

Nowoczesne systemy  
energetyczne  
Integracja z  
Odnawialnymi źródłami  
Energii

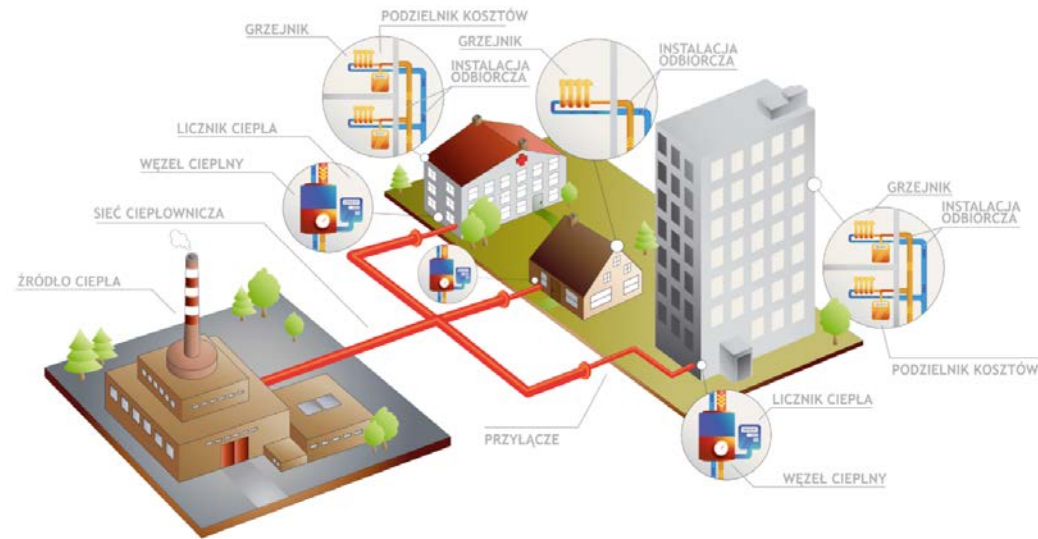
Marek Ceckowski

- Podstawowe zasady działania obecnych systemów ciepłowniczych w celu identyfikacji ograniczeń ich transformacji do nowoczesnych systemów energetycznych
- Rola magazynowania energii w systemach energetycznych w tym w szczególności w systemach ciepłowniczych
- Możliwości integracji systemów ciepłowniczych z nowoczesnymi systemami energetycznymi

# Definicja systemu

SYSTEM: wyodrębniony z otoczenia i z nim oddziałujący zbiór aktywnych elementów (np. obiektów, operacji, procesów), uporządkowany i celowo dobrany, wraz z własnościami i relacjami między tymi elementami występującymi, dla spełnienia określonego celu (zadania) w otoczeniu.

Suma rozwiązań optymalnych dla zadań cząstkowych **nie daje** rozwiązania optymalnego dla sumy (całości zadania)



# Prawdziwy system ciepłowniczy

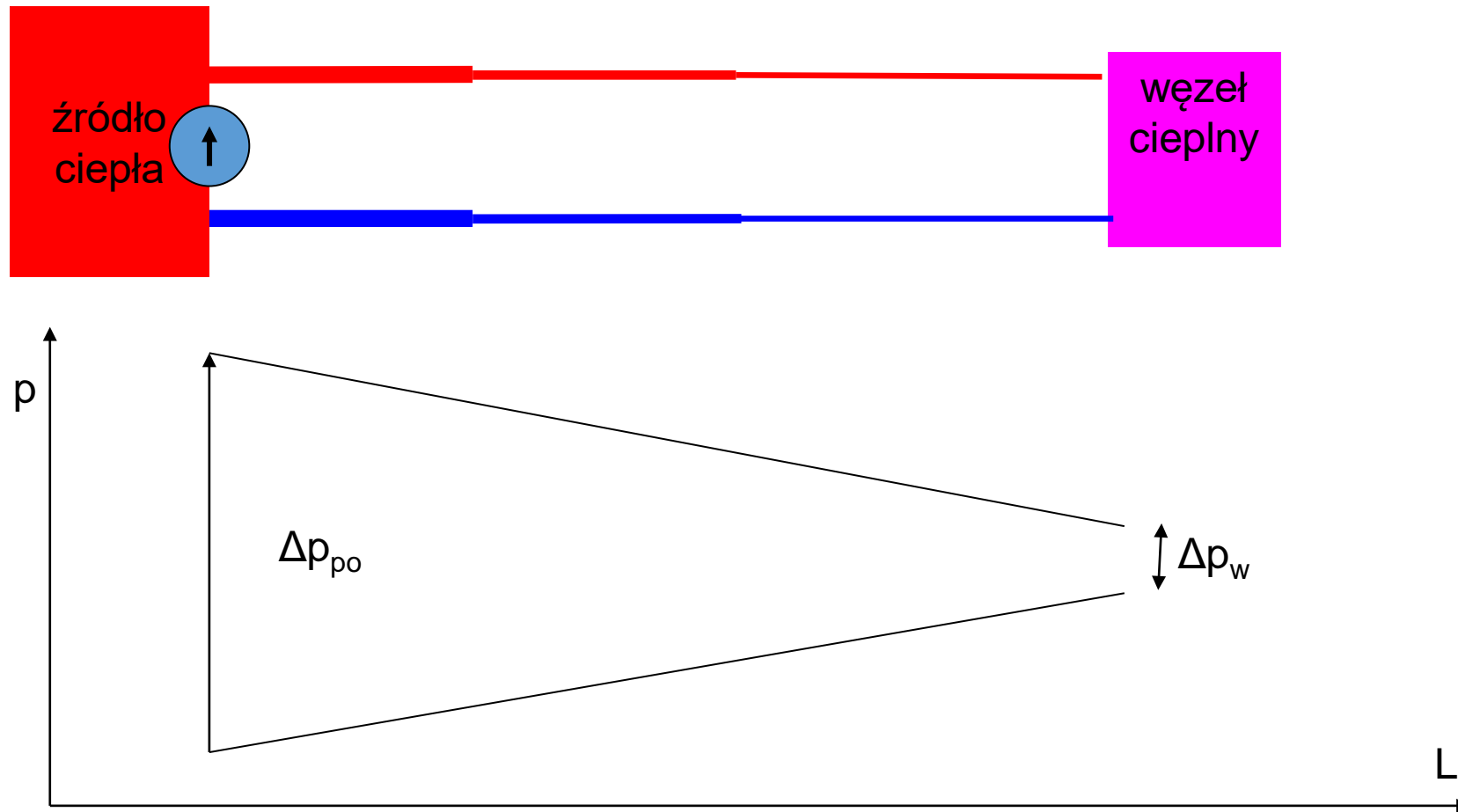


- Długość sieci 1700 km, liczba węzłów 16 tys.
- Cztery źródła pracujące na otwartą sieć
- Rozchodzenie się fali ciśnieniowej – z prędkością dźwięku
- Rozchodzenie się fali temperaturowej - Opóźnienia w transporcie nawet do 24 h

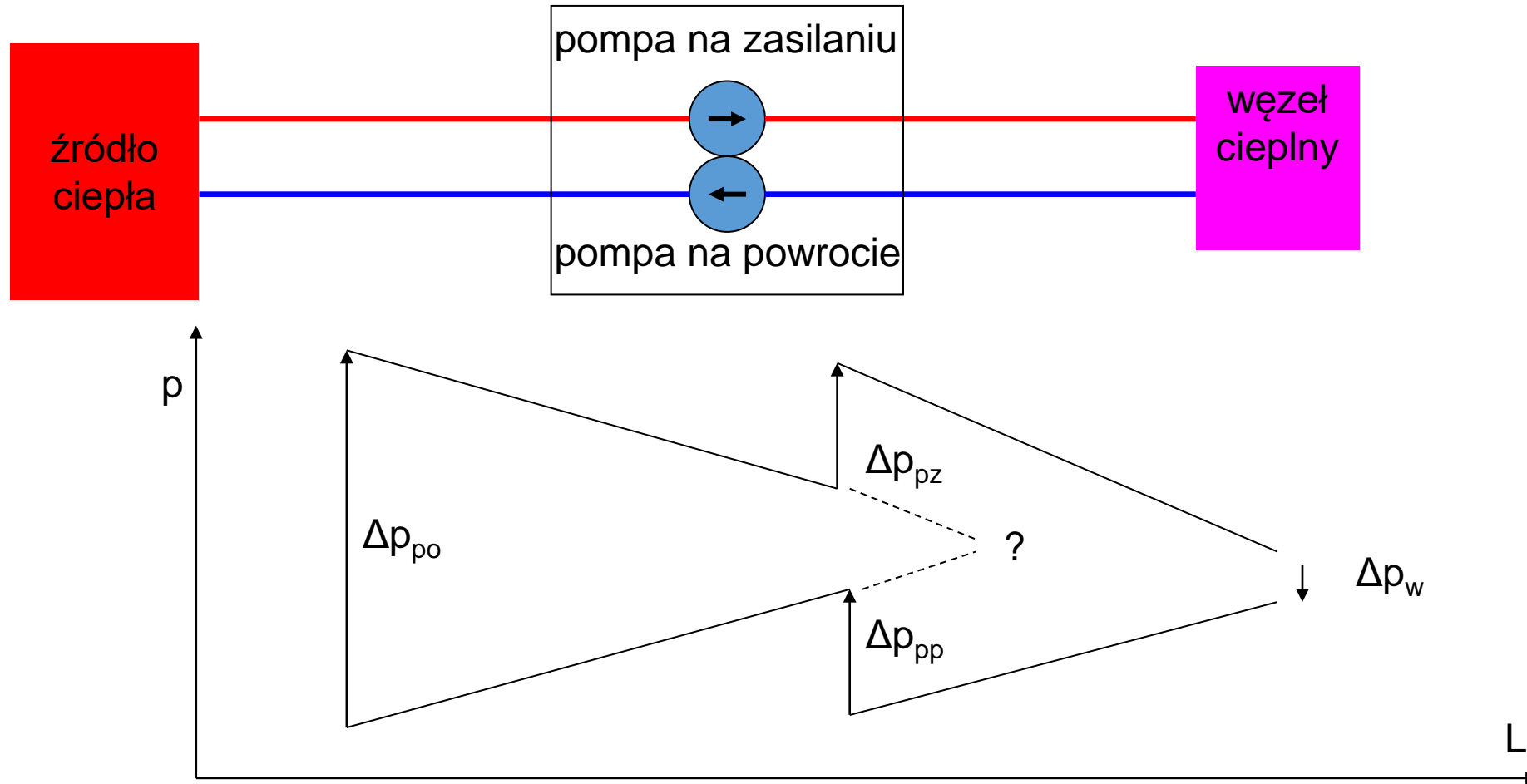


<https://energiadlawnazawaty.pl/strefa-miejska/jak-powstaje-cieplo/mapa-sieci-cieplowniczej/>

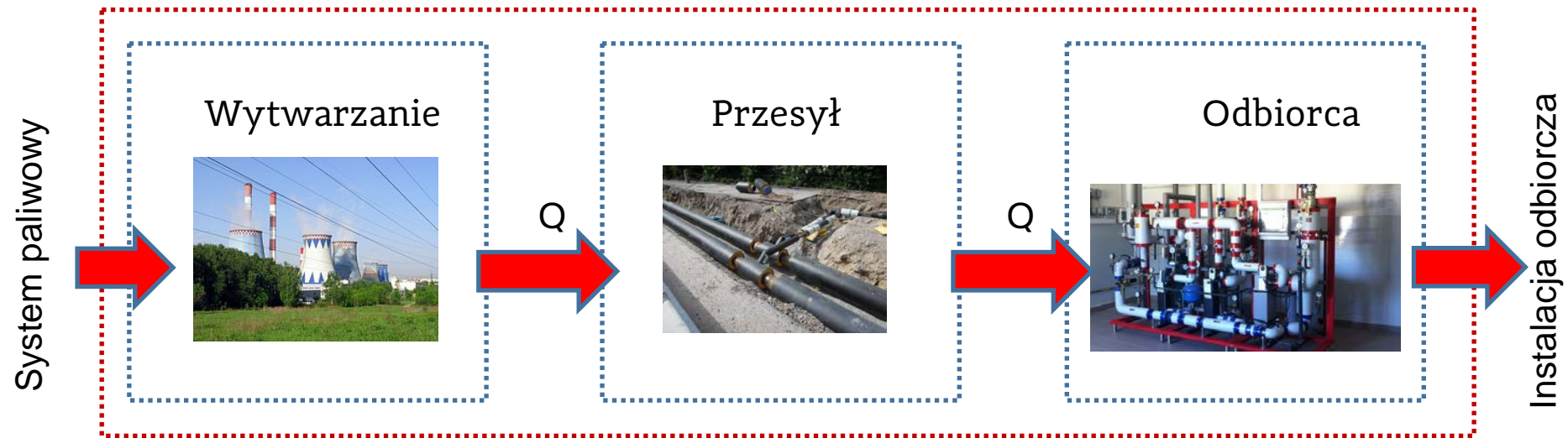
# Straty ciśnienia na siec ciepłowniczej



# Straty ciśnienia na siec ciepłowniczej – rozległe systemy ciepłownicze



# System ciepłowniczy – dzisiaj



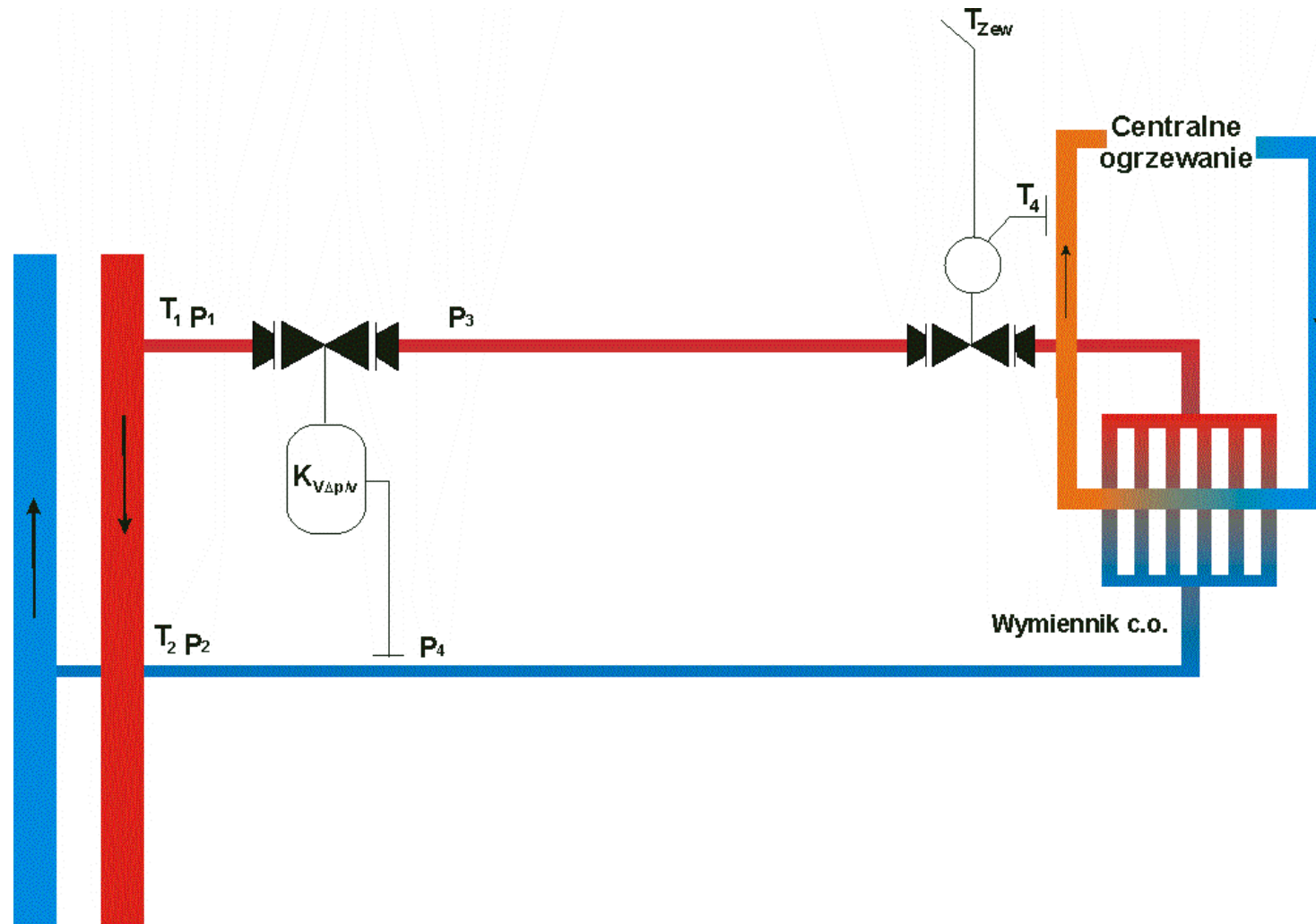
Czas życia:

15 - 35 (50) lat

30 - 50 lat

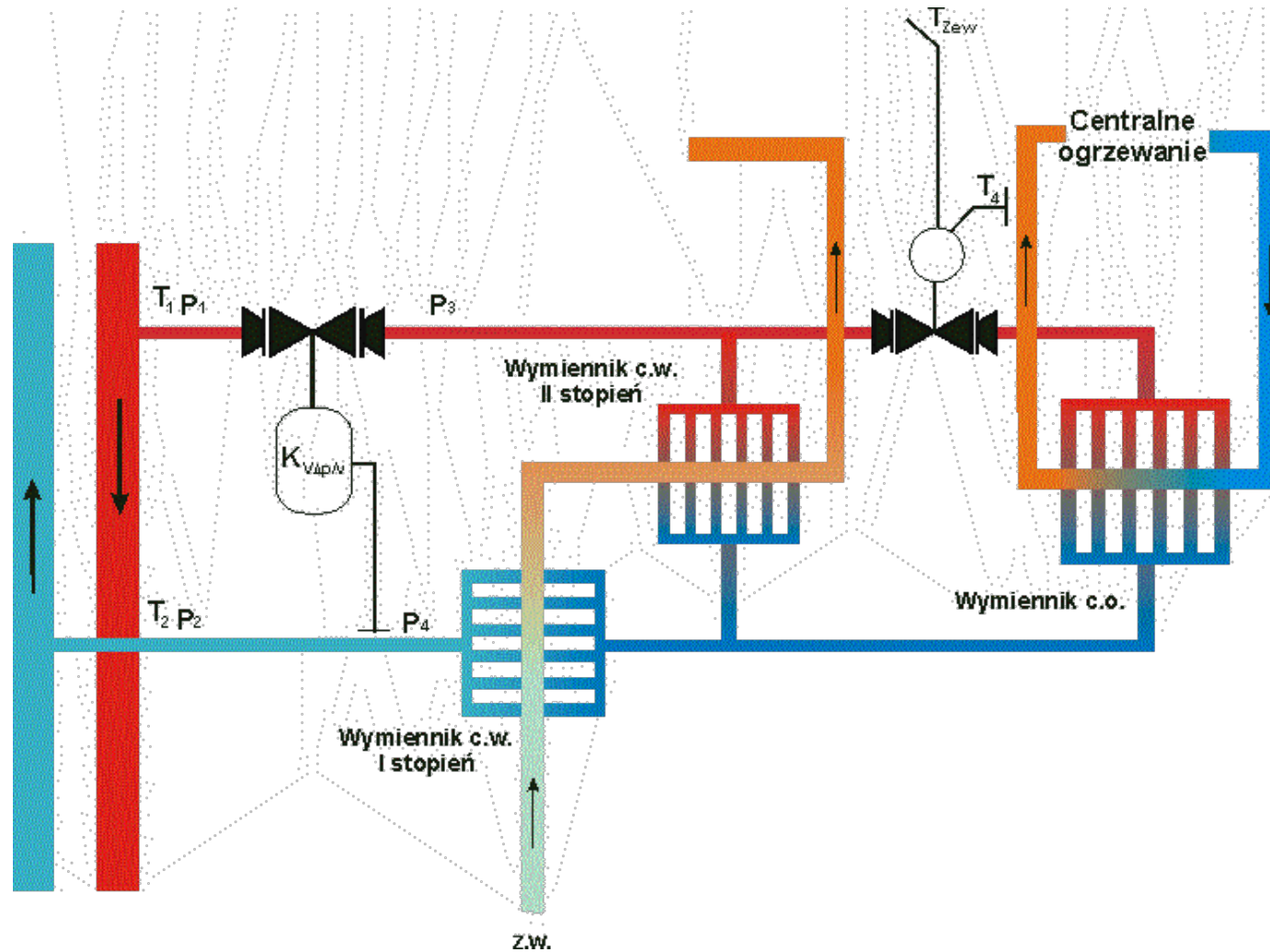
10 - 15 lat?

# Węzeł jednofunkcyjny c.o. z wymiennikiem przeponowym

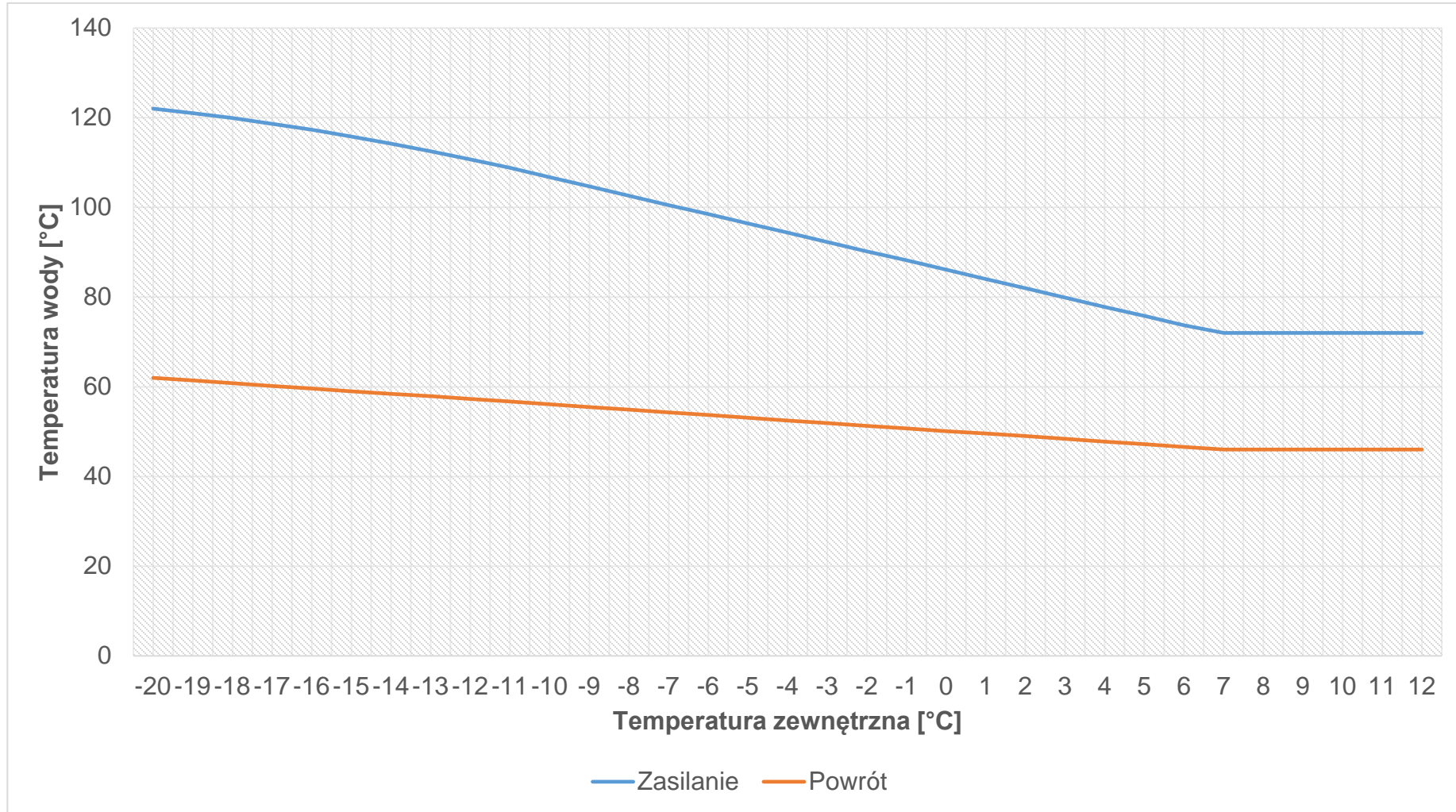




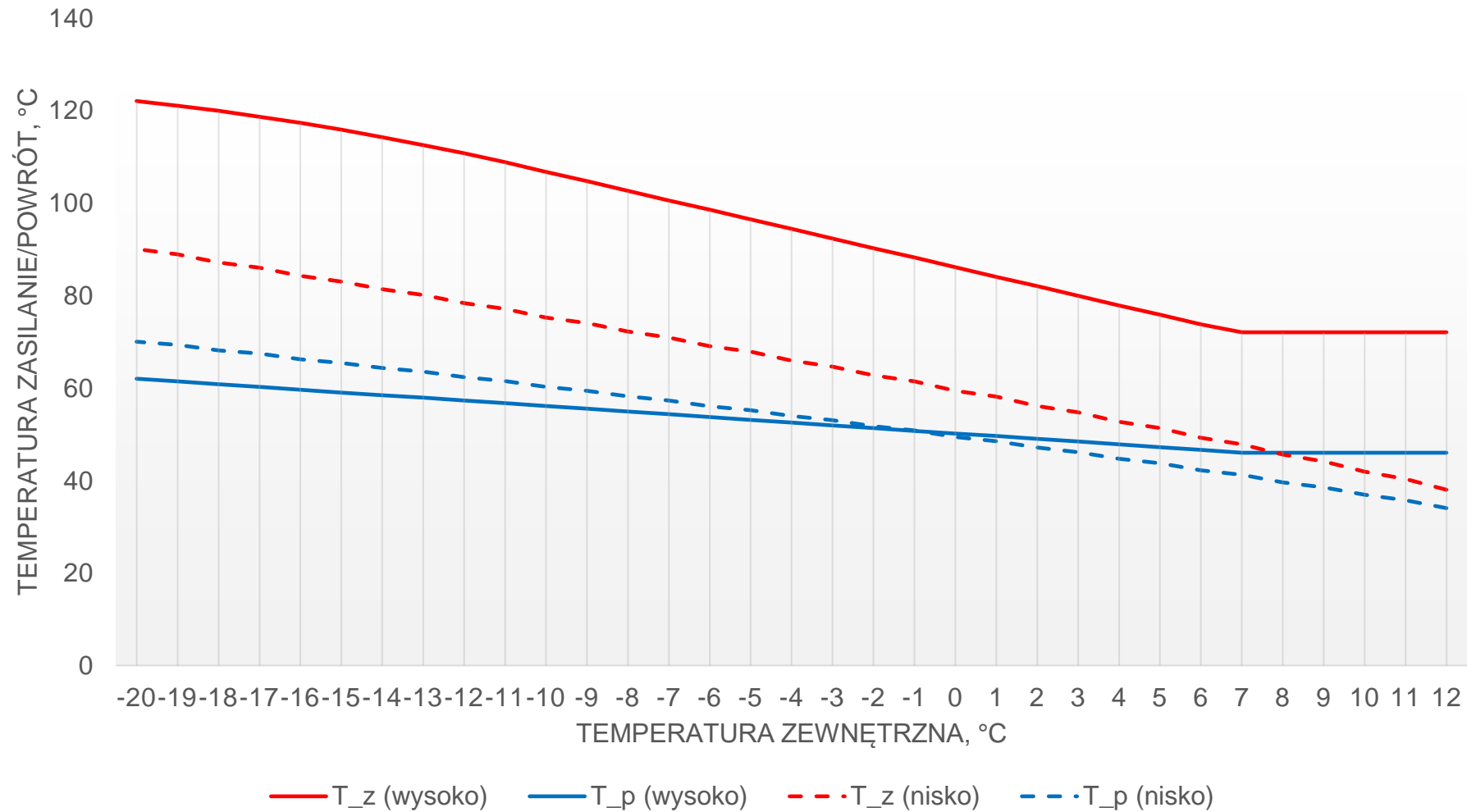
# Węzeł dwufunkcyjny c.o. i c.w. Szeregowo-równoległy



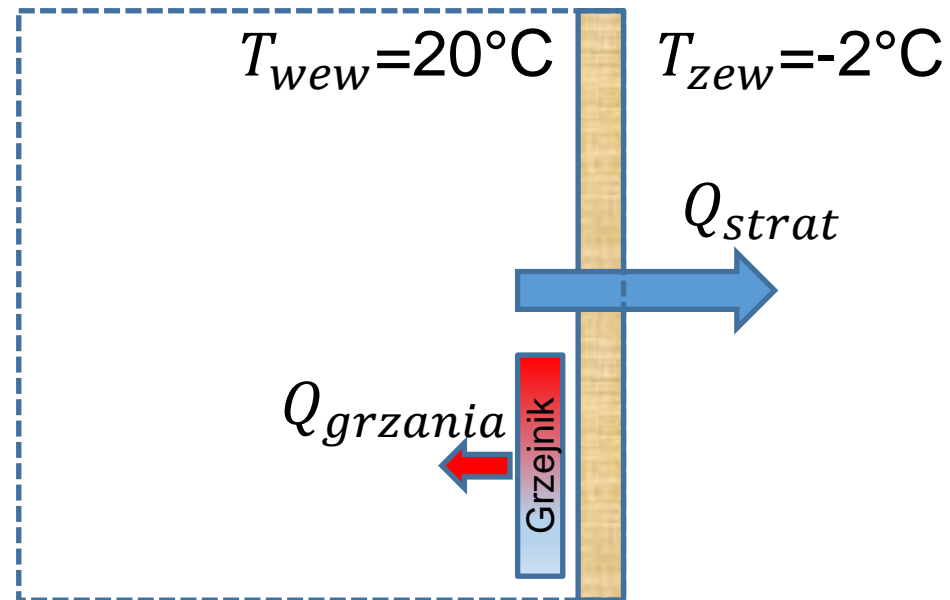
# Tabela regulacyjna sieci ciepłowniczej



# Temperatury w systemach ciepłowniczych



## Tabela regulacyjna - geneza



$$Q_{grzejnika} = f(T_{grzejnika}, S_{grzejnika})$$

$$Q_{grzejnika} = f(T_{zewn\u0119trzna})$$

$S_{grzejnika}$  - sta\u0142e, aby regulowa\u0107  $Q_{grzejnika}$  musimy regulowa\u0107  $T_{grzejnika}$

$$T_{grzejnika} = f(T_{zewn\u0119trzna}) \Rightarrow T_{sieci} > T_{grzejnika} \text{ i } T_{sieci} = f(t_{zewn\u0119trzna})$$

# Warunki obliczeniowe

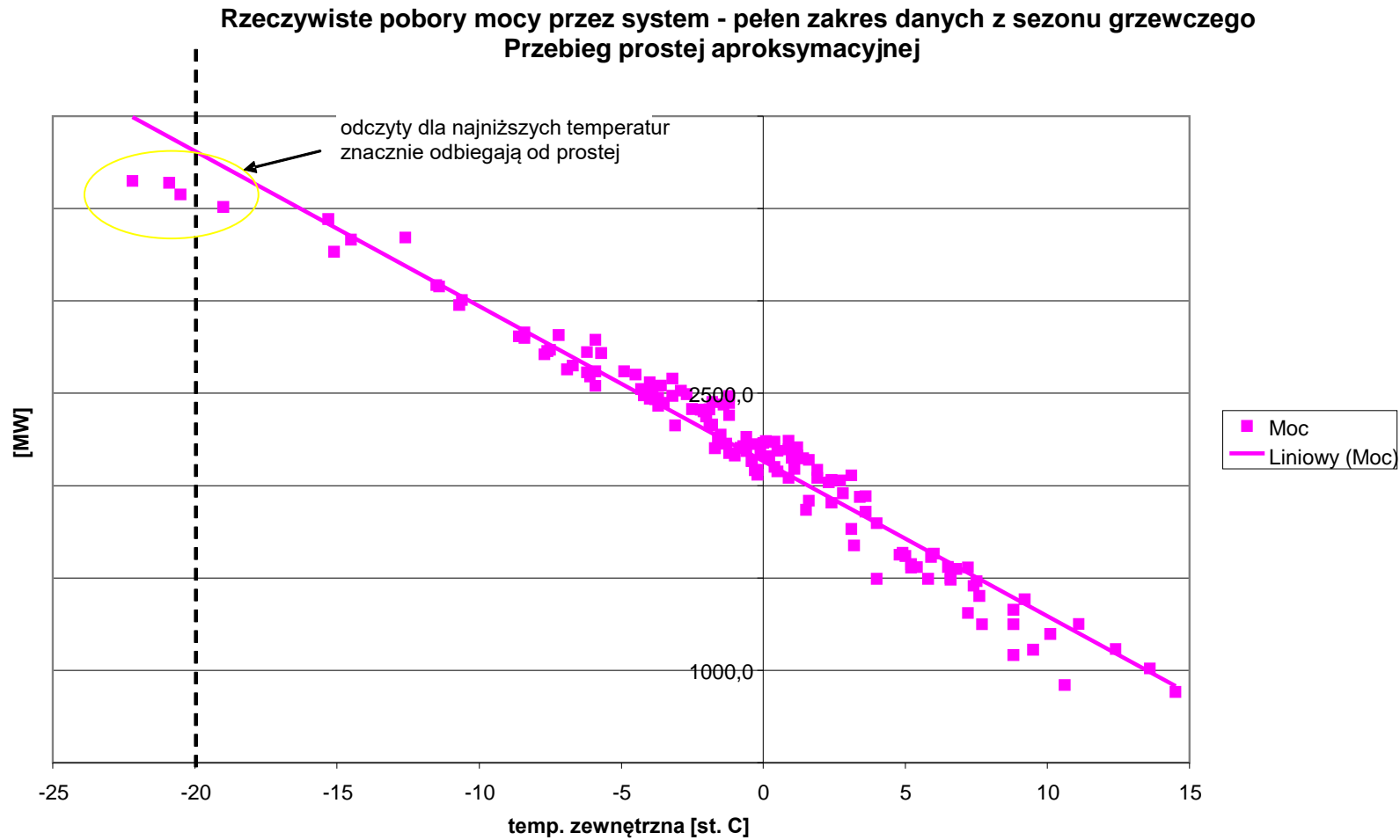
Temperatura zewnętrzna  
 Temperatura wody gorącej  
 Przepływ



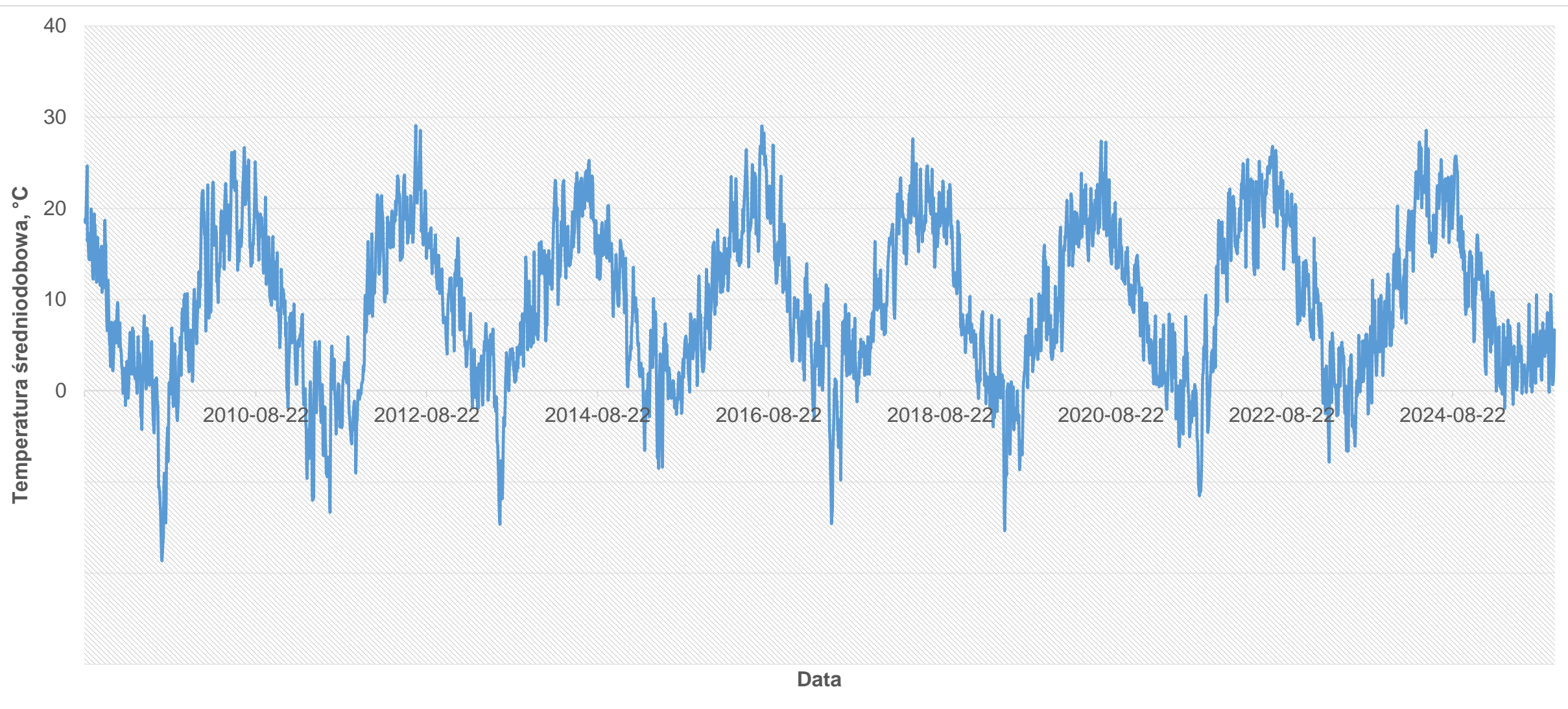
[https://www.is.pw.edu.pl/~michal\\_strzeszewski/articles/kluczowe\\_zmiany/index.htm](https://www.is.pw.edu.pl/~michal_strzeszewski/articles/kluczowe_zmiany/index.htm)

Strefa klimatyczna	Projektowana temperatura zewnętrzna, °C	Średnia roczna temperatura zewnętrzna, °C
I	-16	7,7
II	-18	7,9
III	-20	7,6
IV	-22	6,9
V	-24	5,5

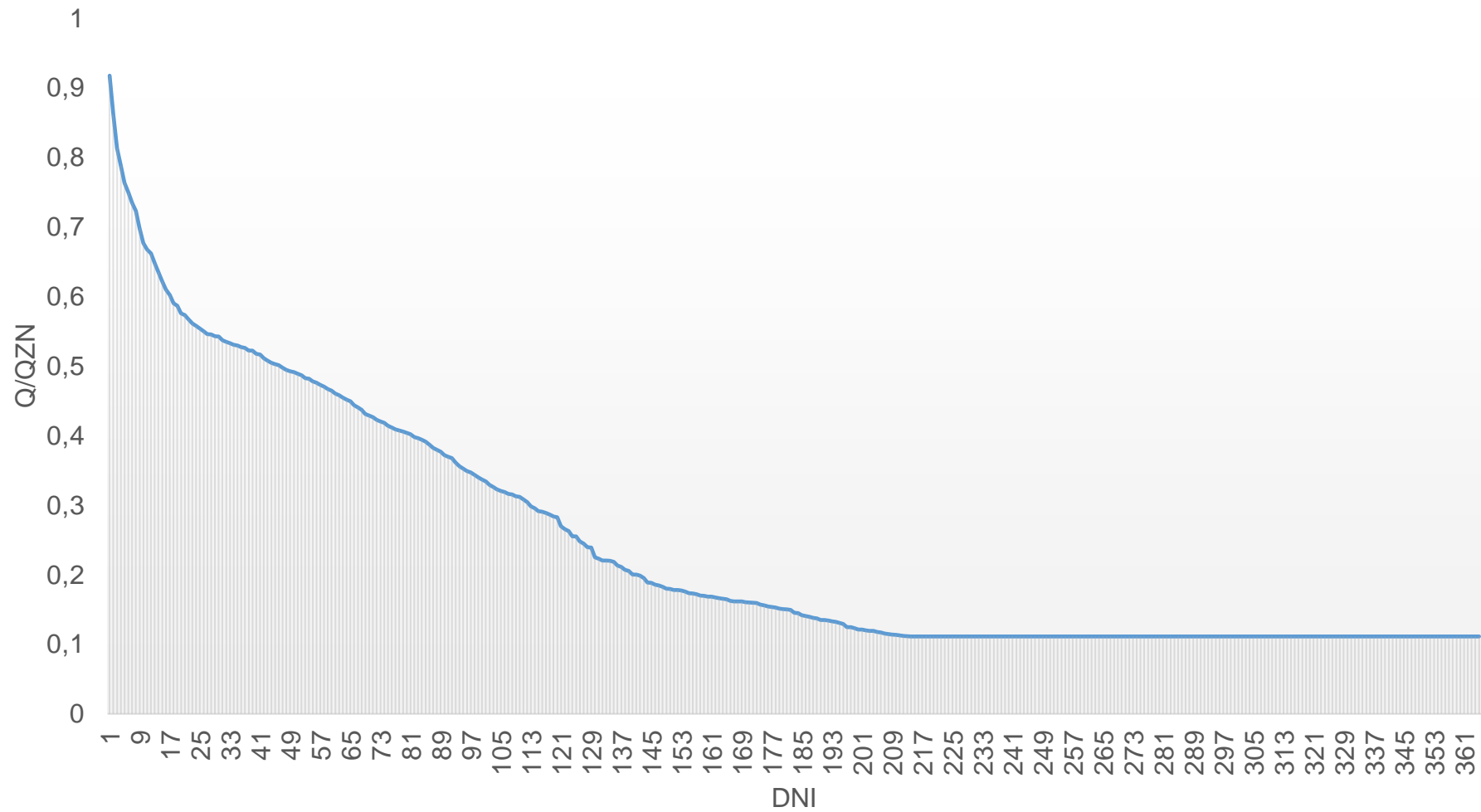
# Zapotrzebowanie na ciepło w funkcji temperatury zewnętrznej



# Średniodobowe temperatury zewnętrzne

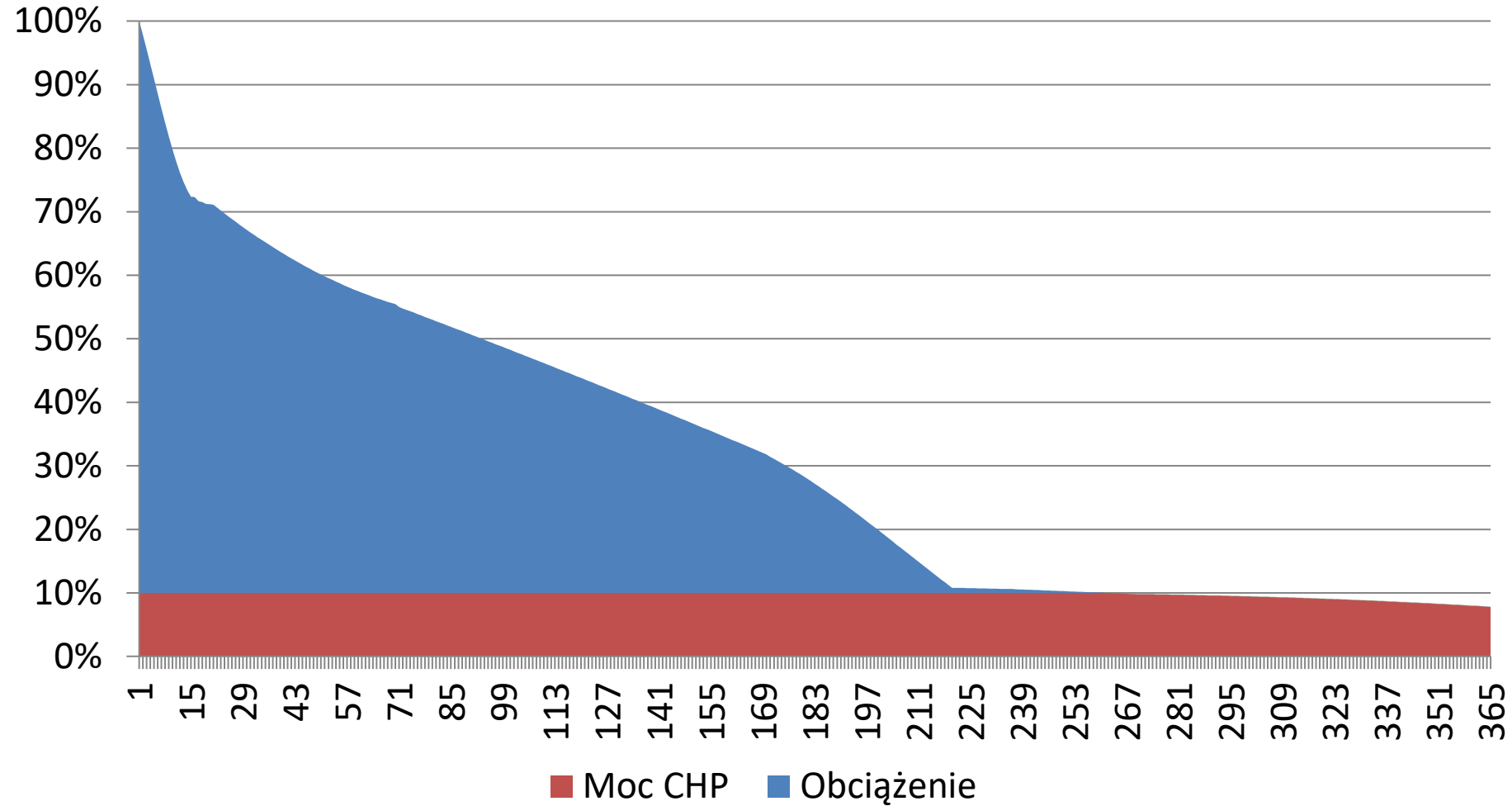


# Wykres uporządkowany zapotrzebowania na ciepło

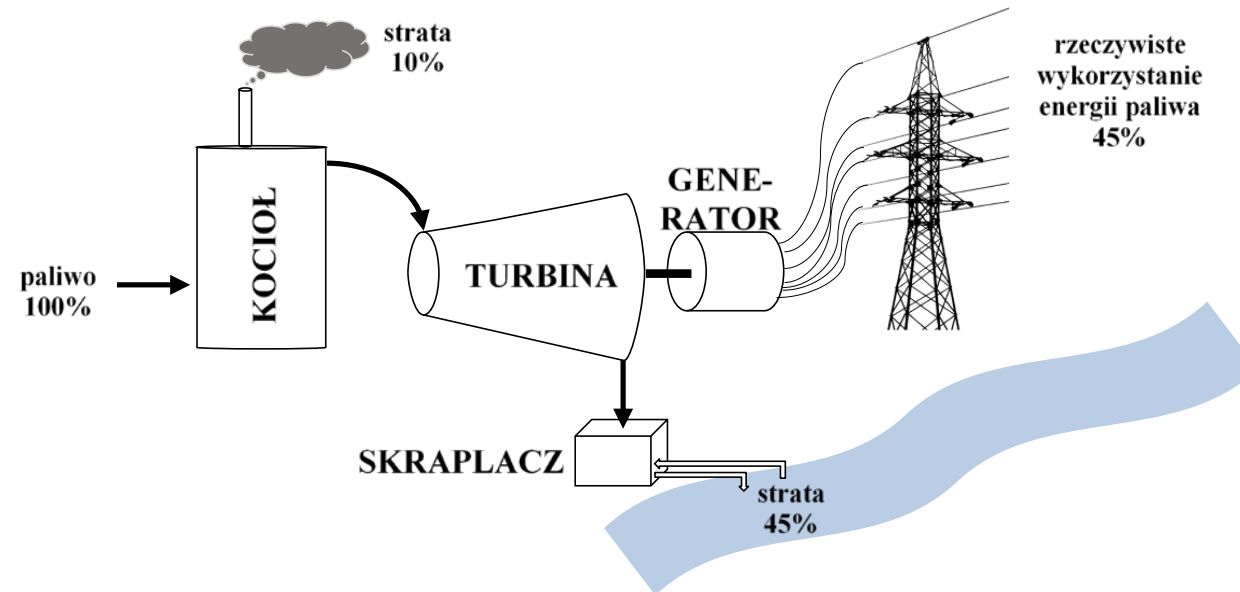




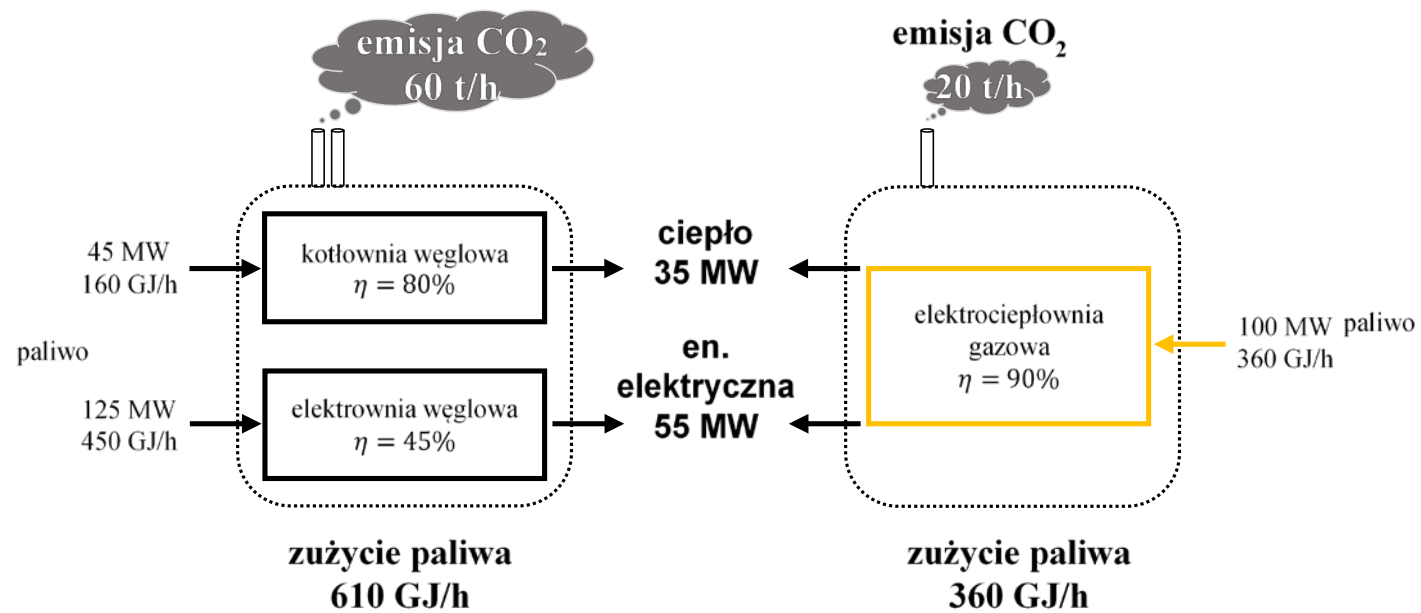
# Typowy sposób pokrycie zapotrzebowania na moc w systemach ciepłowniczych



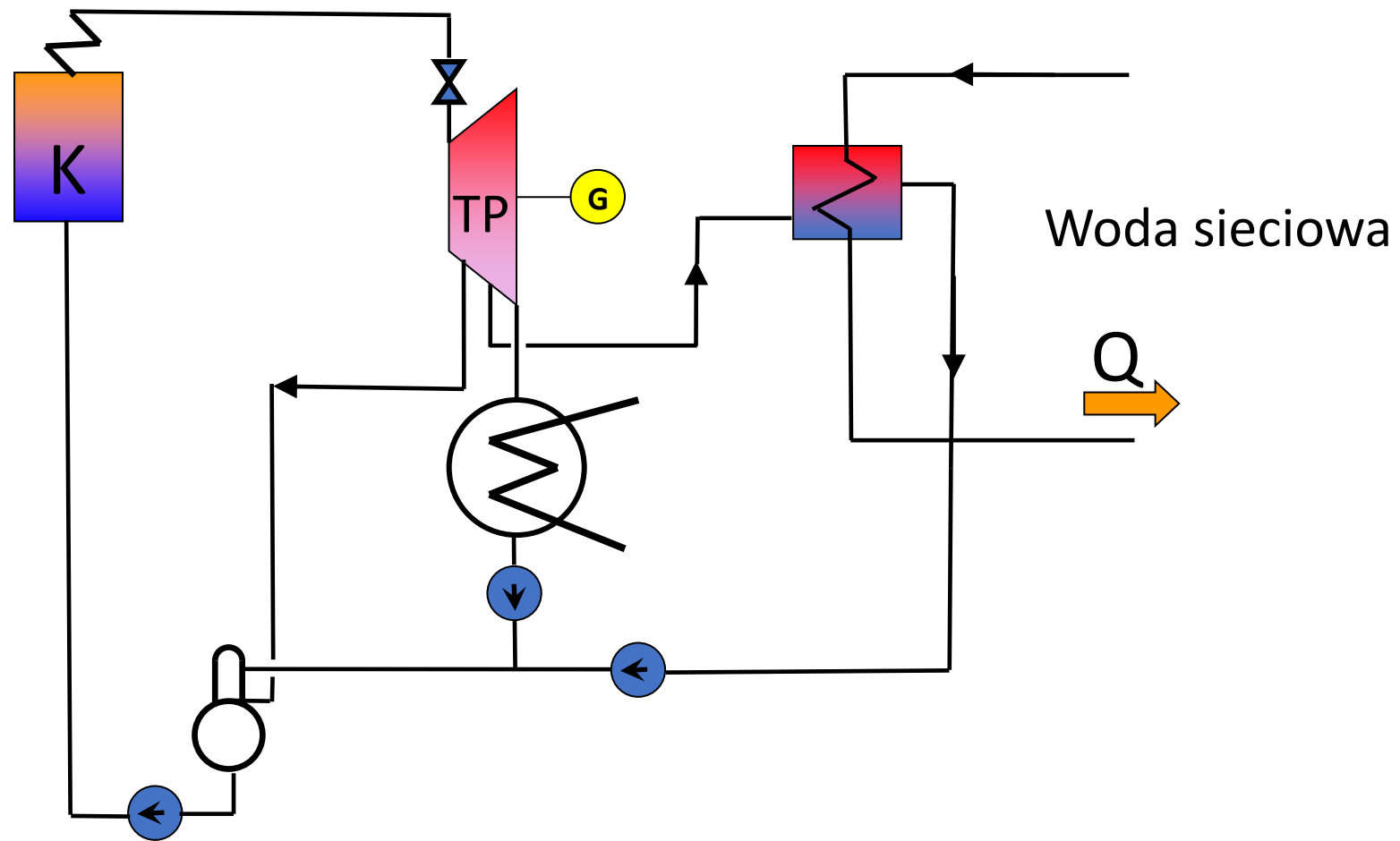
# Czym nie jest kogeneracja



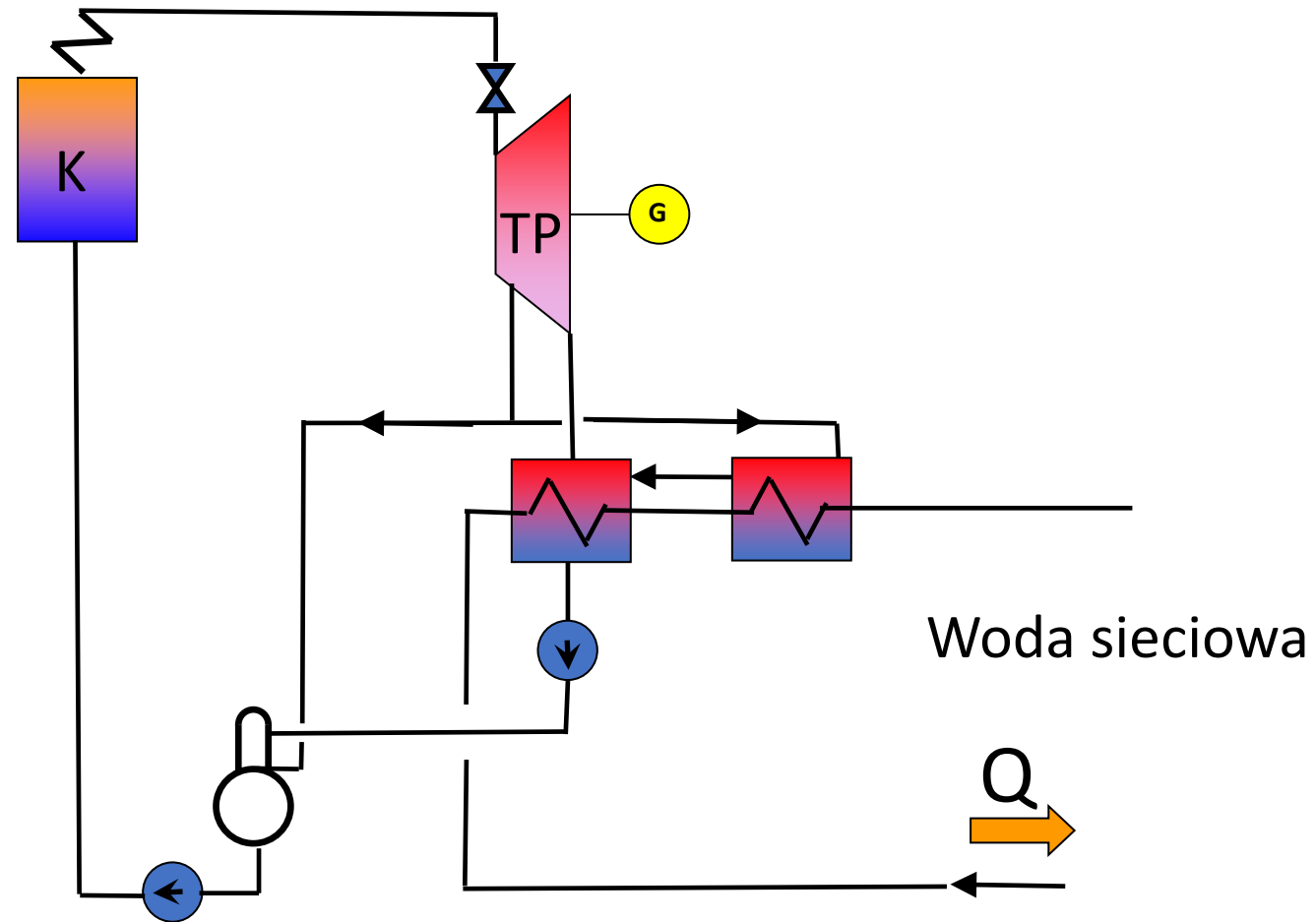
# Czym jest kogeneracja



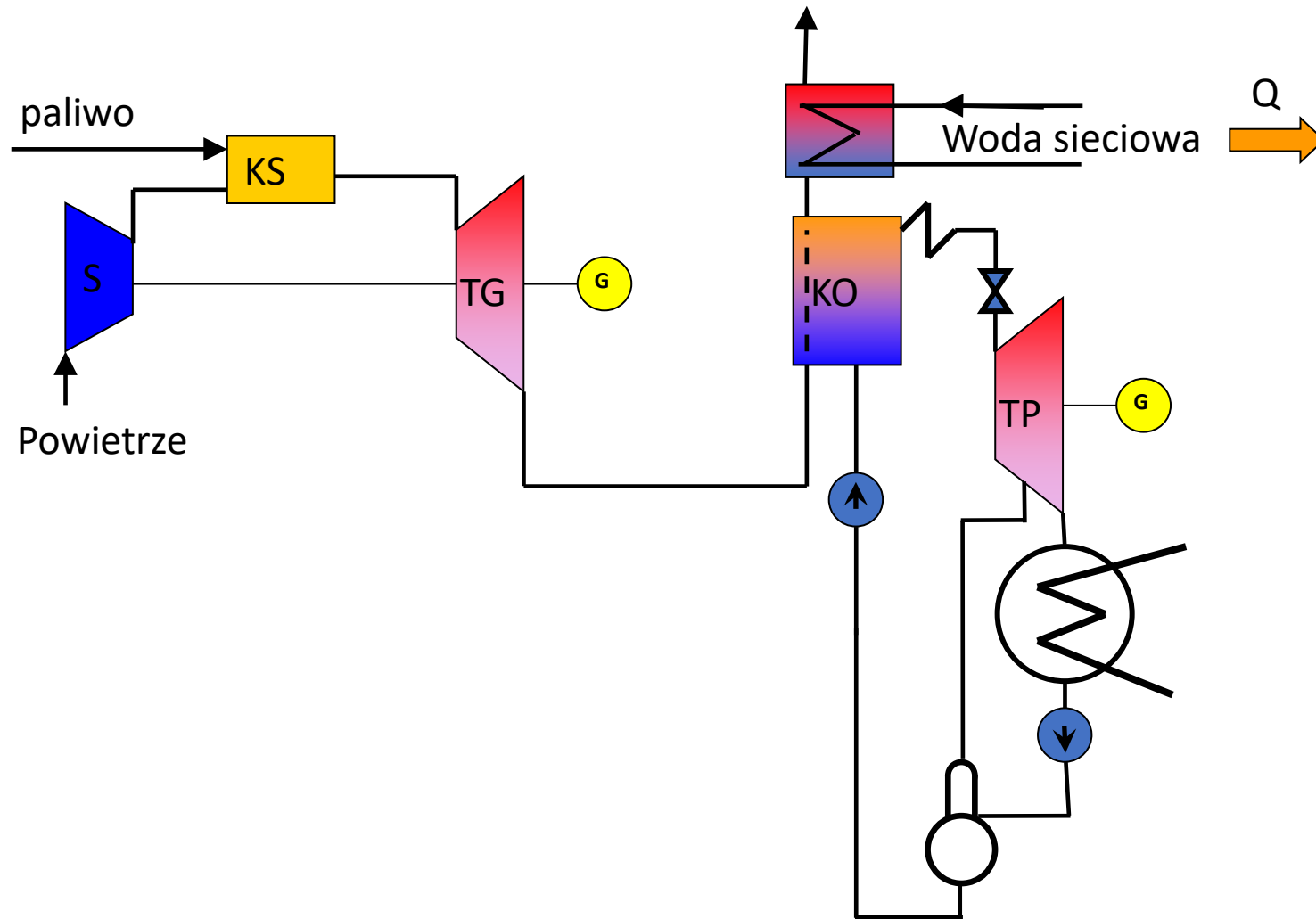
# Układ elektrociepłowni z turbiną upustowo kondensacyjną



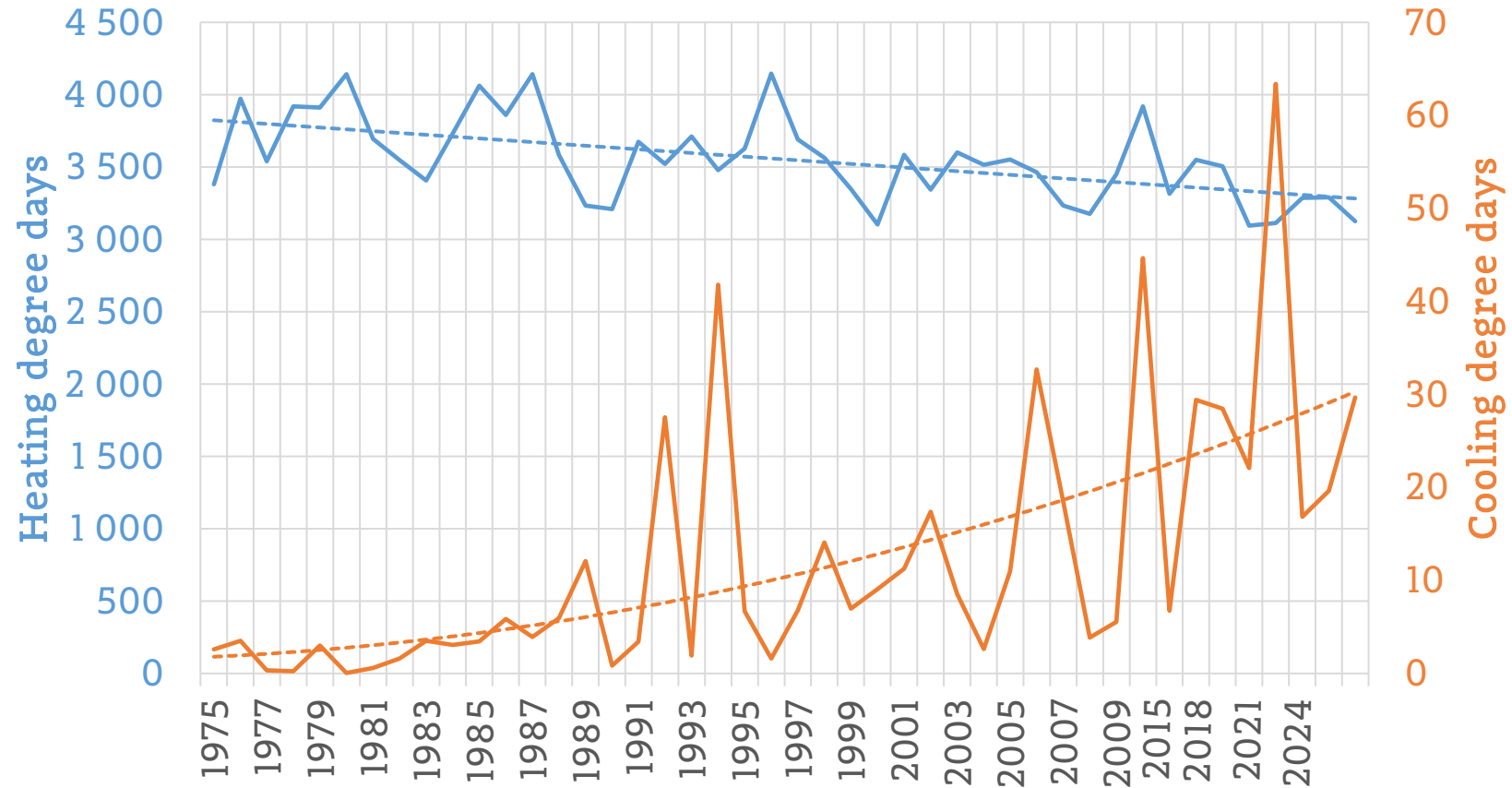
# Układ elektrociepłowni z turbiną przeciwną



# Układ parowo gazowy (CCGT) jako elektrociepłownia



# Potencjał dla ogrzewania i chłodzenia



# Koszty dostawy energii w systemie

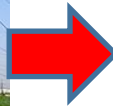
Gotowość dostarczenia energii	Ilość dostarczonej energii
Koszty inwestycyjne	Koszty zużycia paliwa i innych materiałów
Koszty stałe	Koszty zmienna
<b>Koszt dostawy energii!!!</b>	



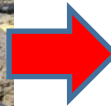
# Konkurencja, dostęp stron trzecich



$\epsilon_{Wyt_{zm}}, \epsilon_{Wyt_{st}}$



$\epsilon_{prze_{zm}}, \epsilon_{prze_{st}}$



$\epsilon_{od_{zm}}, \epsilon_{od_{st}}$

$$\epsilon_{Wyt_{zm}} + \epsilon_{Wyt_{st}} + \epsilon_{prze_{zm}} + \epsilon_{prze_{st}} + \epsilon_{od_{zm}} + \epsilon_{od_{st}} \rightarrow \min$$



€???

# Efektywny system ciepłowniczy

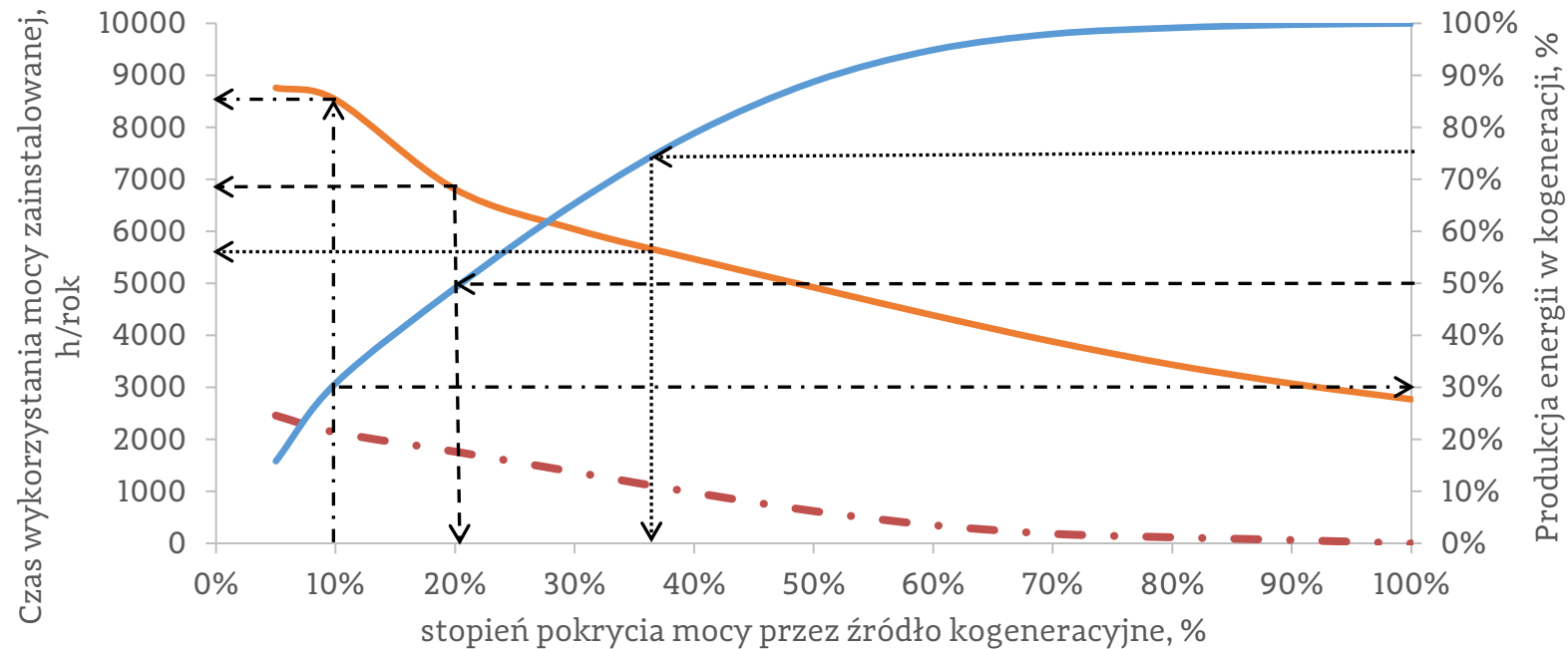
DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE

„Efektywny system ciepłowniczy i chłodniczy” oznacza system ciepłowniczy lub chłodniczy, w którym do produkcji ciepła lub chłodu wykorzystuje się w co najmniej 50 % energię ze źródeł odnawialnych, lub w co najmniej 50 % ciepło odpadowe, lub w co najmniej 75 % ciepło pochodzące z kogeneracji, lub w co najmniej 50 % wykorzystuje się połączenie takiej energii i ciepła

# Mapa systemów efektywnych



# Zależność produkcji energii i czasu wykorzystania od relacji mocy źródła podstawowego i szczytowego

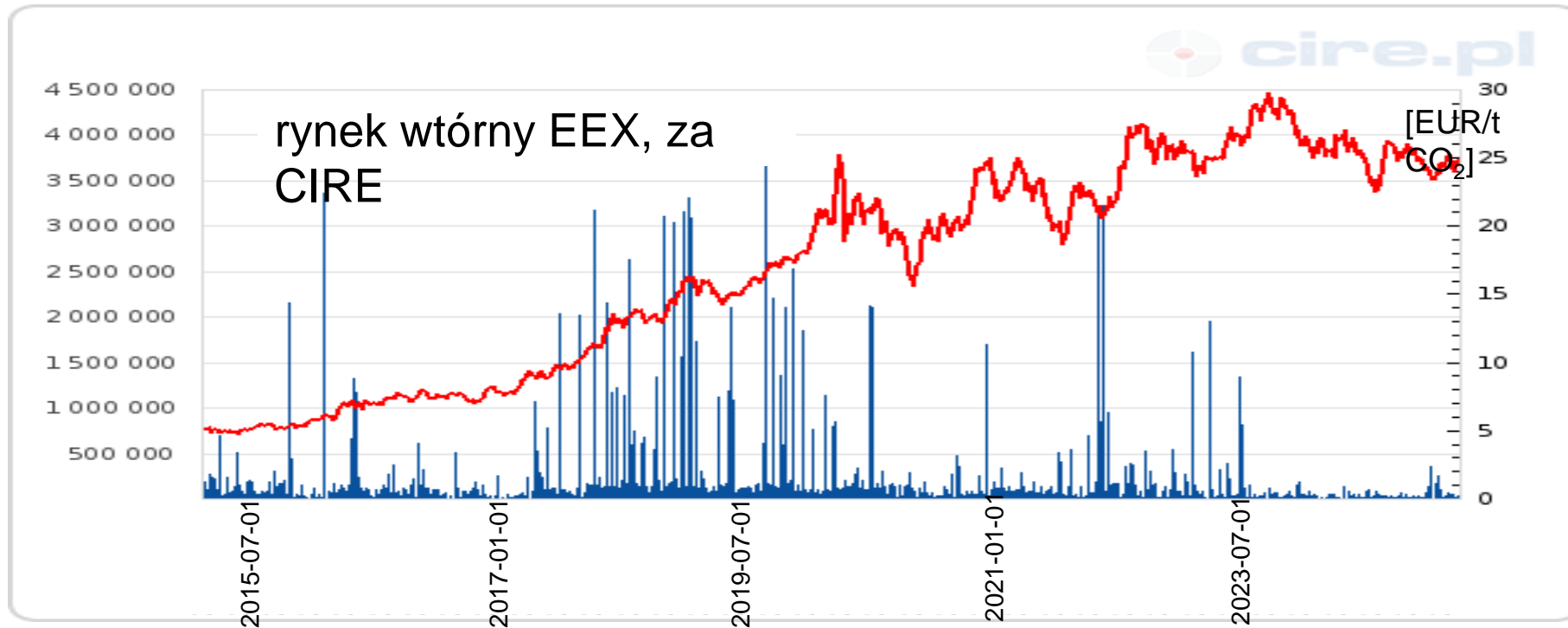


- Czas wyk. mocy zainstalowanej źródła podstawowego
- • Czas wyk. mocy zainstalowanej źródła szczytowego
- Stopień pokrycia produkcji energii przez źródło podstawowe

# Czynniki wpływające na pogorszenie konkurencyjności ciepła sieciowego

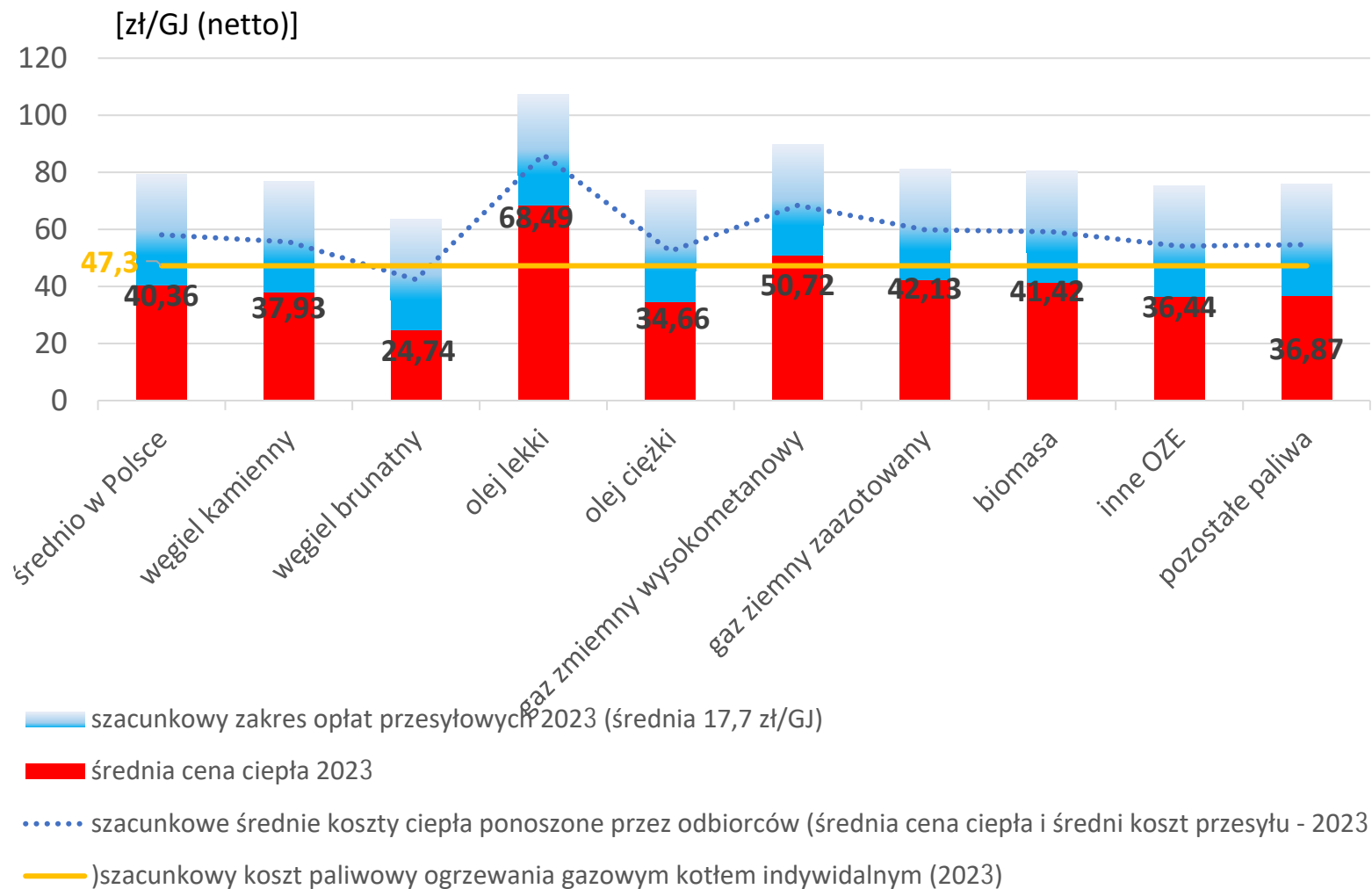
- konieczność budowy i eksploatacji **kolejnych instalacji ochrony środowiska** dostosowujących i elektrociepłownie, zwłaszcza te opalane węglem, do nowych, systematycznie zastrzanych, standardów emisji zanieczyszczeń,
  - konieczność **zmiany struktury paliwowej (+ OZE) i technologicznej (+ kogeneracja)** w celu spełnienia wymagań prawnych odnoszących się do efektywności energetycznej (budynków, systemów ciepłowniczych),
  - **wzrost kosztów emisji CO<sub>2</sub>,**
  - ewentualny **wzrost cen węgla lub spadek cen gazu,**
  - **wzrost kosztów pracy,**
  - inne bezpośrednie i pośrednie czynniki, m.in.:
    - **zmniejszanie się popytu** na ciepło sieciowe z powodu np. postępującej termomodernizacji budynków,
    - **odłączanie się części odbiorców** od sieci ciepłowniczej i substytucja ciepła sieciowego ciepłem ze źródeł indywidualnych (dzisiaj głównie indywidualnych kotłowni gazowych)
- przy ograniczonych możliwościach redukcji kosztów stałych funkcjonowania systemu ciepłowniczego,
- **starzejąca się baza wytwórcza;**

# Zmiana cen uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> od lipca 2015 r. do grudnia 2023 r. Wpływ na koszty wytwarzania ciepła

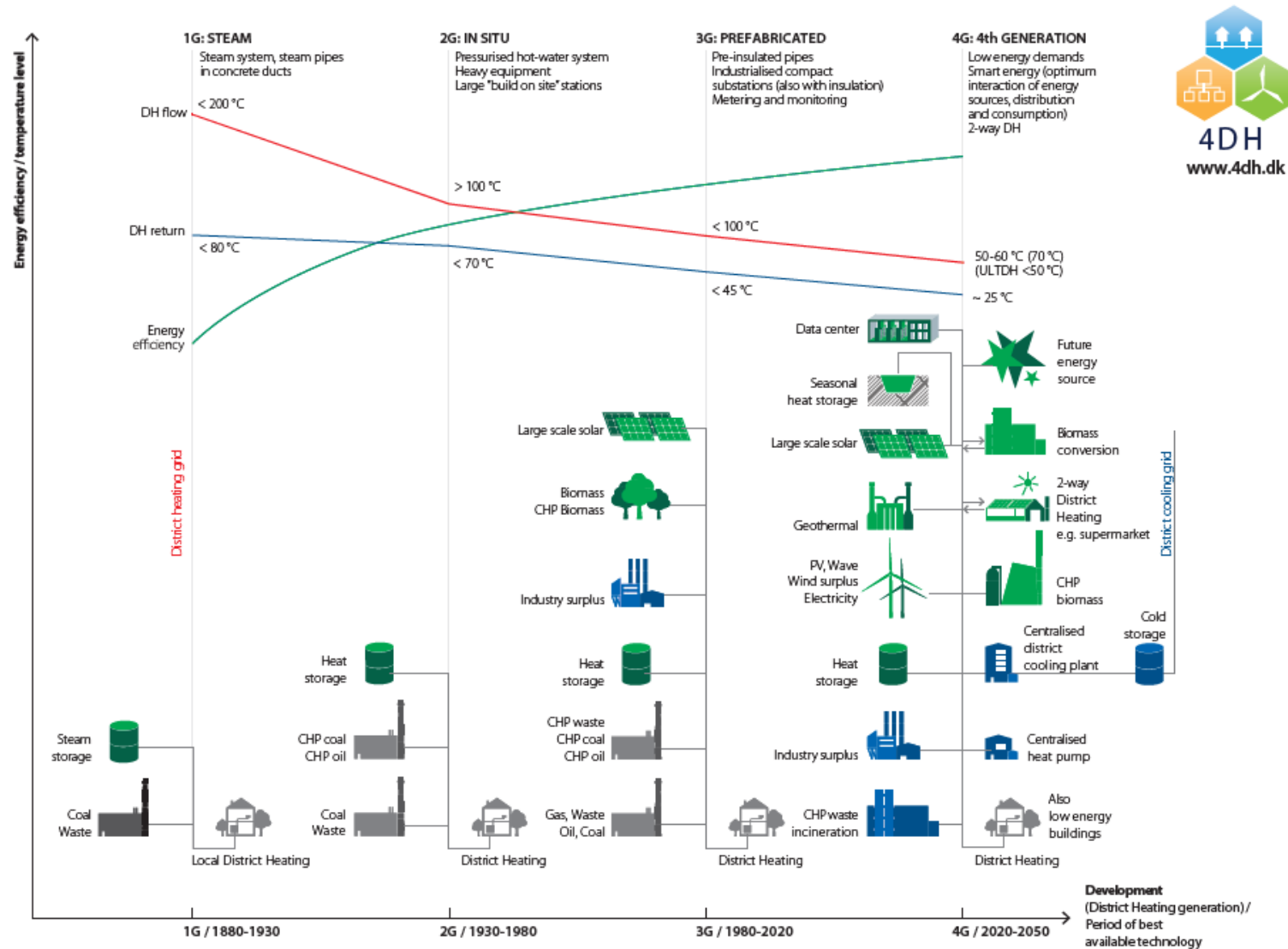


- współczynnik emisji CO<sub>2</sub> z kotła węglowego o sprawności 84%: **0,11 t CO<sub>2</sub>/GJ**
- współczynnik emisji CO<sub>2</sub> z kotła gazowego o sprawności 92%: **0,06 t CO<sub>2</sub>/GJ**
- zmiana ceny uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> z 5 EUR/t do 25 EUR/t odpowiada zmianie jednostkowego kosztu wytwarzania
  - o około 10 zł/GJ dla kotłów węglowych
  - o ponad 5 zł/GJ dla kotłów gazowych

# Średnie ceny wytwarzania ciepła i opłat przesyłowych

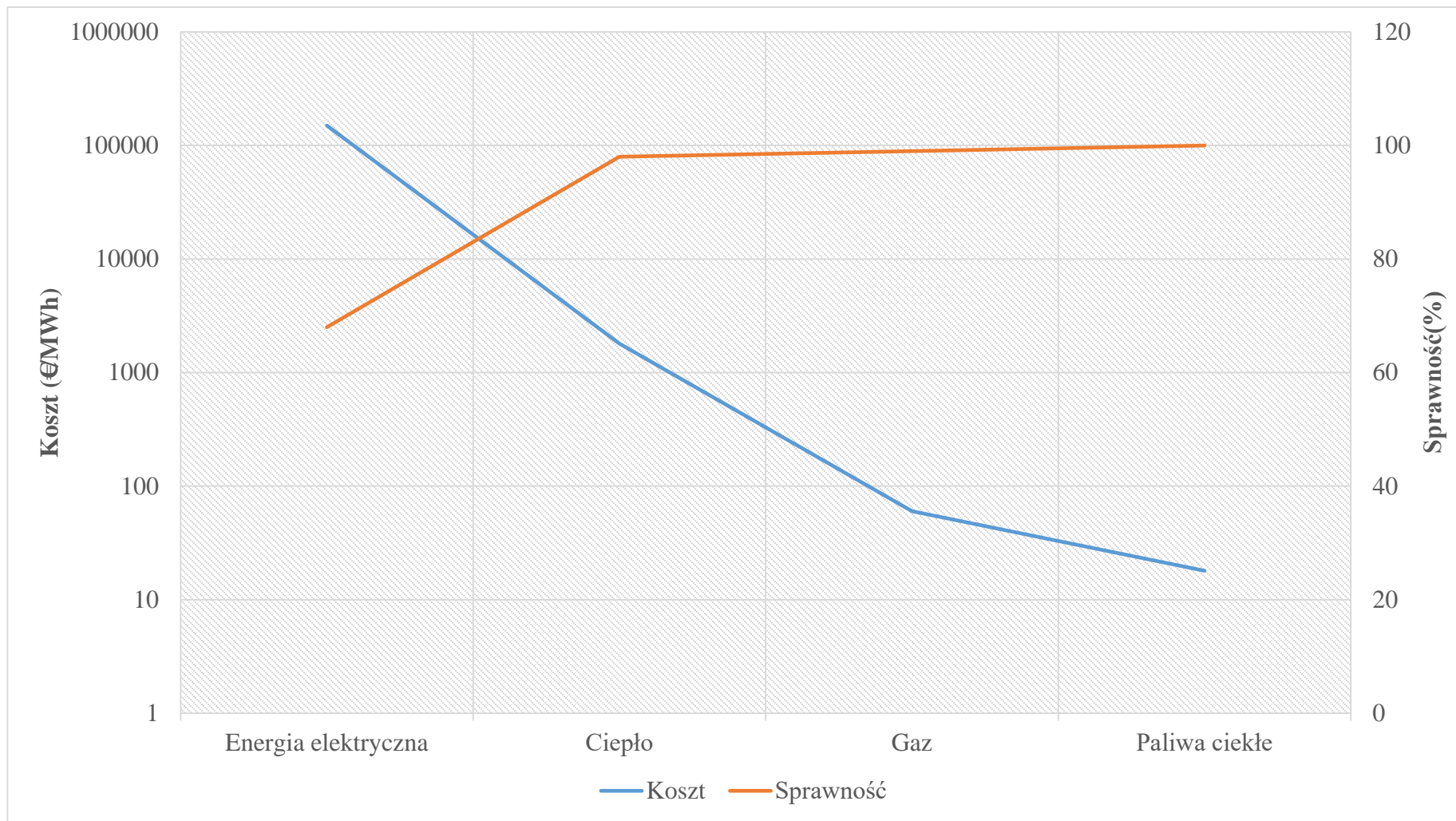


# Systemy ciepłownicze 4tej generacji

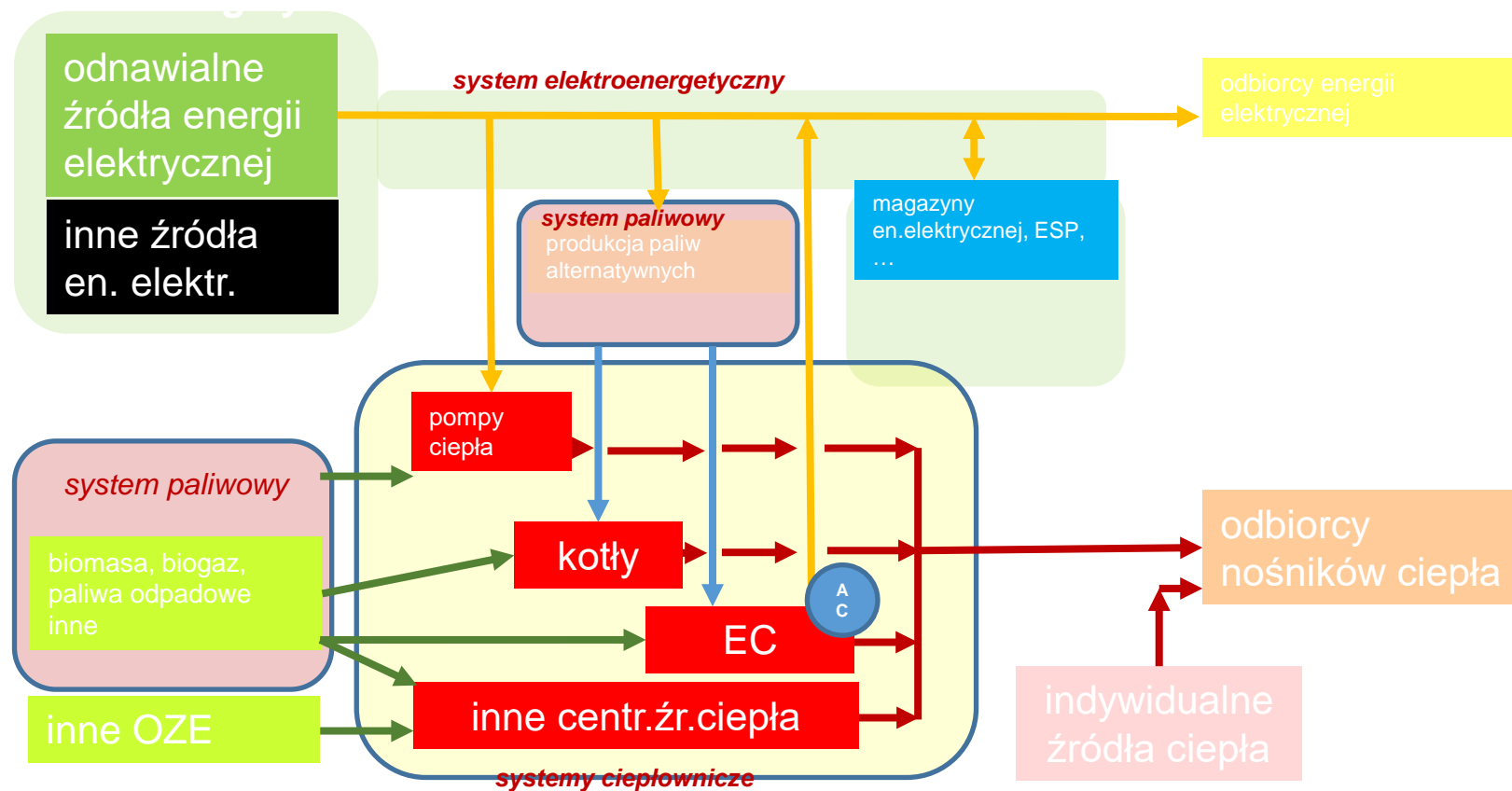




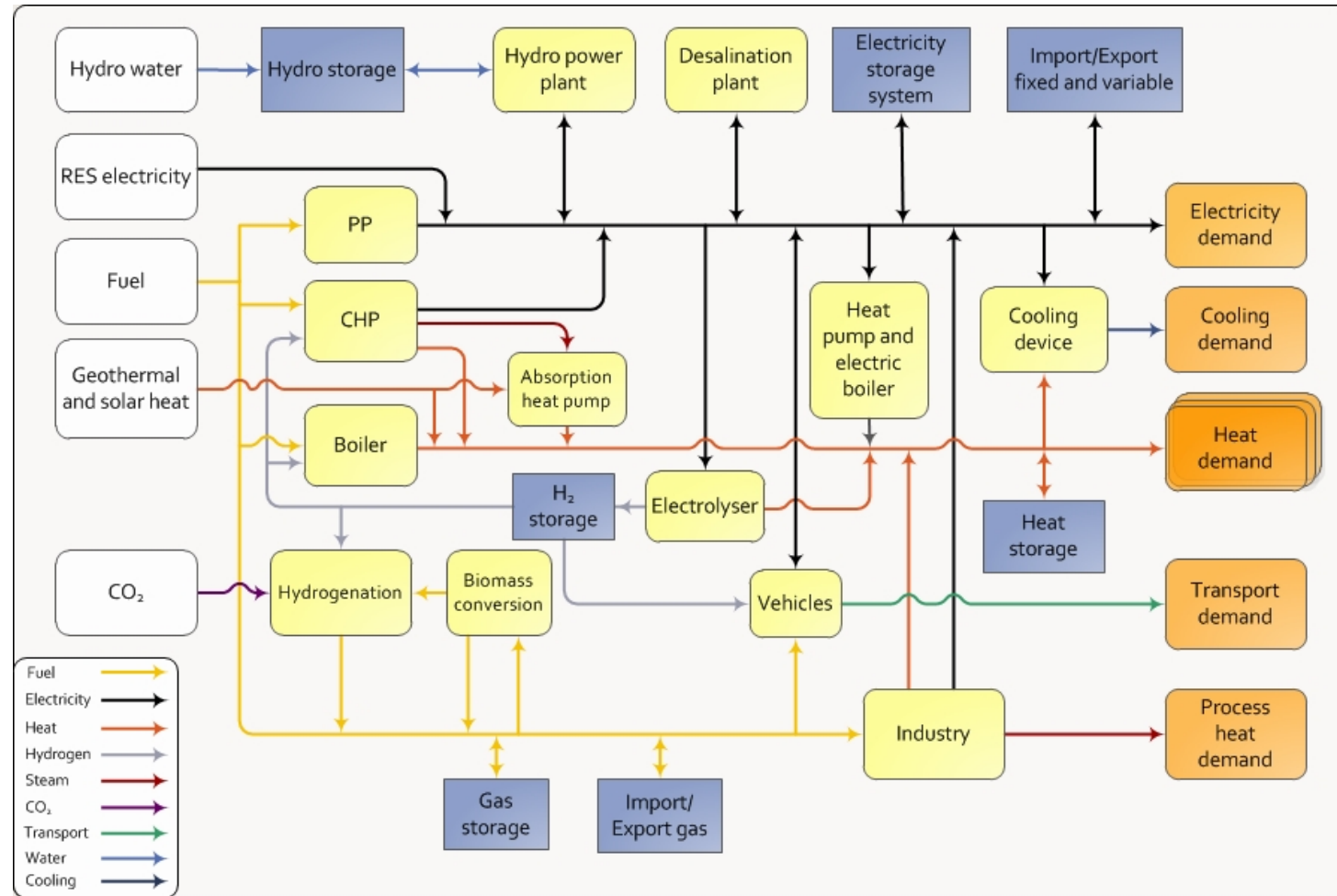
# Koszty magazynowania energii vs sprawność



# Perspektywiczne znaczenie funkcjonowania systemów ciepłowniczych



# Smart Energy System



# Smart Energy Systems

