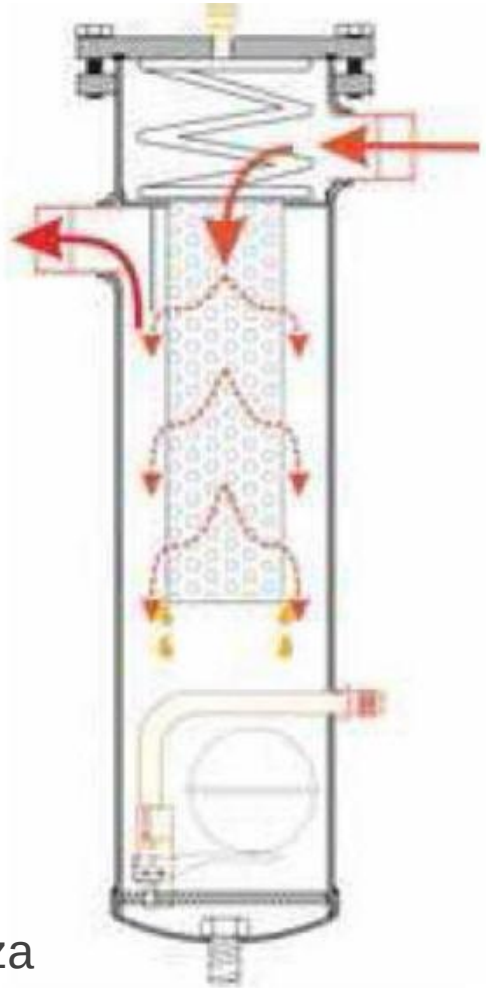
Osprzęt pompy ciepła

Odolejacze; c.d.

W celu niedopuszczenia do przedostawania się oleju do układu stosuje sie **odolejacze** lub inaczej **separatory oleju**.

Odolejacze działają zwykle **na zasadzie mechanicznej**.

Odolejanie następuje w wyniku zmniejszenia prędkości przepływu czynnika w odolejaczu i zmiany jego kierunku Dodatkowym elementem sprzyjającym wytracaniu się oleju może być filtr borokrzemianowy.

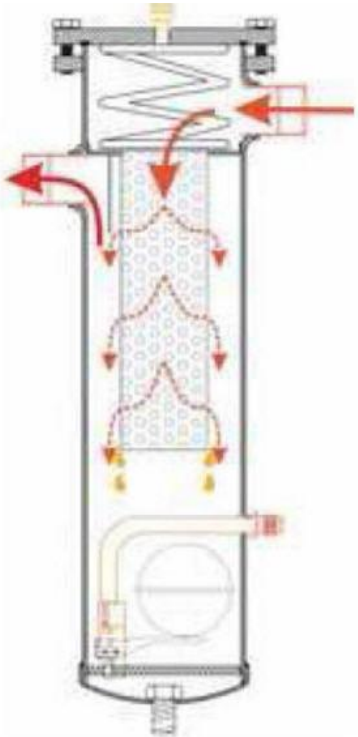


Rys. Budowa odolejacza

Osprzęt pompy ciepła

Odolejacze; c.d.

Zdj. Przykłady odolejaczy firmy GAR.



Osprzęt pompy ciepła

Presostaty

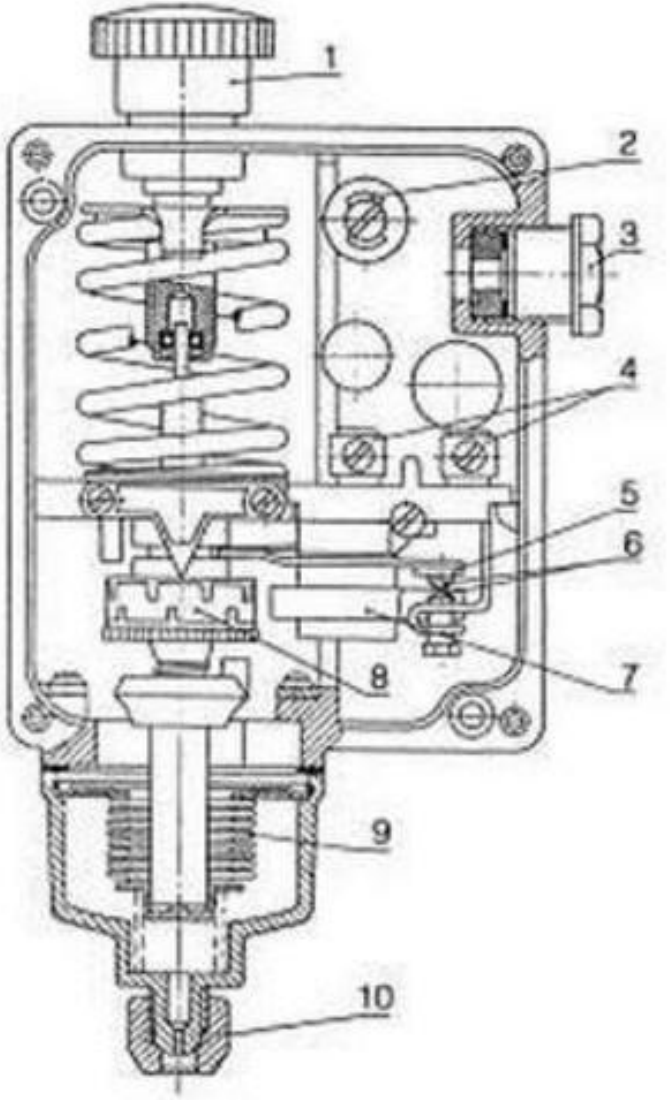
Impulsami działania aparatów sterujących pracę sprężarki pompy ciepła może być zmiana ciśnienia czynnika chłodniczego w parowniku.

Ponieważ ciśnienie parowania czynnika chłodniczego jest zależne od temperatury dolnego źródła ciepła, dlatego też presostat steruje pracą sprężarki w pośredniej zależności od zmian obciążenia cieplnego, podobnie jak termostat działając pod wpływem zmian temperatury czynnika.

Osprzęt pompy ciepła

Presostaty; c.d.

Rys. Budowa przykładowego presostatu:
1. pokrętka śruby do regulacji ciśnienia wyłączenia,
2. śruba zaciskowa,
3. dławica kabla,
4. zaciski,
5. kotwica żelazna,
6. styki kontaktu,
7. magnes,
8. pokrętka śruby do regulacji ciśnienia włączenia,
9. mieszak sprężysty,
10. przyłącze przewodu ciśnieniowego

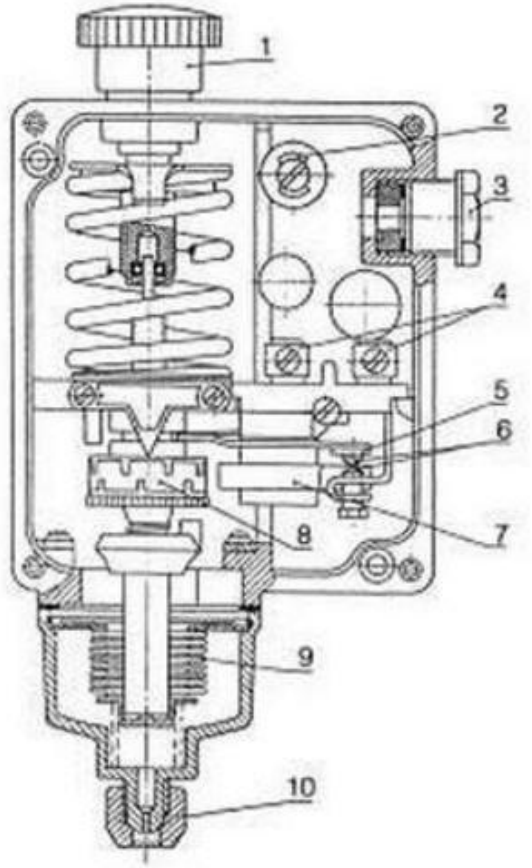


Osprzęt pompy ciepła

Presostaty; c.d.

Zasada działania.
Impuls ciśnienia działa na mieszek (9) .
Złącze gwintowe (10) służy do przyłączenia rurki łączącej przestrzeń dookoła mieszka z przewodem ssawnym sprężarki.

Wysokie lub niskie ciśnienie powoduje sprężenie (rozprężenie) mieszka i przesunięcie popychacza, który w skrajnym położeniu zwiera/rozwiera styki i uruchamia lub wyłącza sprężarkę w zależności od tego, czy presostat działa jako
tzw. "minimalny" - minimalnego ciśnienia,
czy "maksymalny" - maksymalnego ciśnienia.



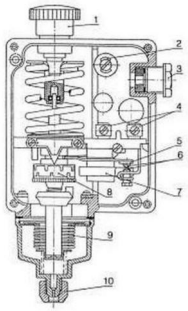
Osprzęt pompy ciepła

Presostaty; c.d.

We współczesnych presostatach stosowanych w pompach ciepła przełączanie styków może się odbywać w cyklu:

Automatycznym - styki przełączają się automatycznie w zależności od wartości nastawy i mierzonego ciśnienia.
Tego typu wyłączniki stosowane są najczęściej do utrzymywania ciśnienia w instalacji na określonym poziomie.

Z maksimum reset - po przekroczeniu ciśnienia powyżej nastawionej wartości, nastąpi przełączenie styków; pozostają one w tym położeniu do momentu ręcznego odblokowania wyłącznika (poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku).
Tego typu regulatory służą do monitorowania sytuacji awaryjnych i **blokowania instalacji** w przypadku **niebezpiecznego wzrostu ciśnienia**.

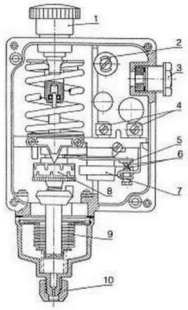


Osprzęt pompy ciepła

Presostaty; c.d.

We współczesnych presostatach stosowanych w pompach ciepła przełączanie styków może się odbywać w cyklu: c.d.

Z minimum reset - po spadku ciśnienia poniżej nastawionej wartości, nastąpi przełączenie styków; pozostają one w tym położeniu do momentu ręcznego odblokowania wyłącznika (poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku).
Tego typu regulatory służą do monitorowania sytuacji awaryjnych i **blokowania instalacji** w przypadku **niebezpiecznego spadku ciśnienia**.



Osprzęt pompy ciepła

Wzierniki

Wzierniki są stosowane do obserwacji:

- stanu czynnika chłodniczego w przewodzie cieczowym instalacji
- przepływu w przewodzie powrotnym oleju z odolejacza
- zawartości wilgoci w czynniku chłodniczym – poziom zawartości wilgoci

Olej poliestrowy, stosowany z czynnikami chłodniczymi typu HFC np. R134a, R404A, R407C i R410A, reaguje z wodą (hydroliza) dając jako produkt reakcji alkohol i kwas.
Zalecany poziom wilgoci jest zwykle zawarty pomiędzy 30 a 75 ppm (części na milion).

Osprzęt pompy ciepła

Wzierniki; c.d.

Przykładowy wziernik, firmy Danfoss SG i SGR - używany jest **do kontroli stanu czynnika** jak i **poziomu cieczy w zbiorniku** lub **poziomu oleju w skrzyni korbowej sprężarki**.
Wzierniki SGI/N/H oraz SGRI/N/H są wyposażone we wskaźnik, który zmienia kolor, w zależności od zawartości wilgoci w czynniku chłodniczym.

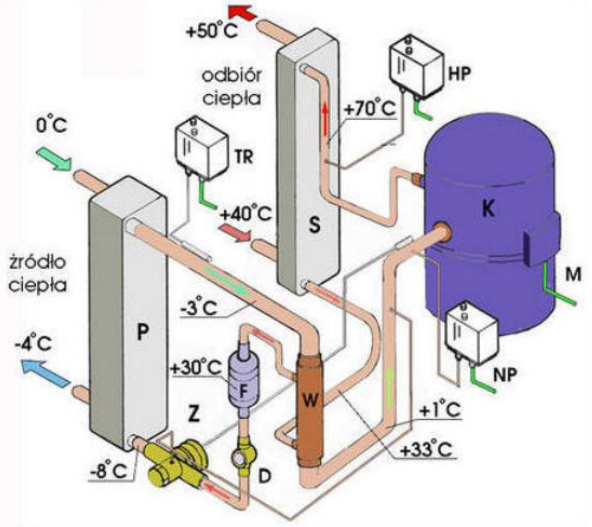
Zdj. Wziernik firmy Danfoss ze wskazaniem wilgotnego czynnika

Osprzęt pompy ciepła

Pośredni wymiennik ciepła – regeneracyjny (ekonomizer)

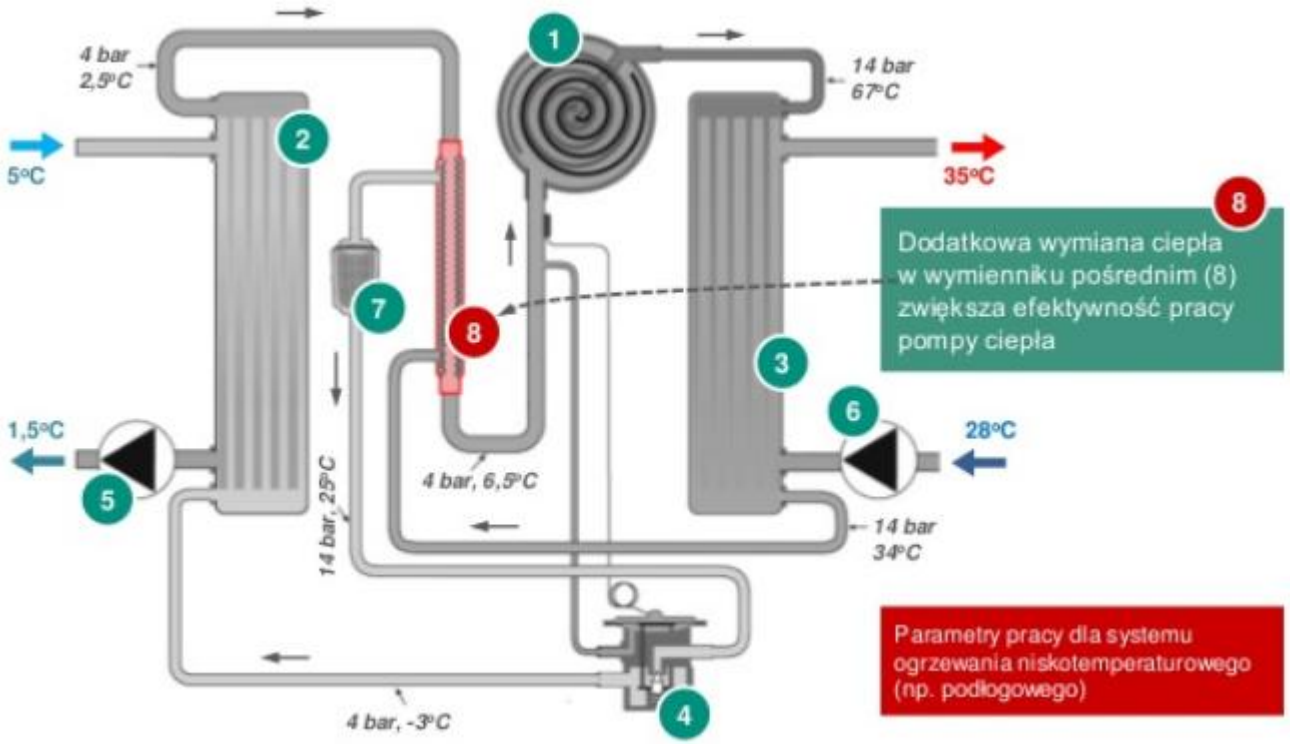
Ekonomizer („W” na rysunku),) jest rodzajem wymiennik ciepła –
- dochładzacza, który pełni następujące funkcje:

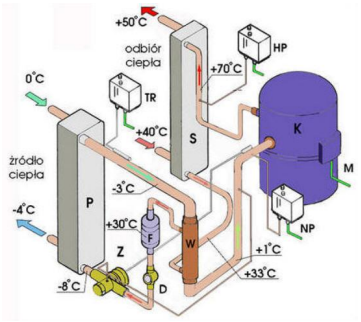
- zwiększa wydajność parownika
- pomaga zapobiec wrzeniu czynnika przed zaworem rozprężnym
- umożliwia nastawę termostatycznego zaworu rozprężnego na minimalne przegrzanie, a dzięki temu zapewnia maksymalne wykorzystanie powierzchni parownika
- pomaga zapobiegać wykraplaniu się wilgoci i szronieniu rurociągów ssawnych



Osprzęt pompy ciepła

Pośredni wymiennik ciepła – regeneracyjny (ekonomizer); c.d.

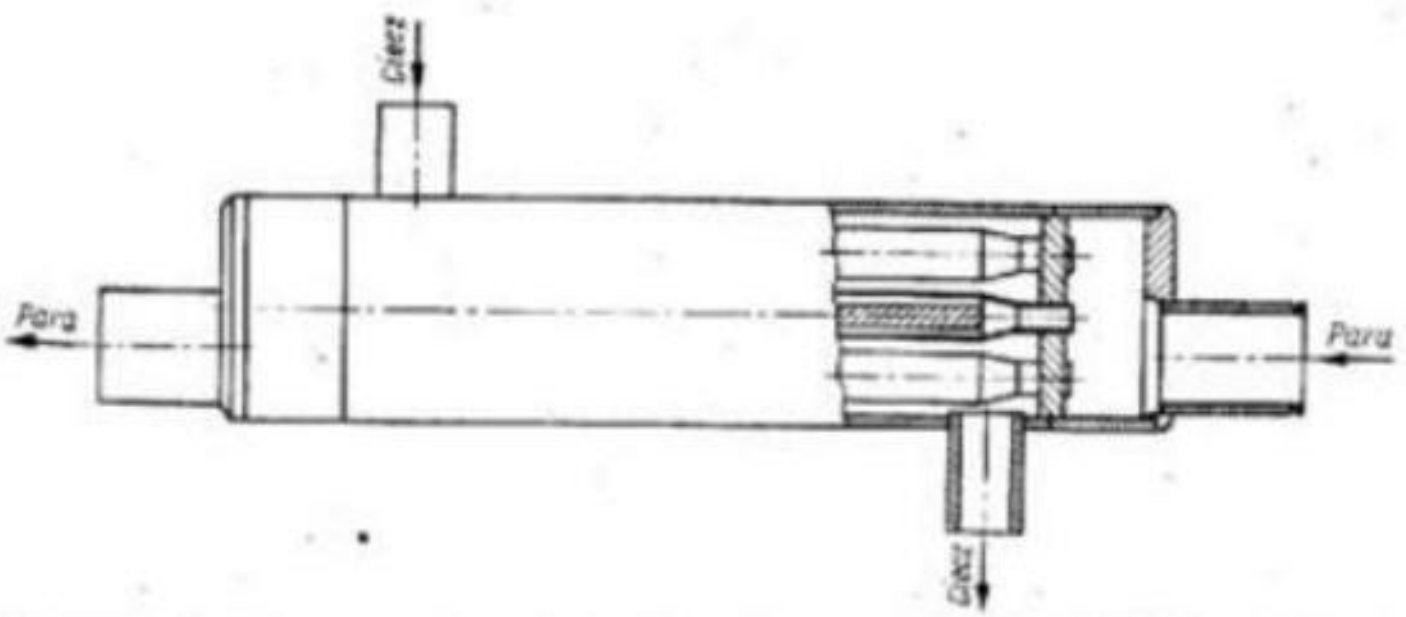




Osprzęt pompy ciepła

Pośredni wymiennik ciepła – regeneracyjny (ekonomizer); c.d.

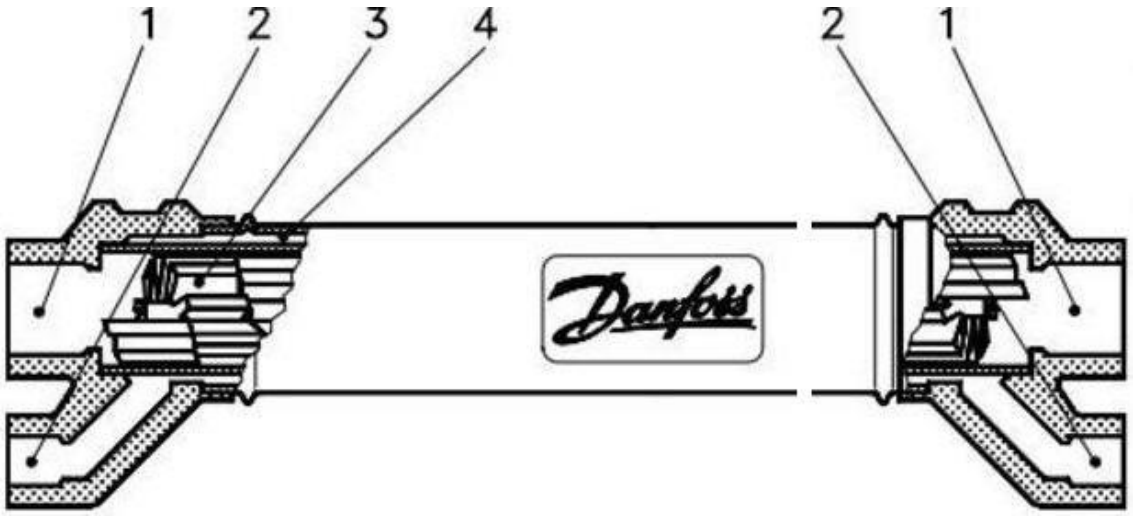
Przez zastosowanie ekonomizera **wzrasta współczynnik COP** systemu.



Rys. Ekonomizer (przegrzewacz pary)

Osprzęt pompy ciepła

Pośredni wymiennik ciepła – regeneracyjny (ekonomizer); c.d.



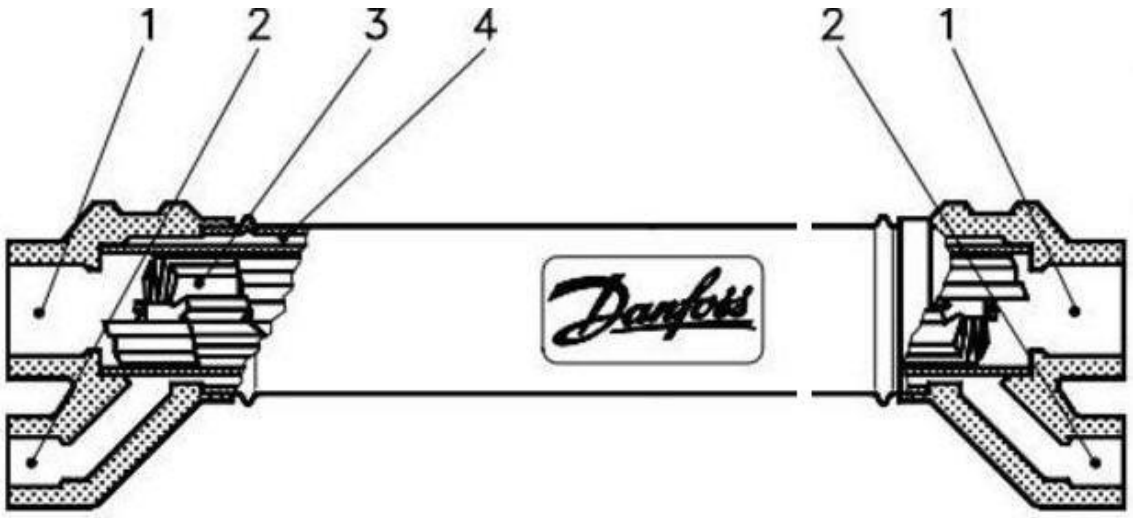
Rys. Ekonomizer (wymiennik ciepła) typu HE firmy Danfoss:

1. przyłącze rurociągu ssawnego
2. przyłącze rurociągu cieczowego
3. komora wewnętrzna
4. komora zewnętrzna

Osprzęt pompy ciepła

Pośredni wymiennik ciepła – regeneracyjny (ekonomizer); c.d.

W wewnętrznej komorze (3) wbudowane są przestawione sekcje żeberek, powodujące przepływ turbulentny (burzliwy) z minimalnymi oporami. Przepływ pary jest prosty, bez zmiany kierunku i tworzenia się "kieszeni" olejowych.
Ciekły czynnik chłodniczy przepływa przez małą komorę zewnętrzną (4), przeciwnie do kierunku przepływu pary (w przeciwprądzie).



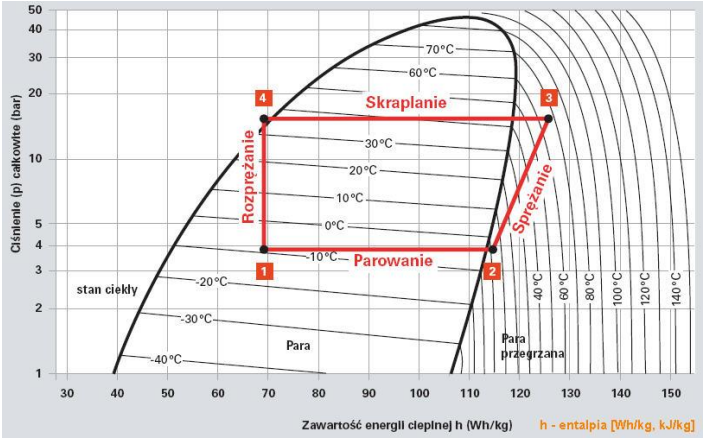
Rys. Ekonomizer (wymiennik ciepła) typu HE firmy Danfoss:
1. przyłącze rurociągu ssawnego (para)
2. przyłącze rurociągu cieczowego
3. komora wewnętrzna
4. komora zewnętrzna

Czynniki chłodnicze

Czynnikiem chłodniczym nazywa się substancję wykorzystywaną w chłodnictwie, której normalna temperatura wrzenia zawiera się w przedziale od -50°C do +10°C (przy ciśnieniu normalnym).

Zadaniem takiej substancji jest odbiór ciepła z dolnego źródła poprzez proces parowania, a następnie oddanie tego ciepła do górnego źródła w procesie skraplania.

Teoretycznie, każda substancja może być czynnikiem chłodniczym.



Czynniki chłodnicze

Czynniki chłodnicze podzielić można na:
substancje jednorodne i **roztwory**.

Roztwory podlegają podziałowi na:
azeotropowe i **nieazeotropowe (zeotropowe)**.

Mieszaniny azeotropowe - charakteryzują się takim doborem składników i ich proporcji, że w procesach parowania i skraplania **zachowują się one jak substancje jednorodne**. Oznacza to, że w danej mieszaninie wszystkie składniki odparowują/skraplają się w tej samej temperaturze, chociaż osobno proces ten przebiega dla każdej z nich inaczej.

Takie mieszaniny są lepsze, ponieważ nie występuje dla nich zjawisko „poślizgu temperatur" (tzn. różnicy między temperaturą pary nasyconej i temperaturą wrzenia roztworu w tym samym ciśnieniu).

Mieszaniny nieazeotropowe (inaczej **zeotropowe**) - charakteryzują się tym, że w danej temperaturze jeden ze składników odparowuje szybciej/skrapla się szybciej niż pozostałe.

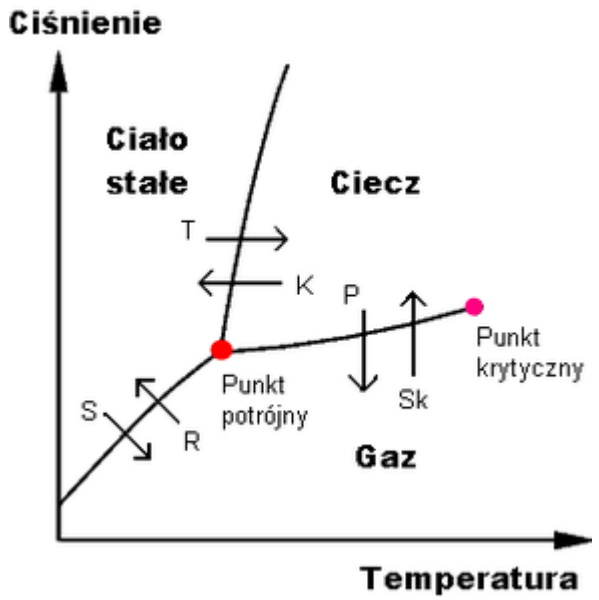
Zatem, nie można w takim przypadku określić jednoznacznie temperatury przemiany fazowej dla danego ciśnienia – wstępuje „**poślizg temperatur**”.

Charakterystyczne parametry czynników chłodniczych:

- temperatura parowania w ciśnieniu atmosferycznym,
- ciepło właściwe, masa cząsteczkowa, wzór chemiczny,
- wybuchowość, zakres palności w powietrzu,
- temperatura krytyczna, ciśnienie krytyczne,
- temperatura punktu potrójnego,
- spręż w zakresie występujących temperatur,
- wskaźniki mówiące o zagrożeniu środowiska (GWP, ODP, TEWI),
- cena i dostępność.

Punktu potrójny – stan, w jakim dana substancja może istnieć w trzech fazach termodynamicznych równocześnie w równowadze termodynamicznej.
Punkt ten określony jest przez temperaturę i ciśnienie punktu potrójnego.

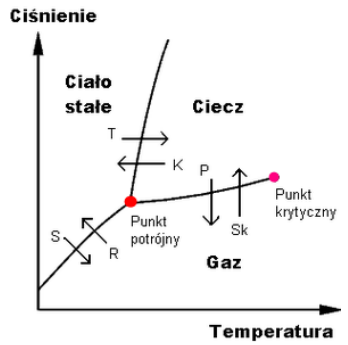
Punkt potrójny wody - woda w stanie ciekłym, lód i para wodna są w równowadze (punkt potrójny), w temperaturze 0,01°C (273,16 K) i ciśnieniu 611,73 Pa.



Punkt krytyczny – punkt przejścia układu fizycznego w stan o odmiennych właściwościach (ciecz nasycona–para nasycona), w którym nie można rozróżnić obu stanów.
Na przykład, dla czystych substancji, punkt krytyczny oznacza temperaturę krytyczną (i odpowiadające mu ciśnienie krytyczne, czyli maksymalne ciśnienie nad daną cieczą), powyżej której **nie można skroplić gazu niezależnie od wielkości ciśnienia**.
Parametry krytyczne oznacza się często dolnymi indeksami „kr”, „k”, „cr” lub „c”.

Punkt krytyczny wody (temperatura krytyczna wody) – temperatura, powyżej której nie występuje faza ciekła wody, a substancja ta występuje tylko w stanie gazowym. W temperaturze powyżej krytycznej niemożliwe jest skroplenie wody, bez względu na ciśnienie.

Parametry:
ciśnienie krytyczne: Pkr = 22,115 MPa
temperatura krytyczna: Tkr = 647,3 K (374,2 °C)
gęstość: ρkr = 317,8 kg/m3



Wskaźniki mówiące o zagrożeniu dla środowiska:

GWP (ang. Global Warming Potential) – wskaźnik charakteryzujący wpływ na globalne ocieplenie klimatu – **potencjał tworzenia efektu cieplarnianego,** czyli wyraża wpływ, jaki konkretny czynnik chłodniczy mógłby mieć na globalne ocieplenie, gdyby został uwolniony do atmosfery: dla CO2 GWP=1/rok.
Wartość wskaźnika zależy w głównej mierze od zawartości fluoru.
Wartość GWP nie powinna przekraczać: **< 1000/rok**.

ODP (ang. Ozone Depletion Potential) – wskaźnik określający **potencjał niszczenia warstwy ozonowej**.
Pierwiastkiem który ma decydując wpływ na wartość ODP jest chlor.
Na chwilę obecna dopuszczone do użytku substancje powinny wykazywać **ODP=0**.

TEWI (z ang. Total Equivalent Warming Impact) – globalny wskaźnik uwzględniający **zdolność do tworzenia „efektu cieplarnianego”**, uwzględniający również zapotrzebowanie na energię do napędu urządzenia (roczne zużycie energii elektrycznej), emisję CO2 podczas produkcji energii, wycieki w trakcie eksploatacji oraz kwestię utylizacji.

Wskaźniki mówiące o zagrożeniu dla środowiska:

TEWI…

Czyli, pozwala ocenić wpływ poszczególnych instalacji chłodniczych na globalne ocieplenie:

TEWI = **T**OTAL **E**QUIVALENT **W**ARMING **I**MPACT

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m\,[1 - \alpha_{odzysk}]) + (n \times E_{rocznie} \times \beta)$$

- $(GWP \times L \times n)$: Wycieki → bezpośredni wpływ na efekt cieplarniany
- $(GWP \times m\,[1 - \alpha_{odzysk}])$: Straty podczas odzysku → bezpośredni wpływ na efekt cieplarniany
- $(n \times E_{rocznie} \times \beta)$: Zużycie energii → pośredni wpływ na efekt cieplarniany

GWP	= Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego	[względem CO_2]
L	= Roczne wycieki czynnika	[kg]
n	= Okres eksploatacji urządzenia	[lat]
m	= Napełnienie instalacji	[kg]
α_{odzysk}	= Stopień odzysku czynnika chłodniczego	
$E_{rocznie}$	= Roczne zużycie energii	[kWh]
β	= Emisja CO_2 podczas produkcji energii	[kg/kWh]

Wskaźniki mówiące o zagrożeniu dla środowiska:

Wskaźniki ekologiczne najczęściej stosowanych czynników w pompach ciepła:

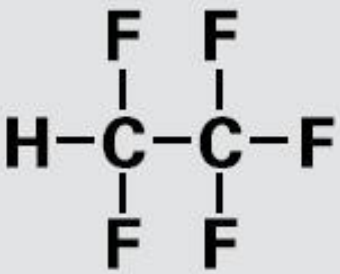
Czynnik chłodniczy		Wskaźniki ekologiczne	
oznaczenia	grupa	GWP	ODP
R 134a	HFC	1200	0
R 407C	HFC	1600	0
R 404A	HFC	3260	0
R 410A	HFC	1890	0

Najczęściej stosowane są czynniki chłodnicze:
halogenowe fluoro-węglo-wodory (HFC).

„Halogenowy” – oznacza, że w cząsteczce obok węgla zawarte są tzw. halogeny, czyli **fluor**, chlor, brom lub jod (pierwiastki o dużej aktywności chemicznej).

Stosuje się czasem czynniki naturalne, jak: **CO2** (R744), **propan** (R22) lub **butan** (R290).

Dwa ostatnie są substancjami wybuchowymi – ich stosowanie wymaga specjalnych środków bezpieczeństwa.



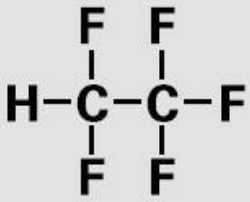
Cząsteczka składa się z dwóch atomów węgla (C), jednego atomu wodoru (H) i pięciu atomów fluoru (F). Wzór sumaryczny wiązania to C_2HF_5 (R-125).

Rys. Organiczny czynnik chłodniczy pentafluoroetan: R-125

Najczęściej stosowane są czynniki chłodnicze; c.d.

Oznaczenie czynników chłodniczych:

- **R** (od „refrigerant” – czynnik chłodniczy)
- pierwsza cyfra od prawej wskazuje liczbę atomów fluoru (F) zawartych w związku
- druga cyfra od prawej jest o 1 większa, aniżeli liczba zawartych w związku atomów wodoru (H)
- trzecia cyfra od prawej jest o 1 mniejsza, aniżeli zawarta w związku liczba atomów węgla (C); jeżeli związek zawiera jeden atom węgla, wówczas wynikającej stąd cyfry 0 nie zapisuje się.



Cząsteczka składa się z dwóch atomów węgla (C), jednego atomu wodoru (H) i pięciu atomów fluoru (F). Wzór sumaryczny wiązania to C_2HF_5 (R-125).

Rys. Czynnik chłodniczy: **R-125**

Najczęściej stosowane są czynniki chłodnicze; c.d.

Czynniki chłodnicze w PC.

Wszystkie czynniki chłodnicze, których ciąg cyfr po literze R rozpoczyna cyfra **4**, są mieszaninami różnych czynników chłodniczych.

Mieszaniny odznaczają się szczególnie dobranymi właściwościami fizykalnymi i są przy tym stosunkowo przyjazne środowisku. Wybór optymalnego czynnika chłodniczego uzależniony jest od warunków pracy pompy ciepła, a więc temperatury źródła i temperatury docelowej.

Czynnik chłodniczy		Typ pompy ciepła		
Typ	Skład	solanka/ woda	woda/ woda	powietrze/ woda
R-410A	50 % R-32 (CH_2F_2, difluorometan) 50 % R-125 (C_2HF_5, pentafluoroetan)	x	x	x
R-407C	25 % R-125 23 % R-32 52 % R-134a (CF_3CH_2F, tetrafluoroetan)	x	x	x
R-134a	100 % CF_3CH_2F, tetrafluoroetan	x	x	

Tab. Czynniki chłodnicze Viessmann

Czynniki chłodnicze w PC; c.d.

Oznaczenia czynników chłodniczych:

CFC (chloro-fluoro-węglowodowr) – w pełni halogenowe pochodne węglowodorów; najgroźniejsze pod względem niszczenia atmosfery, są **całkowicie zakazane** do stosowania **w instalacjach chłodniczych**; przykład: R12

HCFC (wodoro-chloro-fluoro-węglowodowry) – nie w pełni halogenowe pochodne węglowodorów; również wpływają na degradacje warstwy ozonowej, jednak w znacznie mniejszym stopniu niż związki CFC; przykład: R22, R401A, R402A

HFC (hydro-fluoro-carbons) – nie w pełni halogenowe węglowodory, które nie zawierają w swoim składzie atomów chloru i bromu; związki te **są bezpieczne dla warstwy ozonowej**; przykład: R134a, R404a, R407a

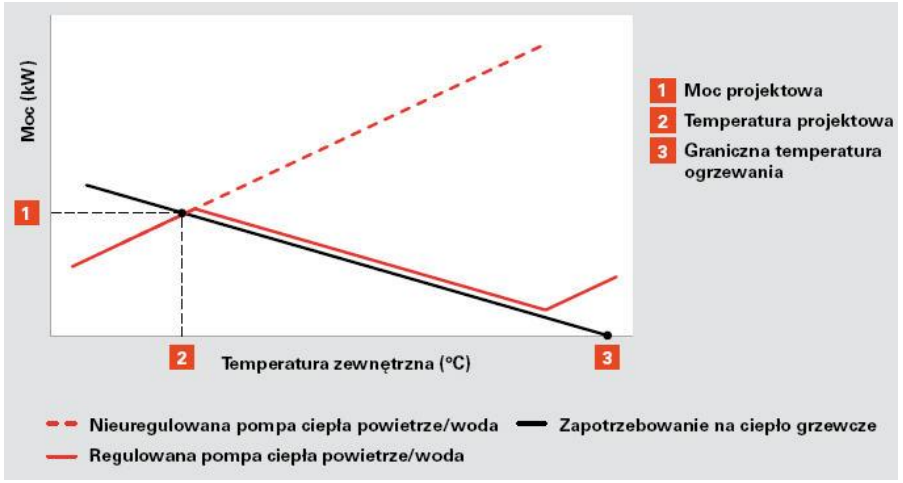
FC (fluoro-carbons) – związki w których wszystkie atomy wodoru zastąpione są atomami fluoru.

HC (hydro-carbons) – węglowodory; ponieważ są to związki naturalne, to uznaje się je za **najbardziej przyjazne środowisku**.

Regulacja mocy pompy ciepła

Regulacja mocy sprężarek (pomp ciepła), ma szczególne znaczenie w PC wykorzystujących powietrze jako źródło ciepła, bo:

- w ciągu roku, temperatura powietrza zmienia się w dużym zakresie
- temperatura powietrza, a zapotrzebowanie na ciepło: im zimniejsze powietrze - tym budynek potrzebuje więcej ciepła do jego ogrzania – spada moc grzewcza PC (zwiększa się różnica między temperaturą górnego i dolnego źródła ciepła – spada COP)
- dla uniknięcia „taktowania” (częste załączanie i wyłączenie pompy ciepła), moc sprężarki (temperatura i ciśnienie czynnika chłodniczego), jest regulowana.



Rys. Regulacja mocy PC typ AW

Regulacja mocy pompy ciepła

Rodzaje regulacji:

- **regulacja jakościowa** – powoduje **zmiany parametrów czynnika chłodniczego** (ciśnienie i temperatura), do których zalicza się głównie: **praca przerywana** – regulacja odbywa się za pomocą termostatu, który bezpośrednio wyłącza sprężarkę po osiągnięciu zadanej temperatury, bądź pośrednio - zamyka zawór elektromagnetyczny na stronie ssawnej (przed sprężarką), a presostat minimalny po spadku ciśnienia wyłącza sprężarkę

- **regulacja ilościowa** – polega na **zmianie przepływu czynnika** chłodniczego (zmiana strumienia przepływu), do których zalicza się: zmiana prędkości obrotowej; dławienie czynnika; regulacja upustowa; regulacja by-pass (połączenie strony ssącej ze stroną tłoczną),

Wybrane sposoby regulacji mocy pomp ciepła:

- przez **inwerter** (**regulacja ilościowa**, **najczęściej stosowana**) – przez zmianę liczby obrotów sprężarki (zmiana prędkości obrotowej), uzyskuje się regulację mocy PC;
  efektywna praca sprężarki w trybie obciążenia częściowego

- **zawór upustowy** - sprężarki **Digital Scroll**

Inwerter

Sprężarki inwerterowe, pracują na prądzie stałym i stanowią obecnie najbardziej wydajne urządzenia na rynku pomp ciepła i klimatyzatorów.

W sprężarkach tego typu występuje inwerter zamieniający prąd zmienny z sieci AC 230 V (50 Hz), na prąd stały DC 300 V.

Rozwiązanie takie pozwala na regulację wydajności sprężarki - **regulację prędkości obrotowej**, poprzez **zmianę częstotliwości prądu przemiennego** w zakresie od 20 do120 herców (Hz).

Inwerter; c.d.

W przeciwieństwie do sprężarek standardowych, rozpoczynających pracę od razu na pełnych obrotach, sprężarki inwerterowe mają tzw. "miękki start" - stopniowo zwiększając obroty silnika.

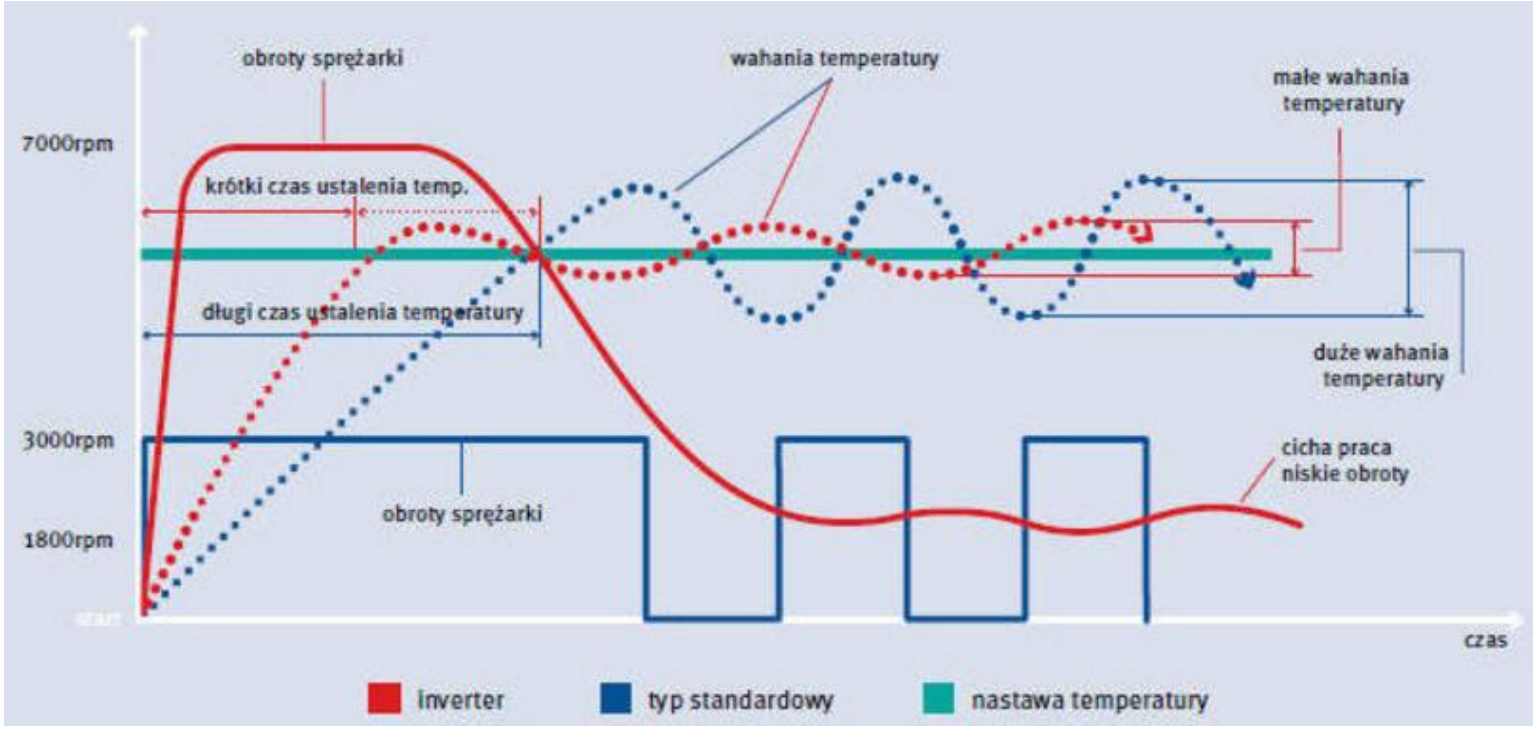
Pobierają tym samym **mniejszy prąd rozruchowy**, są **bardziej energooszczędne** i **cichsze**.

Ich wadą jest wyższa cena.

Regulacja mocy pompy ciepła

Inwerter; c.d.

Poniższy wykres ilustruje zasadnicze różnice w pracy sprężarki standardowej i typu inwerterowego.



Rpm - ang. *revolutions per minute* – jednostka miary częstotliwości obrotu, oznaczająca liczbę pełnych obrotów w ciągu minuty wokół ustalonej osi.

Sprężarki Digital Scroll (zawór upustowy)

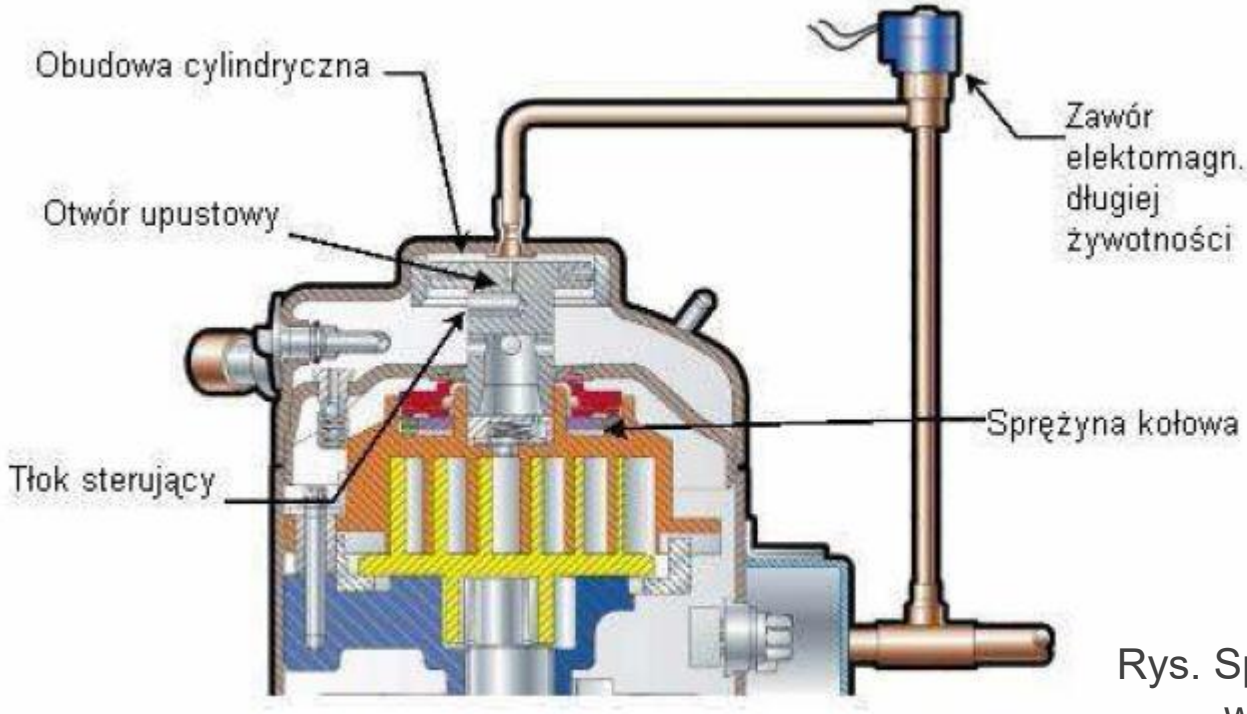
Digital Scroll (o płynnie regulowanej mocy grzewczej i chłodniczej), różni się od typowej sprężarki spiralnej Scroll, głównie dodatkowym zaworem elektromagnetycznym (upustowym), o długiej żywotności.

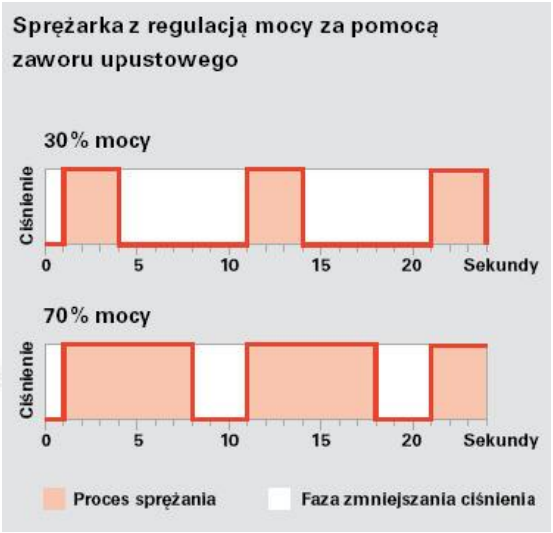
Podatność osiowa umożliwia pracę sprężarki Digital Scroll w dwóch stanach: obciążenia (100% wydajności), oraz odciążenia (0% wydajności).
Ze stanem obciążenia mamy do czynienia w sytuacji, gdy spirale ściśle do siebie przylegają, sprężarka zachowuje sie jak standardowa sprężarka spiralna tłocząc czynnik chłodniczy do systemu z pełna wydajnością.

W momencie, gdy górna spirala uniesie sie na około 1mm ponad spirale orbitującą (podatność osiowa), pomimo pracy silnika z maksymalną prędkością, nie ma przepływu masowego przez sprężarką - sprężarka nie spręża czynnika chłodniczego a jej wydajność jest równa 0.

Zdj. Sprężarka Digital Scroll

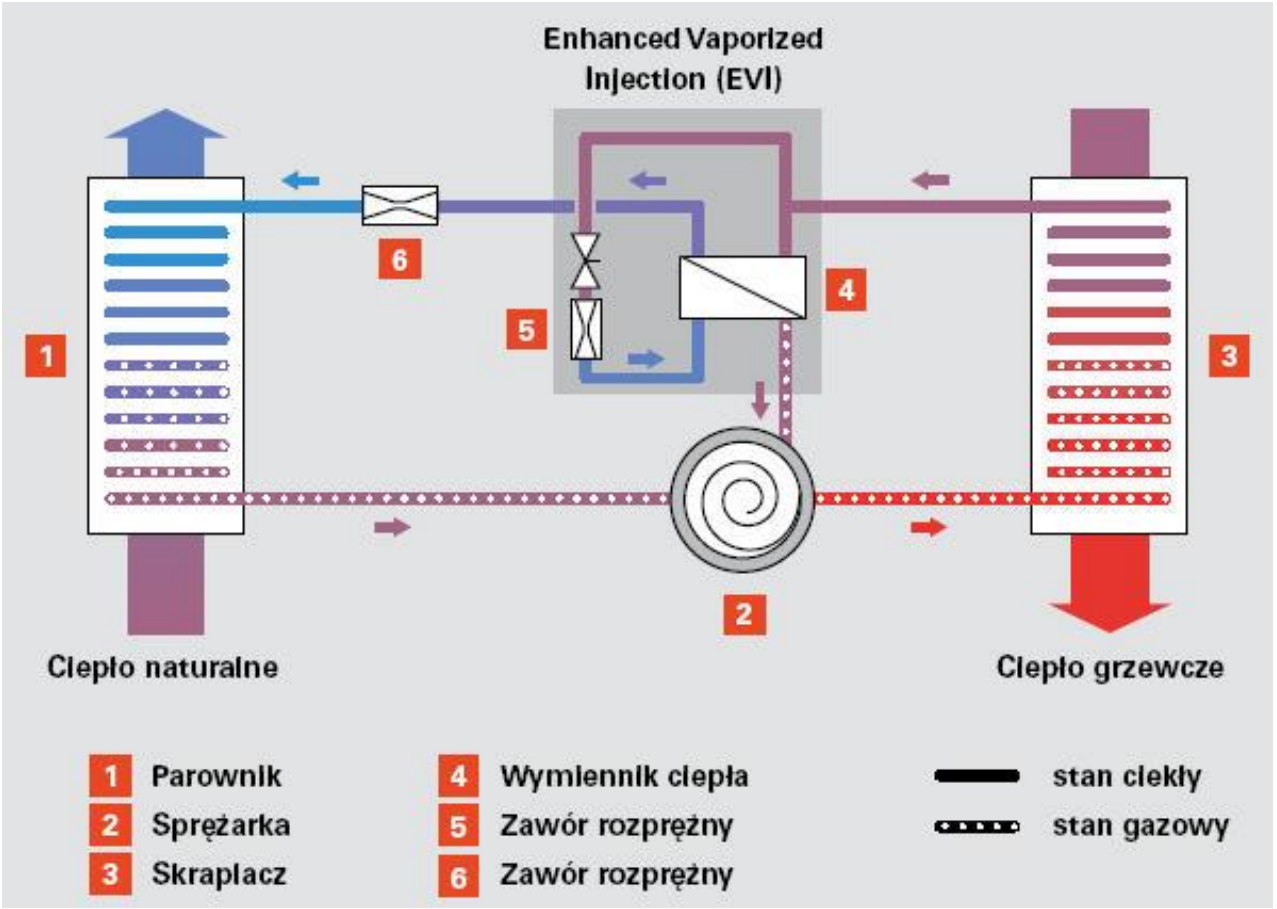
Sprężarki Digital Scroll (zawór upustowy); **c.d.**





Rys. Sprężarka Digital Scroll w **VITOCAL 300-A**

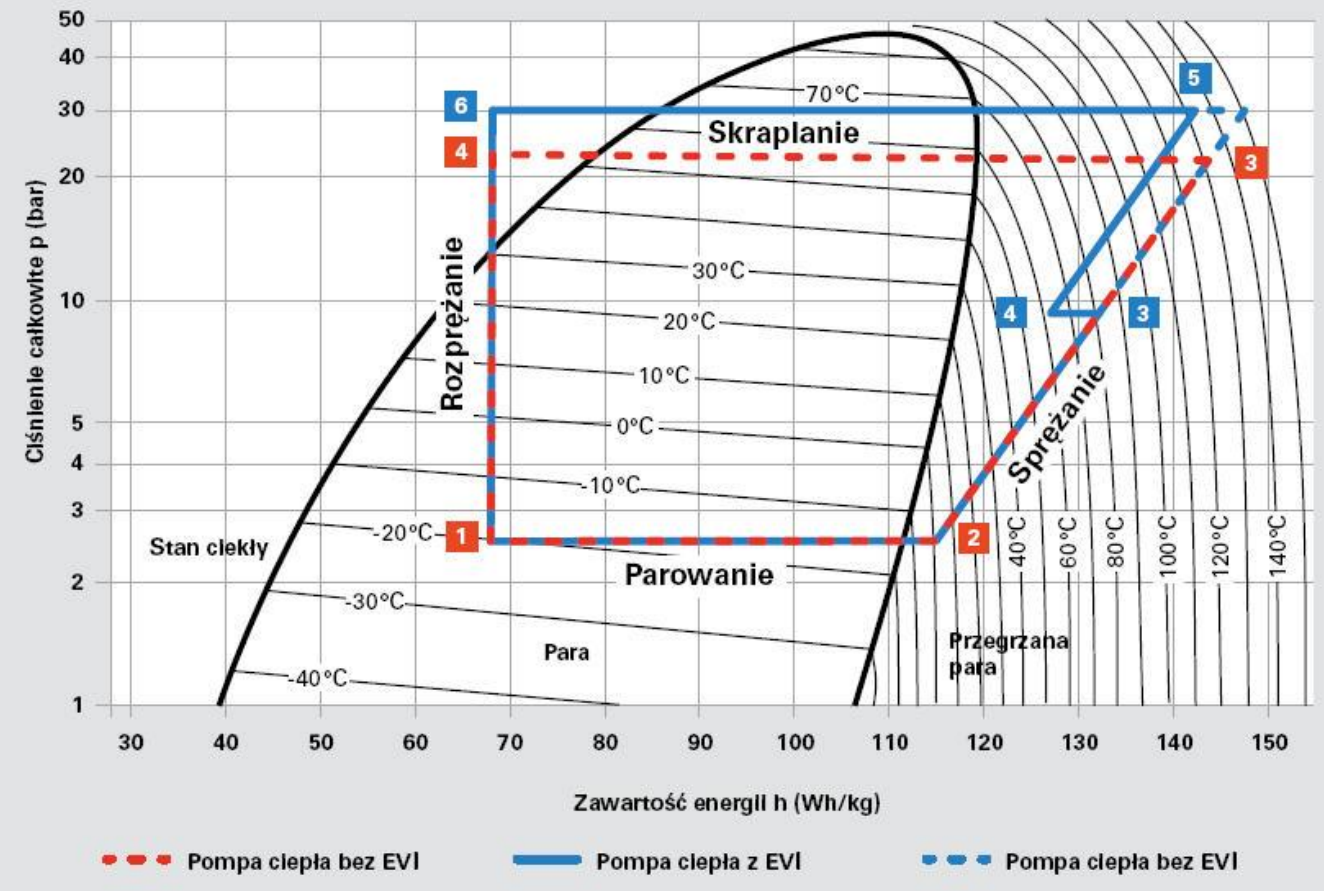
Dodatkowy wtrysk pary - EVI



Rys. Cykl EVI, np. w **VITOCAL 350-A**

Dodatkowy wtrysk pary – EVI, c.d.

Dopuszczalna temperatura w sprężarce wynosi: **135°C**.



Dodatkowy wtrysk pary – EVI, c.d.

Parametry dla wybranych punktów pracy (wg PN-EN 14511)

Vitocal 300-A

Punkt pracy	W	°C	35					45			50	60	
	A	°C	-20	-15	-7	2	7	-10	-7	2	7	7	20
Moc grzewcza		kW	4,9	5,1	6,7	9,0	11,3	5,9	6,5	8,3	10,3	10,5	12,9
Elektryczny pobór mocy		kW	2,4	2,0	2,4	2,3	2,4	2,8	2,8	2,8	3,0	4,1	4,1
COP			2,1	2,6	2,8	3,9	4,4	2,1	2,3	3,0	3,4	2,6	3,1

Vitocal 350-A tpy AWHI 351.A10

Punkt pracy	W	°C	35				45			50	65		
	A	°C	-20	-10	2	7	-20	-10	2	7	-10	-2	7
Moc grzewcza		kW	6,3	8,1	10,6	12,7	6,6	8,5	11,0	12,7	8,9	11,3	13,7
Elektryczny pobór mocy		kW	2,8	3,0	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4,1	5,0	5,2	5,3
COP			2,3	2,8	3,6	4,1	2,0	2,4	3,0	3,1	1,8	2,4	2,7

Dodatkowy wtrysk pary – EVI, c.d.

Viessmann:

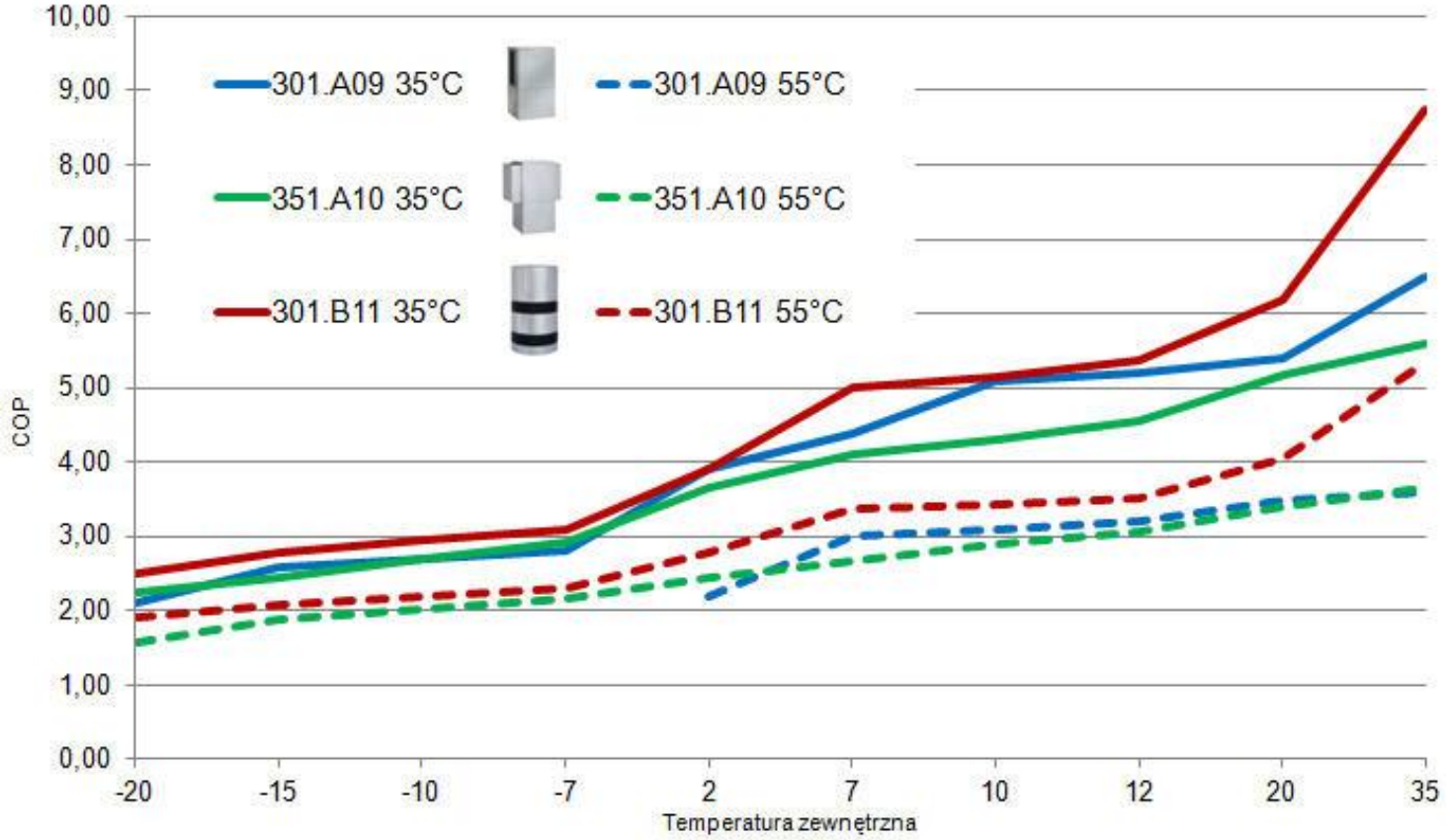
2002: patent firmy Viessmann na cykl EVI - rozwiązanie dla sprężarek on/off: **Vitocal 350-A**.

2013: nowy patent dla sprężarek z inwerterem - rozwiązanie dla płynnego sterowania: **Vitocal 300-A typ AWO-AC.**

Dodatkowy wtrysk pary – EVI, c.d.

Viessmann; c.d.

Zestawienie współczynników efektywności dla zasilania 35°C i 55°C:



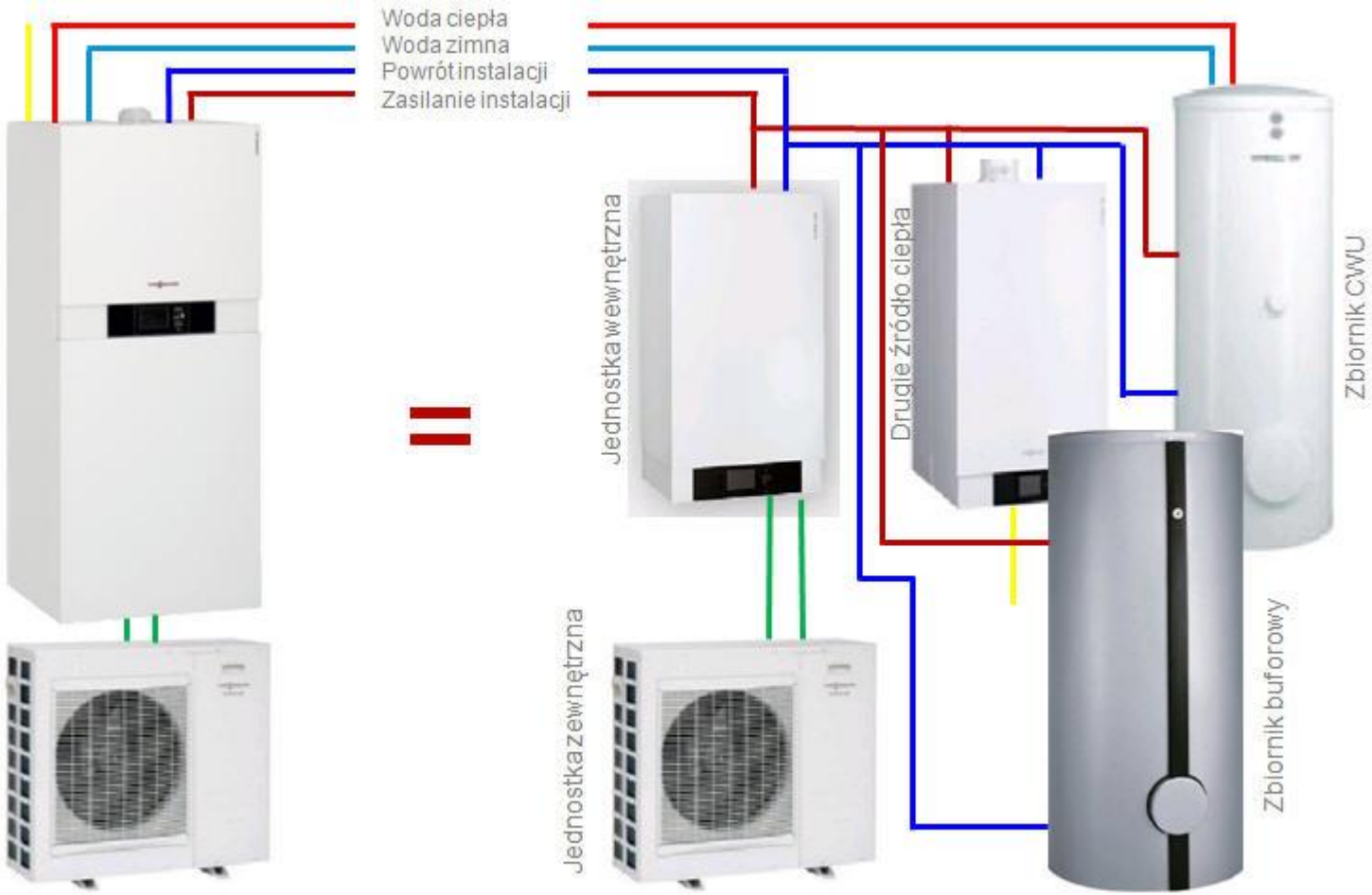
Dodatkowy wtrysk pary – EVI, c.d.

Viessmann; c.d.

Parametry pracy Vitocal 300-A typ AWO-AC 301.B11

Temperatura powietrza na wlocie	°C	–20	–15	–10	–7	–5	2	7	10	20
Temperatura zasilania obiegu wtór-nego	°C					35				
Moc grzewcza	kW	9,22	10,28	10,36	10,50	11,26	7,00	7,21	7,72	8,86
Pobór mocy elektrycznej	kW	3,69	3,68	3,51	3,38	3,50	1,79	1,44	1,50	1,43
Stopień efektywności ε (COP)		2,50	2,79	2,95	3,11	3,22	3,90	5,00	5,14	6,20
Temperatura na zasilaniu obiegu wtórnego	°C					45				
Moc grzewcza	kW	9,60	10,63	10,68	11,20	11,57	7,43	7,32	7,82	9,01
Pobór mocy elektrycznej	kW	4,42	4,43	4,20	4,19	4,18	2,29	1,93	1,91	1,84
Stopień efektywności ε (COP)		2,17	2,40	2,54	2,67	2,77	3,24	3,79	4,10	4,90
Temperatura na zasilaniu obiegu wtórnego	°C					55				
Moc grzewcza	kW	10,10	11,05	11,07	11,59	11,95	8,98	10,60	10,70	10,80
Pobór mocy elektrycznej	kW	5,32	5,29	5,03	5,02	5,00	3,24	3,15	3,11	2,67
Stopień efektywności ε (COP)		1,90	2,09	2,20	2,31	2,39	2,77	3,36	3,44	4,05
Temperatura na zasilaniu obiegu wtórnego	°C					65				
Moc grzewcza	kW					12,39	10,5	11,41	11,62	12,13
Pobór mocy elektrycznej	kW					5,93	4,47	4,46	3,95	3,63
Stopień efektywności ε (COP)						2,09	2,35	2,56	2,94	3,34

Hybrydowa pompa ciepła



Hybrydowa pompa ciepła; c.d.

Vitodens 200, moc grzewcza 3,2-19 kW

- gaz ziemny lub płynny

Vitocal 200-S AWB 201.C10,

222-F typ HAWB 222.A29

- zasilanie jednostki zewnętrznej 400 V
- moc grzewcza dla A -7/W35 = 9,5 kW

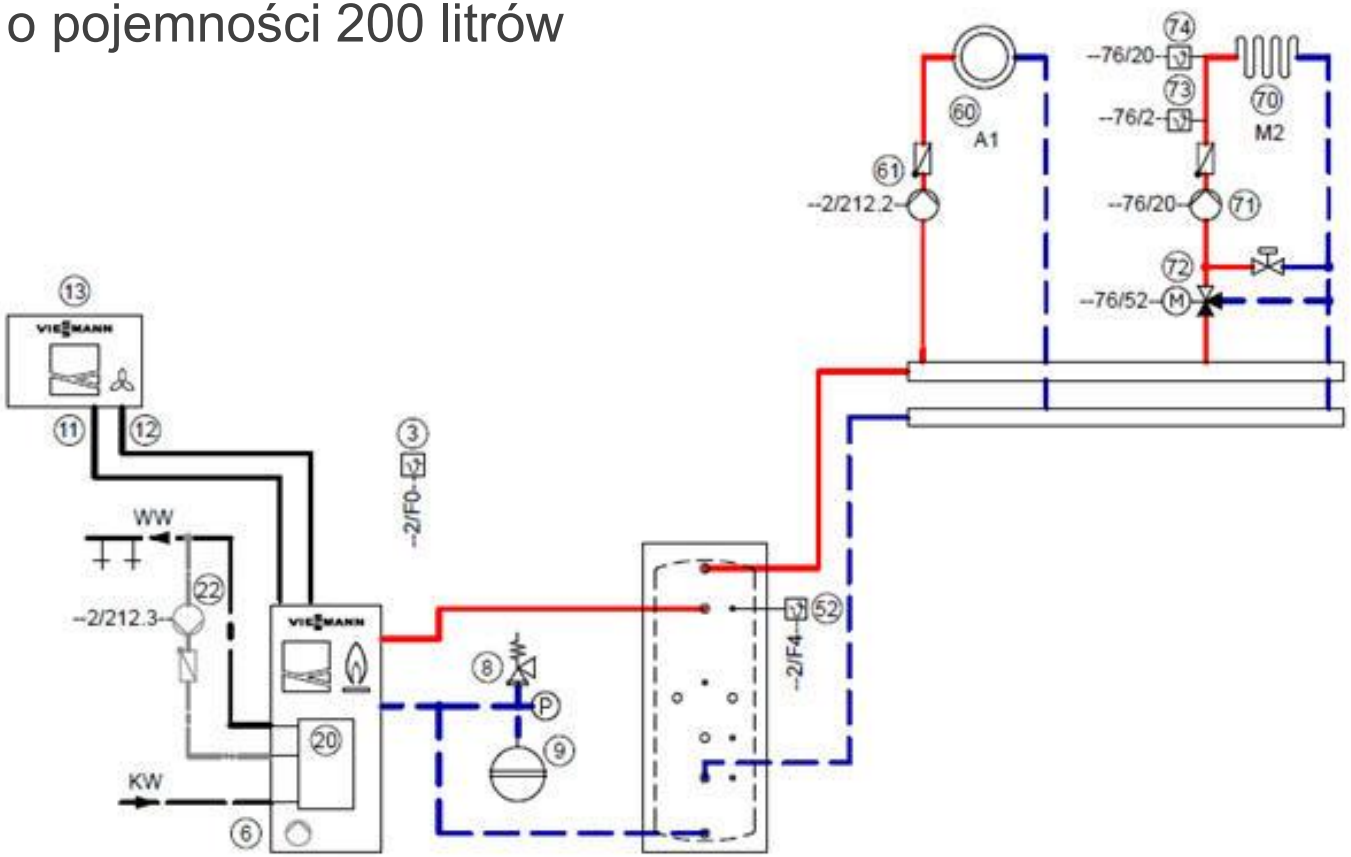
Vitocal 200-S AWB 201.B07,

222-F typ HAWB-M 222.A26

- zasilanie jednostki zewnętrznej 230 V
- moc grzewcza dla A -7/W35 = 6,6 kW

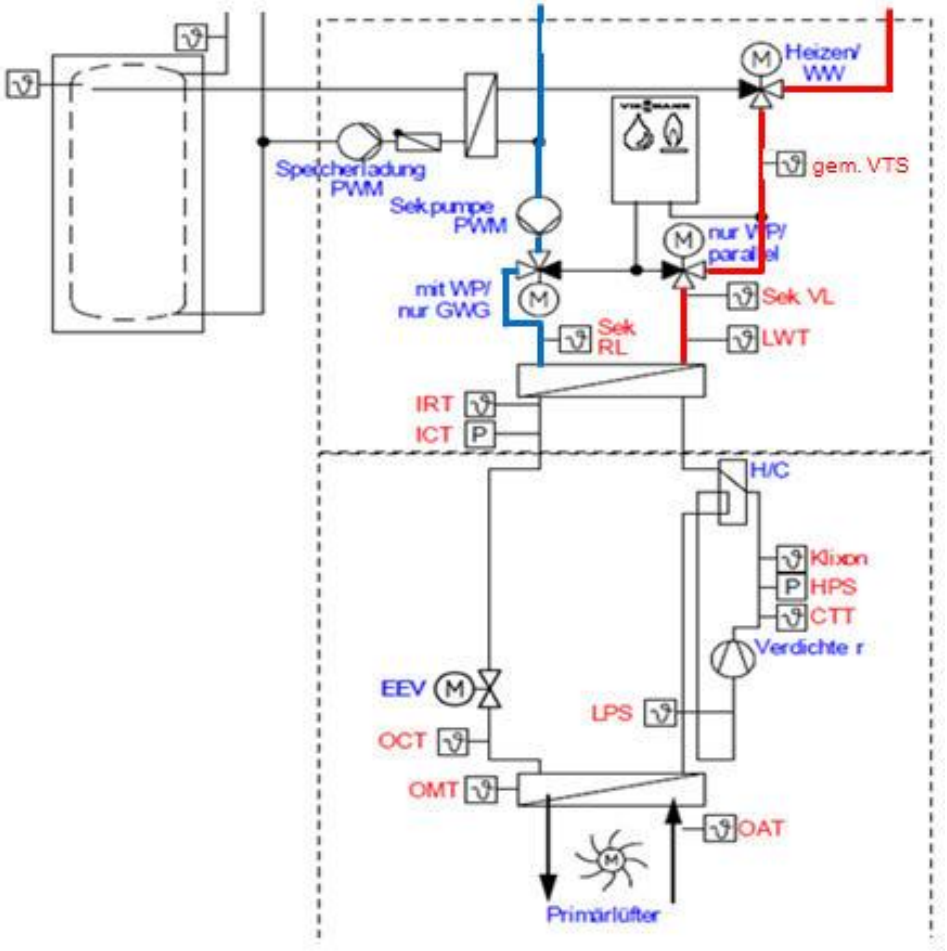
Hybrydowa pompa ciepła; c.d.

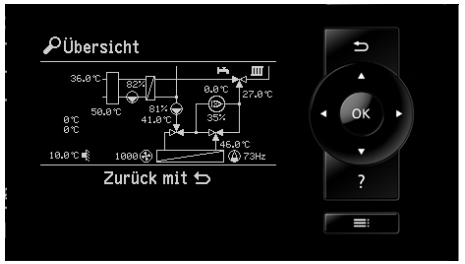
- nie ma potrzeby stosowania bufora (układ bezpośredni)
- z mieszaczem – wymagany bufor Vitocell 100-E, typ SVP o pojemności 200 litrów



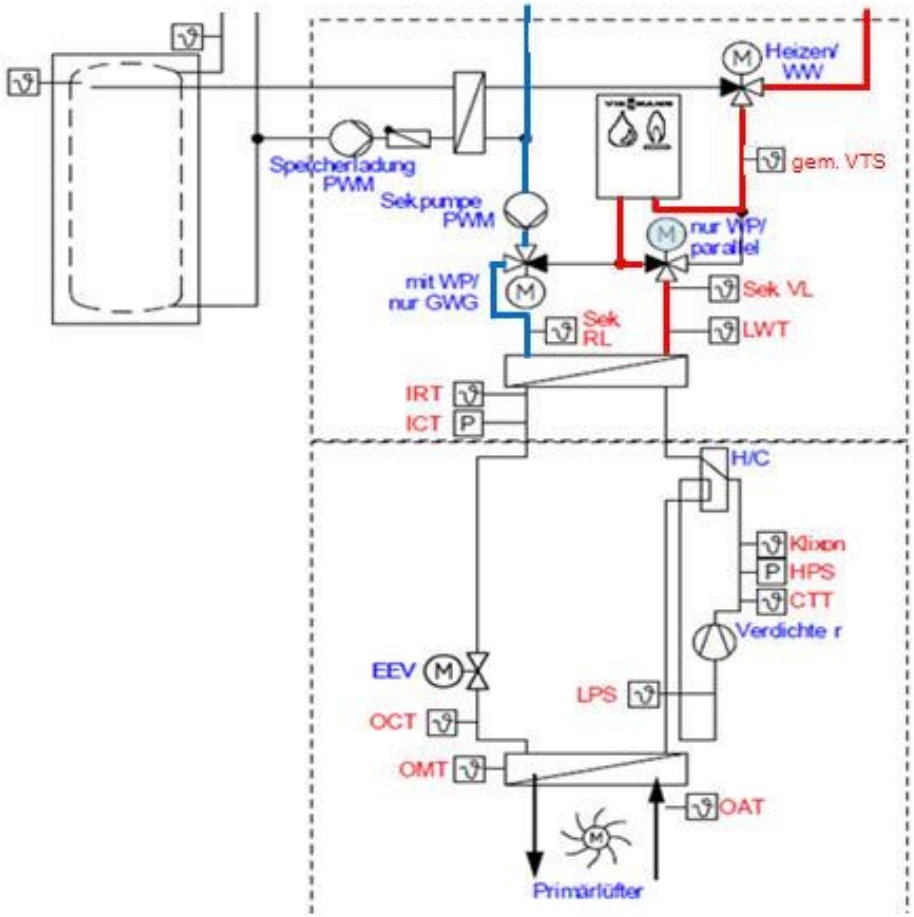
Inne rodzaje pomp ciepła

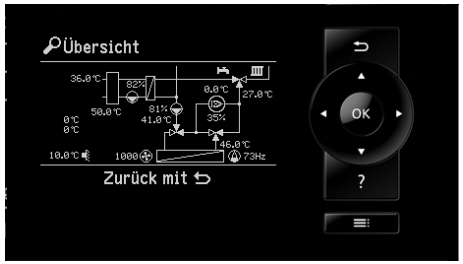
Hybrydowa pompa ciepła; c.d.
Centralne ogrzewanie (c.o.) – pompa ciepła (55°C)



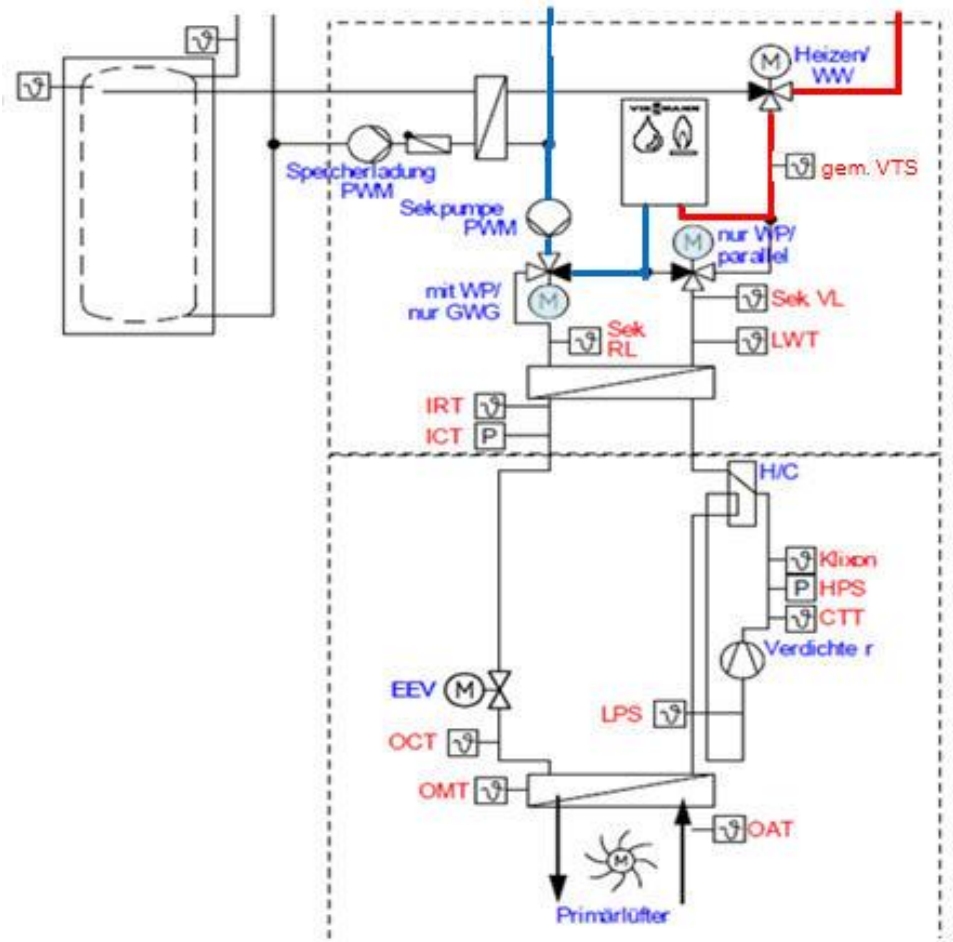


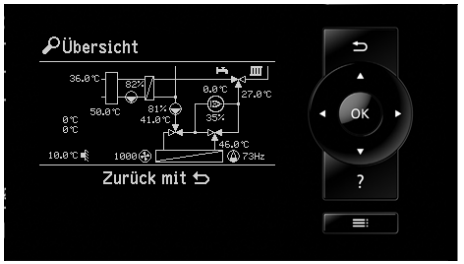
Hybrydowa pompa ciepła; c.d.
Centralne ogrzewanie (c.o.) – pompa ciepła + kocioł (70°C)





Hybrydowa pompa ciepła; c.d.
Centralne ogrzewanie (c.o.) – kocioł gazowy



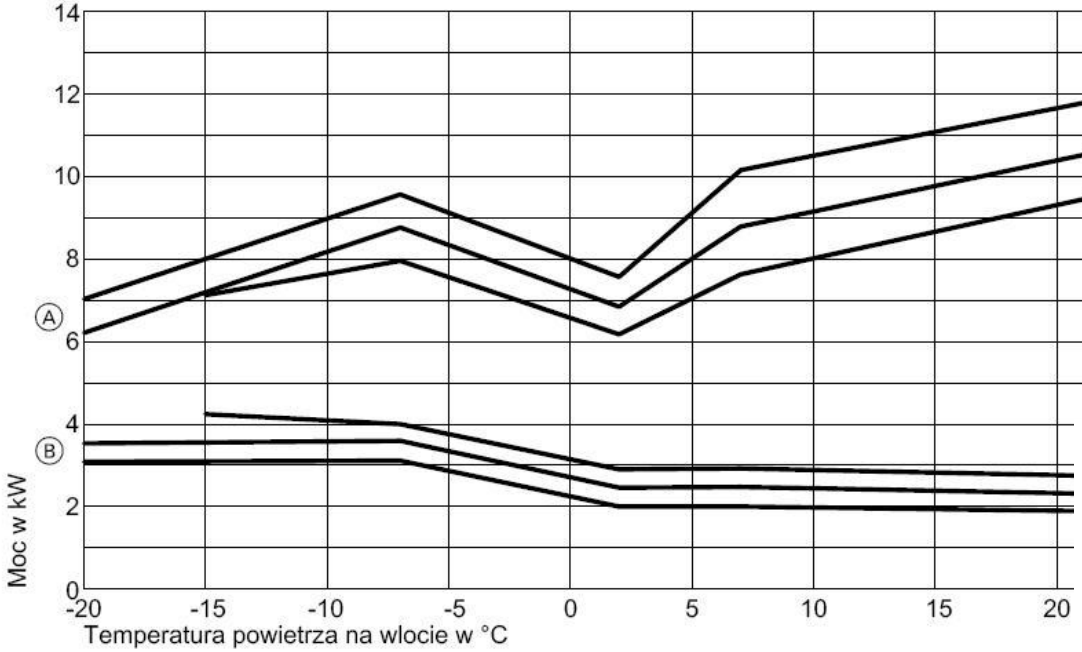


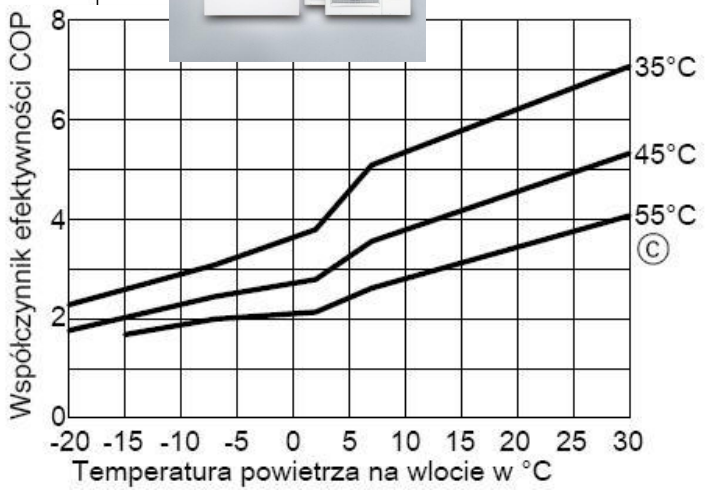
Hybrydowa pompa ciepła; c.d.
Dane techniczne

Vitocaldens 222-F			
Typ		HAWB 222.A29	HAWB-M 222.A26
Moduł pompy ciepła :			
Zasilanie energią elektryczną		400 V / 50 Hz	230 V / 50 Hz
Minimalna temperatura powietrza	°C	-20	-15
Maksymalna temperatura powietrza	°C	35	35
Czynnik chłodniczy		R410A	R410A
Ogrzewanie dla **A2/W35°C**, schłodzenie 5 K, wg EN 14511:			
Moc grzewcza	kW	7,57	5,6
Zakres modulacji mocy	kW	2,73 do 10,92	1,3 do 7,7
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,00	1,73
COP	-	3,79	3,24
dla **A7/W35°C**, schłodzenie 5 K, wg EN 14511:			
Moc grzewcza	kW	10,16	8,39
Pobór mocy elektrycznej	kW	2,00	1,96
COP	-	5,08	4,28
dla **A-7/W35°C**, schłodzenie 5 K, wg EN 14511:			
Moc grzewcza	kW	9,50	6,60
Pobór mocy elektrycznej	kW	3,06	2,68
COP	-	3,10	2,49

Hybrydowa Pompa ciepła; c.d.
Dane techniczne, c.d.

Typ HAWB-M 222.A29 (urządzenia 400 V)





Hybrydowa Pompa ciepła; c.d.
Dane techniczne, c.d.

Punkt pracy	W	°C	35							
	A	°C	–20	–15	–7	2	7	10	20	30
Moc grzewcza		kW	7,04	8,01	9,57	7,57	10,16	10,51	11,67	12,82
Pobór mocy elektrycznej		kW	3,09	3,10	3,11	2,00	2,00	1,98	1,90	1,83
Stopień efektywności ε (COP)			2,28	2,59	3,08	3,79	5,08	5,34	6,20	7,06

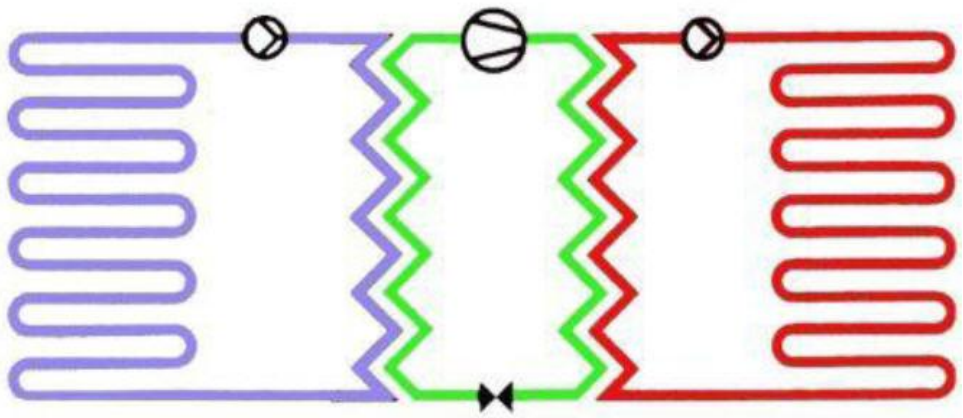
Punkt pracy	W	°C	45							
	A	°C	–20	–15	–7	2	7	10	20	30
Moc grzewcza		kW	6,22	7,20	8,77	6,85	8,79	9,16	10,40	11,63
Pobór mocy elektrycznej		kW	3,54	3,56	3,59	2,46	2,48	2,44	2,33	2,21
Stopień efektywności ε (COP)			1,76	2,02	2,44	2,78	3,55	3,78	4,55	5,31

Punkt pracy	W	°C	55							
	A	°C	–20	–15	–7	2	7	10	20	30
Moc grzewcza		kW		6,31	7,96	6,18	7,64	8,02	9,32	10,61
Pobór mocy elektrycznej		kW		4,07	4,00	2,90	2,93	2,89	2,76	2,63
Stopień efektywności ε (COP)				1,55	1,99	2,13	2,61	2,80	3,43	4,06

Bezpośrednie parowanie/skraplanie

W systemie bezpośredniego parowania czynnik chłodniczy cyrkuluje jako medium przenoszące ciepło w kolektorze gruntowym, gdzie odparowuje.

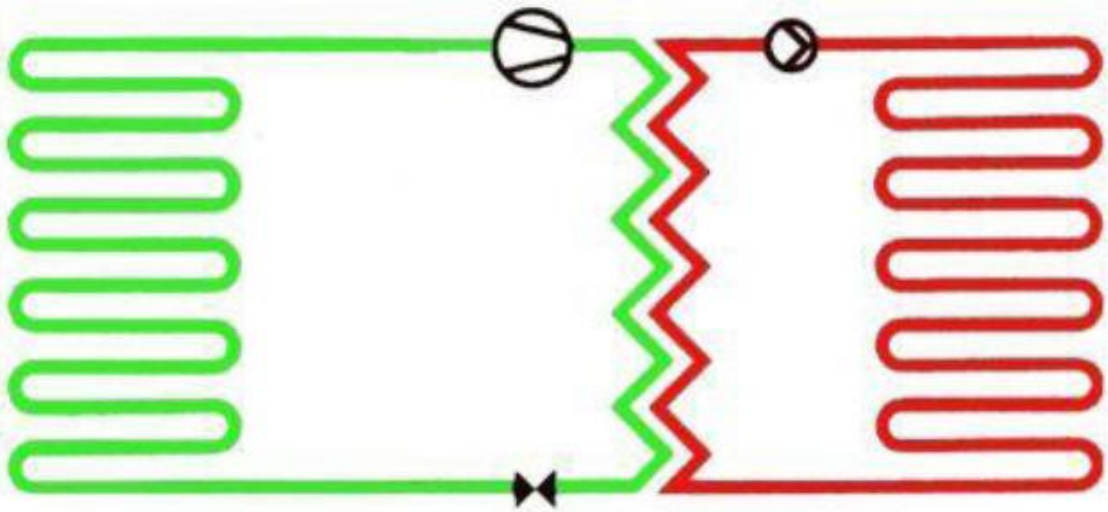
Bezpośrednie skraplanie – czynnik chłodniczy transportuje ciepło w instalacji ogrzewania budynku.



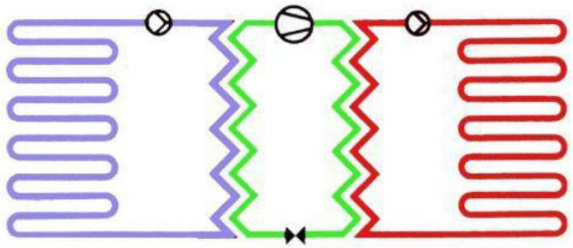
Schemat pompy ciepła typu solanka/woda

Rys. Typowe rozwiązanie – z parownikiem i skraplaczem

Bezpośrednie parowanie/skraplanie; c.d.

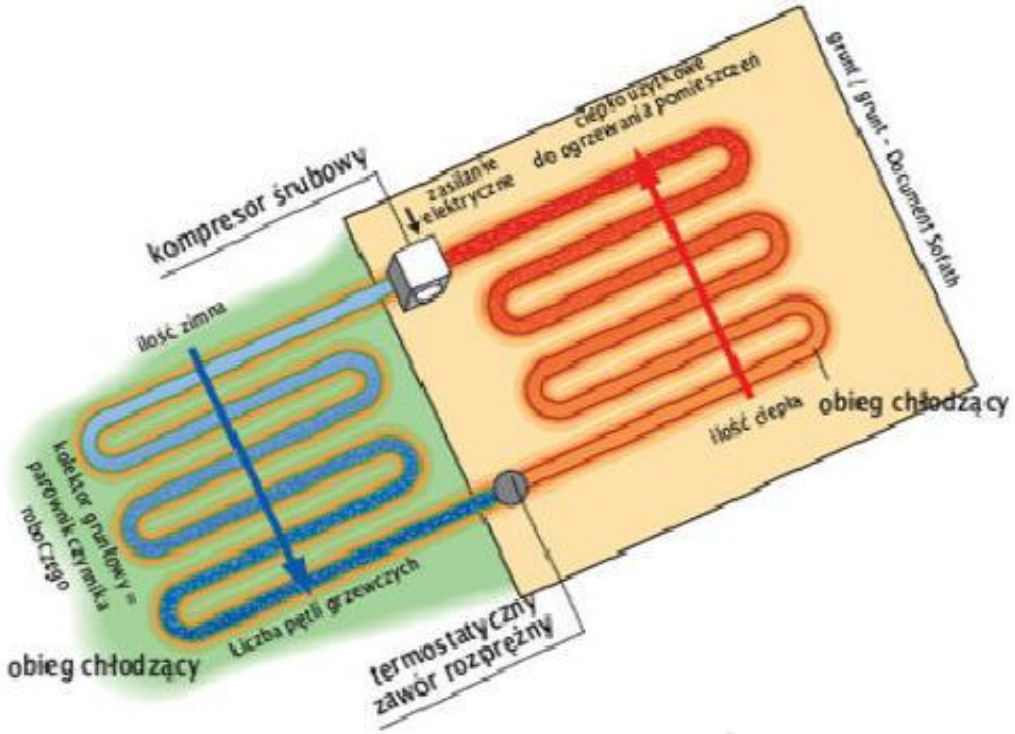


Schemat pompy ciepła
z bezpośrednim parowaniem

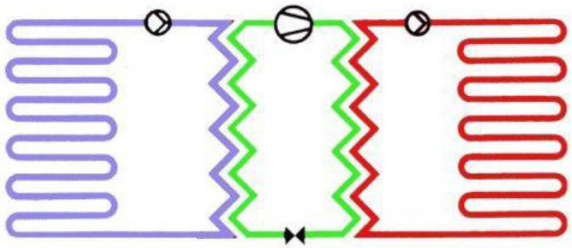


Schemat pompy ciepła typu solanka/woda

Bezpośrednie parowanie/skraplanie; c.d.



Rys. Schemat pompy ciepła bezpośrednie parowanie, bezpośrednie skraplanie.



Schemat pompy ciepła typu solanka/woda

Bezpośrednie parowanie/skraplanie; c.d.

W takim wydłużonym obiegu termodynamicznym krąży czynnik (np. propan R 290, R 407C lub R 410 A), który odparowuje w kolektorze, pobierając ciepło z gruntu.
Rury kolektora wykonuje się z miedzi pokrytej warstwą PE.

Zdj. Pompa ciepła bezpośrednie parowanie, pracująca na zewnątrz budynku.

Bezpośrednie parowanie/skraplanie; c.d.

*„**System Natea** w całej instalacji (kolektor gruntowy, pompa ciepła i ogrzewanie podłogowe) wykorzystuje jako nośnik ciepła czynnik **R410A**. Takie rozwiązanie eliminuje konieczność stosowania pomp obiegowych oraz wymienników separujących co w znacznym stopniu wpływa na zwiększenie sprawności układu i ograniczenie powierzchni gruntu niezbędnego do pozyskania odpowiedniej ilości ciepła (powierzchnia kolektora gruntowego równa jest powierzchni podłóg budynku). System Natea nie emituje żadnych substancji szkodliwych przez co nie ma wpływu na otaczające Was środowisko.*
*Szeroka gama pomp ciepła Natea zawiera szereg modeli zespołów termodynamicznych o mocy cieplnej od 2,8 kW do 42,6 kW, które mogą być instalowane zarówno w obudowie pojedynczej lub grupowo w trzech różnej wielkości obudowach zbiorczych. Sprawność pompy ciepła Natea (COP) osiąga wartość do **5,06**.”*

Bezpośrednie parowanie/skraplanie; c.d.

Technologia bezpośredniego odparowania/bezpośredniej kondensacji

Tabela danych technicznych (pompa ciepła może zawierać od 1 do 3 kompresorów)

Kompresory NATEA	MT 4.10	MT 5.10	MT 5.10	MT 7.10	MT 9.10	MT 11.10
Napięcie znamionowe [V]	400	230	400	400	400	400
Moc nominalna [W] dla E 0°C/ W 35°C	5650	7850	7850	10250	13620	16840
Moc nominalna [W] dla E -5°C/ W 35°C	4700	6500	6500	8540	11340	14200
Moc nominalna [W] dla E -10°C/ W 35°C	3950	5500	5500	7150	9500	11300
COP dla E 0°C/ W 35°C	4.3	4.5	4.5	4.7	4.8	5.0
COP dla E - 5°C/ W 35°C	3.6	3.7	3.7	3.9	4.2	4.3
Powierzchnia poziomego kolektora gruntowego* [m²]	60÷68	90÷102	90÷102	120÷136	150÷170	180÷204
Ilość sond pionowego kolektora gruntowego	3 × 20 m	3 × 30 m	3 × 30 m	4 × 30 m	5 × 30 m	6 × 30 m
Opcja ciepłej wody użytkowej	–	•	•	•	•	•
Opcja basen	–	•	•	•	•	•

*Istnieje możliwość rozłożenia kolektora na dwóch poziomach co zmniejsza niezbędną powierzchnię o 50%

Źródło: http://www.sofath.pl/natea/

Inne sposoby pracy pomp ciepła

Najczęściej stosowane PC wykorzystują przejście faz między stanem ciepłym i gazowym (ciepło parowania i ciepło kondensacji).

Są również inne stany skupienia, których zmiana wiąże się z pozyskiwaniem energii.

Przykład.
Jeśli do naczynia z wodą nasypiemy soli, to sól rozpuści się w wodzie. Równocześnie woda ulegnie ochłodzeniu.

Odwrotny proces – ogrzewamy wodę tak długo aż cała odparuje, a sól ulegnie krystalizacji.

Spalinowa sprężarkowa pompa ciepła

Do napędu sprężarki, zamiast silnika elektrycznego, stosuje się silnik spalinowy zasilany: gazem ziemnym, olejem napędowym lub biomasą (olej rzepakowy i biogaz).

Mogą wykorzystywać ciepło odpadowego z procesu spalania paliwa, jako dodatkowe źródło ciepła do ogrzewania.

Sublimacja / Resublimacja

Pompa ciepła jako **Transformatora ciepła** wykorzystując zjawisko **resublimacji.**

Resublimacja - polega na bezpośrednim przejściu substancji z gazowego stanu skupienia, w stały (z pominięciem stanu ciekłego).

Sublimacja – proces odwrotny do resublimacji.

Sorpcyjne pompy ciepła

Sorpcja - są to procesy fizykochemiczne, w których określona ciecz lub gaz, wchłaniane są przez inną ciecz (**absorpcja**) lub też zatrzymywane na powierzchni ciała stałego (**adsorpcja**).

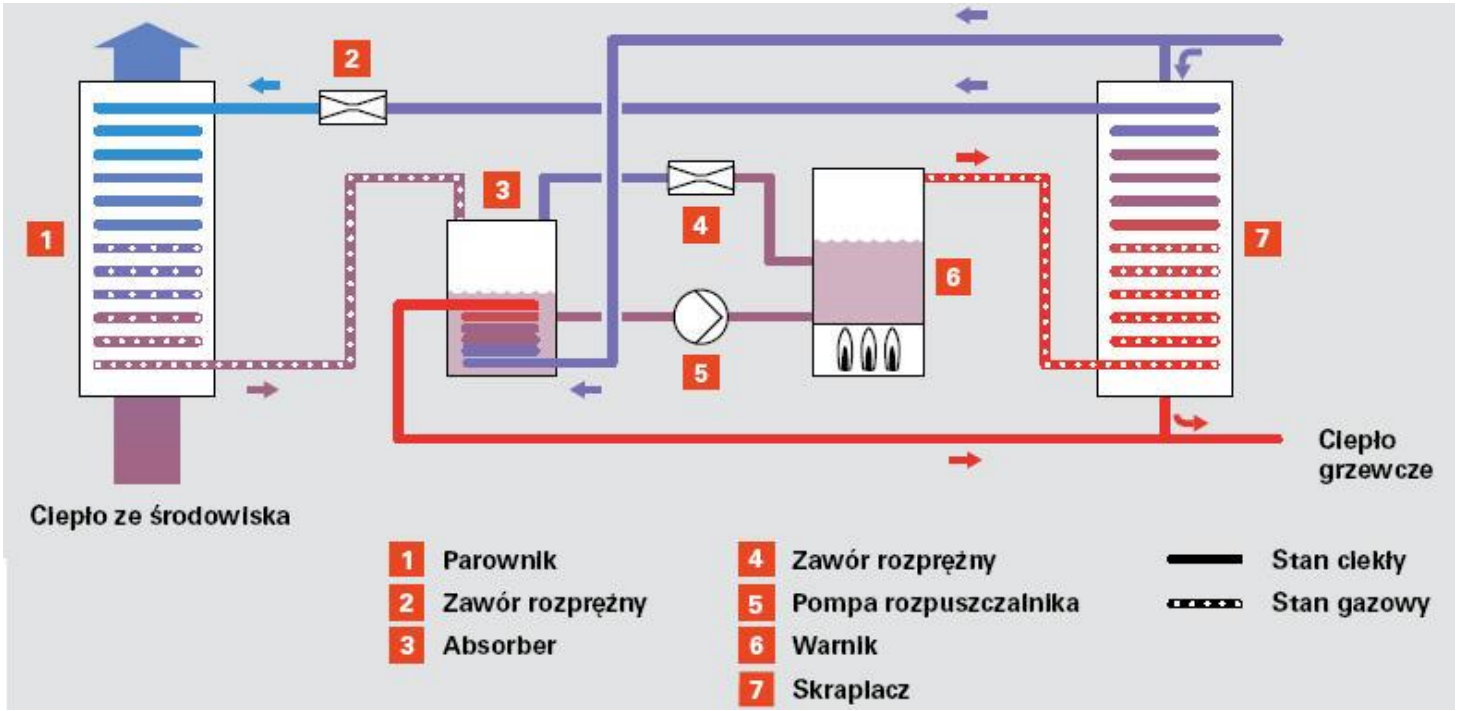
Procesy te występują w określonych warunkach (ciśnienie, temperatura) i są odwracalne.

Przykłady.
Rozpuszczony (zaabsorbowany) w wodzie mineralnej kwas węglowy, który po otwarciu butelki (zmniejszenie ciśnienia) ponownie się uwalnia.

Odfiltrowanie zapachów i szkodliwych gazów z powietrza przez węgiel aktywny (adsorpcja).

Absorpcyjne pompy ciepła

Zasada działania taka sama jak PC sprężarkowych, z tym że zamiast sprężarki mechanicznej, stosuje się w nich **sprężarkę termiczną** napędzaną najczęściej **gazem ziemnym**.



Rys. Schemat działania absorpcyjnej pompy ciepła

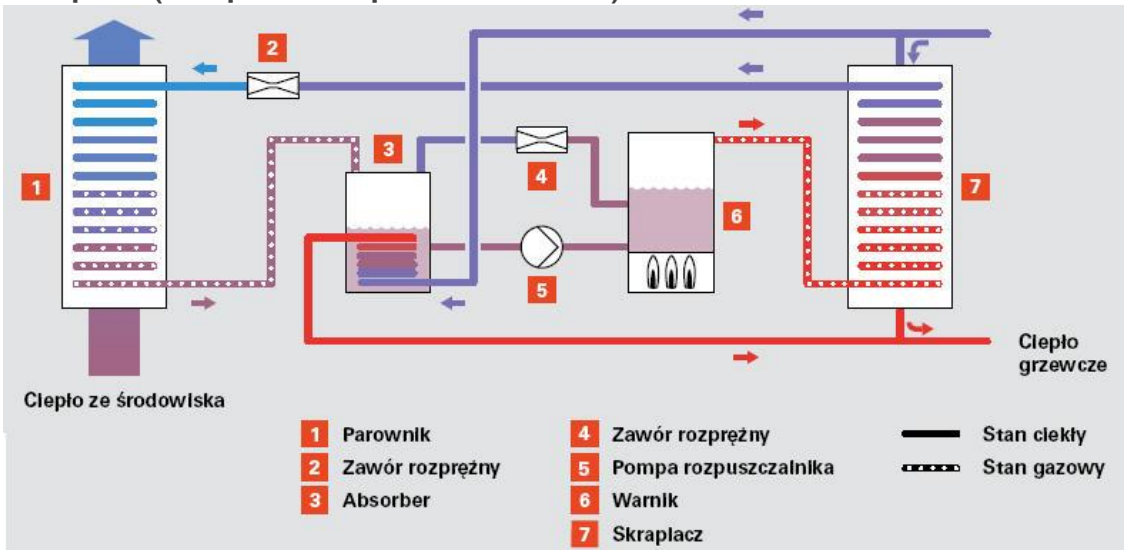
Absorpcyjne pompy ciepła, c.d.

Odparowanie

Czynnik chłodniczy (zwykle amoniak NH_3), odparowuje pochłaniając ciepło z otoczenia [1].

Absorpcja

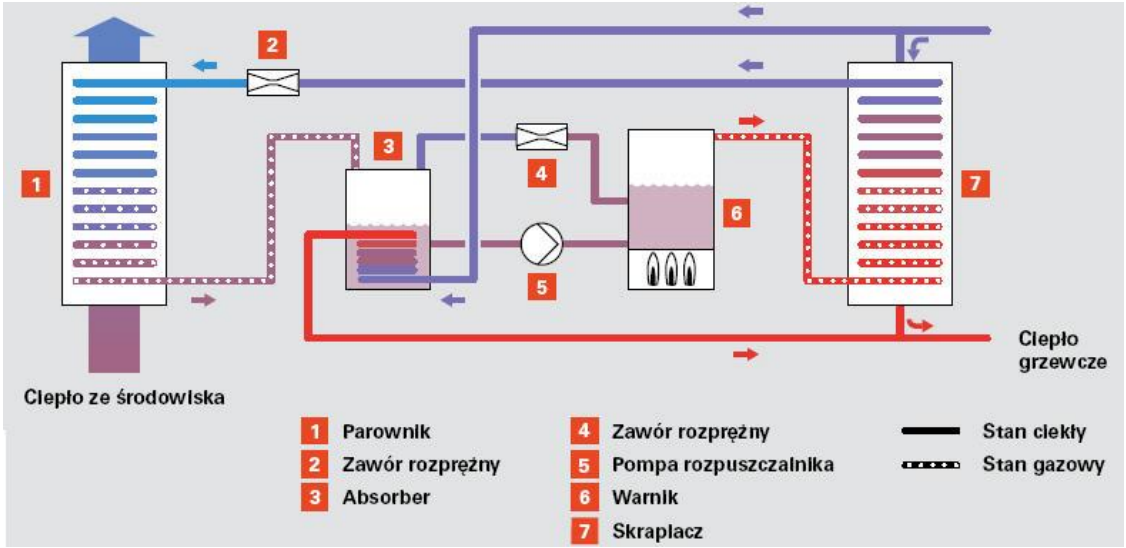
Para powstała z odparowania czynnika chłodniczego trafia do absorbera [3], gdzie jest pochłaniana przez rozpuszczalnik (zwykle wodę).
Podczas kondensacji powstaje ciepło (ciepło rozpuszczania), które za pośrednictwem wymiennika ciepła jest oddawane do systemu grzewczego.



Absorpcyjne pompy ciepła, c.d.

Sprężanie termiczne

Powstała w absorberze mieszanka czynnika chłodniczego i rozpuszczalnika, transportowana jest za pomocą pompy [5] do warnika, czyli sprężarki termicznej [6]. Obydwa składniki transportowanej mieszanki mają różną temperaturę wrzenia – temperatura wrzenia rozpuszczonego czynnika chłodniczego jest niższa.
W wyniku działania ciepła, pochodzącego np. z palnika gazowego, znajdujący się w roztworze czynnik chłodniczy jest ponowie odparowywany.



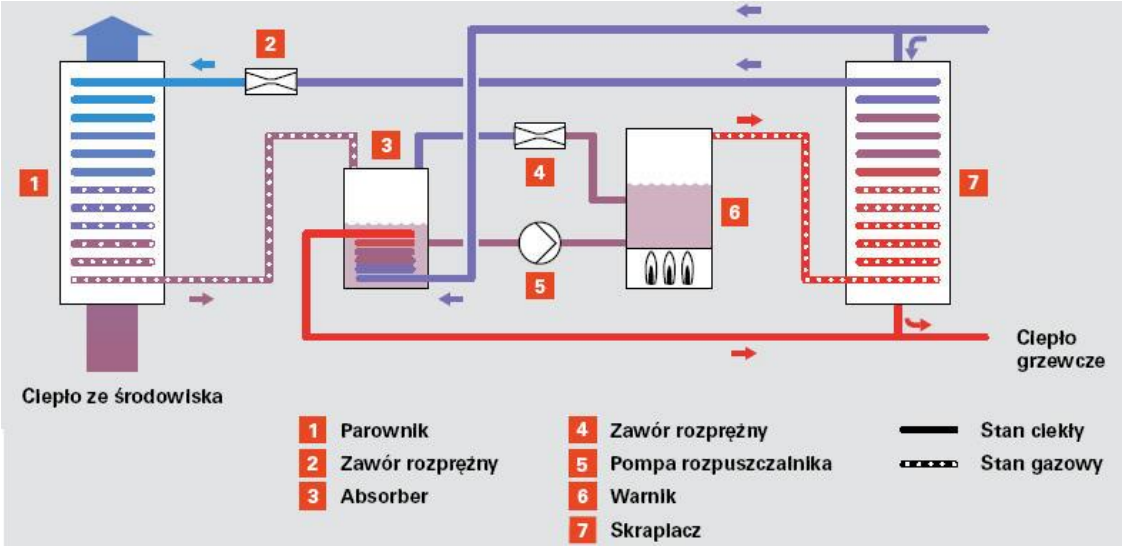
Absorpcyjne pompy ciepła, c.d.

Skraplanie

Znajdująca się pod wysokim ciśnieniem i mająca wysoką temperaturę para czynnika chłodniczego dostaje się do skraplacza [7] oddając ciepło kondensacji do instalacji grzewczej.

Rozprężanie

Płynny czynnik chłodniczy ulega rozprężeniu dzięki działaniu zaworu rozprężnego [2] i wraca do pierwotnego poziomu ciśnienia i temperatury, aby na skutek pochłaniania ciepła z otocznia ponownie odparować [1].

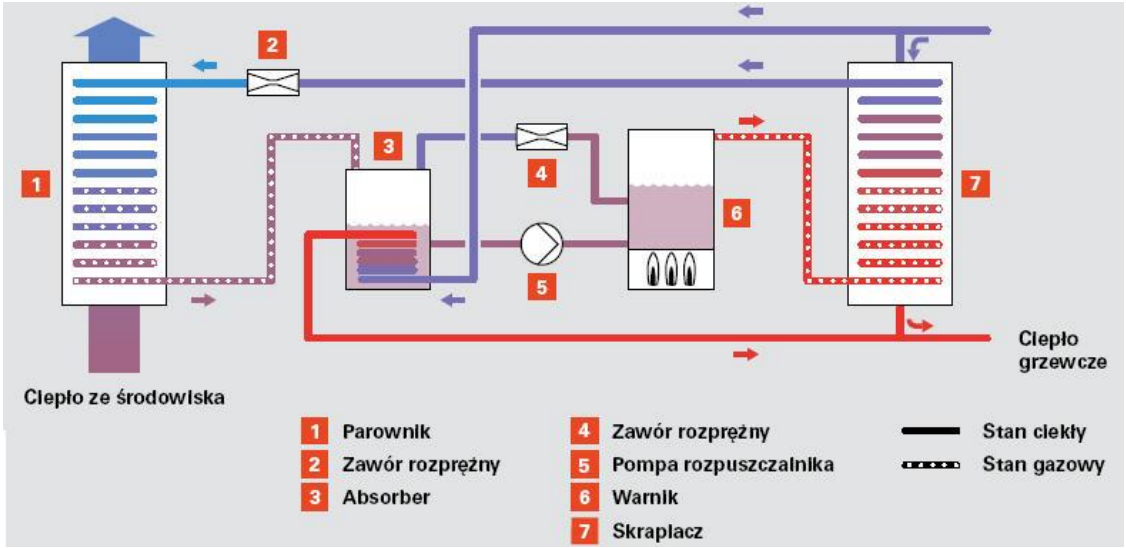


Absorpcyjne pompy ciepła, c.d.

Rozprężanie rozpuszczalnika
Oddzielony w warniku płynny rozpuszczalnik, znajdujący się pod wysokim ciśnieniem, jest odprowadzany za pomocą zaworu rozprężnego [4] z powrotem do absorbera. Tu rozpuszczalnik spotykają się z parą czynnika chłodniczego, co prowadzi do ponownej kondensacji i uwolnienia ciepła.

Absorpcyjna PC jest bardzo efektywna – oprócz pompy rozpuszczalnika, nie posiada żadnych ruchomych części.

Do 50 kW – stosowane jako urządzenia chłodnicze;
do 2 kW - w napędzanych propanem lodówkach kempingowych.



Adsorpcyjne pompy ciepła

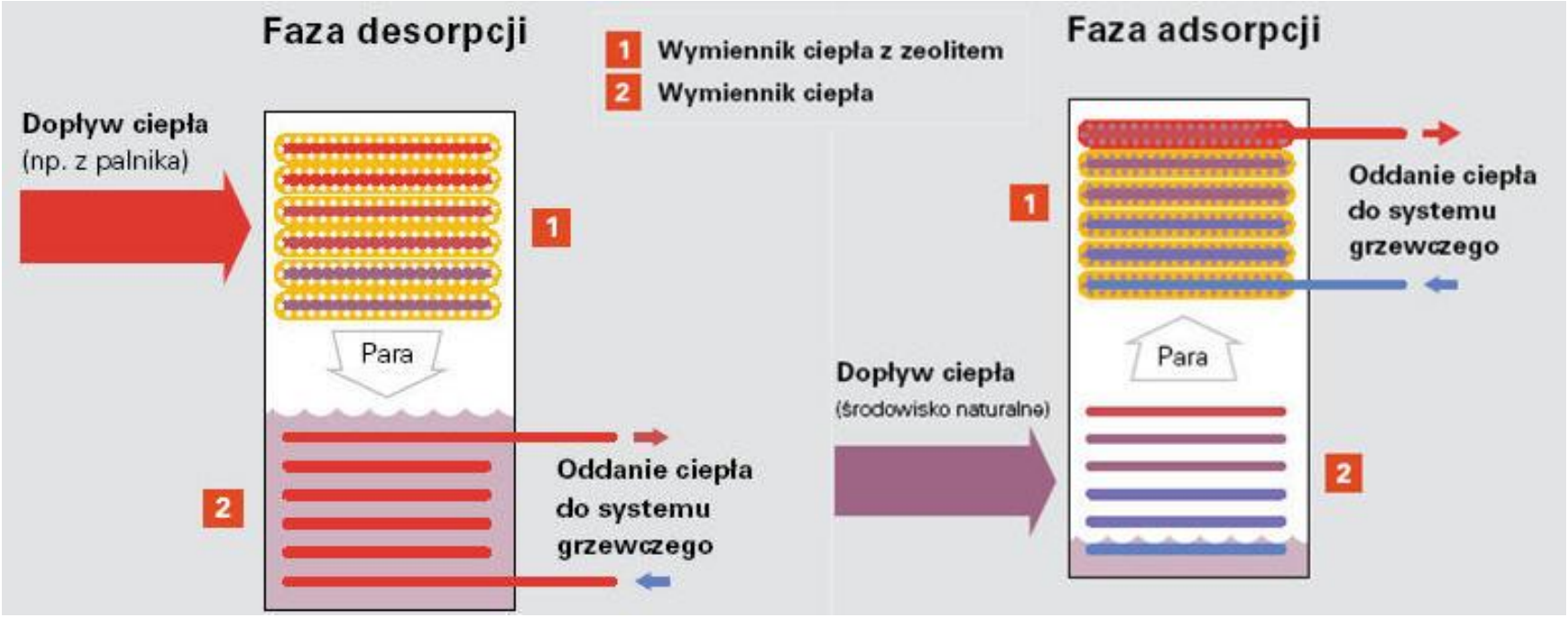
Adsorpcyjne pompy ciepła działają wykorzystując ciała stałe, np. węgiel aktywny, żelu krzemionkowego lub zeolitu. Stosowane są od dłuższego czasu jako maszyny chłodnicze dużej mocy.

Zeolit, w wolnym przekładzie: „wrzący kamień”, ma właściwość wsysania pary wodnej, wiązania jej z sobą (adsorpcji) z oddawaniem przy tym ciepła na poziomie temperaturowym ok. 300°C.

Warunkiem działania adsorpcyjnej PC jest system próżniowy.

W PC adsorpcyjnych, pochłanianie i oddawanie ciepła ma charakter odwracalny. Jednak praca odbywa się cyklicznie, tzn. w dwóch fazach: **desorpcji** i **adsorpcji**.

Adsorpcyjne pompy ciepła, c.d.



Rys. Sposób działania adsorpcyjnej pompy ciepła.

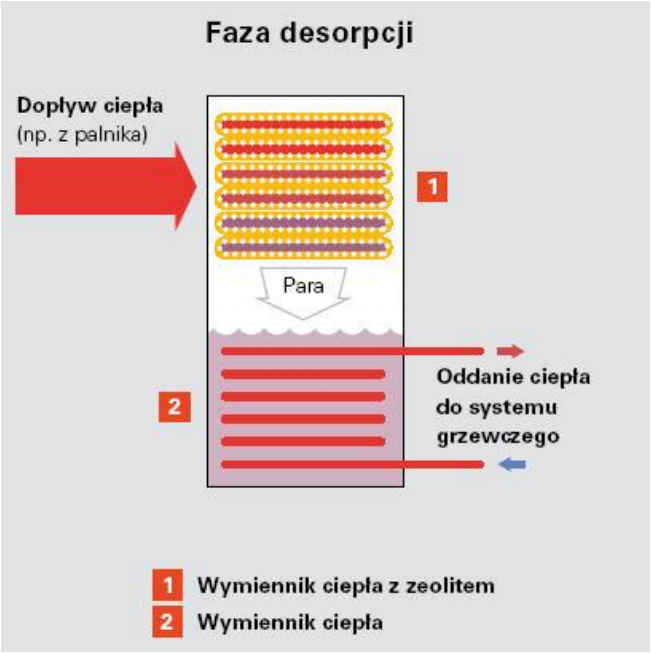
Adsorpcyjne pompy ciepła, c.d.

Desorpcja

W pierwszej fazie do wymiennika ciepła [1] pokrytego substancją stałą (żelem krzemionkowym lub zeolitem), dostarczane jest ciepło pochodzące np. z palnika lub instalacji solarnej. Woda związana przez substancję stałą jest uwalniana (ulega desorpcji) i w postaci pary trafia do drugiego wymiennika ciepła [2].

Skraplanie

Drugi wymiennik ciepła działa w tej fazie jako skraplacz. Oddaje on ciepło, uwalniane w czasie kondensacji pary, do systemu grzewczego.
Dopływ ciepła ustaje (wyłączony planik), w momencie gdy zeolit osiągnie żądany stopień wysuszenia – związana wcześniej woda całkowicie wyparuje i ulegnie kondensacji na drugim wymienniku ciepła.



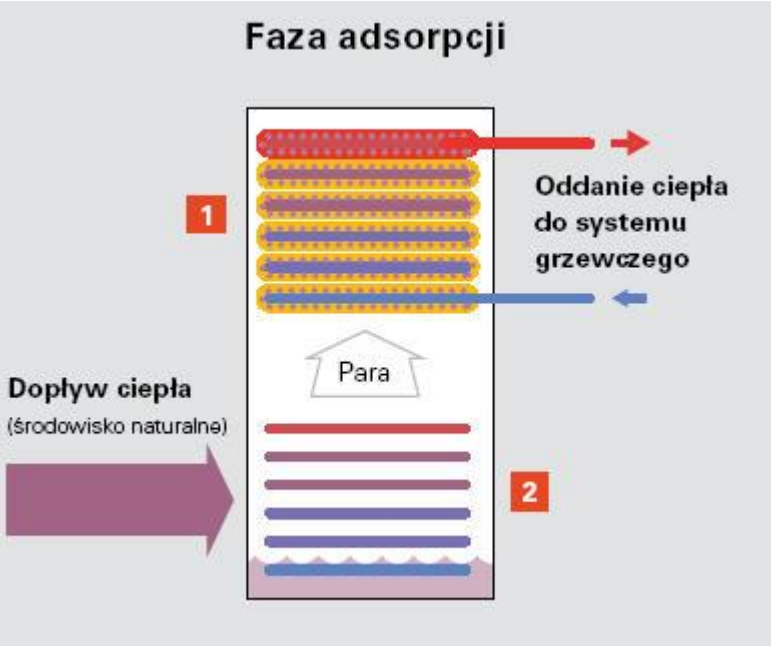
Adsorpcyjne pompy ciepła, c.d.

Odparowanie

W drugiej fazie wymiennik ciepła [2] przejmuje funkcję parownika. Za jego pośrednictwem tak długo dostarczane jest ciepło ze środowiska, aż woda całkowicie odparuje.

Adsorpcja

Para wodna przepływa z powrotem w kierunku pokrytego substancją stałą wymiennika ciepła, gdzie woda jest ponownie wiązana (wchłonięta) przez żel krzemionkowy lub zeolit (ulega adsorpcji).
Ciepło oddane w czasie tego procesu przez substancję stałą dociera za pośrednictwem wymiennika ciepła do systemu grzewczego. Jak tylko para wodna ulegnie całkowitej adsorpcji, ta faza procesu pracy pompy ciepła jest zakończona.



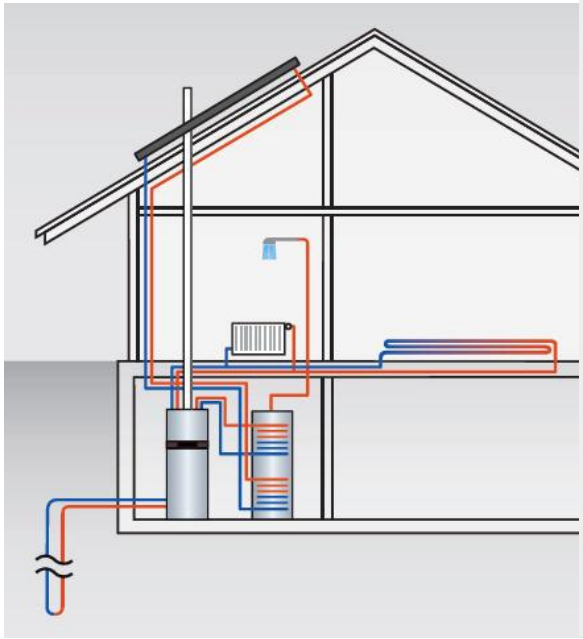
Adsorpcyjne pompy ciepła, c.d.

VITOSORP 200-F

Gazowa, adsorpcyjna pompa ciepła z zeolitowym wymiennikiem ciepła.

Roczna efektywność ogrzewania, dla:

- 35/28°C: 123%(H_s)/137%(H_i)
- 55/45°C: 115%(H_s)/128%(H_i)



Gazowa pompa ciepła

„**Pompa ciepła**” – domyśle przyjmujemy, że chodzi o **pompę ciepła sprężarkową** - ze sprężarką napędzaną **silnikiem elektrycznym**.

W pompach ciepła sprężarkowych stosuje się również **silniki spalinowe zasilane gazem**: tanie i łatwodostępne paliwo silnikowe.

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Coraz częściej w branży operuje się też pojęciem: „**gazowa pompa ciepła**”. Odnosi się ono zarówno do:

- sprężarkowej pompy ciepła z silnikiem gazowym
- do pomp absorpcyjnych z palnikiem gazowym
- oraz – wprawdzie rzadko – do pomp ciepła, w których użyto gazu (np. CO2), a nie typowego czynnika chłodniczego.

Gazowa pompa ciepła; c.d.

W branży, do **opisu technologii pomp ciepła** używa się głównie skrótów pochodzących od angielskich nazw:

- **EHP (*ang. Electric Heat Pumps*)** – elektryczne pompy ciepła (sprężarkowe)
- **GHP (*ang. Gas Heat Pumps*)** – gazowe pompy ciepła (sprężarkowe)
- **GAHP – (*ang. Gas Absorption Heat Pumps*)** – gazowe absorpcyjne pompy ciepła.

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa pompa ciepła (GHP)

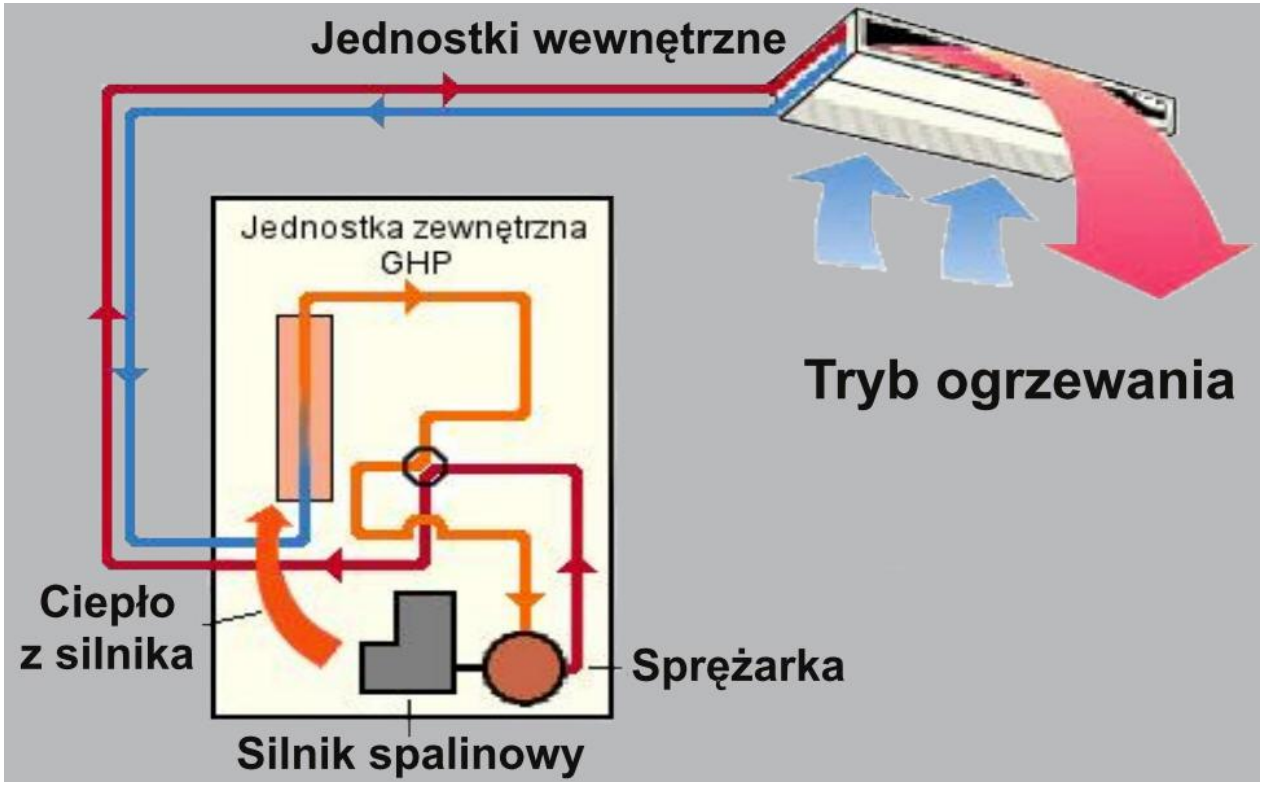
Sprężanie następuje przy pomocy **sprężarki mechanicznej** napędzanej za pomocą silnika spalinowego.

Podstawową różnicą w przypadku elektrycznych pomp sprężarkowych EHP i sprężarkowych gazowych GHP, jest ciepło powstające podczas pracy silnika spalinowego - nie jest ono wyrzucane, ale wykorzystywane, trafia np. do instalacji ogrzewania.

W trybie grzania w GHP sprężony czynnik w procesie skraplania oddaje ciepło do instalacji. Następnie po przejściu przez zawór rozprężny czynnik o niskich parametrach pobiera w parowniku ciepło odpadowe z silnika i znów zostaje sprężony. Pompy te mogą pracować też w trybie chłodzenia i wówczas ciepło z silnika wykorzystuje się do podgrzewu ciepłej wody użytkowej.

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa pompa ciepła (GHP); c.d.



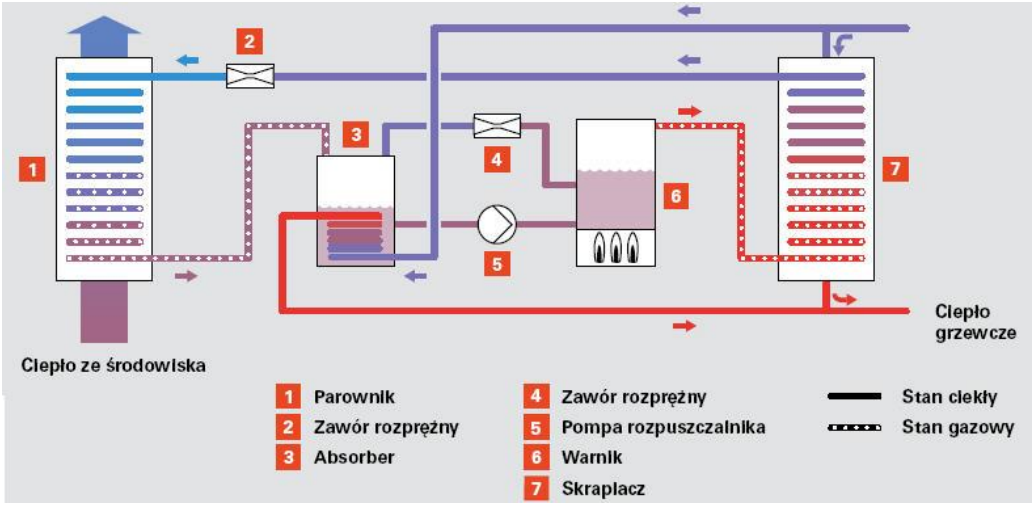
Rys. Zasada działania GHP, źródło Arsin

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP)

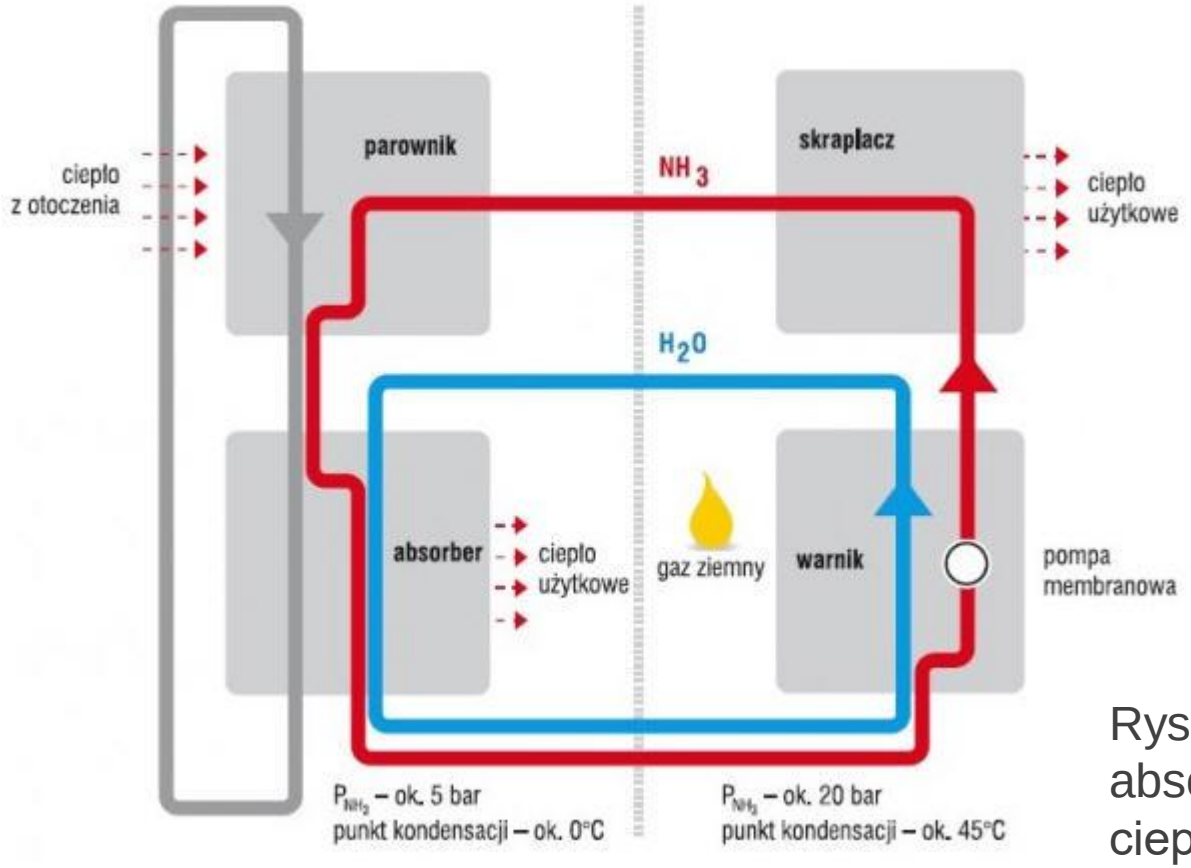
Do wymuszenia przepływu energii z chłodniejszego do cieplejszego układu nie korzystają z urządzeń mechanicznych, czyli sprężarek, ale ze **zjawiska absorpcji**.

„Sprężanie” czynnika roboczego odbywa się nie w sprężarce, ale w **warniku**, w którym znajduje się roztwór amoniaku i wody.



Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.



Rys. Schemat ideowy pracy absorpcyjnej gazowej pompy ciepła.

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Charakterystyczne cechy GAHPA:

- brak urządzeń mechanicznych, jak: sprężarka czy silnik spalinowy (chyli elementów wymagających serwisowania, które po pewnym czasie zużywających się)
- newralgiczny punkt – membrany (pompa rozpuszczalnika), które zużywają się – ich żywotność określana jest na kilkadziesiąt lat pracy
- zamiast syntetycznych czynników chłodniczych (jak w pompach sprężarkowych), w GAHP stosuje się naturalne substancje: wodę i amoniak

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Film: „Gazowa pompa ciepła powietrze-woda wyposażona w oszczędny kocioł kondensacyjny - budowa i działanie”
Link do filmu: https://www.youtube.com/watch?v=ZsA1H4hsHlU

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE

Porównanie pomp ciepła - różnorodność urządzeń, a także różne parametry ich pracy powodują, że nie ma jednolitej metodyki obliczeń.

COP:

- jest to zależność między energią cieplną dostarczona przez pompę ciepła, a energią elektryczną pobraną przez PC
- opisuje efektywność pompy ciepła w jednym konkretnym punkcie pracy

$$COP = \frac{Q_g}{P_e}$$

gdzie:
Q_g - moc górnego źródła ciepła [kW],
P_e – moc pobierana przez sprężarkę [kW].

- istotny wpływ na COP ma: temperatura dolnego i górnego źródła ciepła
- im wyższe COP, tym wyższa jest efektywność pracy PC

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE; c.d.

GUE

Do określenia wydajności gazowych absorpcyjnych pomp ciepła (GAHP), niemożliwe jest zastosowanie współczynnika COP. Urządzenia absorpcyjne nie wykorzystują sprężarki i są zasilane ciepłem, w związku z tym ich efektywność należy określać inaczej.

Efektywność pomp GAHP opisywana jest za pomocą **współczynnika efektywności spalania gazu GUE (*ang. Gas Utilization Efficiency*)**

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE; c.d.

GUE; c.d.

$$GUE = \frac{Q_{PC}}{G_{PC}}$$

gdzie:
Q_{PC} – moc dostarczona (wyprodukowana) przez pompę ciepła,
G_{PC} – energia dostarczona w postaci gazu (energia wyliczona na podstawie wartości opałowej).

GUE to stosunek mocy dostarczonej (wyprodukowanej) przez pompę ciepła Q_{PC} do energii dostarczonej w postaci gazu (energia wyliczona na podstawie wartości opałowej paliwa) G_{PC}.
Zależy od: rodzaju pompy ciepła – gruntowa, wodna, powietrzna;
od temperatur dolnego i górnego źródła ciepła.

Inne rodzaje pomp ciepła

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE; c.d.

GUE; c.d.

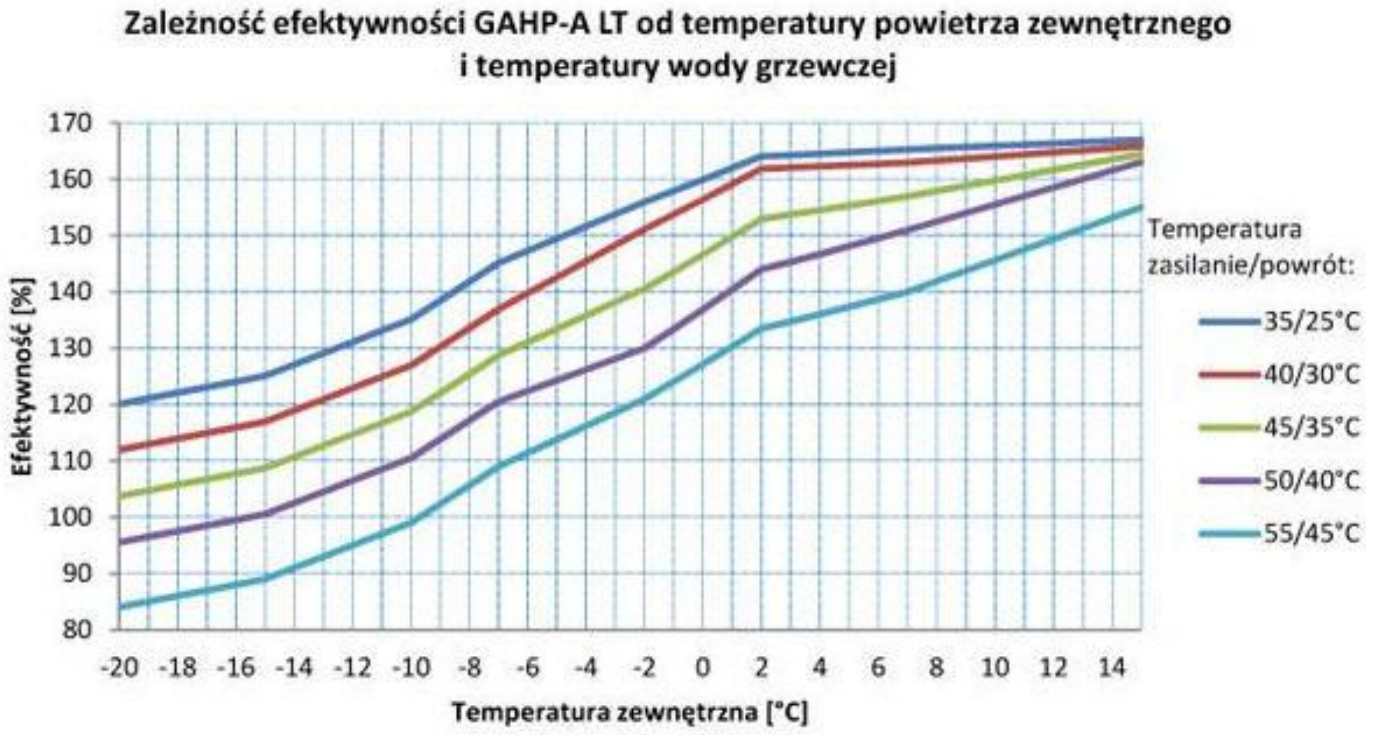
Np. dla pompy **GAHP-A LT** (gazowej absorpcyjnej pompy ciepła typu **powietrze/woda**) przeznaczonej do zasilania instalacji niskotemperaturowych producent podaje, że przy parametrach **A7/W35** – czyli temperaturze powietrza zewnętrznego 7°C i temperaturze wody grzewczej 35°C - moc wynosi 41,6 kW, a efektywność **165% GUE**.

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE; c.d.

GUE; c.d.



Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE; c.d.

GUE; c.d.

Dane techniczne podawanych przez producentów wartości COP i GUE nie mogą być bezpośrednio porównywane.

Mniejszy błąd popełnilibyśmy, gdybyśmy porównywali sprawność gazowego kotła kondensacyjnego i GUE gazowej absorpcyjnej pompy ciepła, dla których producenci podają przykładowe wartości odpowiednio: 109% i 165%.
To proste porównanie wskazuje, ile szacunkowo moglibyśmy uzyskać energii z tej samej ilości gazu dostarczonego do urządzenia, co ma bezpośredni wpływ na koszty eksploatacyjne.

Inne rodzaje pomp ciepła

Gazowa pompa ciepła; c.d.

Gazowa absorpcyjna pompa ciepła (GAHP); c.d.

Porównanie pomp ciepła – COP, GUE; c.d.

GUE; c.d.

Efektywność przy wykorzystaniu ciepła z gruntu może wynieść nawet: **170%** GUE. Oznacza to, że z **1 kWh** energii dostarczonej w postaci gazu, możemy uzyskać **1,7 kWh** energii cieplnej - grzewczej.

Systemy energetyki odnawialnej
Pompy ciepła, cz.2