

12. Dni Oszczędzania Energii

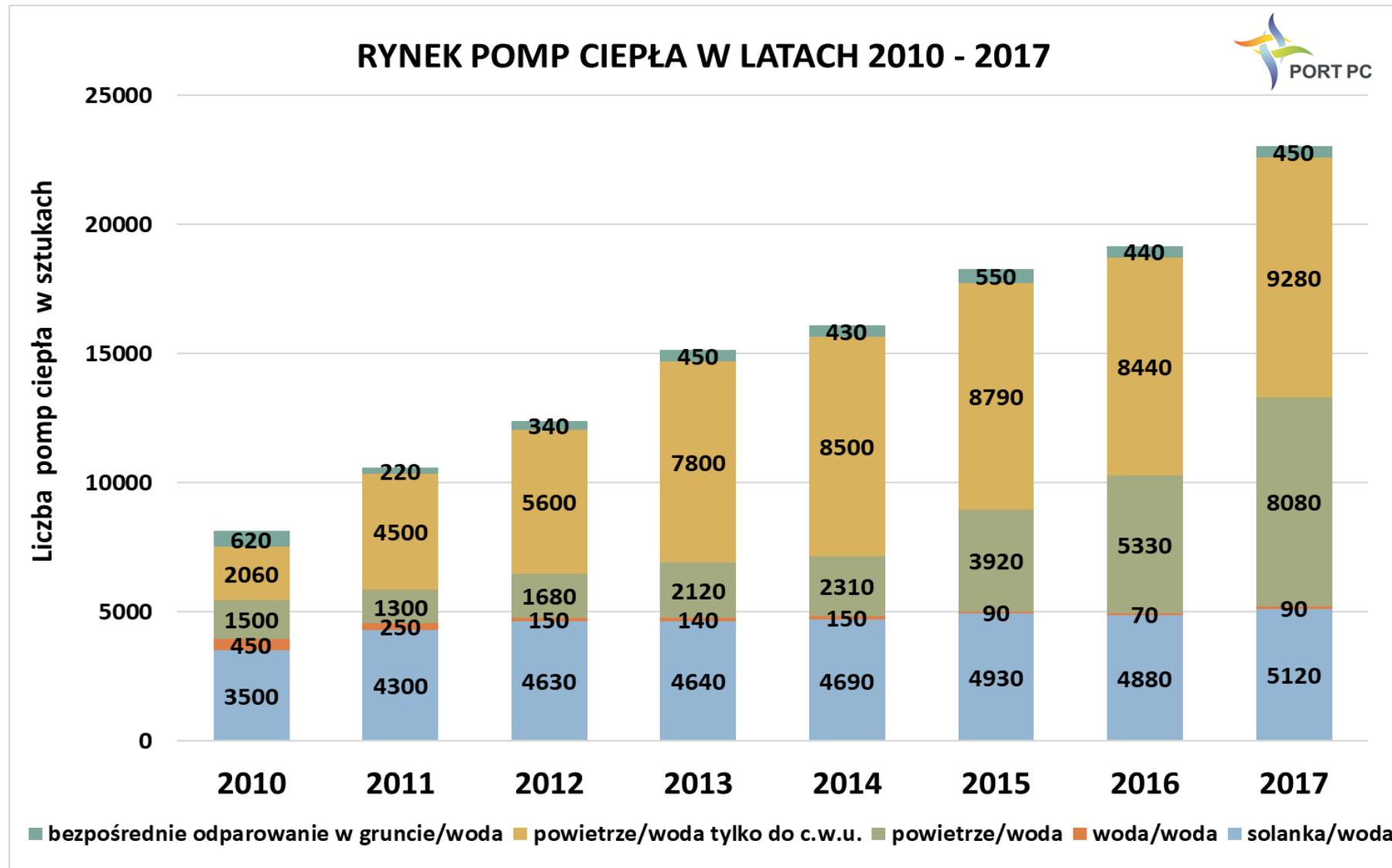
Projektowanie gruntowych pomp ciepła

konfiguracja odwiertów dla osiągnięcia optymalnego SCOP

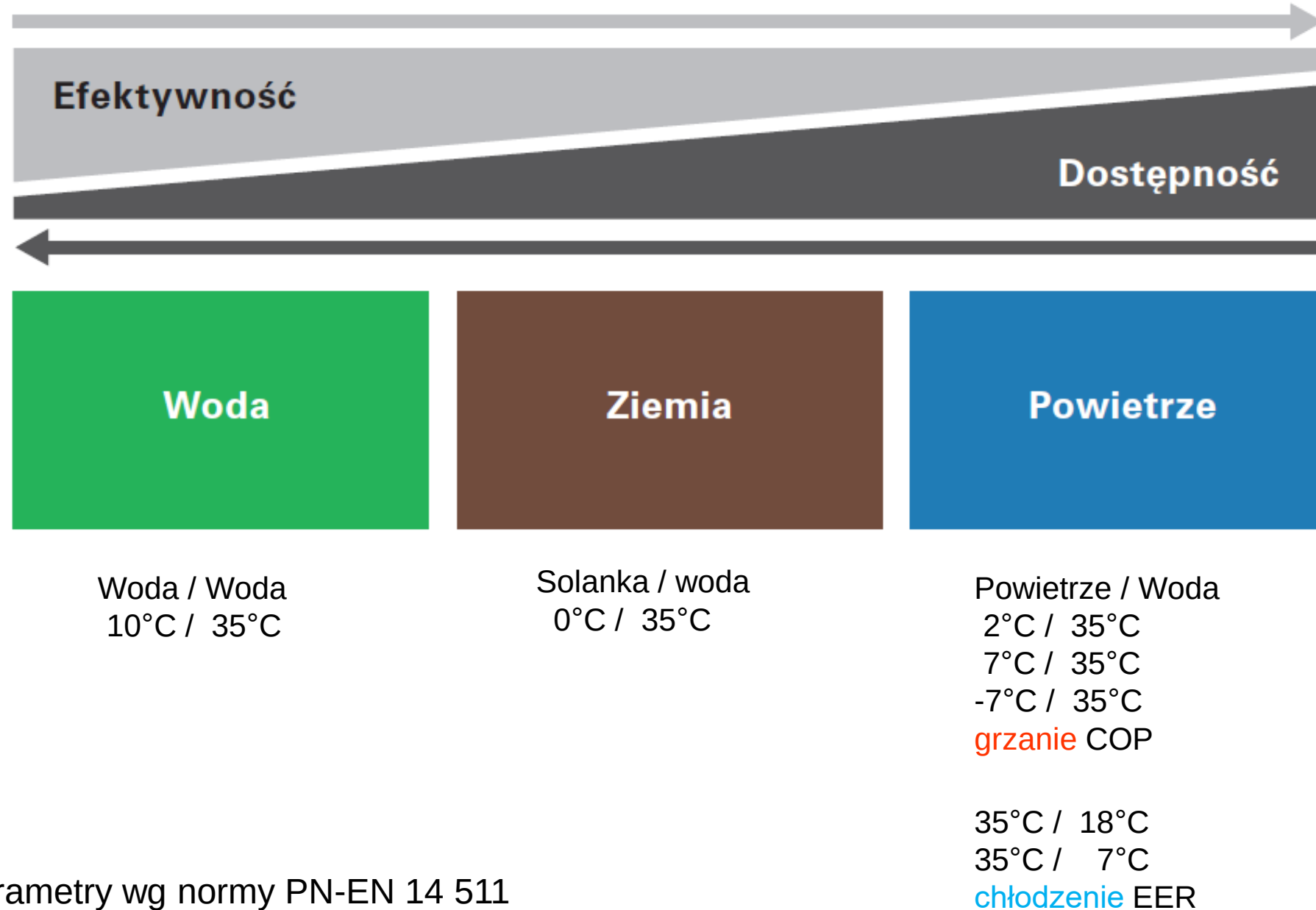
wykorzystanie do ogrzewania, chłodzenia

chłodzenie z możliwością freecooling

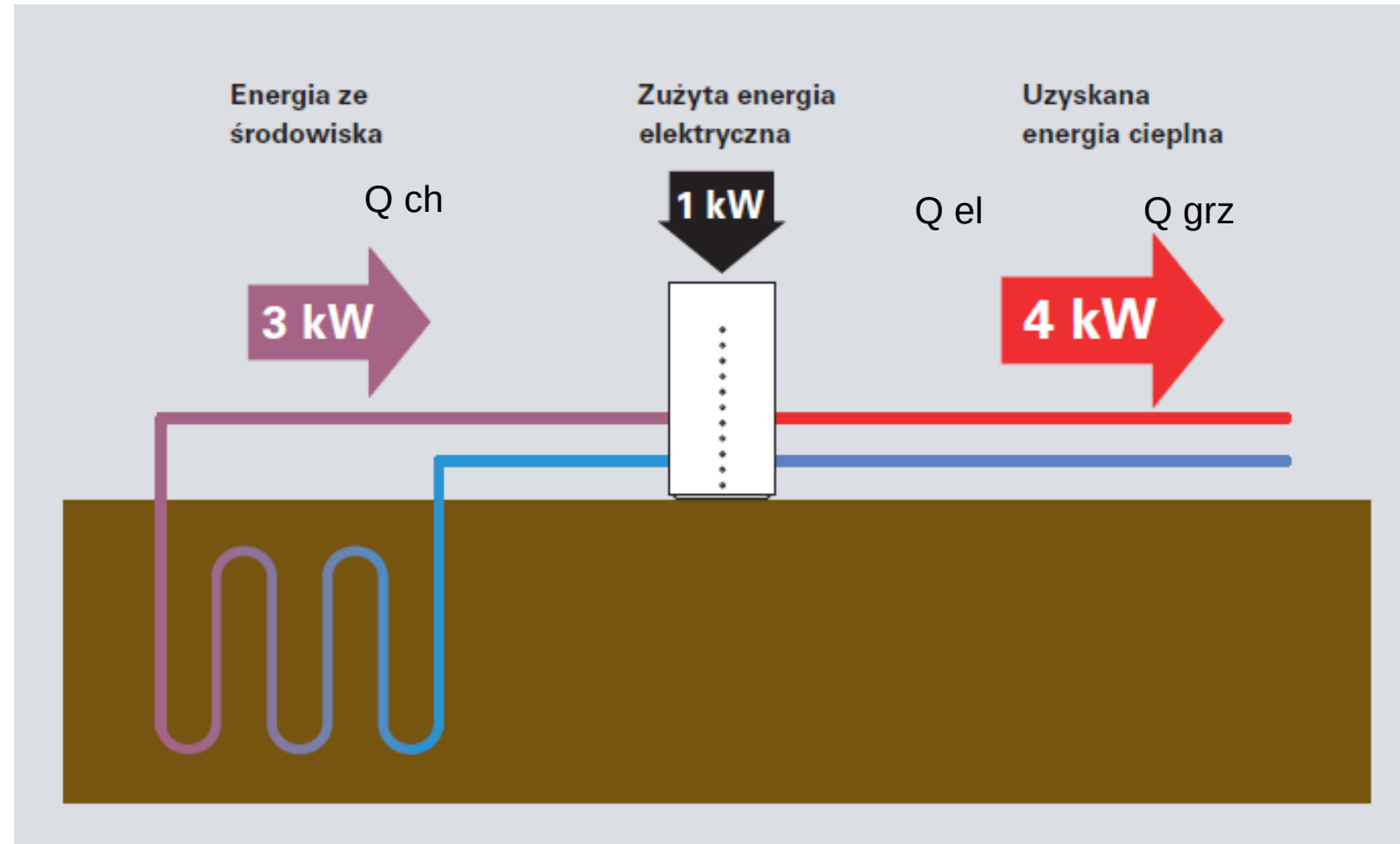
Wrocław 15.11.2018



Rynek pomp ciepła w Polsce w latach 2010-2017 [źródło danych: PORT PC]



Stopień efektywności COP (Coefficient of Performance)



$$Q_{grz} = Q_{ch} + Q_{el}$$

$$COP = Q_{grz} / Q_{el}$$

Ilość uzyskanego ciepła jest w tym przykładzie 4 x większa od ilości zużytej energii elektrycznej. Współczynnik wydajności COP wynosi 4

Charakterystyki pompy ciepła BW 301.B08

Temperatura dolnego źródła

Reguła:

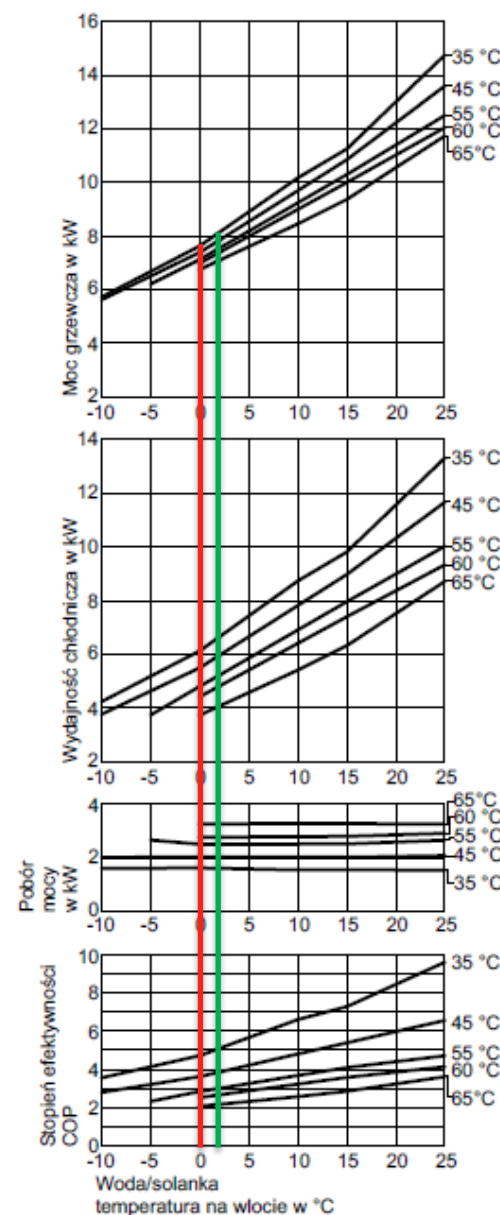
temp. solanki z dolnego źródła ↑

wsp. efektywności COP ↑

moc grzewcza ↑

optymalizacja dolnego źródła

- rodzaj gruntu
- długości odwiertów



Punkt pracy	W	°C	35				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,68	7,64	8,14	10,18	14,76
Wydajność chłodnicza	kW		5,18	6,13	6,65	8,74	13,32
Pobór mocy elektrycznej	kW		1,62	1,62	1,61	1,55	1,54
Stopień efektywności ε (COP)			4,13	4,71	5,08	6,58	9,57

różnica + 8 %

Punkt pracy	W	°C	45				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,51	7,39	7,85	9,70	13,60
Wydajność chłodnicza	kW		4,63	5,50	5,96	7,82	11,67
Pobór mocy elektrycznej	kW		2,03	2,04	2,04	2,03	2,08
Stopień efektywności ε (COP)			3,21	3,63	3,86	4,79	6,54

Punkt pracy	W	°C	55				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,21	7,13	7,55	9,25	12,50
Wydajność chłodnicza	kW		3,74	4,80	5,22	6,91	10,03
Pobór mocy elektrycznej	kW		2,66	2,51	2,51	2,52	2,66
Stopień efektywności ε (COP)			2,33	2,84	3,01	3,68	4,70

różnica + 6 %

Punkt pracy	W	°C	65			
B	°C		0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,76	7,10	8,46	11,74
Wydajność chłodnicza	kW		3,73	4,07	5,41	8,72
Pobór mocy elektrycznej	kW		3,26	3,26	3,28	3,25
Stopień efektywności ε (COP)			2,07	2,18	2,58	3,61

Charakterystyki pompy ciepła BW 301.B08

Temperatura zasilania

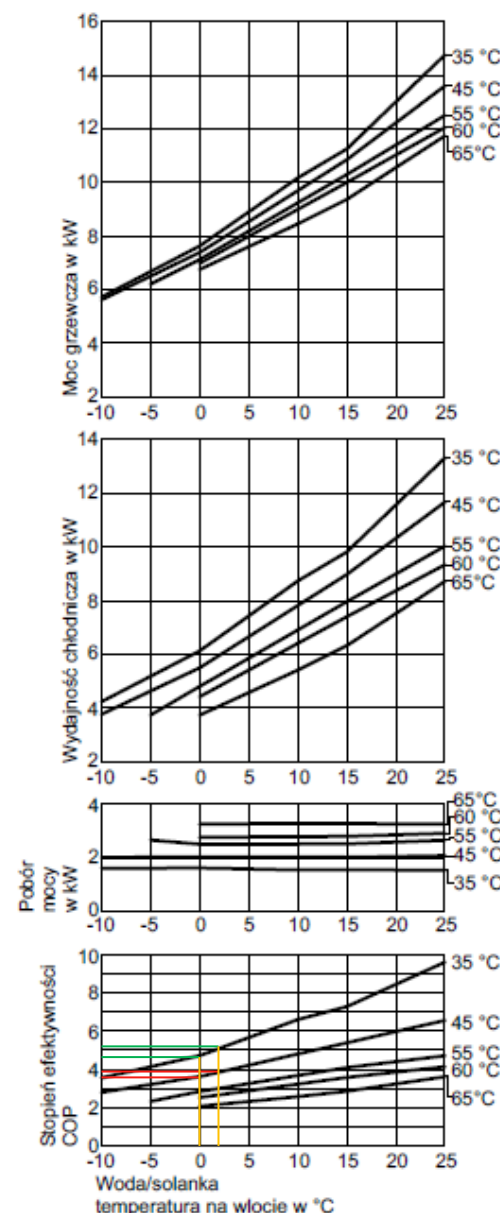
Reguła:

temp. zasilania z pompy ciepła ↓

wsp. efektywności COP ↑

moc grzewcza ↑

optymalizacja systemu grzewczego
- ogrzewanie płaszczyznowe



Punkt pracy	W	°C	35				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,68	7,64	8,14	10,18	14,76
Wydajność chłodnicza	kW		5,18	6,13	6,65	8,74	13,32
Pobór mocy elektrycznej	kW		1,62	1,62	1,61	1,55	1,54
Stopień efektywności ε (COP)			4,13	4,71	5,08	6,58	9,57

Punkt pracy	W	°C	45				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,51	7,39	7,85	9,70	13,60
Wydajność chłodnicza	kW		4,63	5,50	5,96	7,82	11,67
Pobór mocy elektrycznej	kW		2,03	2,04	2,04	2,03	2,08
Stopień efektywności ε (COP)			3,21	3,63	3,86	4,79	6,54

Punkt pracy	W	°C	55				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,21	7,13	7,55	9,25	12,50
Wydajność chłodnicza	kW		3,74	4,80	5,22	6,91	10,03
Pobór mocy elektrycznej	kW		2,66	2,51	2,51	2,52	2,66
Stopień efektywności ε (COP)			2,33	2,84	3,01	3,68	4,70

Punkt pracy	W	°C	65			
B	°C		0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,76	7,10	8,46	11,74
Wydajność chłodnicza	kW		3,73	4,07	5,41	8,72
Pobór mocy elektrycznej	kW		3,26	3,26	3,28	3,25
Stopień efektywności ε (COP)			2,07	2,18	2,58	3,61

różnica + 30 %

różnica + 31 %

różnica + 28 %

różnica + 28 %

Charakterystyki pompy ciepła BW 301.B08

Temperatura dolnego źródła i zasilania

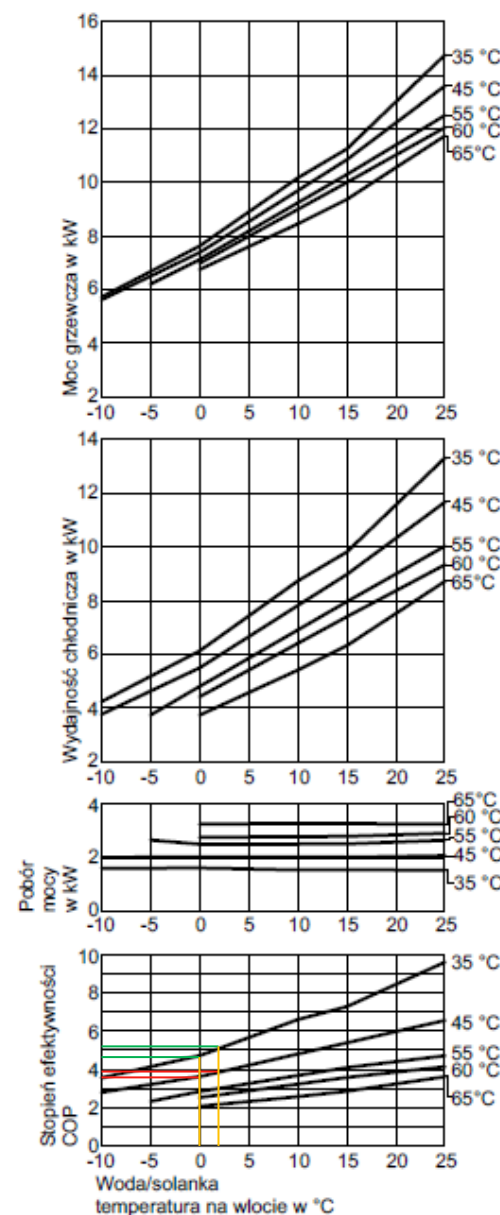
Reguła:

temp. solanki z dolnego źródła ↑

temp. zasilania z pompy ciepła ↓

wsp. efektywności COP ↑↑

moc grzewcza ↑



Punkt pracy	W	°C	35				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,68	7,64	8,14	10,18	14,76
Wydajność chłodnicza	kW		5,18	6,13	6,65	8,74	13,32
Pobór mocy elektrycznej	kW		1,62	1,62	1,61	1,55	1,54
Stopień efektywności ε (COP)			4,13	4,71	5,08	6,58	9,57

Punkt pracy	W	°C	45				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,51	7,39	7,85	9,70	13,60
Wydajność chłodnicza	kW		4,63	5,50	5,96	7,82	11,67
Pobór mocy elektrycznej	kW		2,03	2,04	2,04	2,03	2,08
Stopień efektywności ε (COP)			3,21	3,63	3,86	4,79	6,54

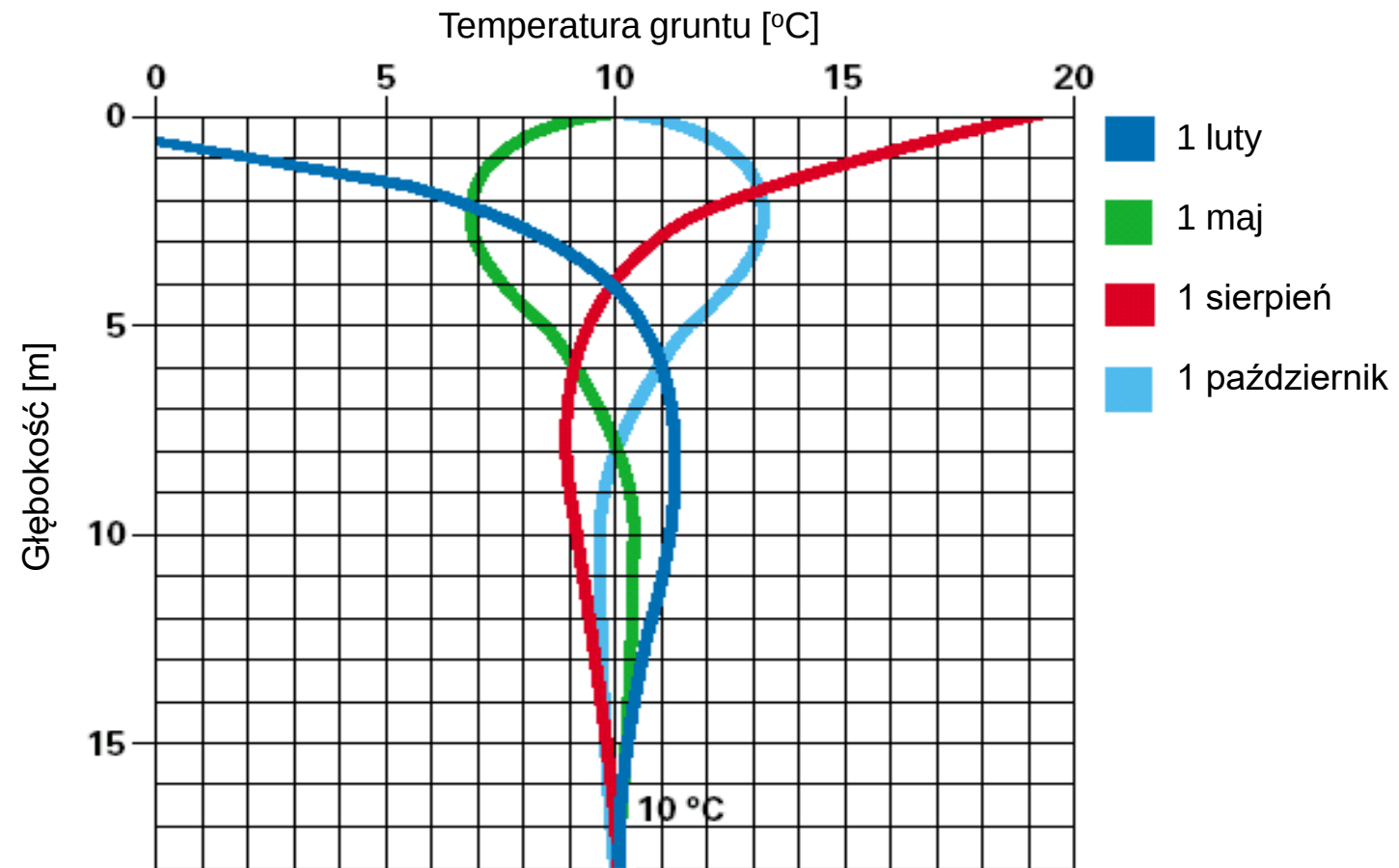
Punkt pracy	W	°C	55				
B	°C		-5	0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,21	7,13	7,55	9,25	12,50
Wydajność chłodnicza	kW		3,74	4,80	5,22	6,91	10,03
Pobór mocy elektrycznej	kW		2,66	2,51	2,51	2,52	2,66
Stopień efektywności ε (COP)			2,33	2,84	3,01	3,68	4,70

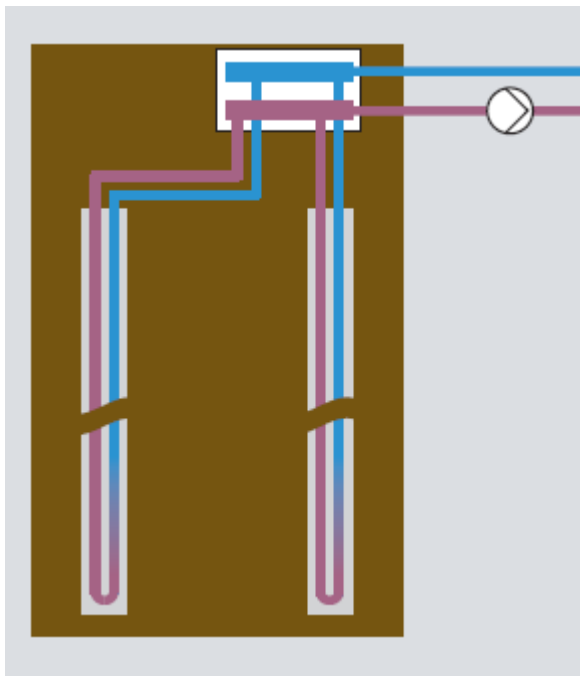
Punkt pracy	W	°C	65			
B	°C		0	2	10	25
Moc grzewcza	kW		6,76	7,10	8,46	11,74
Wydajność chłodnicza	kW		3,73	4,07	5,41	8,72
Pobór mocy elektrycznej	kW		3,26	3,26	3,28	3,25
Stopień efektywności ε (COP)			2,07	2,18	2,58	3,61

różnica + 40 %

różnica + 36 %

Rozkład temperatur w gruncie w czasie roku

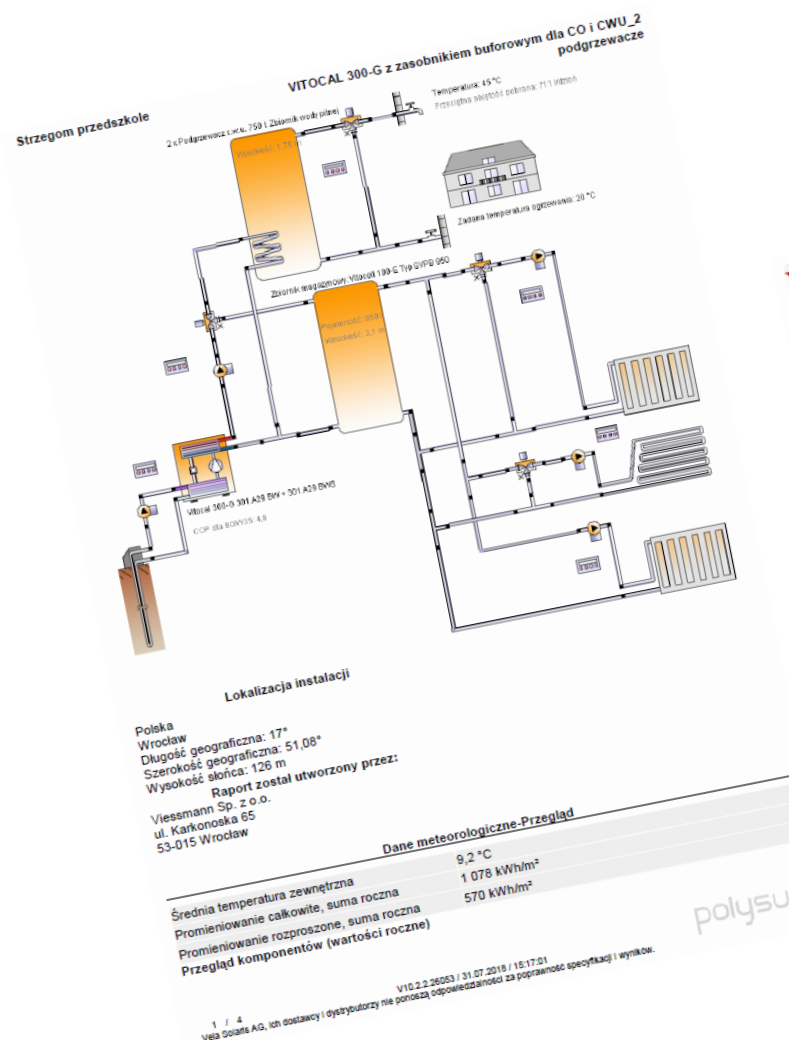




- Maksymalny czas pracy:
1800-2200 h/rok
- Długość pojedynczych sond :
minimum 40 m
- Minimalny odstęp pomiędzy sondami:
10% długości sondy

■ Żwir, suchy piasek:	< 20 W/mb	=>	40 kWh/mb rok
■ Żwir, piasek wodonośny:	55-65 W/mb	=>	110-130 kWh/mb rok
■ Gлина, іл - wilgotne:	30-40 W/mb	=>	60-80 kWh/mb rok
■ Wapień (masywny):	45-60 W/mb	=>	90-120 kWh/mb rok
■ Piaskowiec:	55-65 W/mb	=>	110-130 kWh/mb rok
■ Kwaśne skały magmowe (granit):	55-70 W/mb	=>	110-140 kWh/mb rok
■ Zasadowe skały magmowe (bazalt):	35-55 W/mb	=>	70-110 kWh/mb rok
■ Gnejs:	60-70 W/mb	=>	120-140 kWh/mb rok

Wspomaganie projektowania – obliczanie SCOP (roczny współczynnik efektywności)



Program Polysun

Określenie sezonowego współczynnika efektywności wg VDI 4650 (2009)

Dane projektu

Nazwisko klienta: 15
Adres klienta: 50 / 43
Adres: 30
1,051

Viessmann
Vitocal 300-G BW 301.B08
4,71

Dane pompy ciepła

Producent: Pionowy GWC
Oznaczenie typu: 0
Współczynnik efektywności COP: monowalentny

Dolne źródło i sposób pracy

Dolne źródło: 5
Temperatura dolnego źródła w °C: 7
Sposób pracy: 1,02

Współczynniki korekcyjne dla różnych temperatur na skraplaczu

Różnica temperatur skraplacza na stanowisku badawczym w K: 50
Różnica temperatur skraplacza na w trakcie pracy w K: 0
Współczynnik korekcyjny (skraplacz): 0,94

Współczynnik korekcyjny dla istniejących warunków pracy

Maksymalna temperatura zasilania w °C: 1,043
Temperatura źródła ciepła w °C: 0
Współczynnik korekcyjny (różne warunki pracy): 0,94

Współczynnik korekcyjny dla pompy dolnego źródła

Sposób pracy: monowalentny
Wybrana sposób pracy: 30
Przygotowanie ciepłej wody użytkowej: 70
Rodzaj przygotowania ciepłej wody: 1,051
Rodzaj przygotowania ciepłej wody: 30
Udział ciepłej wody w całości zapotrzebowania ciepła w %: 1,051
Udział centralnego ogrzewania w całości zapotrzebowania ciepła w %: 1,051
Współczynnik korekcyjny (skraplacz): 1,051

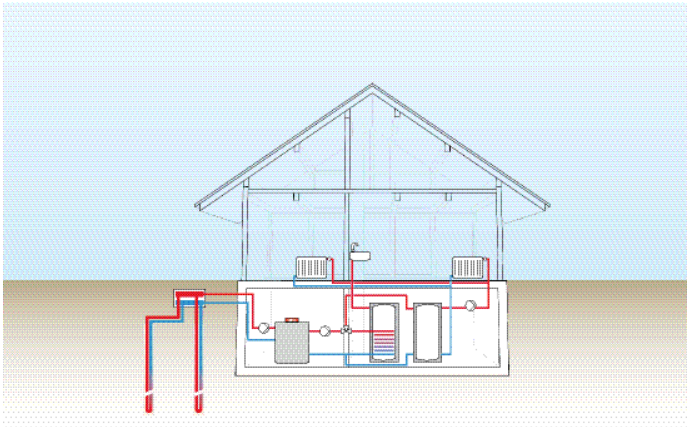


Program WP-OPT©

Kalkulator SCOP wg VDI 4650
(np. portpc.pl)

Kalkulator SCOP VDI 4650
Skrócona metoda obliczania rocznego współczynnika efektywności pomp ciepła
główne dane:

- pompa ciepła Vitocal 300-G BW 301.B08 (COP 4,71 B0W35)
- sposób pracy monowalentny
- praca pompy ciepła na c.o. + c.w.u.
- zadana temperatura zasilania i powrotu pompy ciepła
- zadana temperatura dolnego źródła



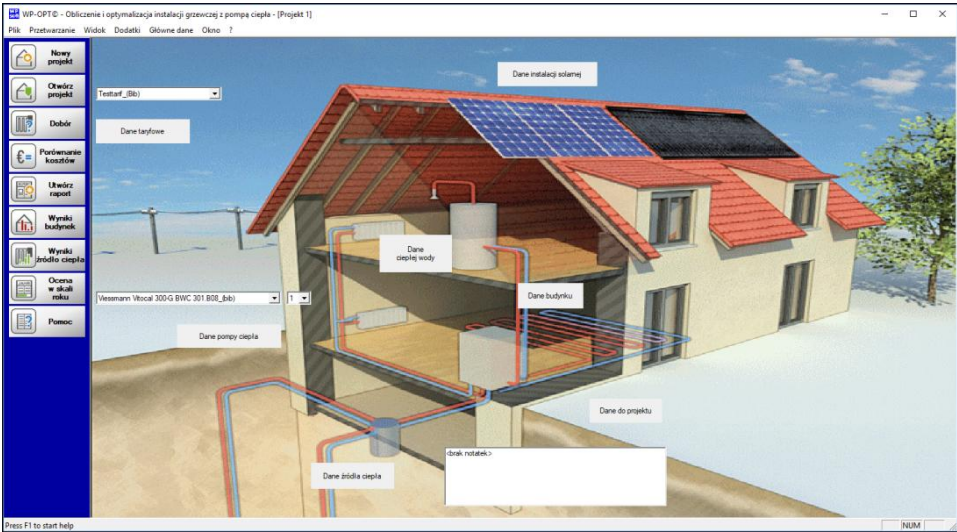
temperatura dolnego źródła [°C]	temperatura zas./ pow. [°C]	obliczony łączny SCOP (c.o.+ c.w.u.)
0	35 / 28	4,74
0	50 / 43	4,3
2	35 / 28	4,87
2	50 / 43	4,42

ICS 27.080, 91.140.10	VDI-RICHTLINIEN	Dezember 2016 December 2016
VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE	Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen Elektrowärmepumpen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung Calculation of the seasonal coefficient of performance of heat pumps Electric heat pumps for space heating and domestic hot water	VDI 4650 Blatt 1 / Part 1 Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich. The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.		
Inhalt	Seite	Contents Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note
Einleitung	2	Introduction
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope
2 Normative Verweise	5	2 Normative references
3 Begriffe	6	3 Terms and definitions
4 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes	8	4 Symbols, abbreviations and indices
5 Grundlagen der Berechnung	10	5 Basics of calculation
5.1 Bilanzgrenze	11	5.1 System boundaries
5.2 Einflussfaktoren auf die Berechnung der Jahresarbeitszahlen	11	5.2 Factors influencing the calculation of the seasonal coefficients of performance
5.3 Zusätzliche Annahmen und Einflussfaktoren für die Trinkwassererwärmung	13	5.3 Additional assumptions and influencing factors for domestic hot water heating
5.4 Betriebsweise einer Wärmepumpe	14	5.4 Operating mode of the heat pump
6 Berechnung der Jahresarbeitszahl	17	6 Calculation of the seasonal coefficient of performance
6.1 Berechnung der Jahresarbeitszahl Raumheizung	17	6.1 Calculation of the seasonal coefficient of performance for space heating
6.2 Berechnung der Jahresarbeitszahl Trinkwassererwärmung	29	6.2 Calculation of the seasonal coefficient of performance for domestic hot water heating
6.3 Monoenergetische und bivalente Betriebsweise	39	6.3 Mono-energetic and bivalent operation
6.4 Solarunterstützung	41	6.4 Solar support
6.5 Kühlung	42	6.5 Cooling
6.6 Berechnung der Gesamtjahresarbeitszahl	44	6.6 Calculation of the overall seasonal coefficient of performance
7 Primärenergetische Bewertung	45	7 Primary energy assessment
7.1 Monovalente Wärmepumpenanlage	45	7.1 Monovalent heat pump system
7.2 Bivalente Wärmepumpenanlage mit mehreren Wärmeerzeugern	46	7.2 Bivalent heat pump system with several heat generators
VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU) Fachbereich Energiewandlung und -anwendung		
VDI-Handbuch Energietechnik VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik		

Program WP-OPT

główne dane:

- projektowe obciążenie cieplne
- pompa ciepła Vitocal 300-G BW
- sposób pracy monowalentny
- praca pompy ciepła na c.o. + c.w.u.
- zadana max. temperatura zasilania i powrotu ogrzewania
- rodzaj gruntu



Pompa ciepła BW 301.B08 **COP 4,71** moc **7,64 kW (B0W35)**
proj. obc. cieplne 6 kW

Długość sond [m]	temperatura zasil./ pow. [°C]	obliczony łączny SCOP (c.o.+ c.w.u.)
100	35/28	5,2
100	50 / 43	4,3
2 x 100	35 / 28	5,5
2 x 100	50 / 43	4,5

Pompa ciepła BW 301.A45 **COP 4,6** moc **42,8 kW (B0W35)**
proj. obc. cieplne 37 kW

Długość sond [m]	temperatura zasil./ pow. [°C]	obliczony łączny SCOP (c.o.+ c.w.u.)
12 x 100	35 / 28	4,9
12 x 100	50 / 43	3,8
16 x 100	35 / 28	5,0
16 x 100	50 / 43	3,9

PODSUMOWANIE

Optymalizacja instalacji z pompami ciepła

1. zwymiarowanie instalacji dolnego źródła i instalacji grzewczej

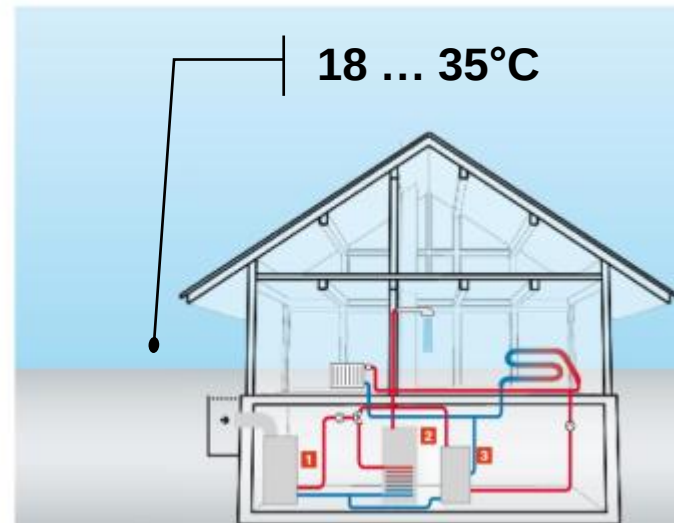
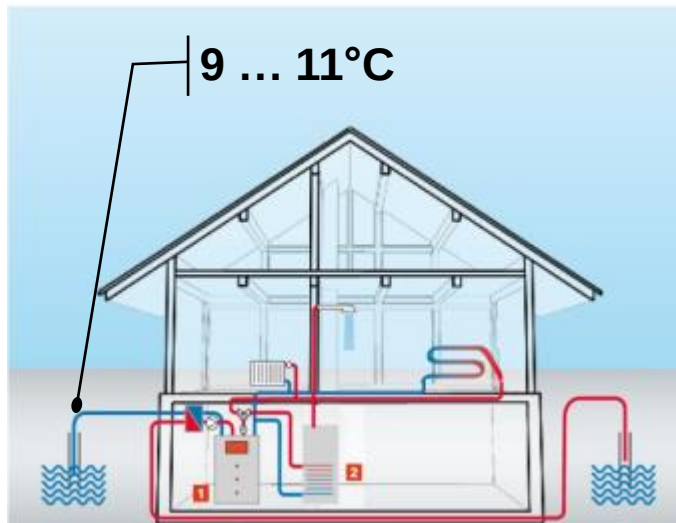
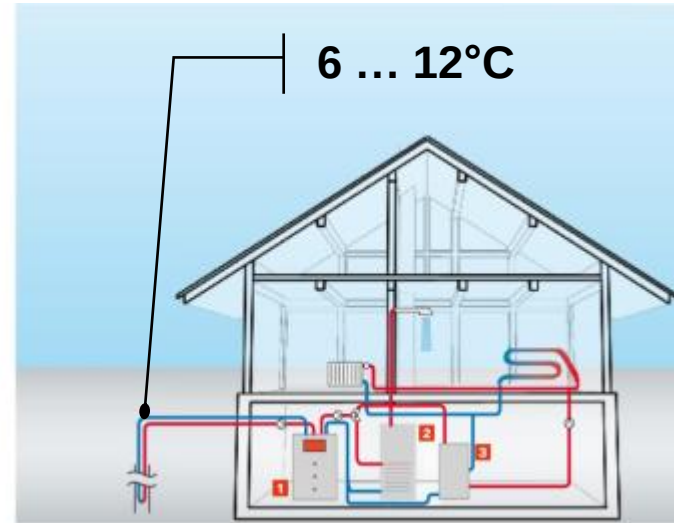
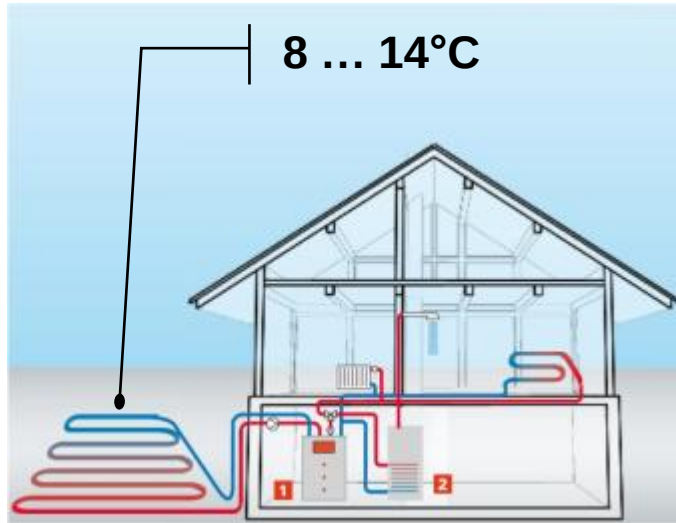
- odbiorniki ciepła
- dodatkowe źródła ciepła

2. obliczenia z wykorzystaniem oprogramowania np. WP-OPT©, Polysun

3. wytyczne do projektowania



▪ Chłodzenie pompą ciepła ? Temperatuty dolnego źródła w okresie lata



Chłodzenie pompą ciepła ?

Chłodzenie naturalne (natural cooling, freecooling) to koszt pracującej pompy obiegowej.

Sprężarka jest w tym czasie wyłączona !

Współczynniki efektywności chłodzenia wynoszą od 15 do 30 ! Oznacza to, że co najmniej 15 razy więcej energii otrzymujemy niż musimy doprowadzić !

Naturalne chłodzenie to również prosty sposób wykonania instalacji !

Każda pompa typu solanka/woda (woda/woda) posiada funkcję chłodzenia pasywnego (naturalnego)

+ koszt wykonania i eksploatacji

- brak możliwości uzyskania „ głębokiego ” chłodu

Chłodzenie aktywne (active cooling) Sprężarka jest załączana na czas chłodzenia aktywnego.

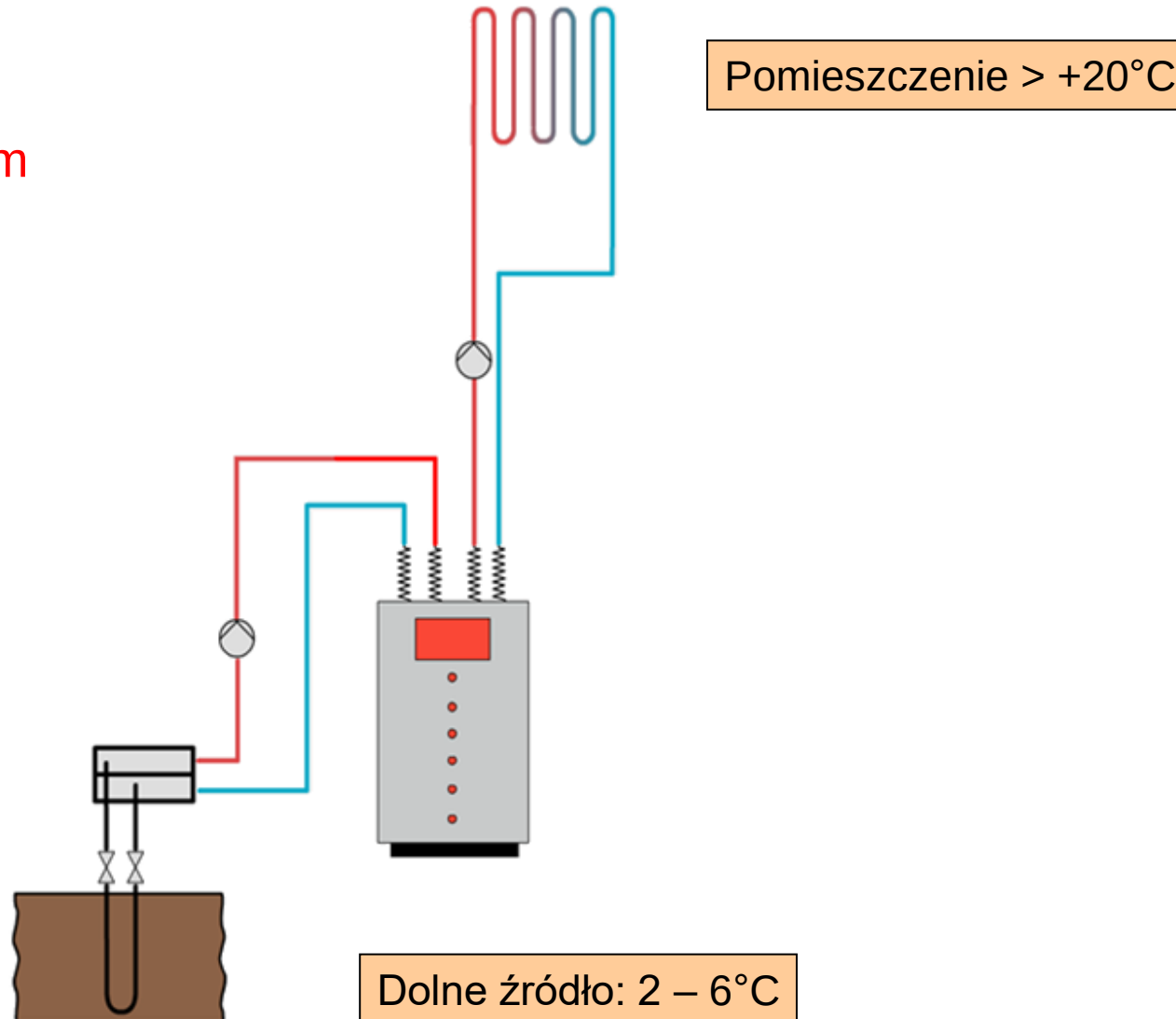
Dowolnie niskie temperatury zasilania - uruchamianie tylko w przypadku gdy naturalne chłodzenie jest niewystarczające !

Każda pompa ciepła solanka/woda (woda/woda) posiada funkcje sterowania chłodzeniem aktywnym poprzez wyposażenie dodatkowe systemowe (w postaci AC-BOX'a) lub za pomocą zewnętrznych elementów.

+ możliwość uzyskania wody lodowej

- koszt wykonania układu AC w porównaniu z układem NC

Praca w trybie grzewczym

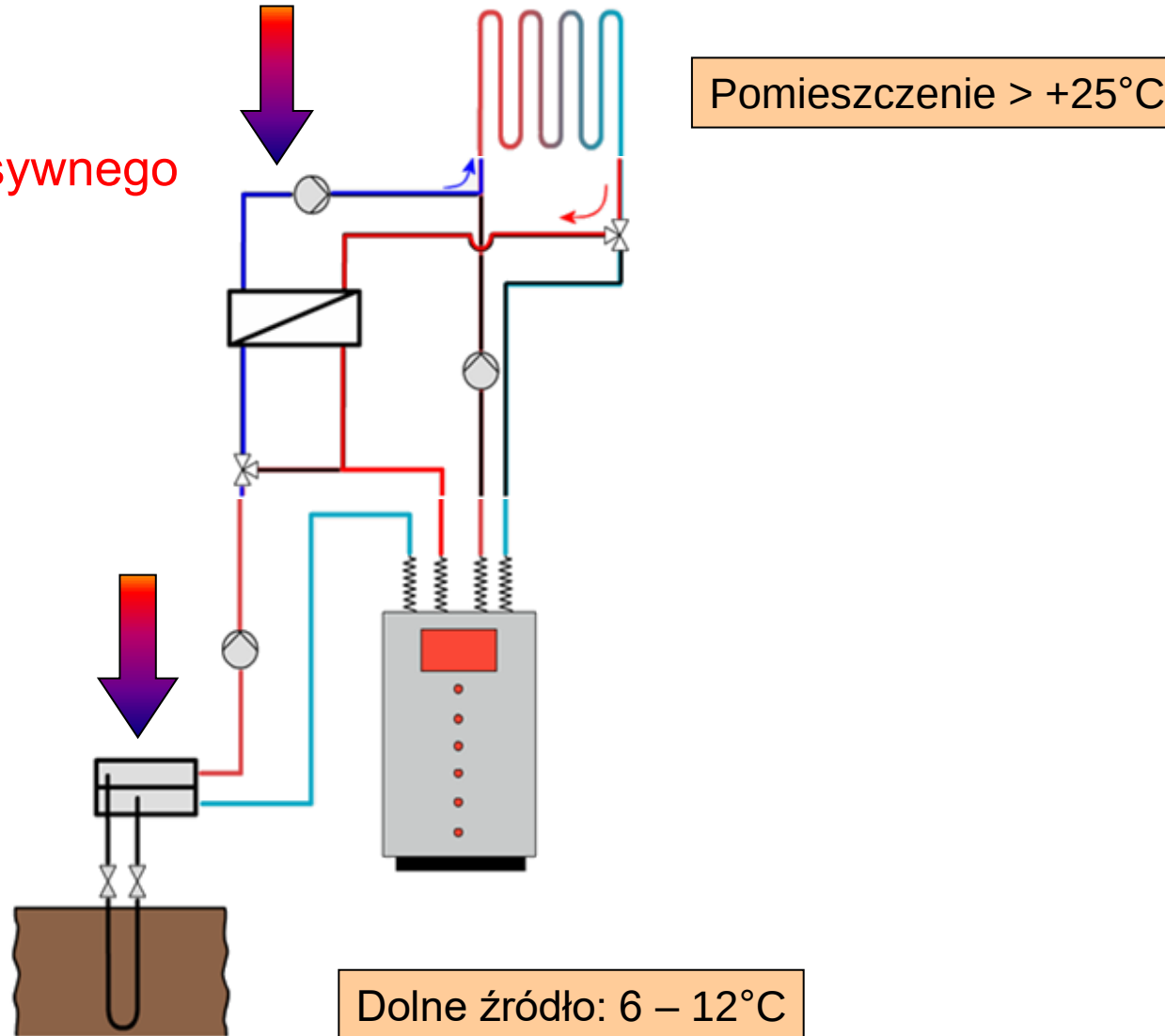


- Kolektor poziomy
- Sondy pionowe
- Układ dwóch studni (woda)

Praca w trybie chłodzenia pasywnego



- ~~Kolektor poziomy~~
- Sondy pionowe
- Układ dwóch studni (woda)

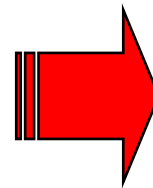


Chłodzenie aktywne praca w trybie grzewczym - pompy typu BW i WW

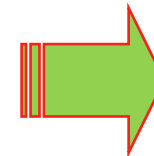


Ciepło z otoczenia

- Kolektor poziomy
- Sondy pionowe
- Układ dwóch studni (woda)



Energia elektryczna



**Ciepło przekazane
do instalacji C.O.**

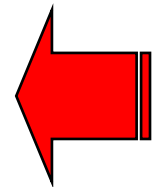
Chłodzenie aktywne praca w trybie AC– pompy typu BW i WW



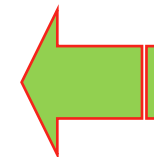
Energia elektryczna



Ciepło do otoczenia

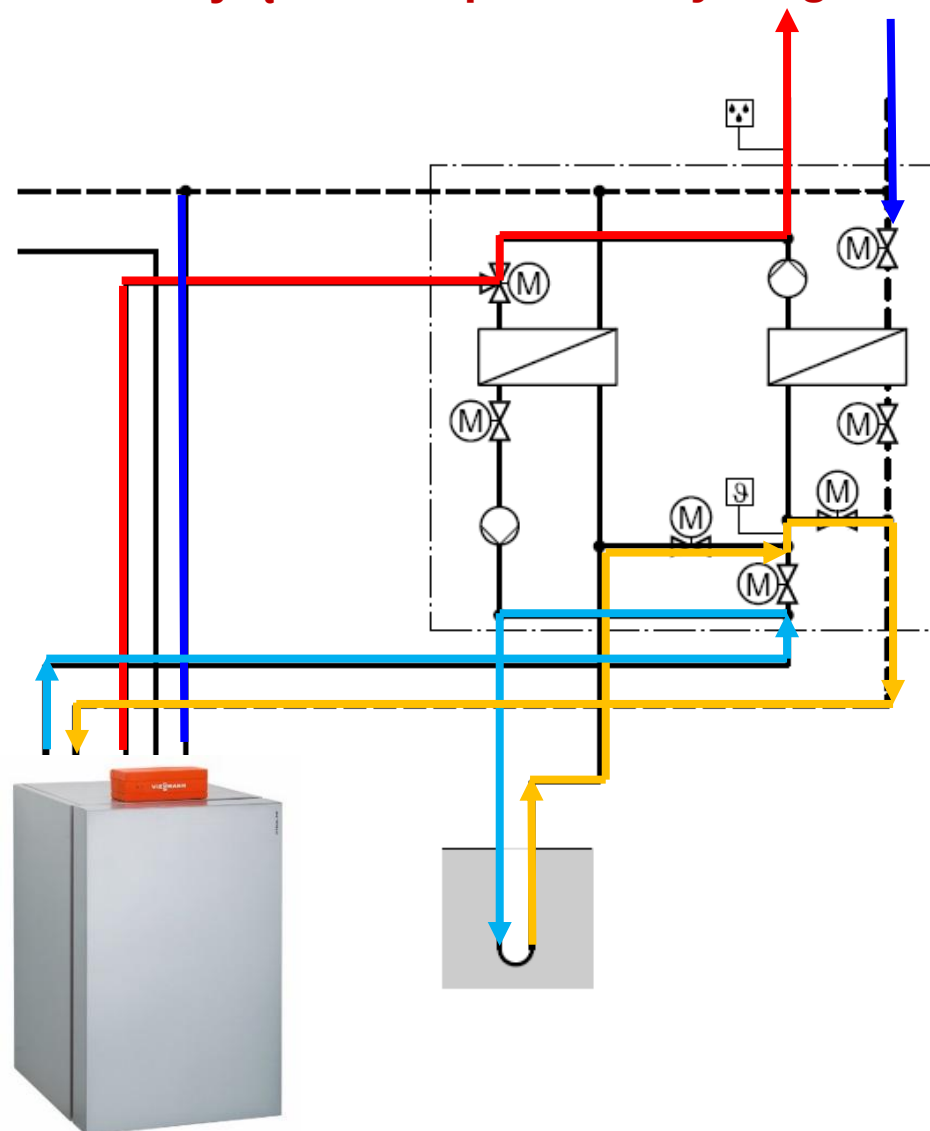


Ciepło odebrane
od instalacji C.O.

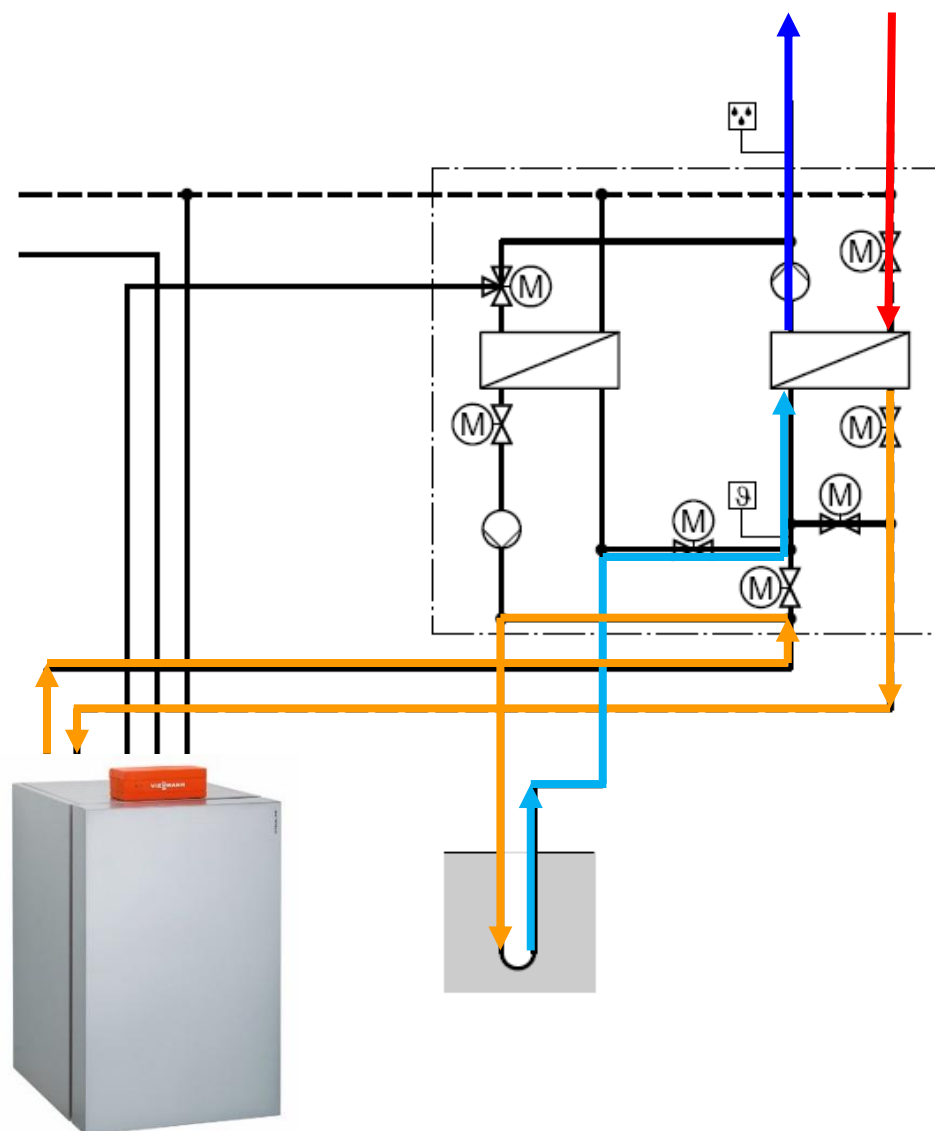


- ~~Kolektor poziomy~~
- Sondy pionowe
- Układ dwóch studni (woda)

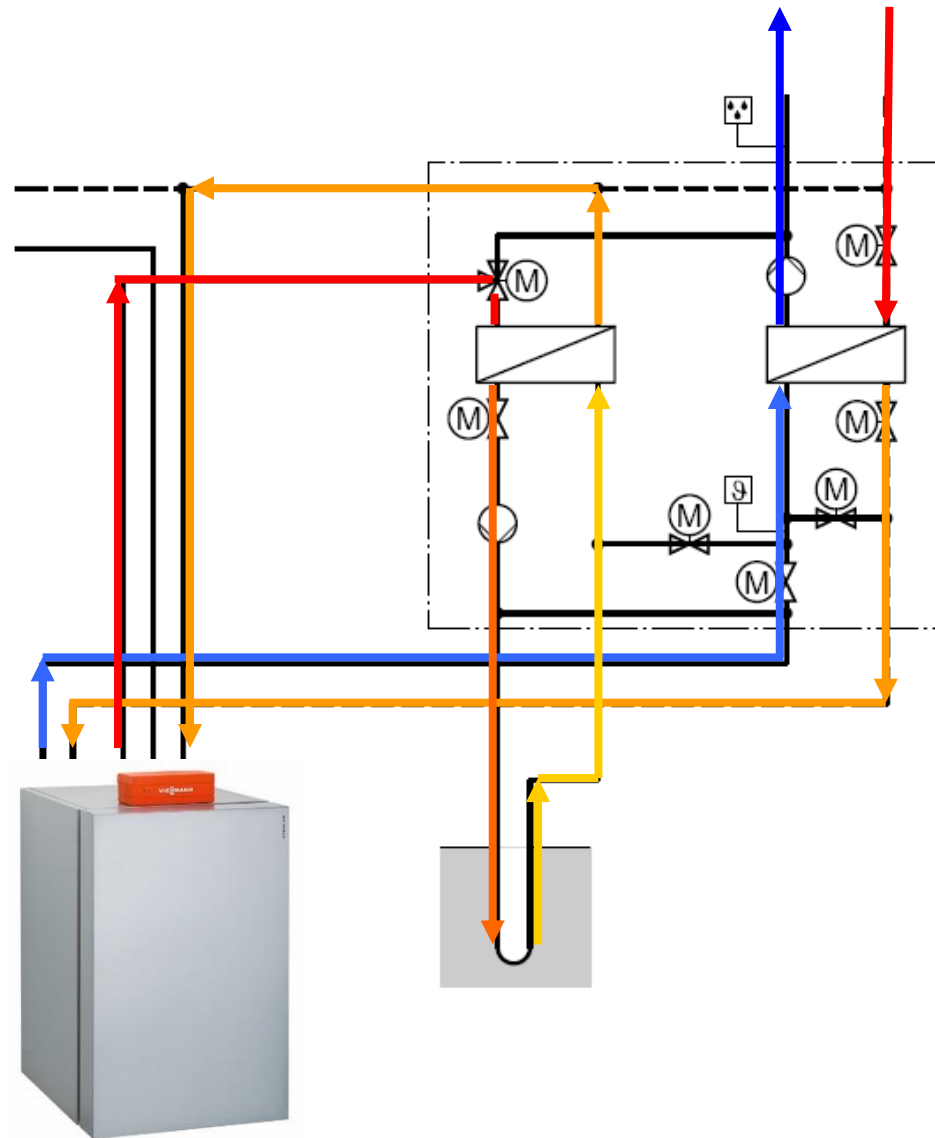
Chłodzenie wyłączone – praca w trybie grzewczym



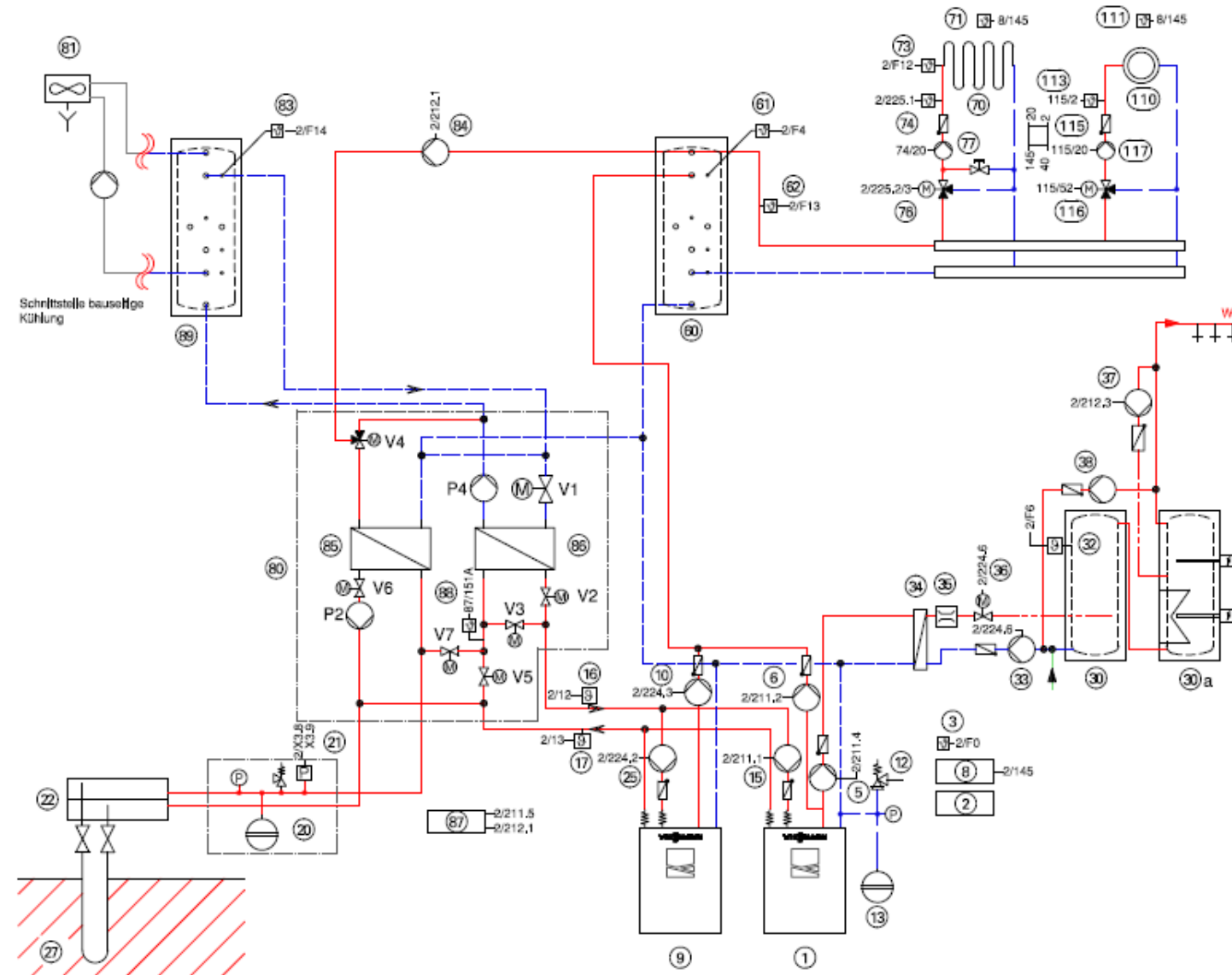
Chłodzenie włączone – praca w trybie chłodzenia NC



Chłodzenie włączone – praca w trybie chłodzenia AC Zrzut ciepła odpadowego do dolnego źródła



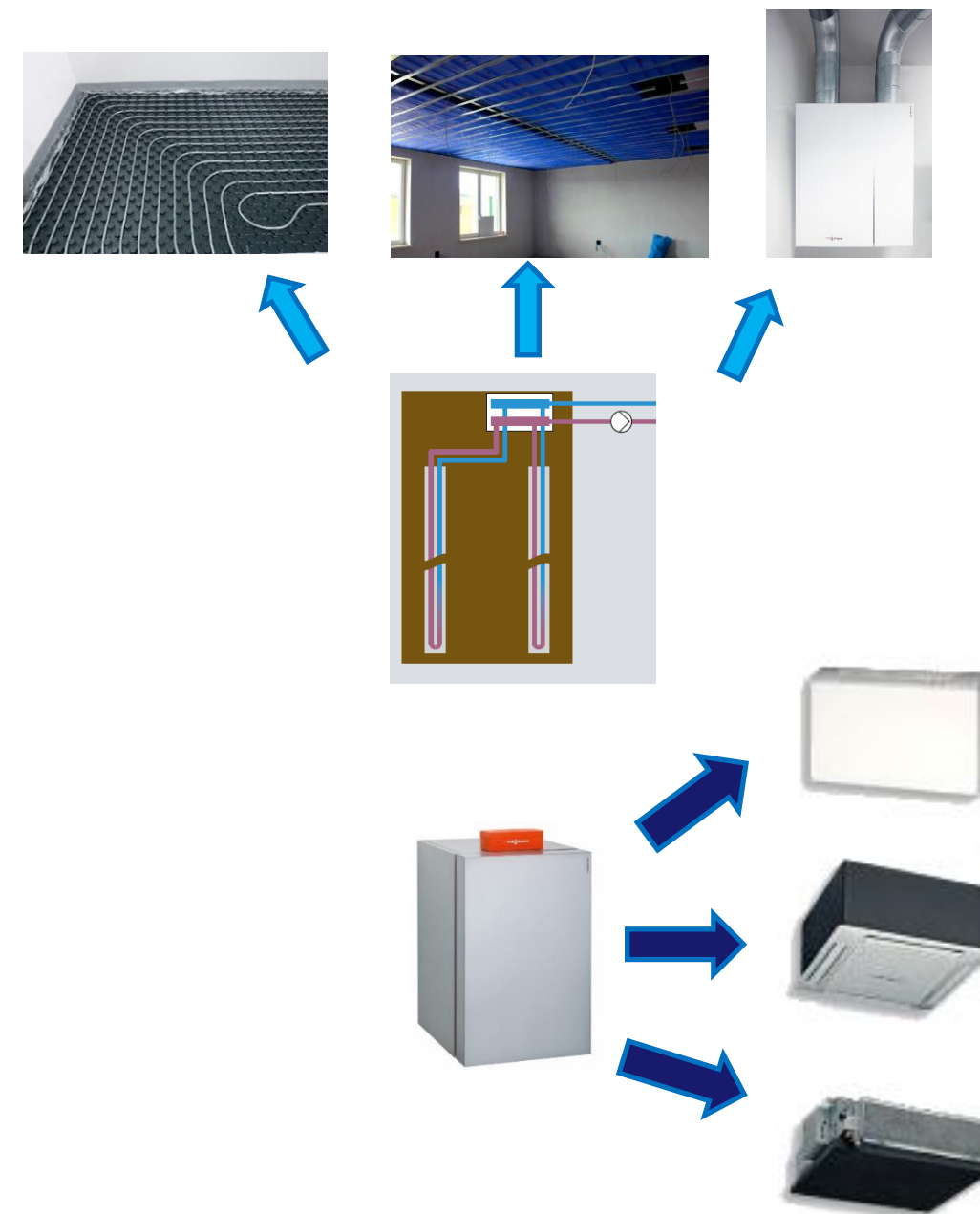
Schemat instalacji z chłodzeniem NC i AC



PODSUMOWANIE

1. Chłodzenie natural cooling (freecooling) jest bardzo energooszczędną metodą chłodzenia budynku, umożliwia uzyskanie chłodu w najniższej możliwej cenie. Do dystrybucji chłodu preferowane są instalacje grzewczo chłodzące podłogowe, sufitowe lub obieg rekuperacji. Typowe zastosowania: budynki jednorodzinne, obiekty w których nie ma konieczności zachowania ścisłego reżimu temperaturowego.

2. Chłodzenie aktywne (active cooling) umożliwia uzyskanie większej wydajności chłodniczej w porównaniu z freecooling. Załączenie sprężarki w funkcji chłodzenia jest aktywowane jako drugi stopień chłodzenia, po wcześniejszym załączeniu freecooling. Umożliwia uzyskanie wody lodowej (np. 7/12 °C). Dystrybucja chłodu przez centrale wentylacyjne, klimakonwektory, aparaty grzewczo wentylacyjne, itp.



Uwaga żeby nie przesadzić z chłodzeniem !



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ