



WIRTSCHAFTS  
AKADEMIE  
NORD

Hansestadt  Stralsund



KREATOR WIEDZY  
FUNDACJA



# POMPY CIEPŁA

Energia+Technologia=Szkoła+Zawód - Technologie energii odnawialnej w szkołach  
dla wykwalifikowanych pracowników przyszłości

Energie+Technik=Schule+Beruf - Erneuerbare Energietechnik macht Schule  
für Fachkräfte der Zukunft

Partner projektu: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Al. Piastów 17, PL 70-310 Szczecin

Praca opublikowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra  
Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2020-2022; umowa nr 5197/INTERREG V A MV/BB/PL/2021/2

# CO TO JEST CIEPŁO ?



- CIEPŁO jest formą wewnętrznej energii substancji.
- Substancje zawierają energię cieplną, aż do temperatury zera absolutnego ( $0\text{ K} = ???^{\circ}\text{C}$ ).
- Nawet powietrze o ujemnej temperaturze zawiera ciepło, które mogą efektywnie wykorzystywać pompy ciepła.

# CO TO JEST PRZEPEŁYW CIEPŁA ?



- Gdy ciała/substancje mają różne temperatury następuje wymiana energii, powstaje STRUMIEŃ CIEPŁA (PRZEPEŁYW CIEPŁA).
- STRUMIEŃ CIEPŁA płynie zawsze w kierunku temperatury niższej (nigdy odwrotnie).



<http://www.ekocentryczka.pl>

# CO TO JEST SPREŻANIE I ROZPREŻANIE ?



- SPREŻANIE GAZU - proces, w którym wzrasta ciśnienie gazu
- Podczas SPREŻANIA gazu wzrasta jego temperatura oraz ilość ciepła w nim zawartego
- Do sprężania gazu wykorzystywane są SPREŻARKI



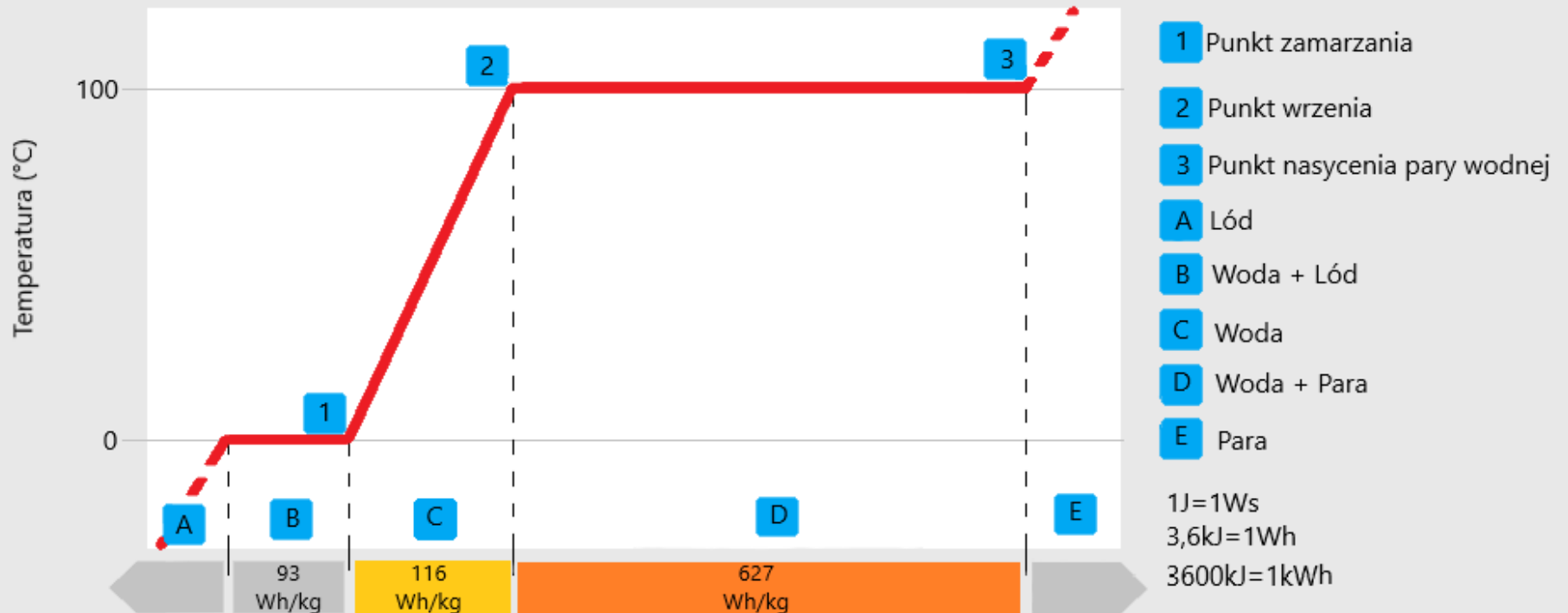
<https://przydasie.pl>

- ROZPREŻANIE GAZU – proces odwrotny do sprężania, w którym spada ciśnienie gazu
- Podczas ROZPREŻANIA gazu spada jego temperatura
- Do rozprężania gazu wykorzystywane są ZAWORY ROZPREŻNE (DŁAWIĄCE)



<https://www.rd.com>

# ZMIANA STANU FIZYCZNEGO SUBSTANCJI - SKRAPLANIE I PAROWANIE

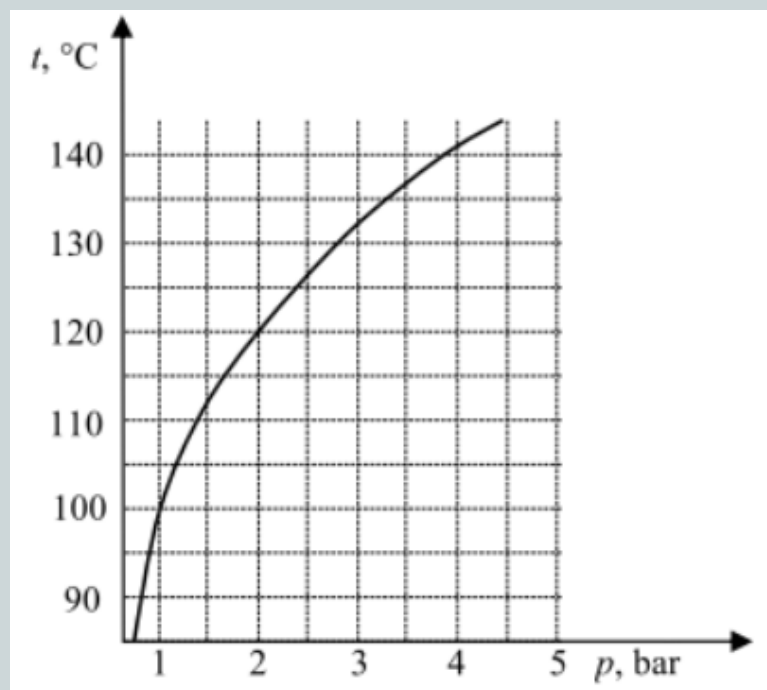


# TEMPERATURA PAROWANIA I SKRAPLANIA

## SKRAPLANIA



- TEMPERATURA PAROWANIA I SKRAPLANIA zależą od ciśnienia czynnika

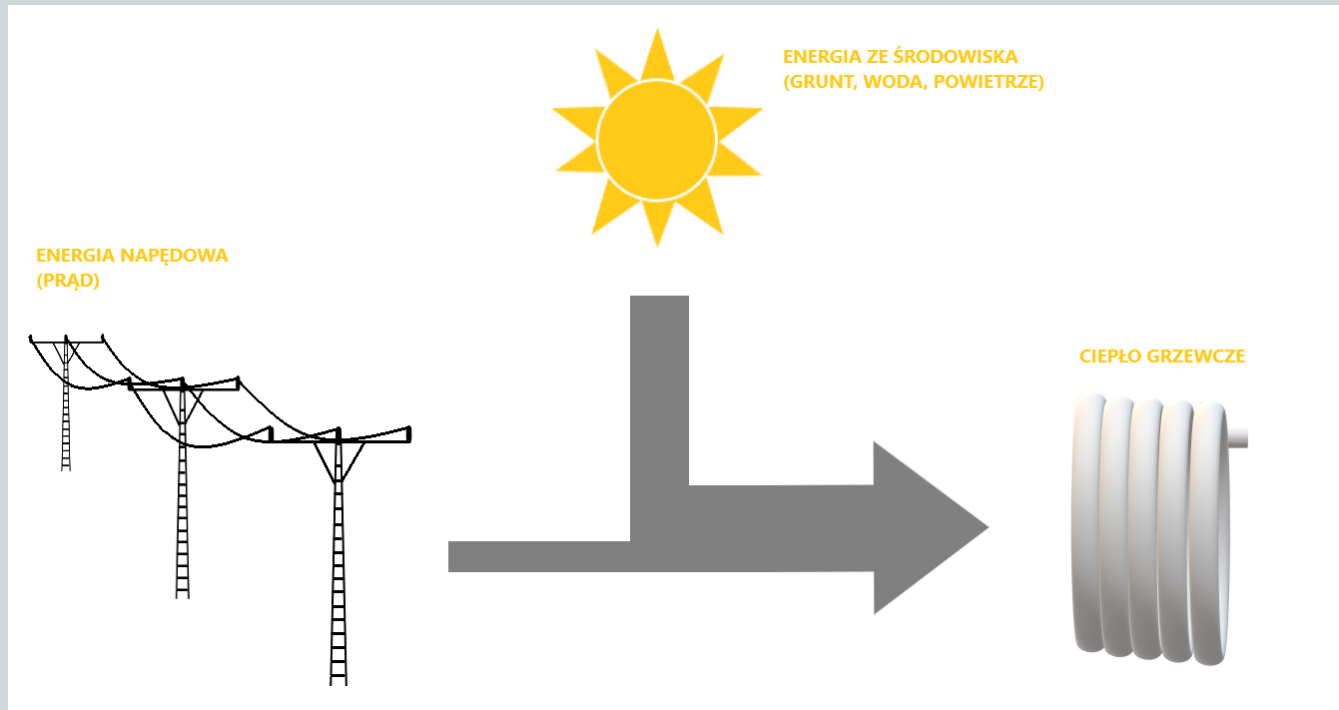


Zależność temperatury wrzenia wody od ciśnienia

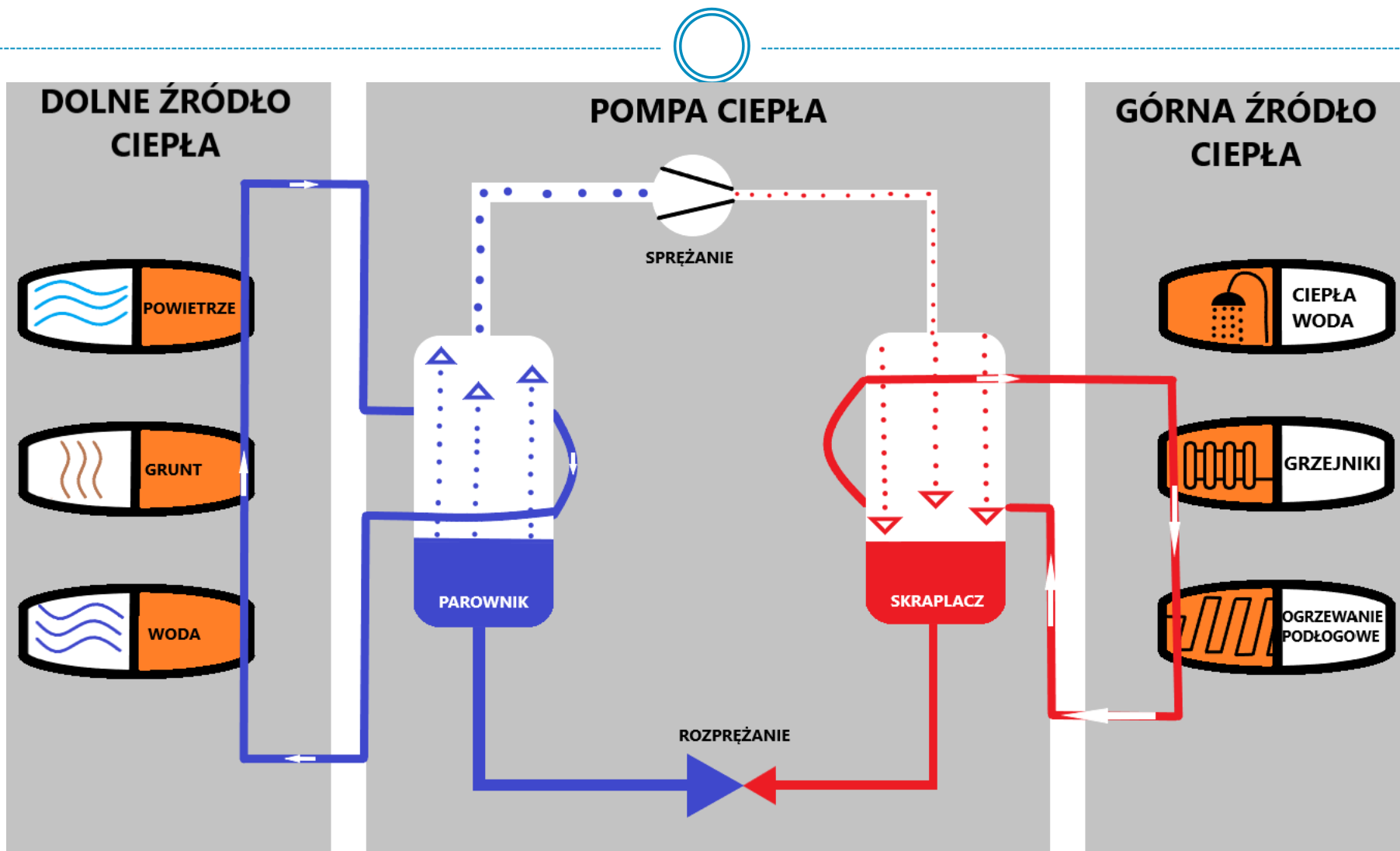
# JAKIE ZJAWISKA WYKORZYSTUJĄ POMPY CIEPŁA?



- Pompy ciepła wykorzystują:
  - zjawisko przepływu ciepła,
  - przemiany fazowe substancji.



# ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA





# PAROWNIK I SKRAPLACZ



- Parownik i skraplacz to wymienniki ciepła
- Wymiennik ciepła to urządzenie, w którym przepływające równocześnie dwa czynniki o różnej temperaturze oddzielone są przegrodą, przez którą następuje przekazywanie energii na sposób ciepła.

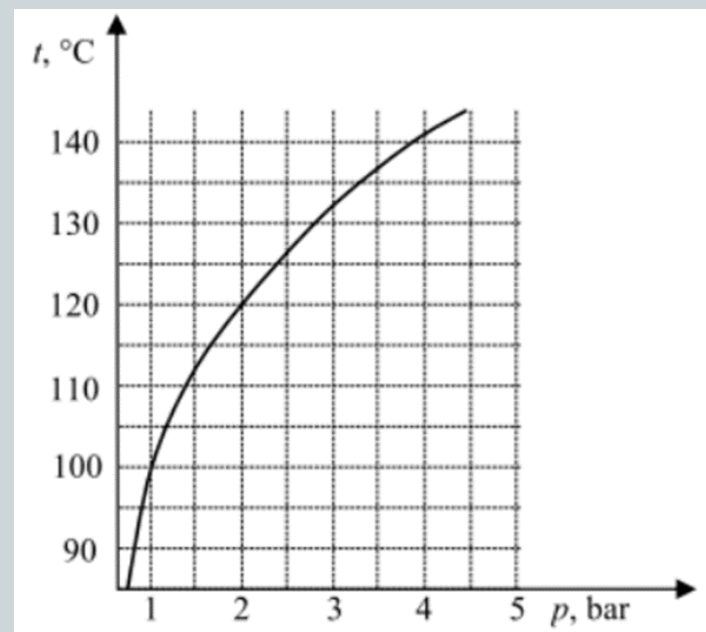
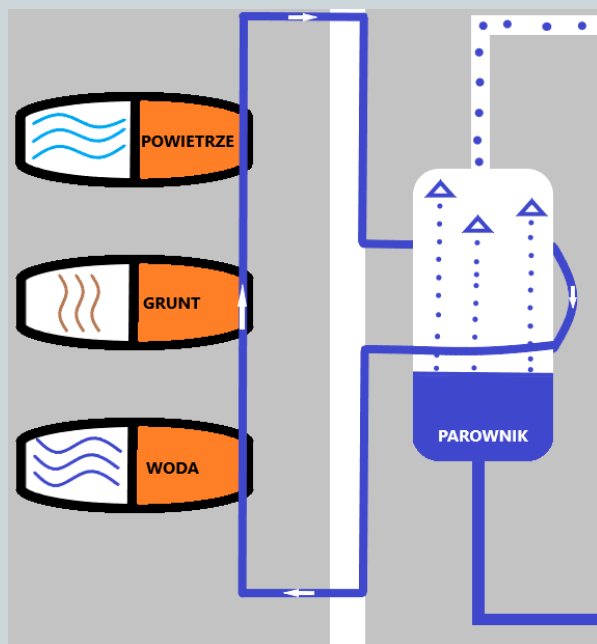


<https://www.goshe.pl/produkty/armatura-grzewcza/wymienniki-plytowe/wymiennik-ciepła>

# PAROWNIK POMPY CIEPŁA



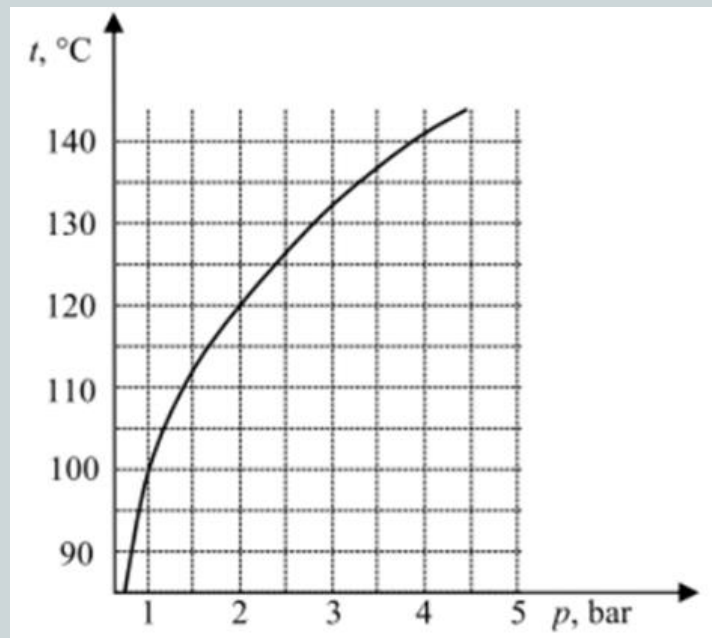
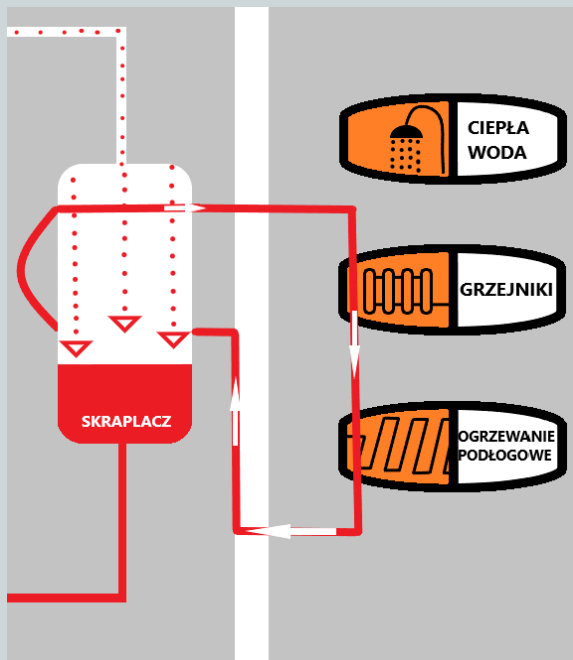
- W parowniku zachodzi pobór energii cieplnej ze środowiska.
- Czynnik termodynamiczny pobiera ciepło z niskotemperaturowego dolnego źródła ciepła i odparowuje



# SKRAPLACZ POMPY CIEPŁA



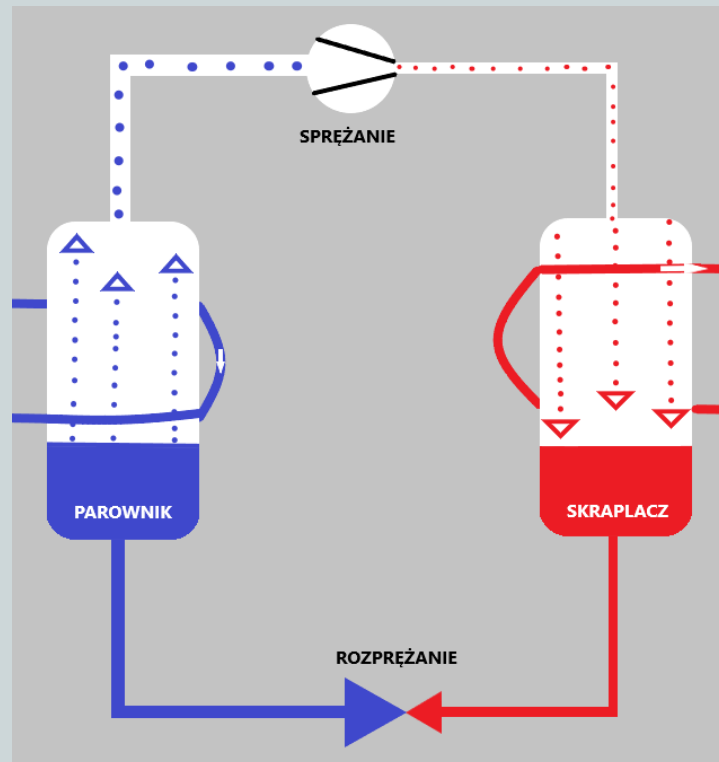
- W skraplaczu zachodzi przekazanie energii cieplnej do górnego źródła ciepła
- Pary gorącego czynnika termodynamicznego oddają ciepło do górnego źródła ciepła i kondensują



# SPRĘŻARKA POMPY CIEPŁA



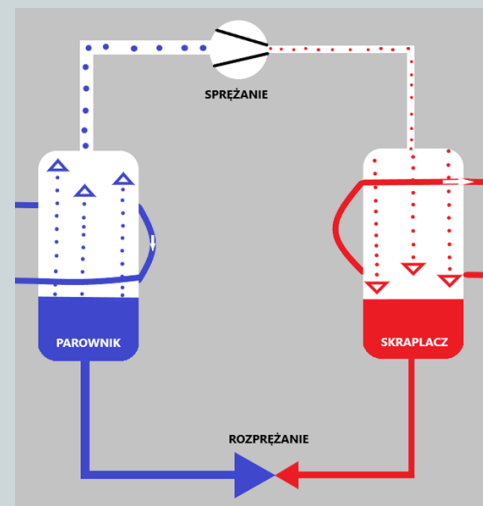
- Sprężarka spręża pary czynnika termodynamicznego.
- W wyniku sprężania następuje przyrost temperatury czynnika.



# ZAWÓR ROZPRĘŻNY (DŁAWIĄCY)



- Przy przepływie czynnika termodynamicznego przez zawór dławiący następuje rozprężanie, czyli obniżenie ciśnienia czynnika.
- W wyniku rozprężania następuje gwałtowne obniżenie temperatury czynnika.
- Zawór również reguluje przepływ czynnika chłodniczego



# ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA



- animacja

# CZYNNIKI CHŁODNICZE W POMPACH CIEPŁA

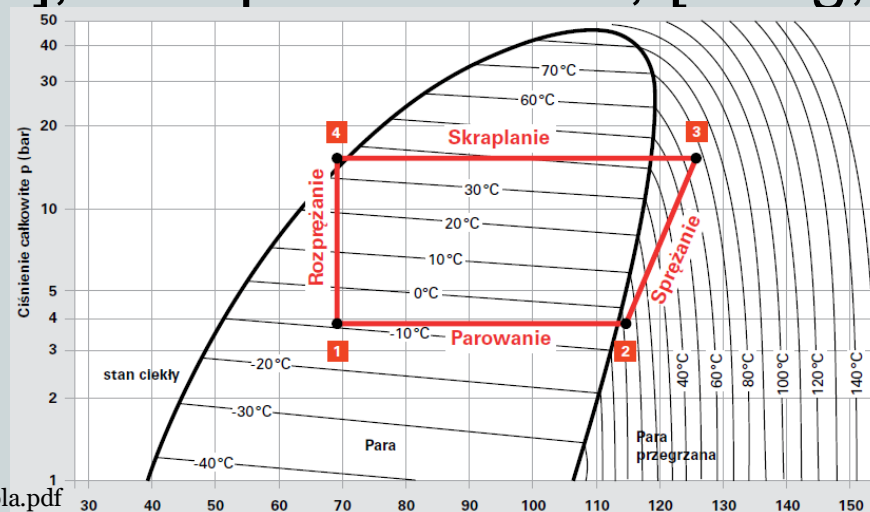


- Czynnik termodynamiczny / chłodniczy / roboczy powinien zapewniać:
  - Ekonomiczną konstrukcję elementów pompy ciepła,
  - Efektywną pracę sprężarki,
  - Bezpieczeństwo użytkowania pompy ciepła,
  - Przyjazne oddziaływanie w stosunku do środowiska naturalnego.
- Najczęściej obecnie stosowane czynniki robocze to:
  - F-gazy, czyli czynniki chłodnicze zawierające fluor, np.: R134a, R404A, R407C, R410A, R417A i R419A
  - naturalne czynniki chłodnicze, np. propan R290, amoniak R717, izobutan R600a, dwutlenek węgla R744

# ZASADA DZIAŁANIA POMPY CIEPŁA



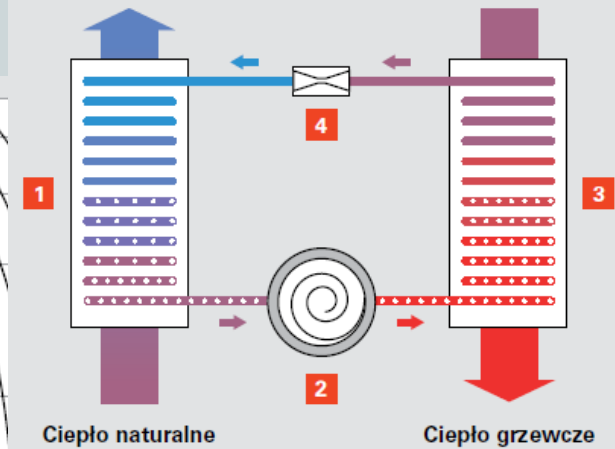
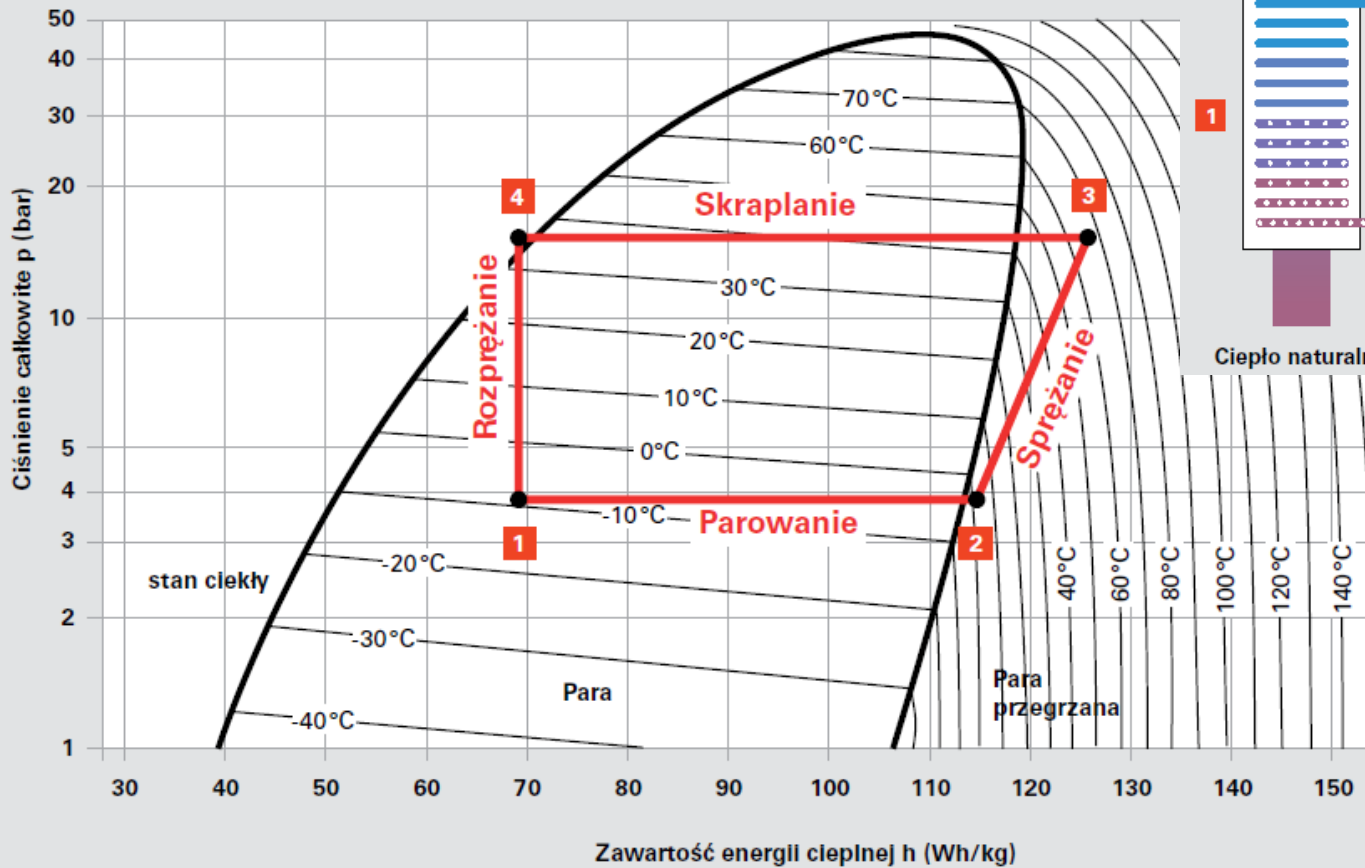
- Obieg pracy pompy ciepła, można przedstawić na wykresie logarytmicznym, pokazującym zależność między ciśnieniem czynnika roboczego (chłodniczego), a jego entalpią.
- **Entalpia** – określa zawartość energii w układzie termodynamicznym, [kJ; Wh]; entalpia właściwa, [kJ/kg, Wh/kg].



[https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie\\_pompy\\_ciepła.pdf](https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie_pompy_ciepła.pdf)



# DIAGRAM LOGARYTMICZNY CIŚNIENIE - ENTALPIA DLA R407C



[https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie\\_pompy\\_ciepla.pdf](https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie_pompy_ciepla.pdf)

# EFEKTYWNOŚĆ POMPY CIEPŁA COP



- **COP - Współczynnik efektywności pompy ciepła** (współczynnik wydajności) – jest to stosunek ilości uzyskanej energii użytecznej (np. ciepła do ogrzewania), do energii włożonej – napędowej (np. energia elektryczna do zasilania sprężarki).

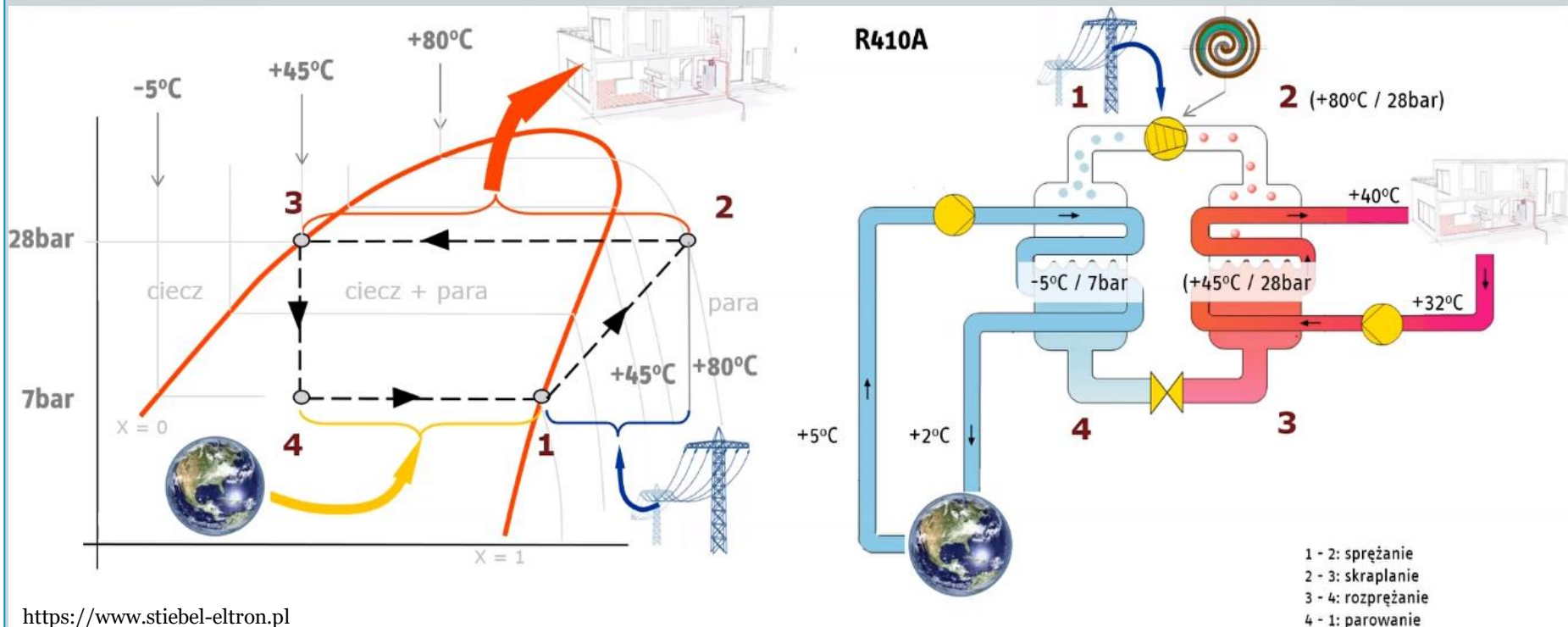
$$\text{COP} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2}$$

$h_2$  – entalpia na początku procesu sprężania, [Wh/kg]

$h_3$  – entalpia na końcu procesu sprężania (początku oddawania ciepła), [Wh/kg]

$h_4$  – entalpia na końcu procesu skraplania (końcu oddawania ciepła), [Wh/kg]

# EFEKTYWNOŚĆ POMPY CIEPŁA COP



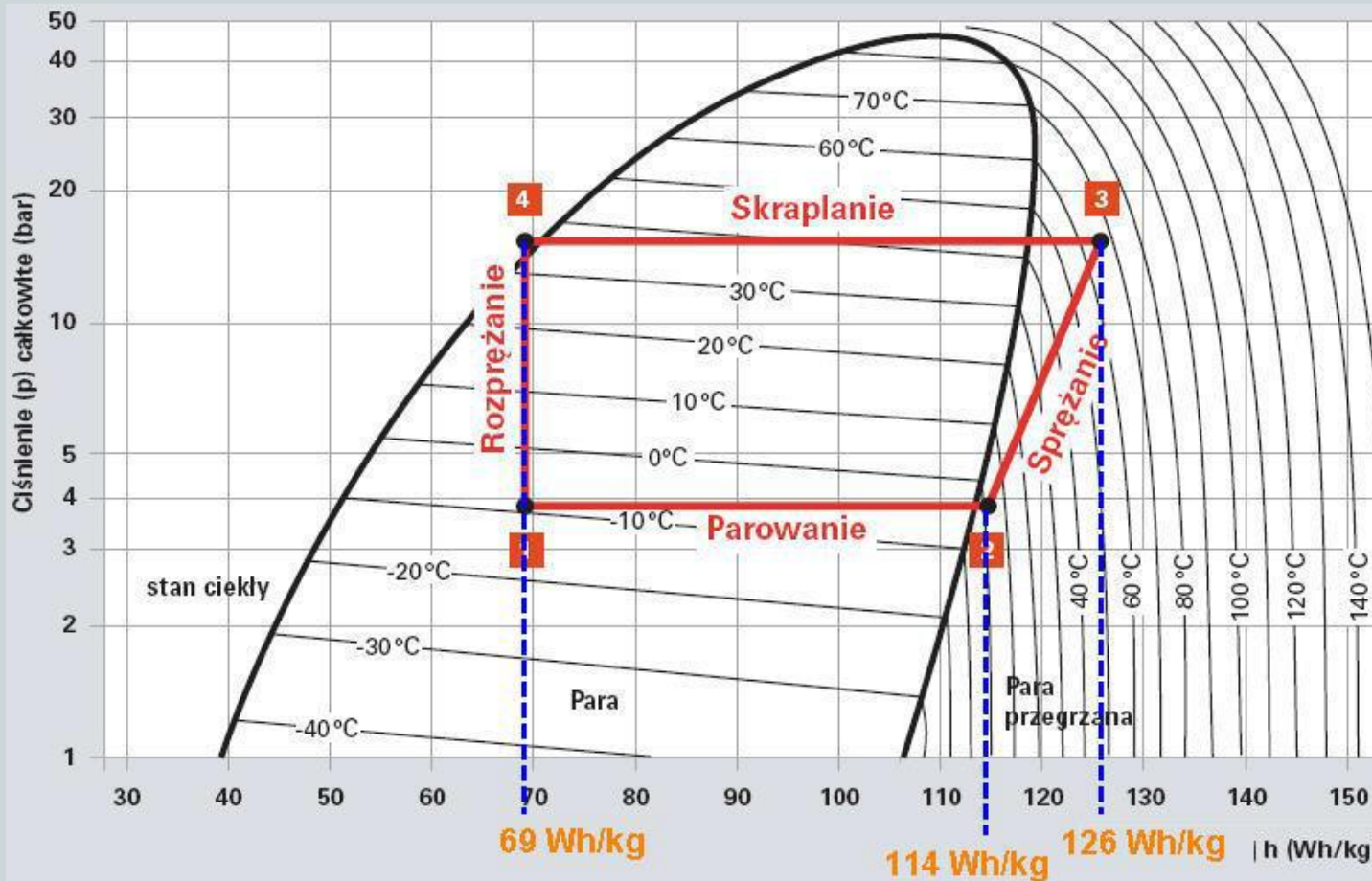
$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_s}{\dot{N}} = \frac{\dot{Q}_p + \dot{N}}{\dot{N}}$$

$\dot{Q}_s$  – wydajność cieplna skraplacza, [kW]

$\dot{Q}_p$  – wydajność cieplna parownika, [kW]

$\dot{N}$  – zapotrzebowanie na moc elektryczną niezbędną do napędu sprężarki, [kW]

# ILE WYNOŚI COP POMPY CIEPŁA?



$$\text{COP} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_2}$$

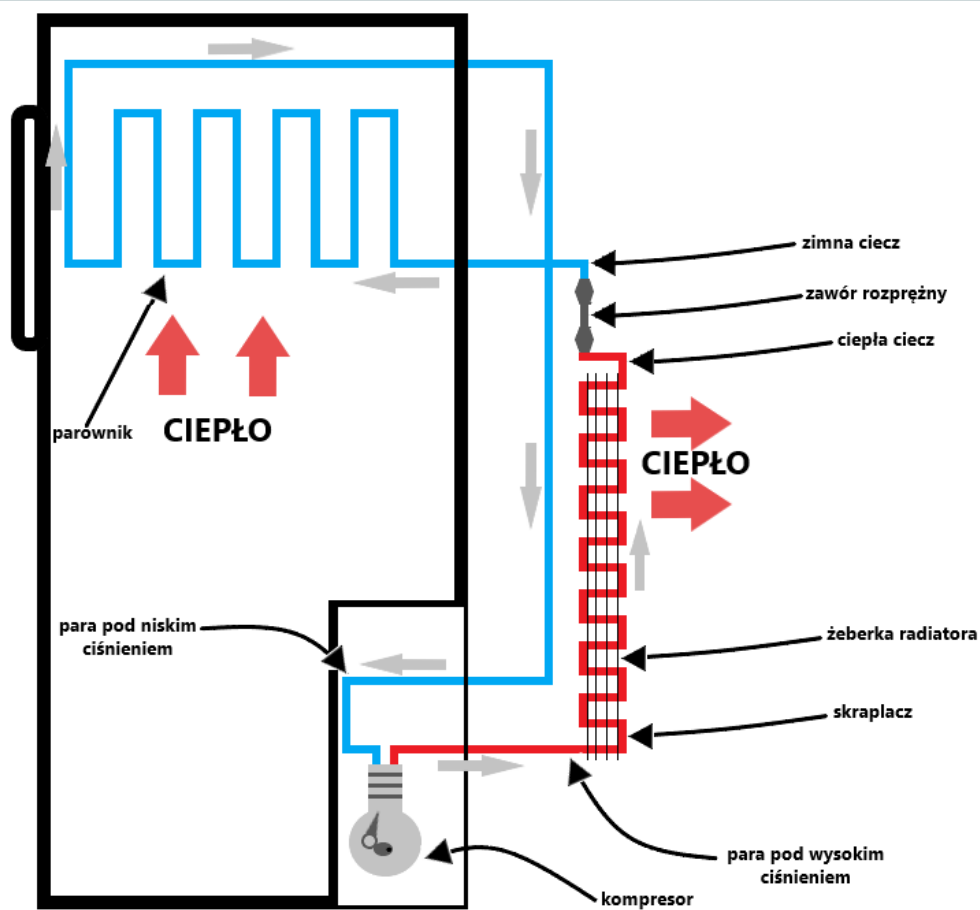
[https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie\\_pompy\\_ciepla.pdf](https://www.viessmann-projektant.pl/pliki/page/3/36/projektowanie_pompy_ciepla.pdf)

# LODÓWKA A POMPA CIEPŁA



- LODÓWKA pobiera ciepło z wnętrza lodówki i oddaje ciepło na zewnątrz
- POMPA CIEPŁA pobiera ciepło z poza budynku (gruntu, powietrza, wody) i przekazuje je do wnętrza budynku

# ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA

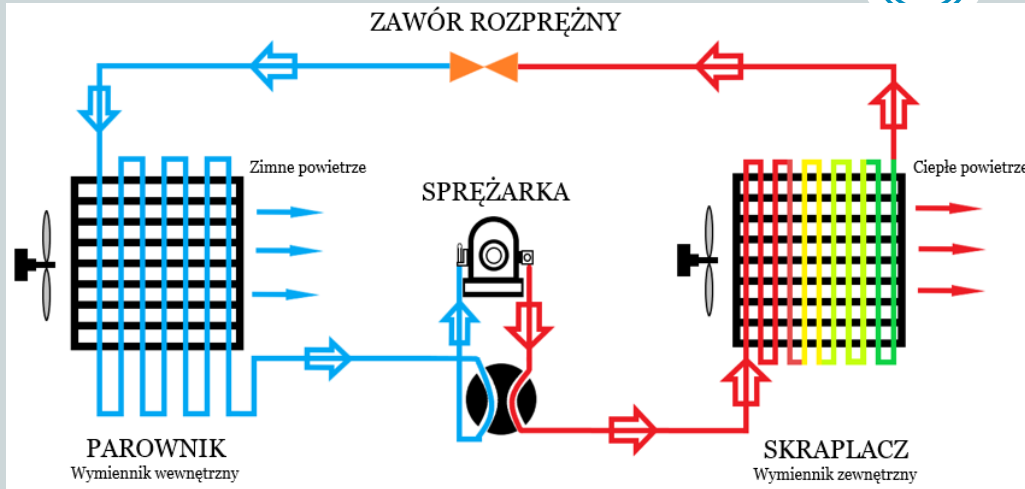


**Sprężarka** jest „sercem” chłodziarki. Odpowiada za obieg czynnika chłodniczego w całym układzie, zwiększenie ciśnienia w cieplej części układu i wzrost temperatury czynnika chłodniczego.

**Skraplacz** znajduje się z tyłu chłodziarki. Czynnik chłodniczy jest schładzany i skrapla się.

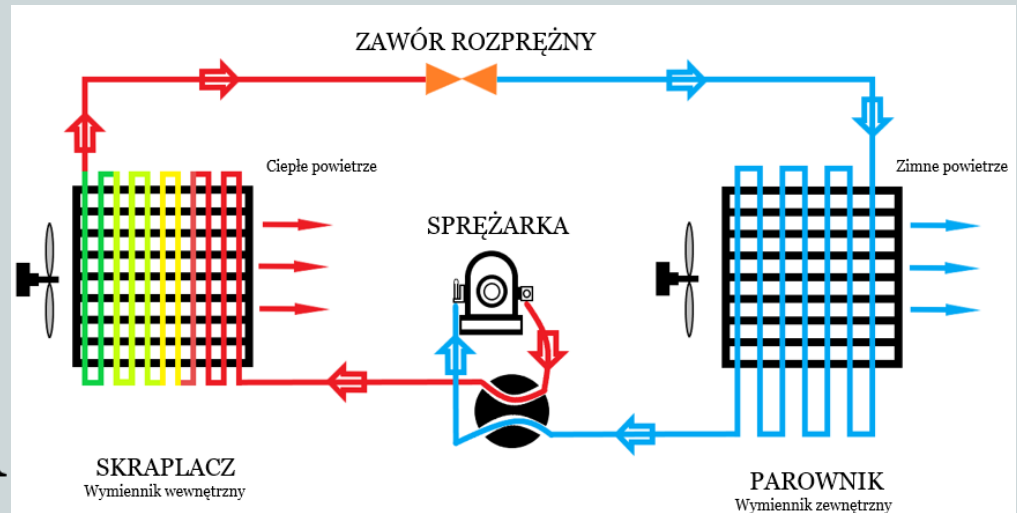
**Parownik** znajduje się we wnętrzu chłodziarki i jest elementem, który powoduje, że przedmioty w chłodziarce są zimne. Czynnik chłodniczy parując - chłodzi otaczający go obszar, tworząc odpowiednie środowisko do przechowywania żywności.

# ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA

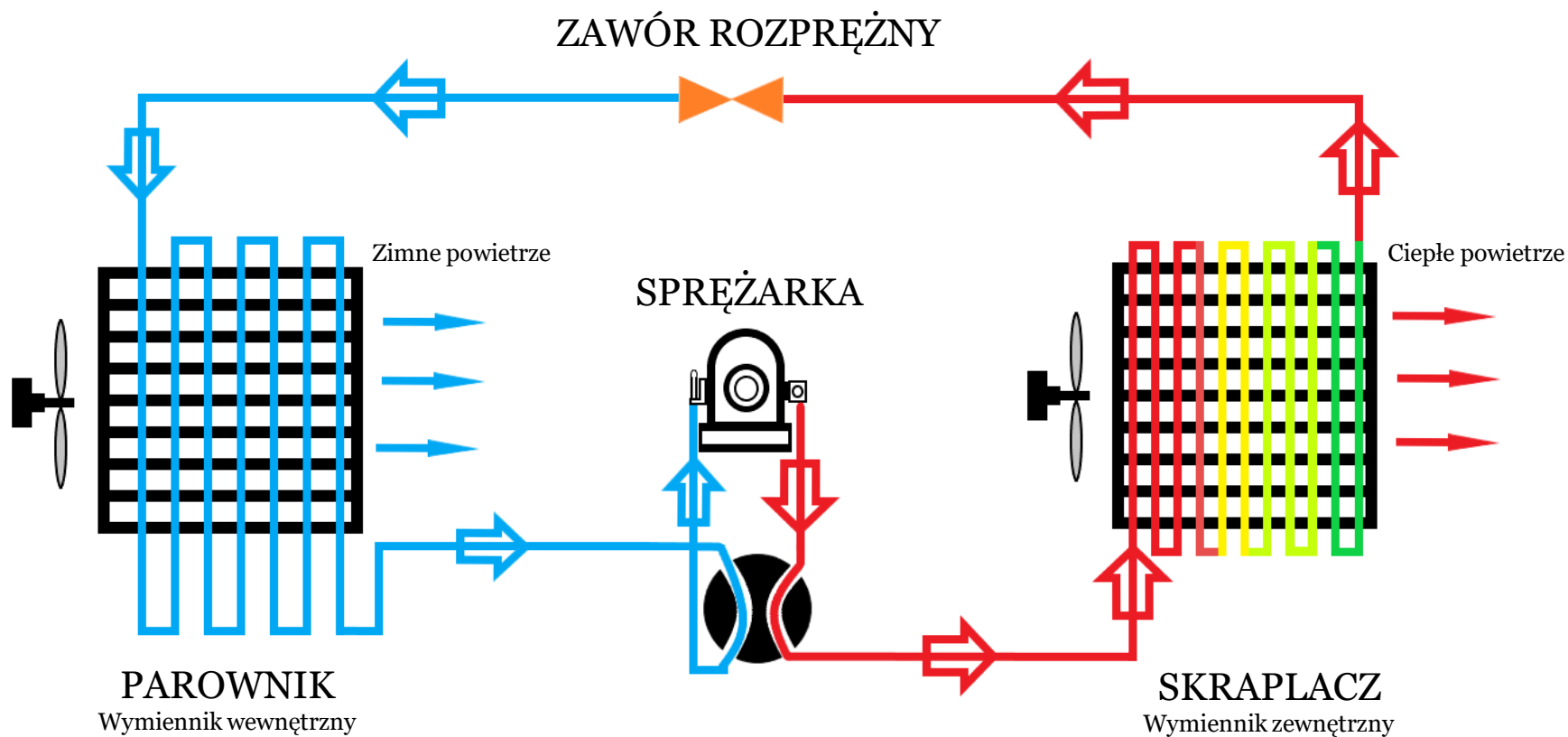


ŁODÓWKA

POMPA CIEPŁA

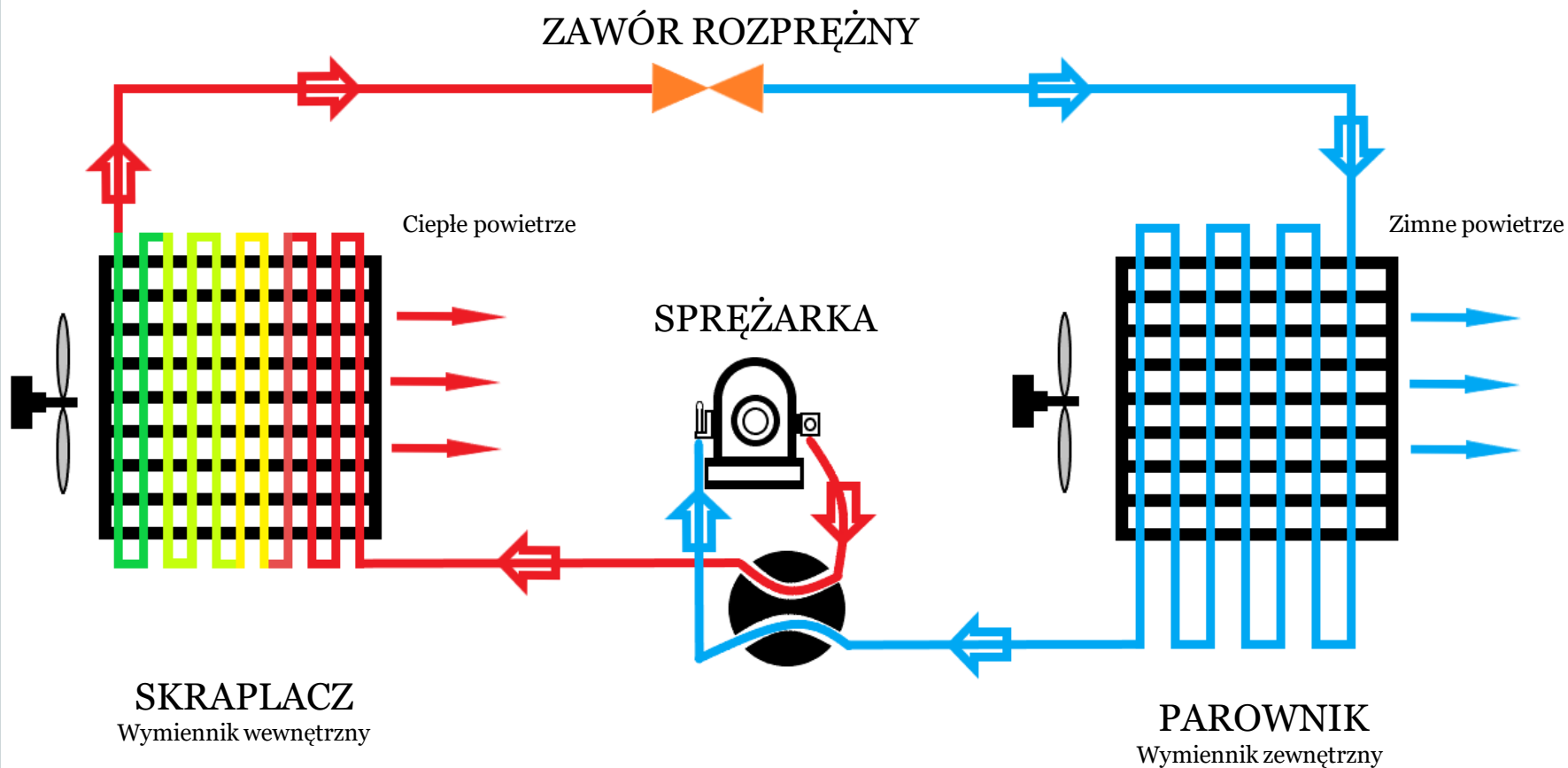


# ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA





# ŁODÓWKA A POMPA CIEPŁA

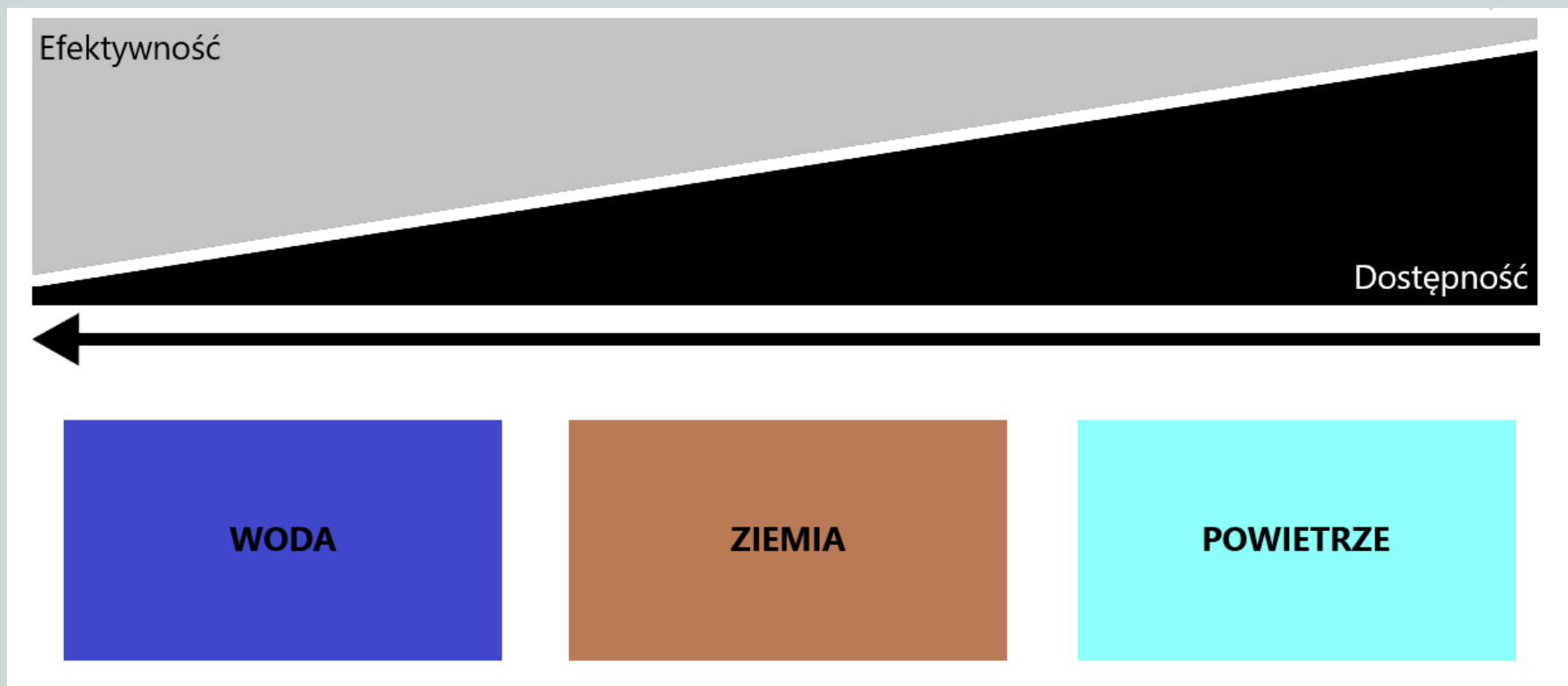


# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



- W pompach ciepła ciepło pobierane jest z dolnego źródła ciepła, którym jest środowisko i oddawane jest do górnego źródła ciepła.
- Cechy, którymi powinno charakteryzować się dolne źródło ciepła:
  - duża pojemność cieplna,
  - stała, najlepiej jak najwyższa temperatura przez cały czas,
  - brak zanieczyszczeń,
  - dobra dostępność.

# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

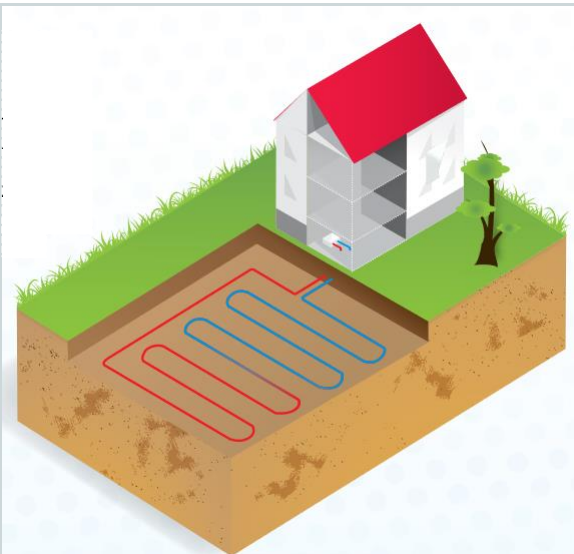


# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



- Dolnym źródłem ciepła dla pomp mogą być:
  - źródła odnawialne:
    - ✦ grunt (temp. 8 - 12 °C)
    - ✦ słońce (temp. 20 - 80 °C)
    - ✦ powietrze zewnętrzne (temp. 4 -15 °C)
    - ✦ woda gruntowa (temp. 8 -12 °C)
    - ✦ woda powierzchniowa (temp. 5 -15 °C)
  - ciepło odpadowe:
    - ✦ ścieki
    - ✦ powietrze wentylacyjne
    - ✦ gazy wylotowe
    - ✦ woda powrotna w systemach ciepłowniczych

# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



## Ciepło z gruntu



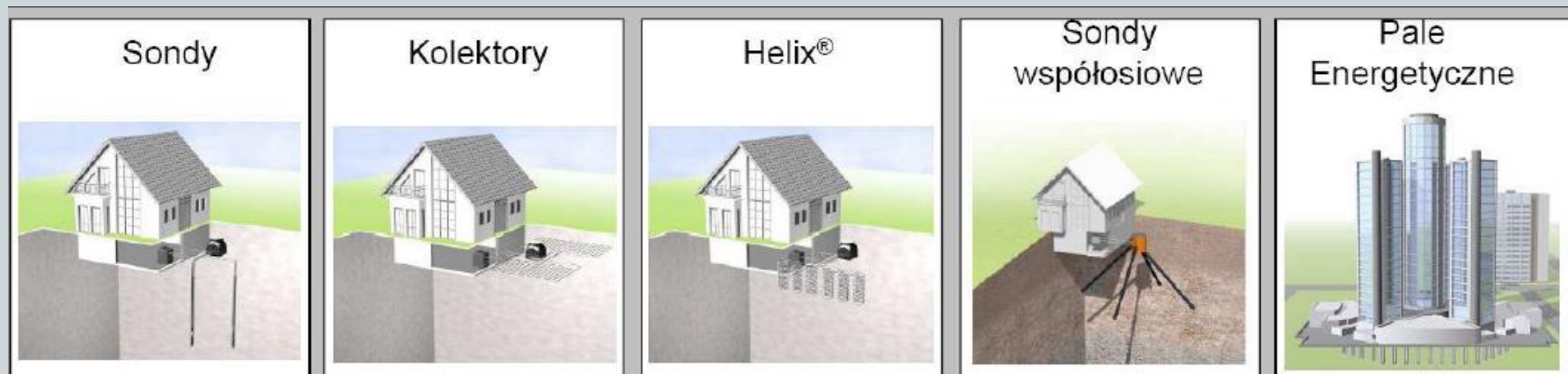
- **Charakterystyka:**

- stała temperatura,
- temperatura gruntu wokół kolektorów obniża się na wskutek poboru ciepła, co zmniejsza sprawność odzysku ciepła,
- grunt musi się zregenerować do temp. wyjściowej.

# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



## Ciepło z gruntu



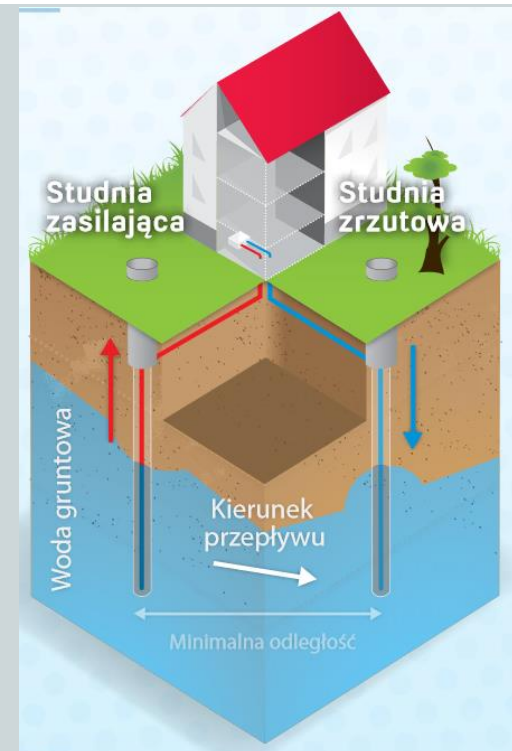
<https://www.rehau.pl>

# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

## Ciepło z wody

- Charakterystyka

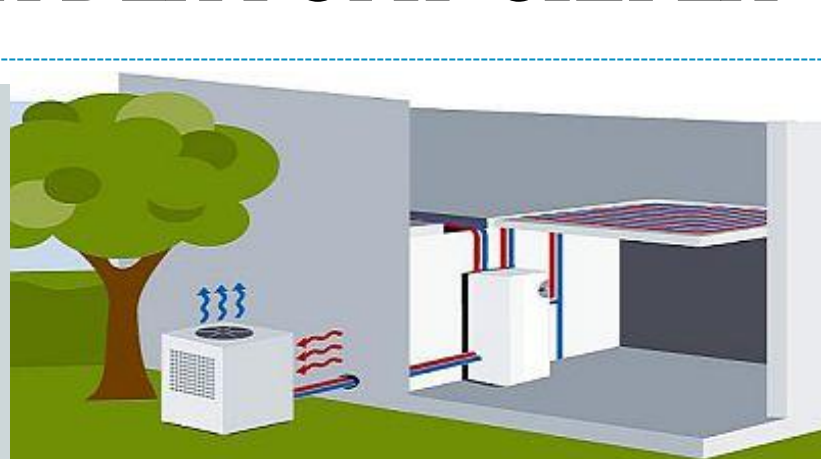
- niskie koszty eksploatacyjne
- stała wysoka temperatura
- zrzut wody ze studni może odbywać się do zbiorników otwartych
- pobór wody z jezior i rzek może odbywać się bezpośrednio lub przez zatopioną wężownicę
- wysokie koszty inwestycyjne
- przy dużej mineralizacji wody potrzebny wymiennik ciepła
- studnia może ulec zamuleni



# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

## Ciepło z powietrza

- Charakterystyka
  - najłatwiej dostępne
  - najniższa cena
  - niskie koszty instalacji
  - duże wahania temperatury
  - duża powierzchnia wymiennika
  - duży hałas
  - mniejsza sprawność
  - większa energia do napędu wentylatorów

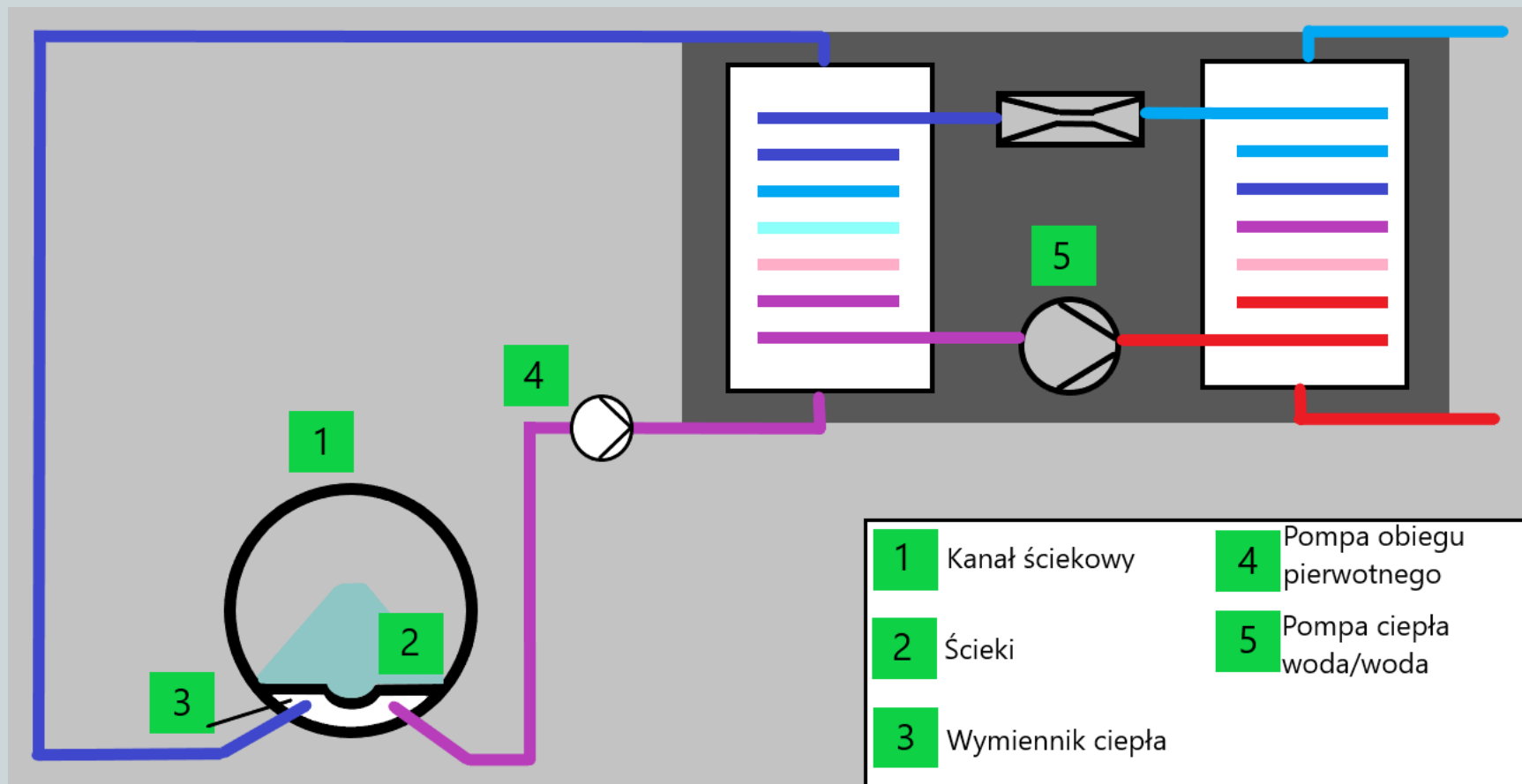


<https://www.dom.pl/jak-dziala-powietrzna-pompa-ciepla.html>

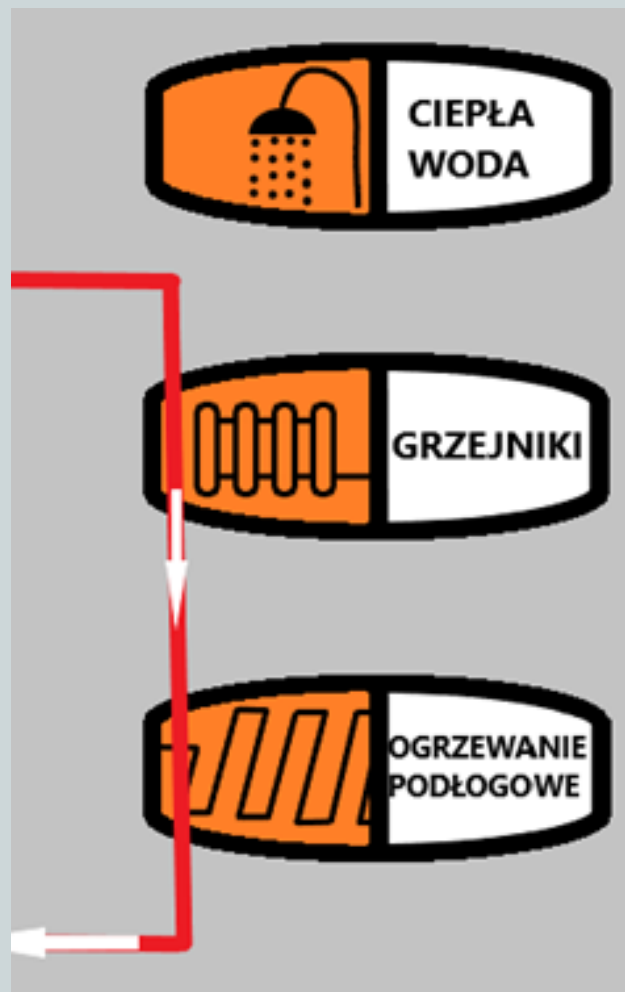


# DOLNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA

## Ciepło odpadowe



# GÓRNE ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA POMP CIEPŁA



# WADY I ZALETY POMP CIEPŁA



## ZALETY

Niskie koszty eksploatacyjne

Wygoda- system bezobsługowy

Bezpieczeństwo- nie ma ryzyka wybuchu czy zaccadzenia

Ekologia- brak emisji spalin, redukcja emisji CO<sub>2</sub>

Energooszczędność- niski pobór energii elektrycznej

Nie potrzebuje specjalnego pomieszczenia

## WADY

Wysokie koszty inwestycyjne

Dość skomplikowana budowa urządzenia- awaryjność sprężarek przy niższej i średniej klasy pompach.

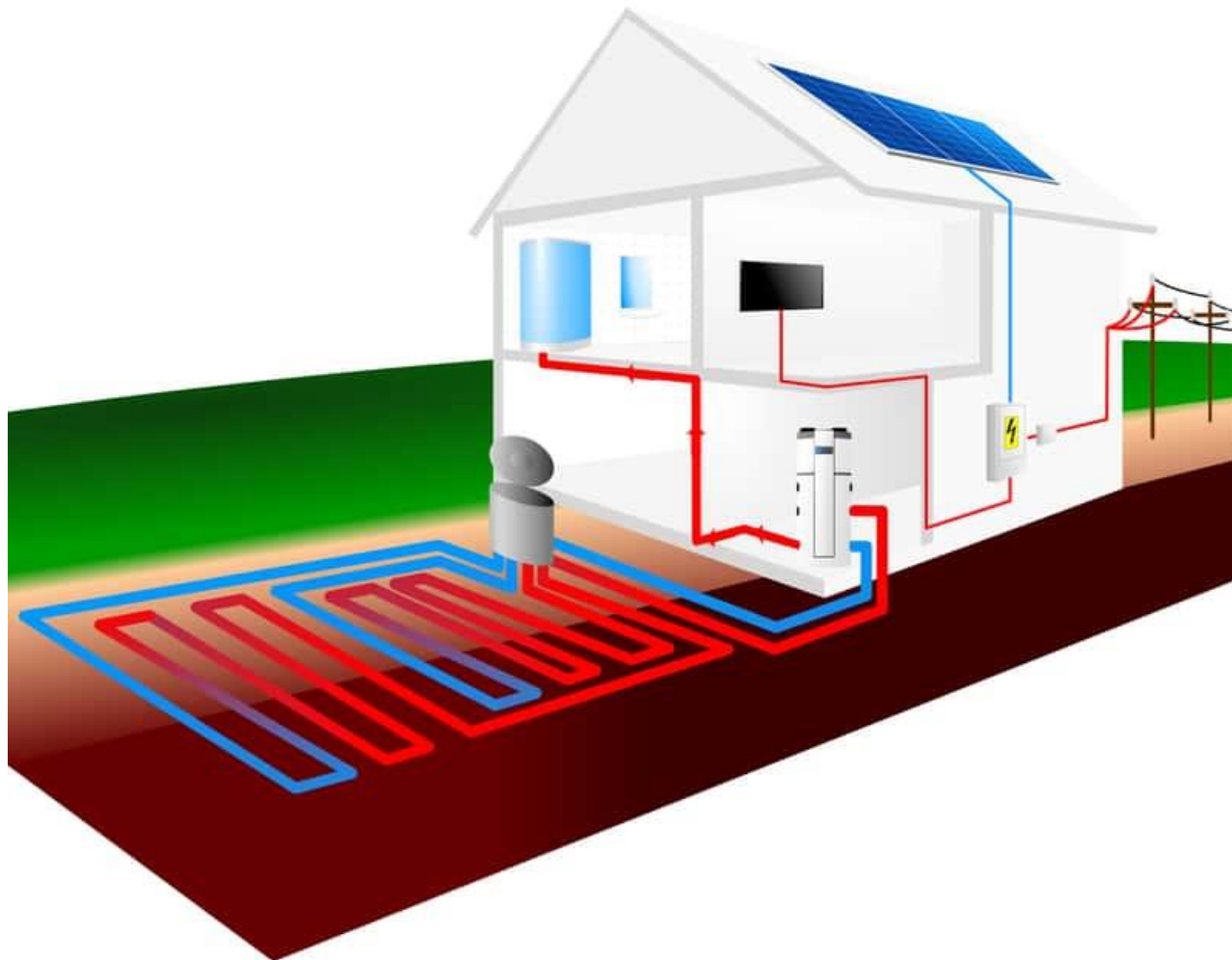
Poziom hałasu- dla niektórych może być uciążliwy

Maksymalna temperatura podgrzanej wody w większości pomp nie przekracza 60 stopni. Konieczne jest zastosowanie odpowiednich grzejników lub ogrzewania podłogowego aby system był wydajny.

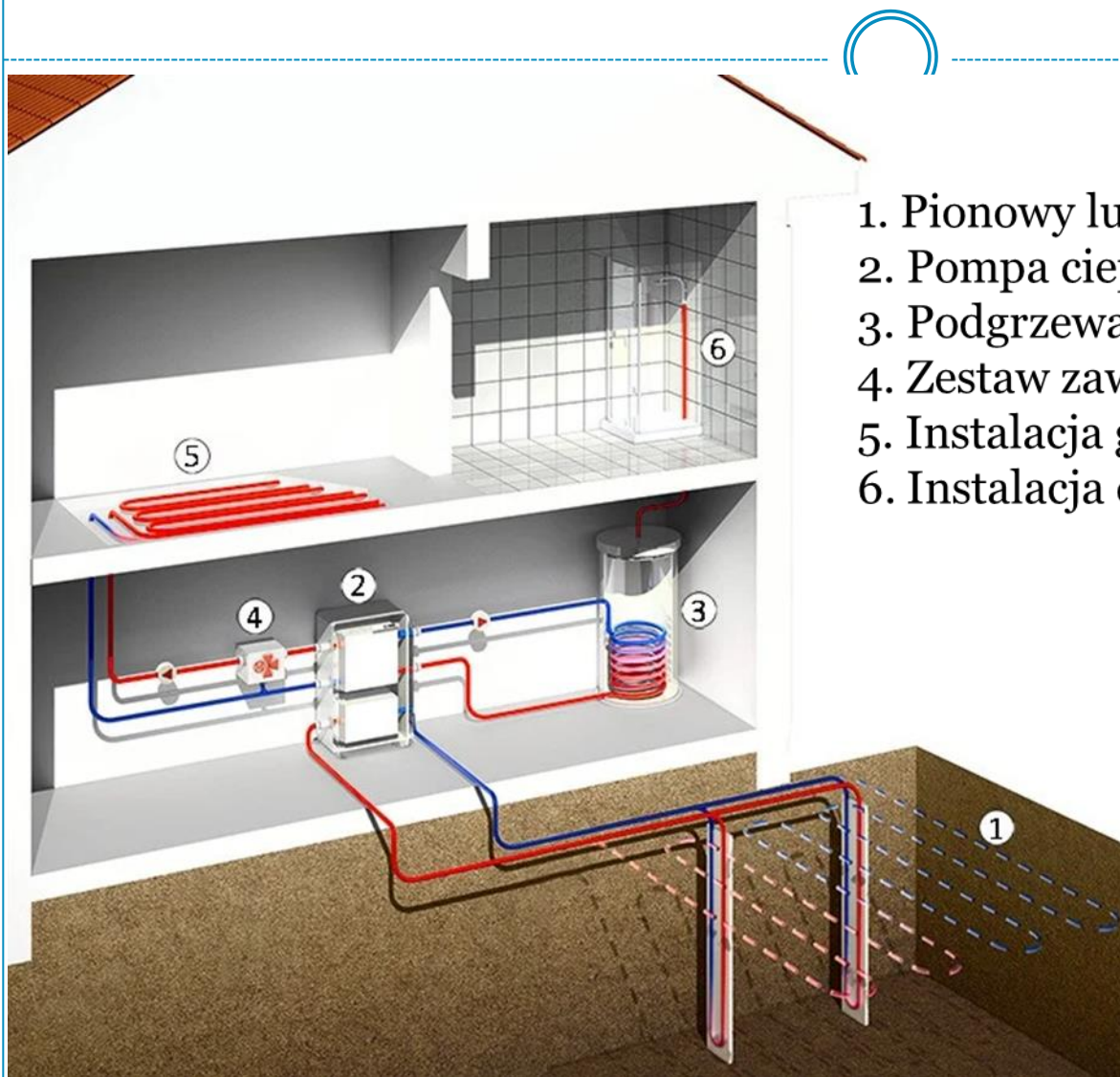
Praca pompy jest uzależniona od energii elektrycznej

Najbardziej wydajne dolne źródła ciepła potrzebują najwięcej miejsca

# ZASTOSOWANIE POMP CIEPŁA



# ZASTOSOWANIE POMP CIEPŁA



1. Pionowy lub poziomy kolektor gruntowy.
2. Pompa ciepła.
3. Podgrzewacz C.W.U.
4. Zestaw zaworów mieszających.
5. Instalacja grzewcza.
6. Instalacja ciepłej wody użytkowej.

# ZASTOSOWANIE POMP CIEPŁA



<http://emermag.pl/pompy-ciepla/>



# URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



**Producent Vaillant, typ flexoCOMPACT exclusive**

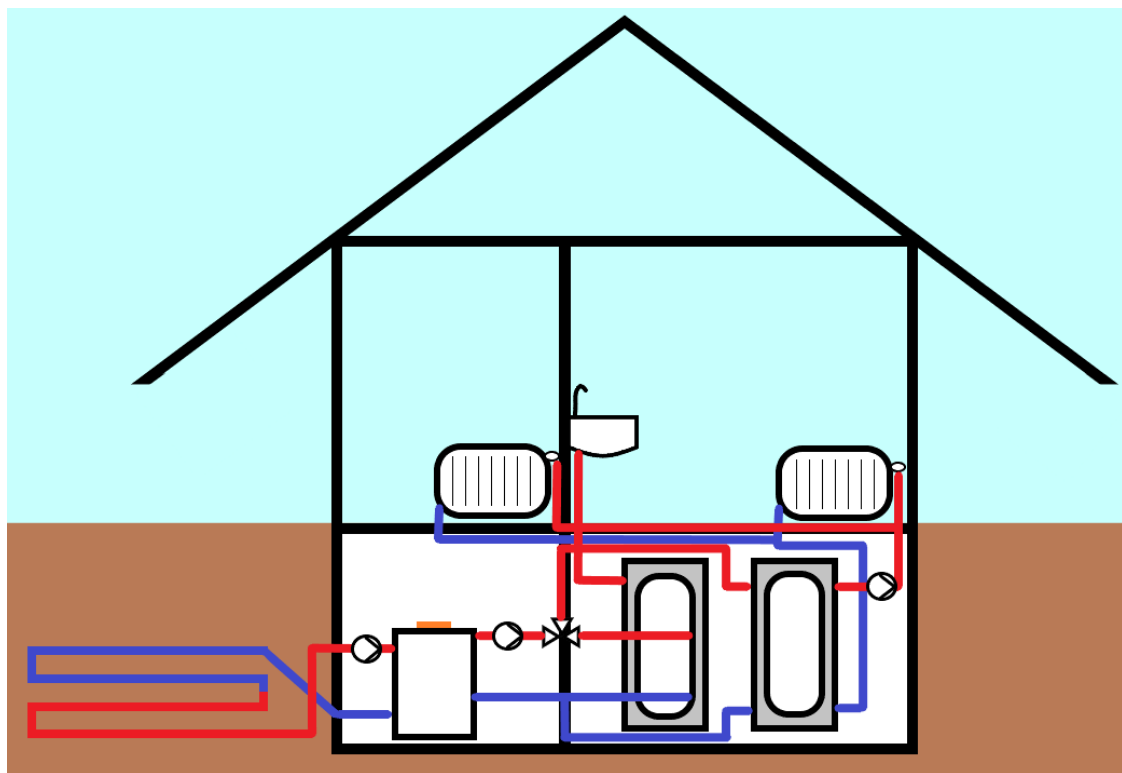


**Pompa ciepła z możliwością wyboru rodzaju dolnego źródła ciepła (solanka, woda, powietrze), wbudowany zasobnik ciepłej wody**

# URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



**Producent Viessmann, typ Vitocal 200-G**



**Pompa ciepła solanka/woda**



# URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



**Producent De Dietrich, typ Alezio-M**



**Pompa ciepła powietrze/woda typu „monoblok”  
składa się z hermetycznej jednostki zewn. i modułu  
wewn. MIV-4S..V200 ze zintegrowanym  
podgrzewaczem c.w.u.solanka/woda**

# URZĄDZENIA PRODUCENTÓW



**Producent Dimplex, typ SI 22TU**



**1-sprężarkowa gruntowa pompa ciepła**



WIRTSCHAFTS  
AKADEMIE  
NORD

Hansestadt  Stralsund



KREATOR WIEDZY  
FUNDACJA



**Energia+Technologia=Szkoła+Zawód - Technologie energii odnawialnej w szkołach  
dla wykwalifikowanych pracowników przyszłości**  
**Energie+Technik=Schule+Beruf - Erneuerbare Energietechnik macht Schule  
für Fachkräfte der Zukunft**

Projekt dofinansowany jest przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR) w ramach programu Współpracy Interreg V A Meklemburgia-Pomorze Przednie / Brandenburgia / Polska

Praca opublikowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2020-2022; umowa nr 5197/INTERREG V A MV/BB/PL/2021/2