Zmiennofazowe magazyny ciepła i chłodu

Plan prezentacji

1. Wstęp – kontekst historyczny
2. Motywacja – w odniesieniu do realnych problemów występujących w systemach ciepłowniczych

3. Przedstawienie technologii zmiennofazowych magazynów ciepła o potencjale aplikacyjnym:

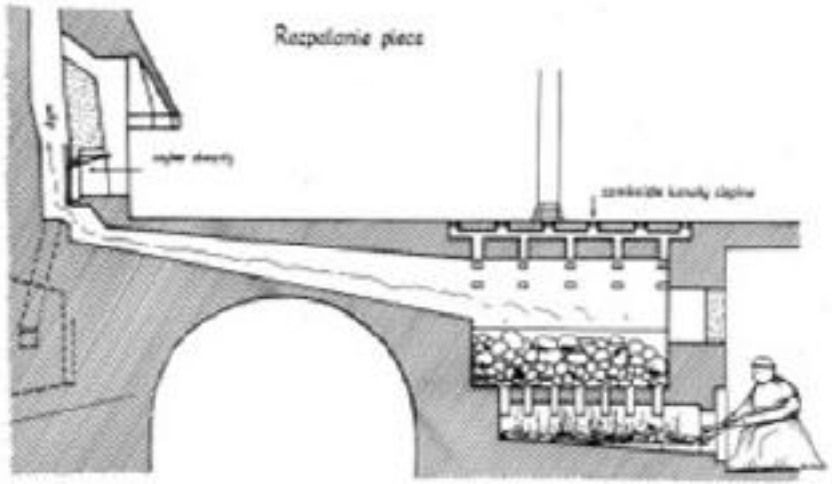
   a) *Magazyny ciepła – magazyn przy węźle ciepłowniczym*

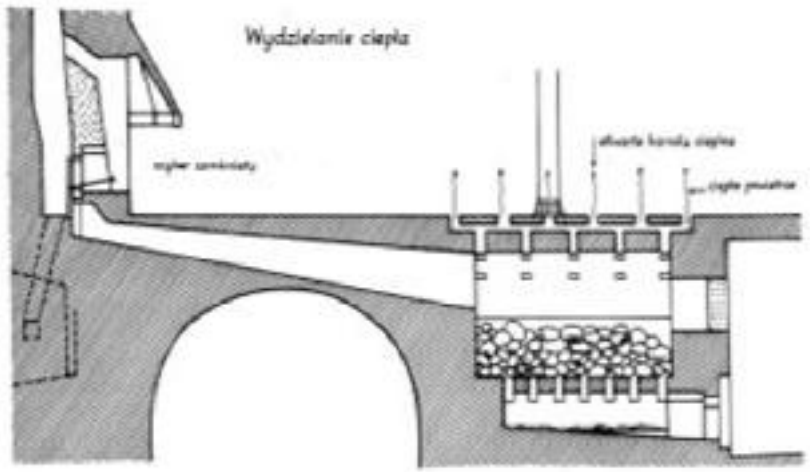
   b) Magazyny ciepła – magazyn do przewozu ciepła,

   c) *Magazyn chłodu współpracujący z układem generacji chłodu z ciepła sieciowego*

4. Podsumowanie

Od wieków próbujemy zakumulować ciepło
Zamek w Malborku - przykład - ogrzewanie podłogowe z akumulacją ciepła



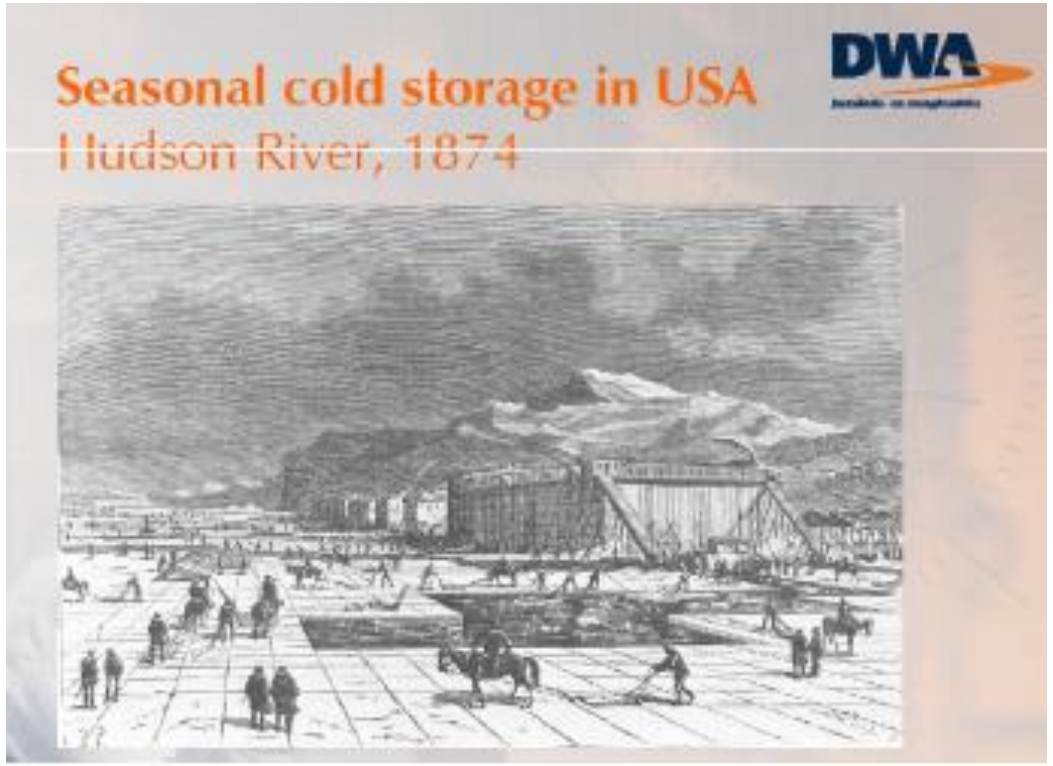


Największy piec znajdował się pod Wielkim Refektarzem.
Składał się z dolnej, przesklepionej komory paleniska, nad którą leżała **komora akumulacyjna** (ok. **6 m^3**) wypełniona do połowy swej wysokości kamieniami.

Magazynowanie chłodu – historia

Wycinanie bloków lodowych jako wsad do magazynów chłodu

Sezonowy magazyn chłodu na rzece Hudson



Sposoby magazynowania energii cieplnej

Magazynowanie ciepła w postaci jawnej

(*ang. sensible heat storage, SHS*)

– układy wykorzystujące ciepło właściwe: np. woda i jej roztwory, nośniki ciepła, skały;

Magazynowanie ciepła w postaci utajonej

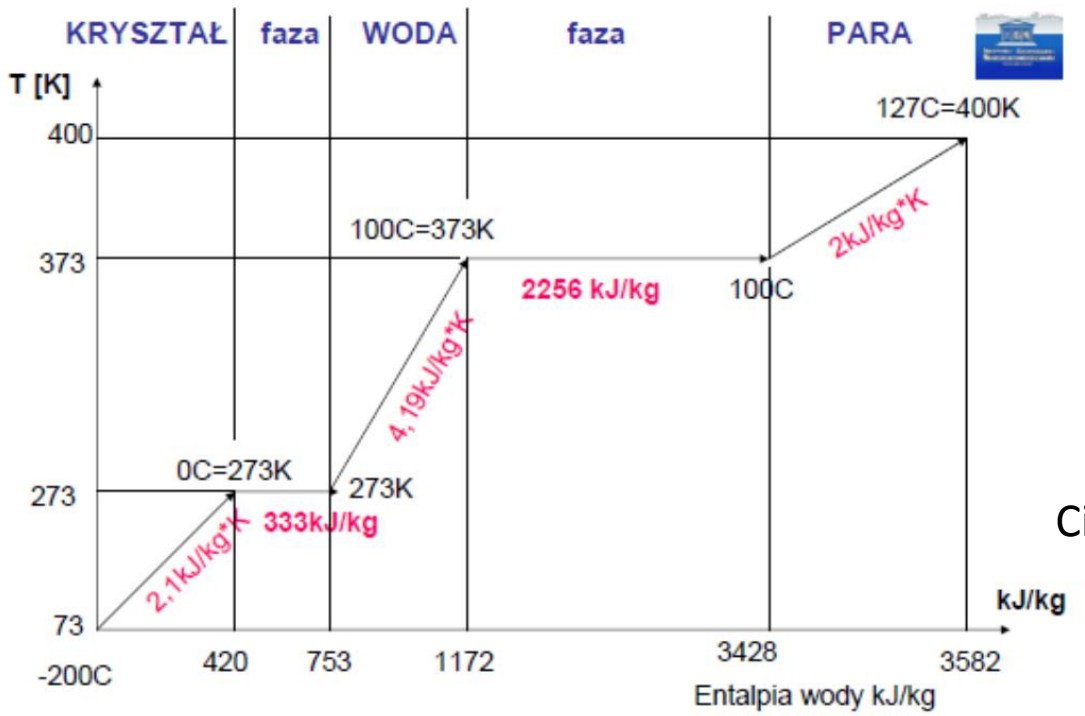
(*ang. latent heat storage, LHS*)

– układy wykorzystujące **ciepło przemiany fazowej**: np. woda i jej roztwory, parafiny, metale;

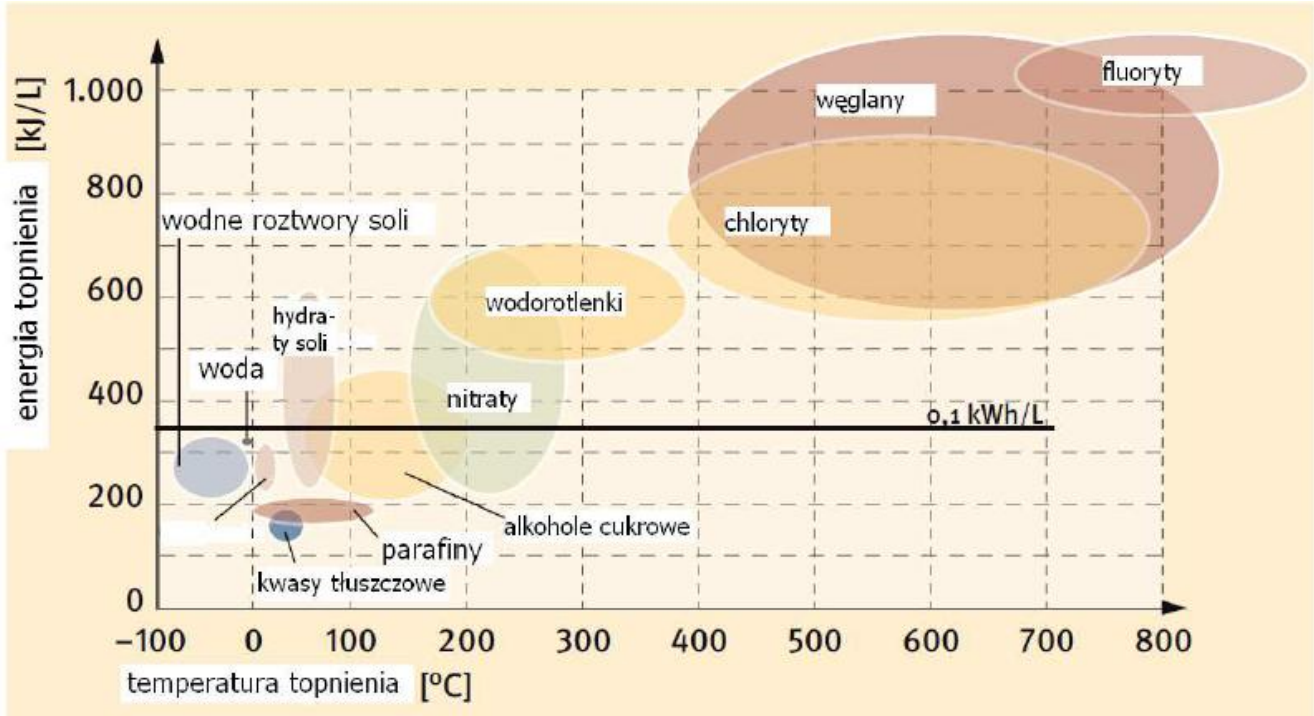
Materiały zmiennofazowe
(ang. ***p**hase **c**hange **m**aterials*, PCM)

Magazynowanie wykorzystujące konwersję w inny rodzaj energii

- obejmuje odwracalne reakcje chemiczne oraz produkcję paliw (reakcje termochemiczne);



Ciepło przemiany fazowej vs. temperatura



Dostępne rodzaje materiałów zmiennofazowych

Motywacja:

a) Występujące niedopasowanie poziomu generacji źródła do poziomu odbioru:
   - okresowe (godzinowe, dobowe, tygodniowe)
   - stałe (zmiana technologii po stronie odbioru)

b) Występujące różnice w koszcie wytworzenia (zakupu), powstająca potrzeba generacji w innym czasie niż odbiór,

c) Występująca potrzeba czasowego zastąpienia źródła (awarie, remonty),

d) Istnienie źródła oddalonego od odbiorcy, brak możliwości technicznych bądź nieopłacalność wykonania inwestycji w stałe instalacje przesyłowe,

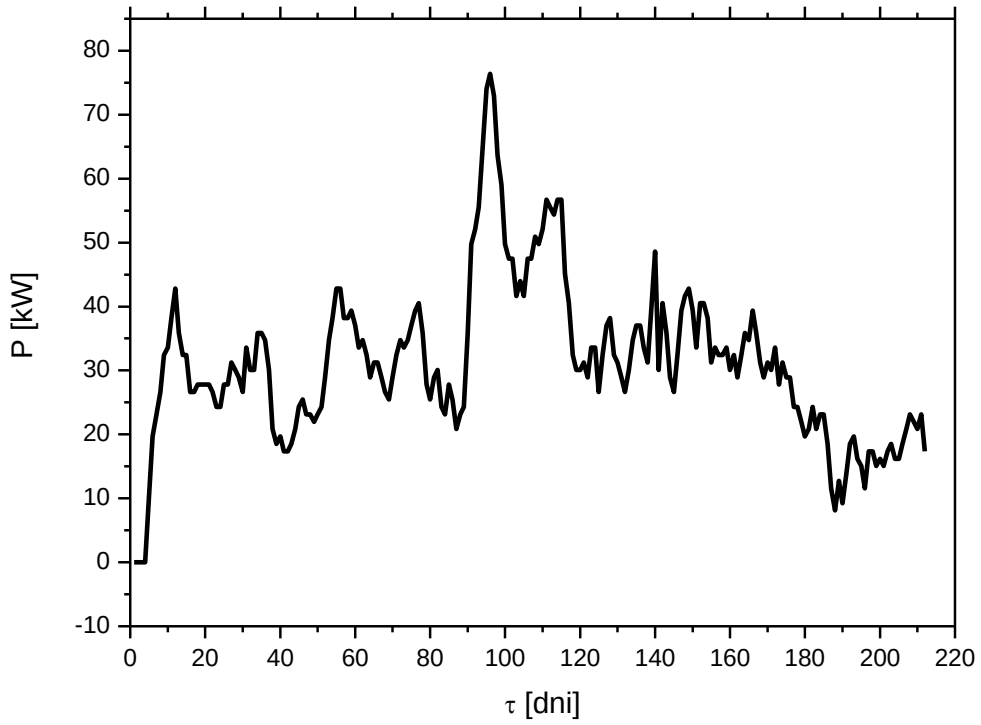
e) Wykorzystanie systemów magazynowania w dedykowanych zagadnieniach elektroniki, budownictwa itp.

Występujące niedopasowanie poziomu generacji źródła do poziomu odbioru – studium przypadku.

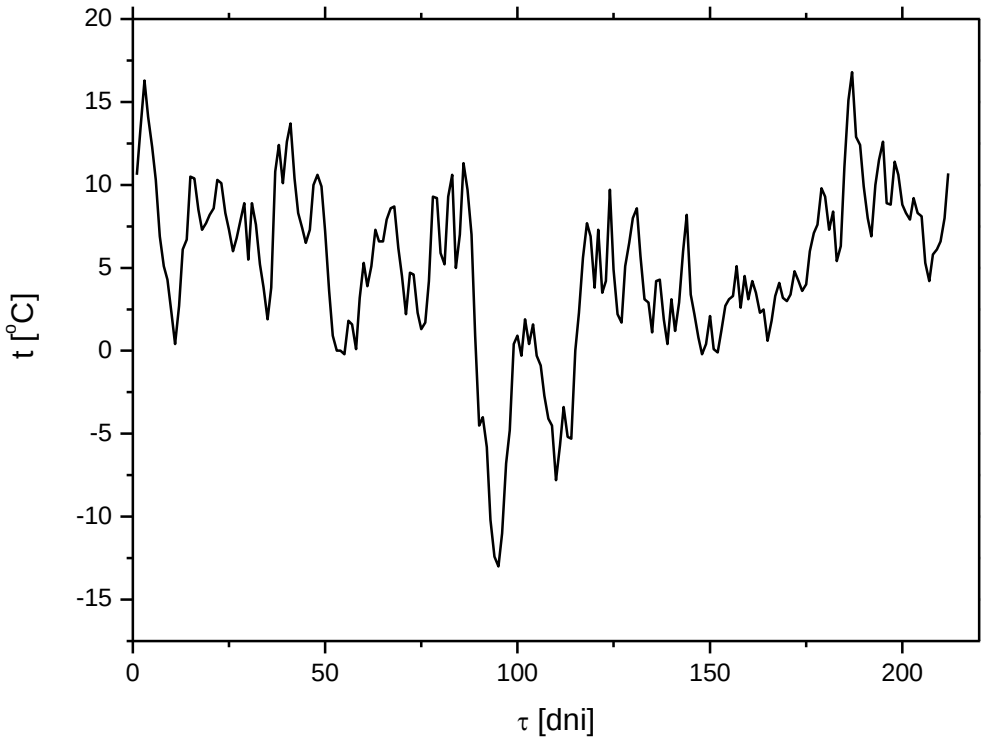
Przykładowa starówka

Przykładowe kotły gazowe (160kW)

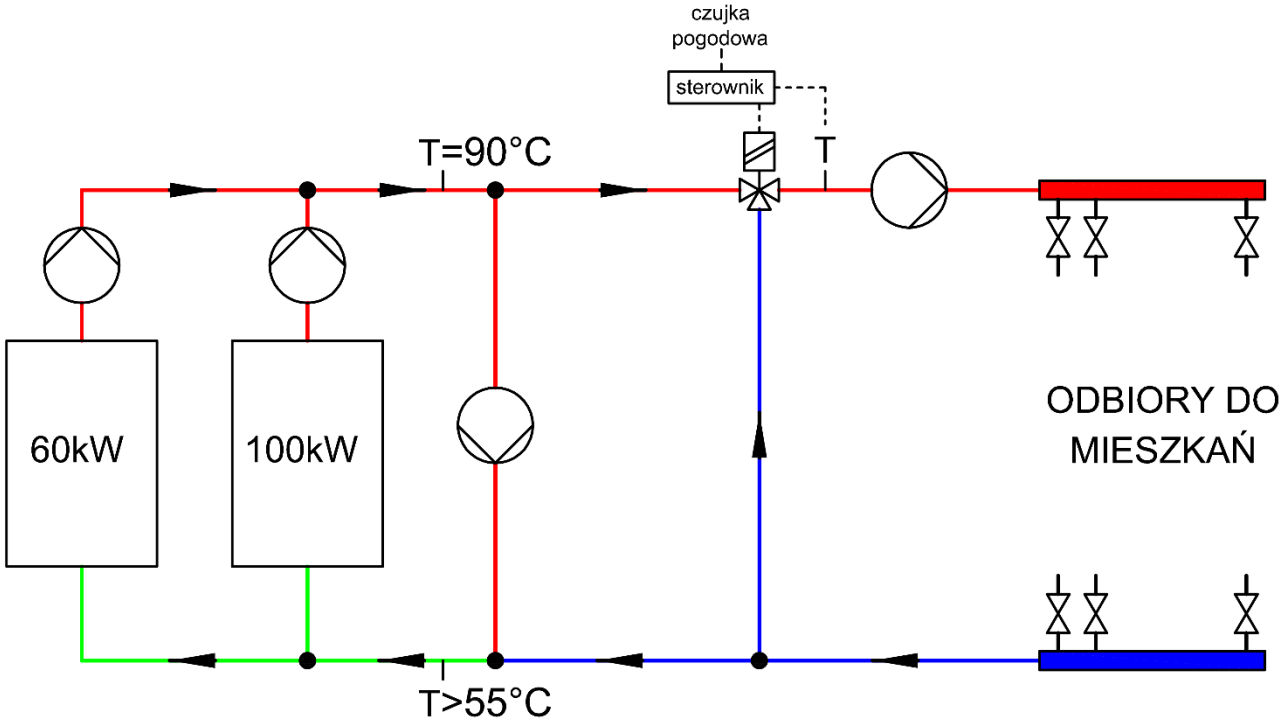
Przykładowe miejsce montażu magazynu ciepła



Zapotrzebowanie na ciepło dla przykładowego obiektu
w okresie od 2015.10.01 do 2016.04.30 (dane rzeczywiste)

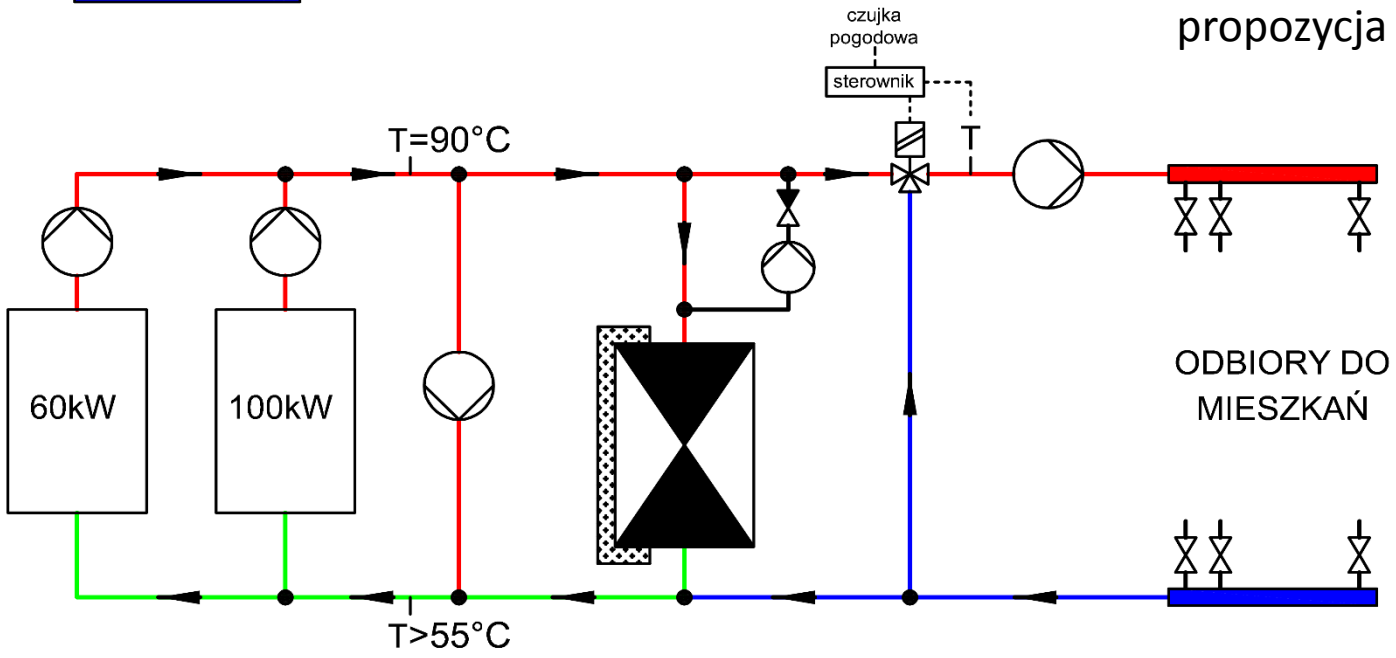


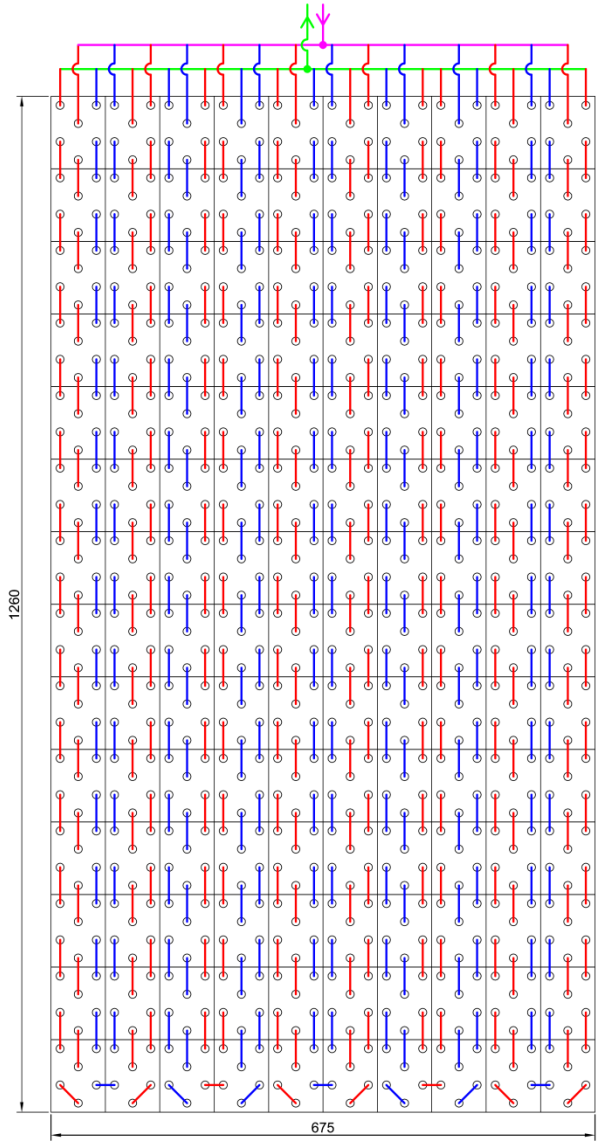
Temperatura zewnętrzna



stan obecny

propozycja





Zaproponowane rozwiązanie magazynu z materiałem PCM
– dwa zbiorniki o łącznej pojemności cieplnej 50kWh liczonej dla zakresu temperatur 73-83 C,

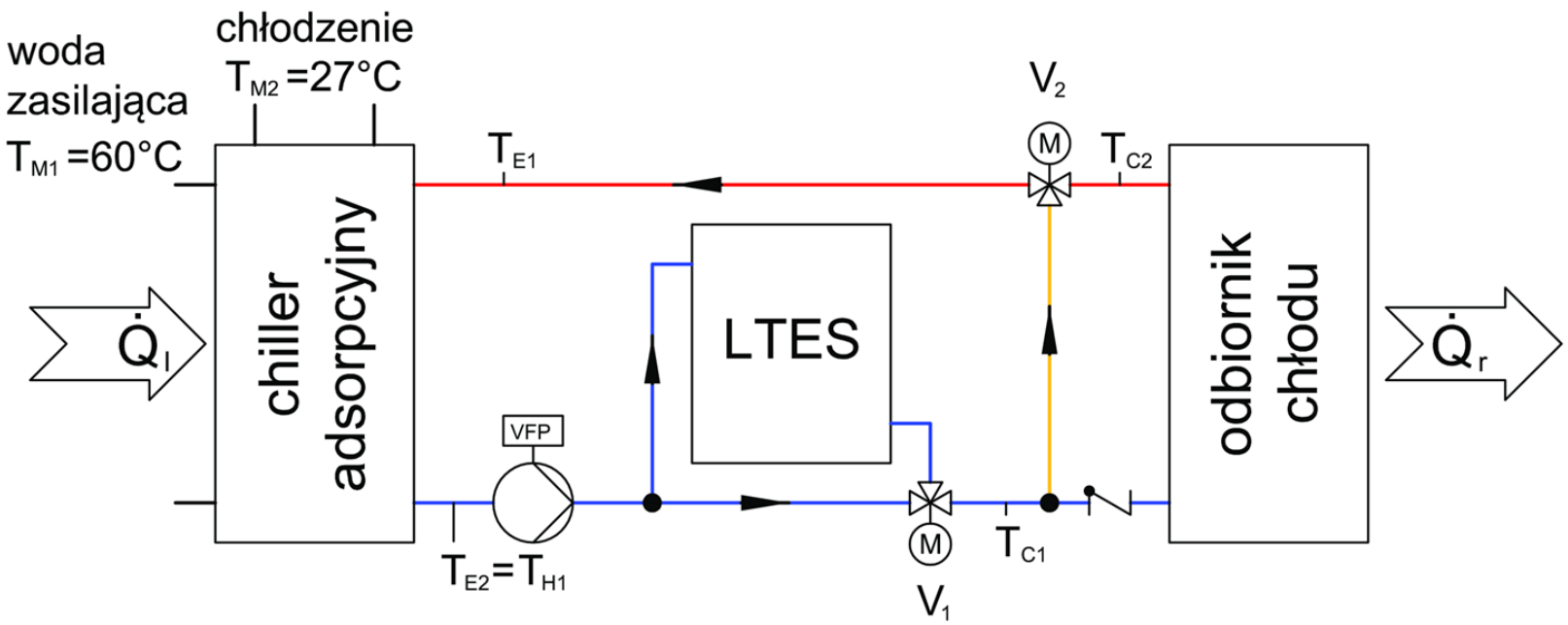
Efekt techniczno-ekonomiczny wzrost sprawności generacji ciepła przez kotły z obecnych około 45% do 80%.

Zaprojektowana konfiguracja połączeń nośnika ciepła.

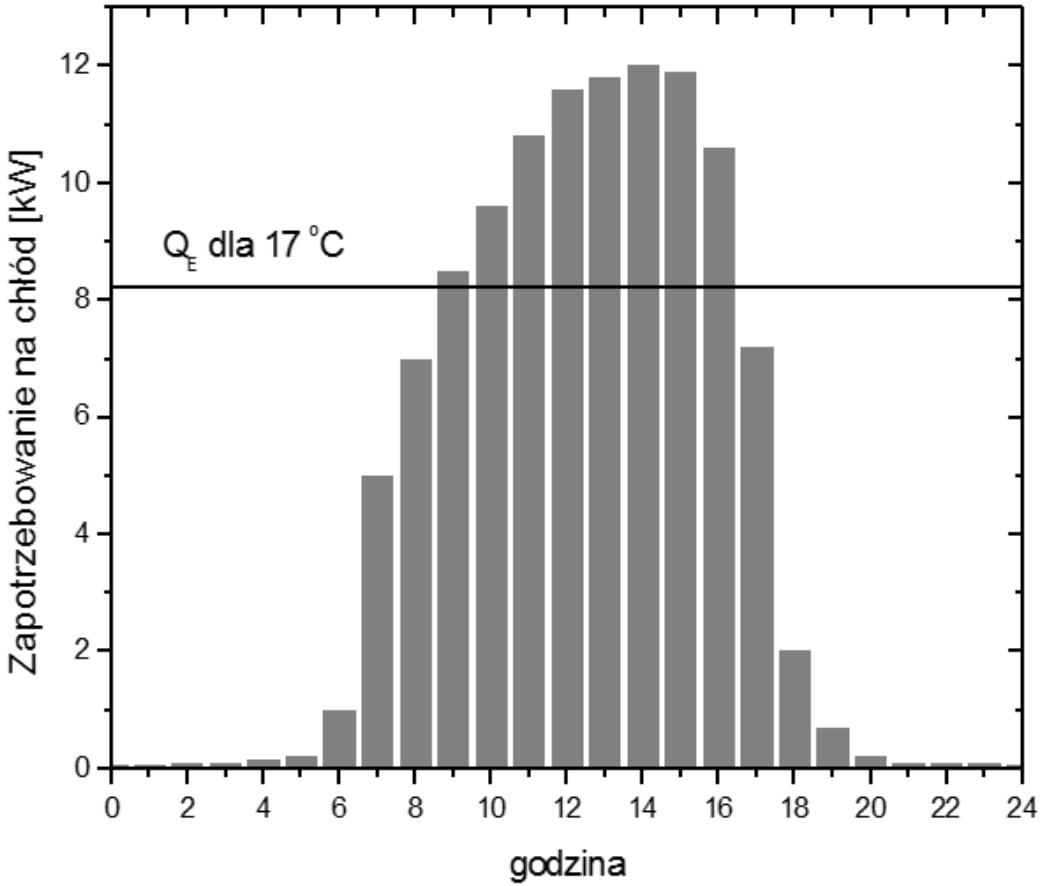
Kino 5D – Przykładowy obiekt

Fotografia agregatu adsorpcyjnego

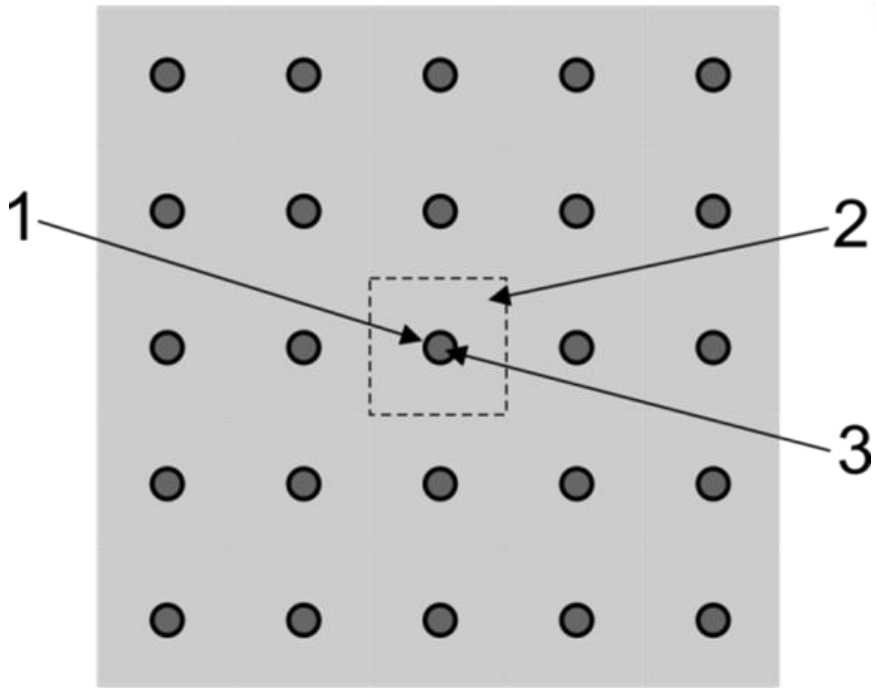
System generacji chłodu z wykorzystaniem agregatu SortTech e2.0



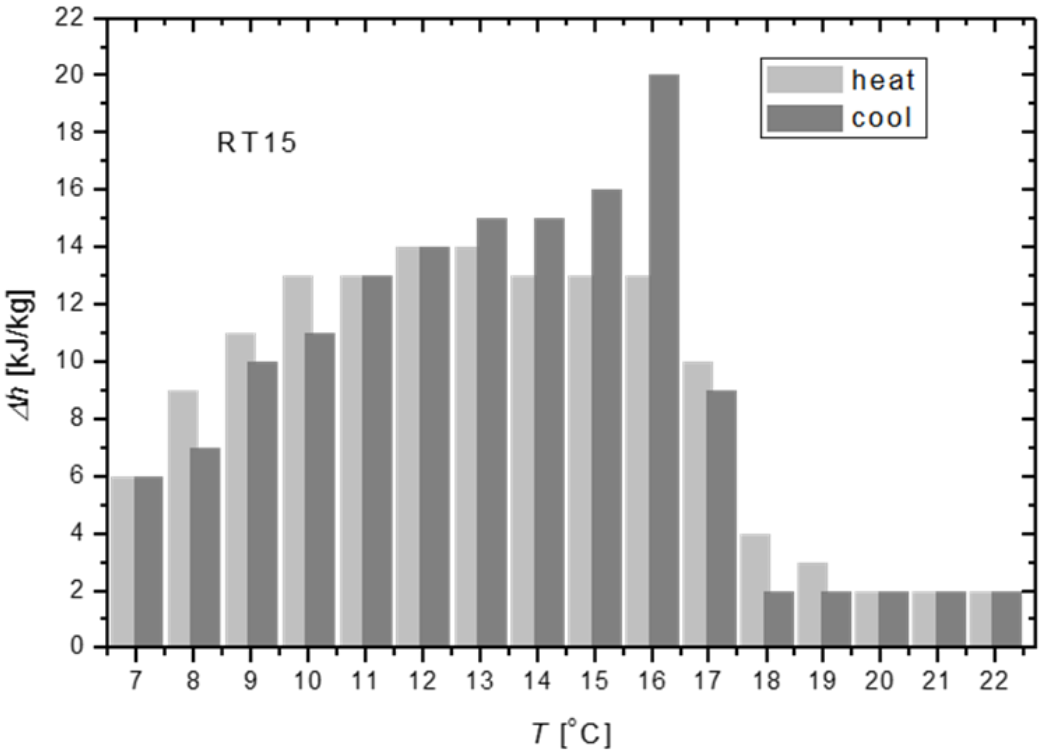
Schemat instalacji chłodniczej: V_1 – trójdrogowy zawór regulacyjny, V2 – trójdrogowy zawór odcinający, LTES – zasobnik chłodu z materiałem PCM (Latent Thermal Energy Storage)



Wstępne oszacowanie charakterystyki godzinowej zapotrzebowania na chłód odbiornika (pomieszczeń biurowych), linią poziomą zaznaczono wydajność agregatu adsorpcyjnego dla średniej temperatury HTF w wymienniku chillera T_E = 17 °C



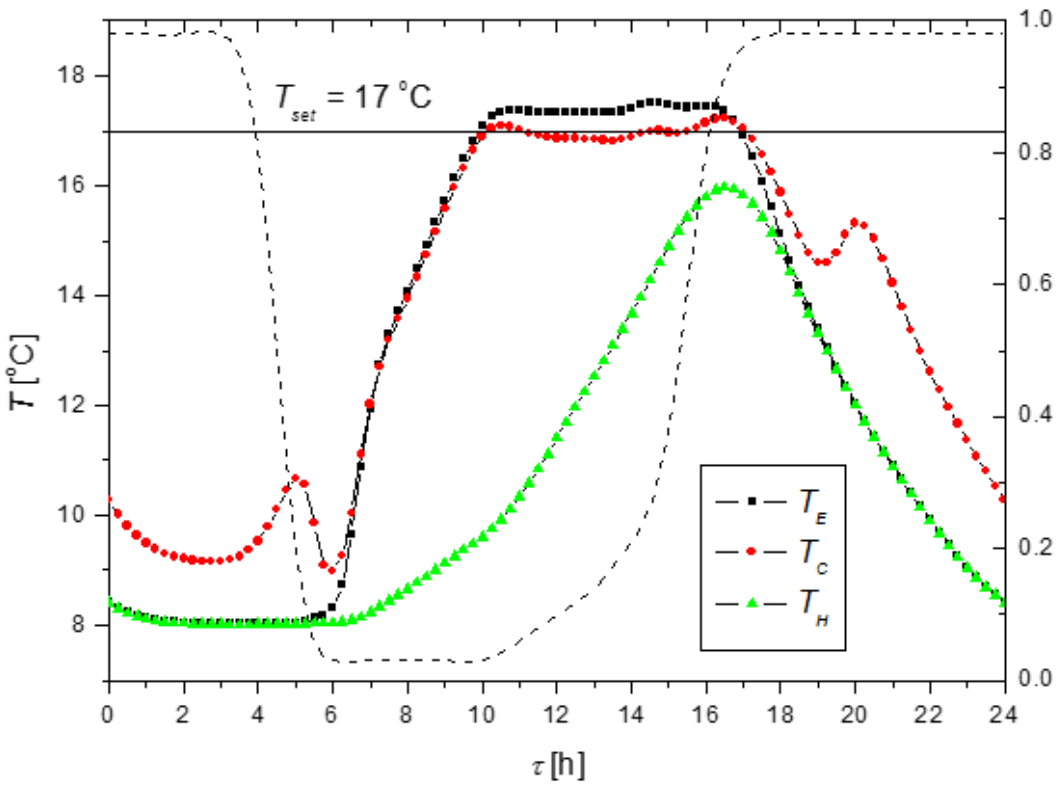
geometria wymiennika ciepła wykorzystane w obliczeniach modelowych: 1 – rurka polipropylenowa, 2 – materiał zmiennofazowy (PCM), 3 – nośnik ciepła (HTF)

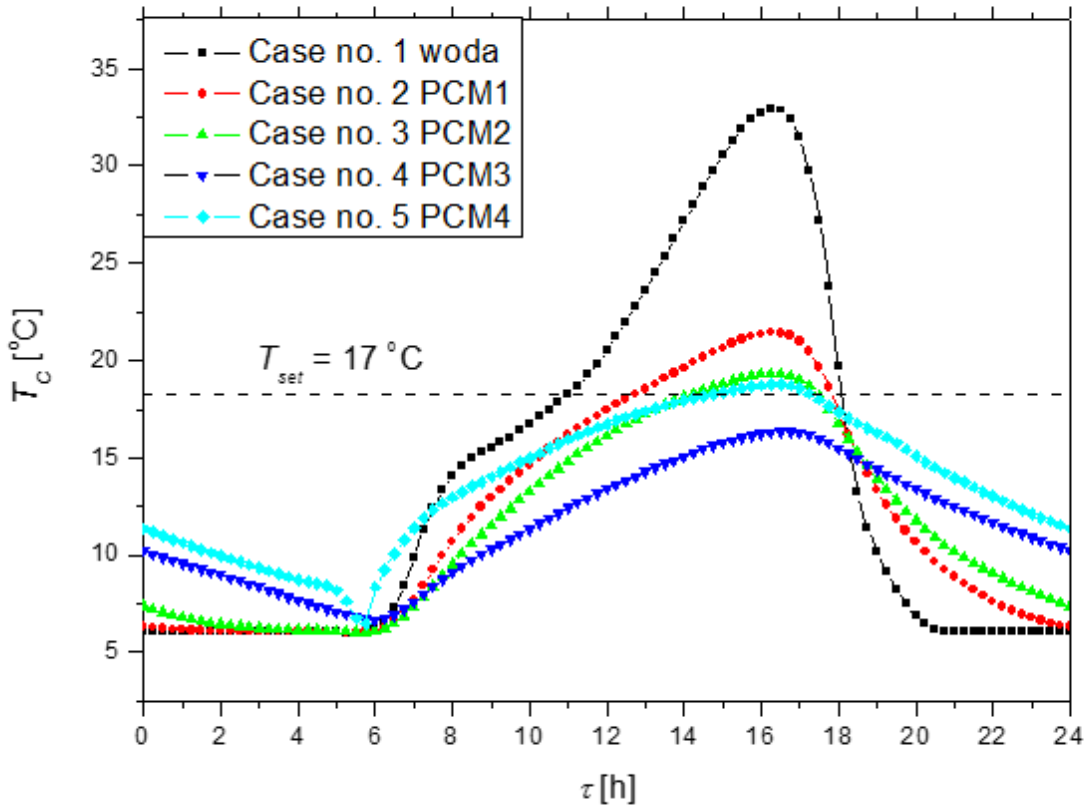


Przyrosty entalpii dla jednostkowych przyrostów temperatury osobno dla procesu ogrzewania i chłodzenia, materiał komercyjny RUBITHERM RT15

Przyjęte założenia obliczeniowe (projektowe):

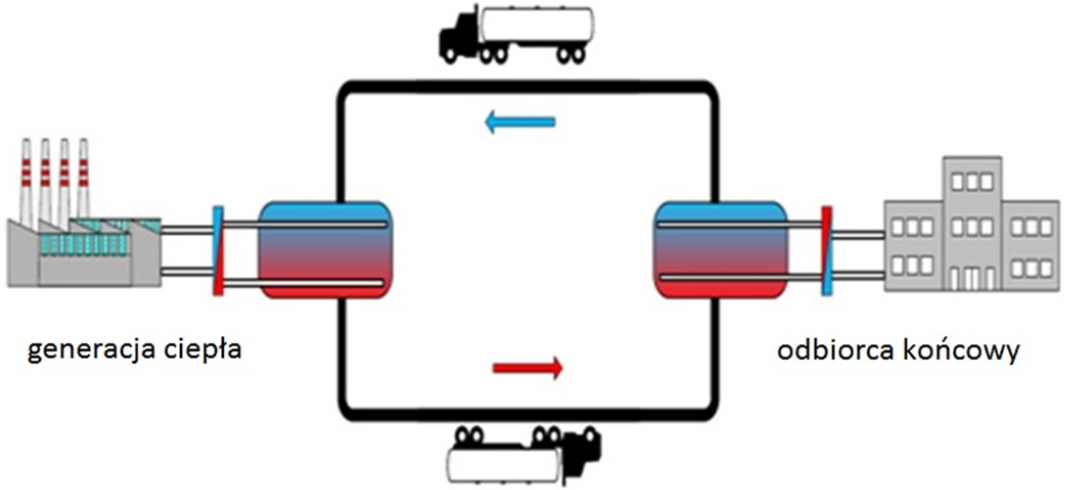
- dobowe zapotrzebowanie odbiornika na chłód – 99 kWh
- stała temperatura wody zasilającej – T_{M1} = 60 °C,
- stała temperatura wody chłodzącej – T_{M2} = 27 ° C,
- ziębiwo (HTF) – water,
- stały strumień masy ziębiwa – 2900 kg/h,
- analizowane materiały zmiennofazowy – RUBITERM RT15, RT12
- objętość HTF w adsorberze i odbiorniku – 5 dm^3,
- pożądana średnia temperatura w odbiorniku podczas okresu pracy układu klimatyzacyjnego T_C = 17 ° C.





Dobowa zmiana średnich temperatur nośnika ciepła dla parownika T_E, odbiornika chłodu T_C, magazynu PCM T_H , linią przerywaną zaznaczono stopień otwarcia zaworu regulacyjnego V1.

Idea transportu ciepła



Szacunkowa pojemność cieplna magazynu o wielkości **20 stopowego** kontenera (najbardziej rozpowszechniony w polskich warunkach) wynosi **około 3.6 GJ**. Taki magazyn zabezpiecza działanie systemu ciepłowniczego średniej wielkości szkoły w okresie zimowym (styczeń - zużycie 100GJ) przez **około 28 godzin**.

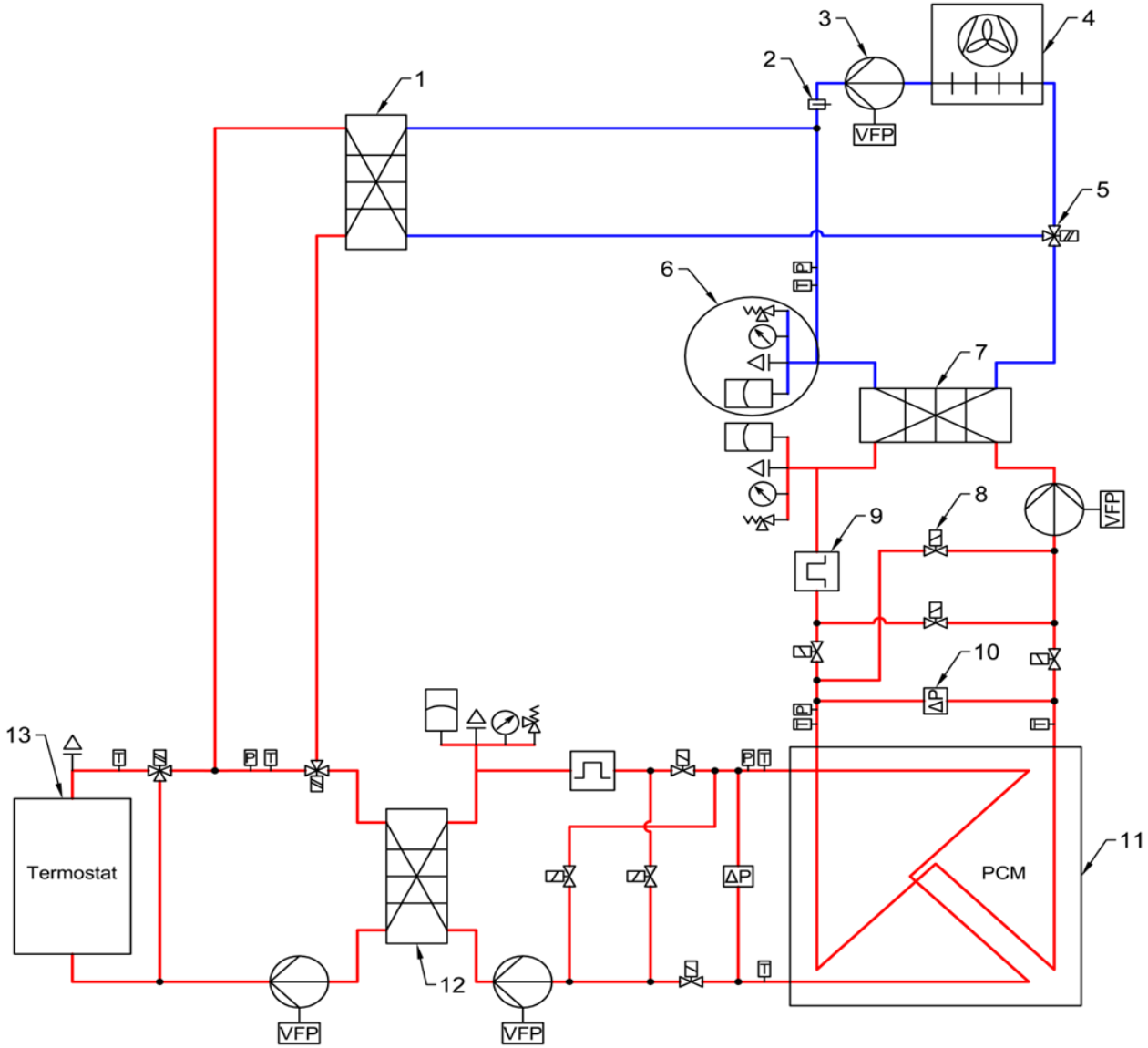
Zalety proponowanego rozwiązania:

- możliwość dostarczania ciepła odbiorcom bez dostępu do sieci ciepłowniczej;
- możliwość zagospodarowania nadmiaru ciepła, które było dotychczas rozpraszane;
- możliwość zabezpieczenia pracy węzła w sytuacji awaryjnej, dowóz ciepła do obszaru awarii.

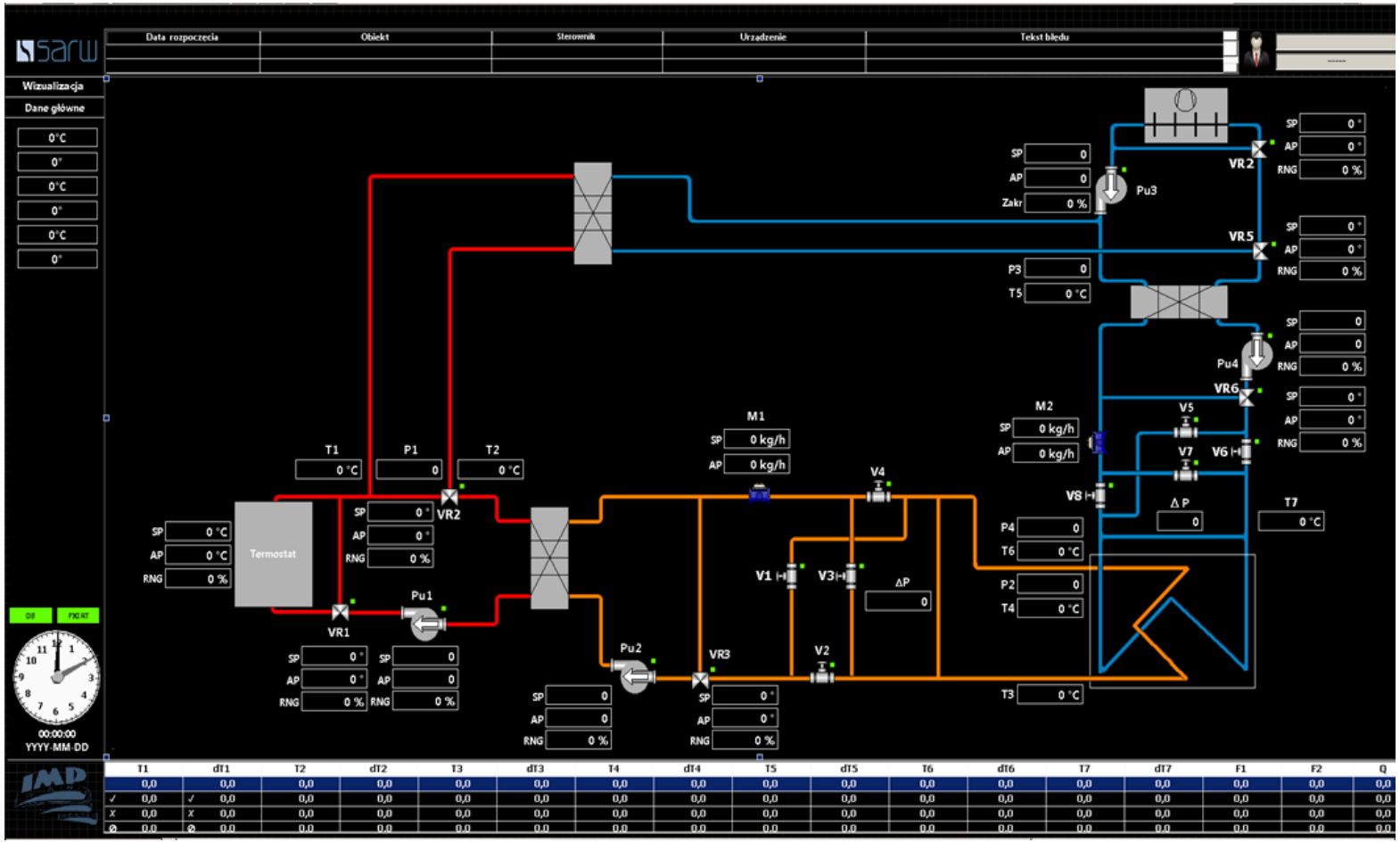
System magazynowania energii elektrycznej:
- akumulatorownia
- stacje ładowania samochodów elektrycznych
- samochód elektryczny
Magazyny ciepła:
- Zbiorniki akumulacyjne wysoko i niskotemperaturowy 2x 5m³
- magazyn TTES (Tank Thermal Energy Storage 50m³)
- magazyn BTES (Borehole Thermal Energy Storage)
- magazyn ciepła z PCM 2x1 m³
Magazyn chłodu:
- Zbiornik akumulacyjny wody lodowej 5m³

Laboratorium badań materiałów zmiennofazowych i magazynów ciepła – CB Jabłonna

- badania prototypowych magazynów ciepła z przemianą fazową na dedykowanym, uniwersalnym stanowisku.
- badania zarówno magazynów wysokotemperaturowych (>100°C) jak i niskotemperaturowych
- badania nad czynnymi i biernymi systemami magazynowania
- analizy możliwości zwiększenia współczynników przewodzenia ciepła materiałów zmiennofazowych
- analizy możliwości poprawy własności cieplno przepływowych w magazynach ciepła z przemiana fazową
- badania nietypowych czynników do zastosowań w magazynach ciepła



Schemat obiegu obciążenia cieplnego magazynu ciepła:
1 – płytowy wymiennik ciepła sprzęgający układ grzania i chłodzenia,
2 - wskaźnik przepływu,
3 - pompa obiegowa układu chłodzenia,
4 - chłodnica wentylatorowa (umieszczona na zewnątrz budynku),
5 - zawór trójdrogowy regulacyjny,
6 – zespół elementów pomocniczych (naczynie wzbiorcze, zawór odpowietrzający, manometr, zawór bezpieczeństwa),
7 – płytowy wymiennik ciepła układu chłodzenia,
8 - zawór elektromagnetyczny odcinający,
9 - przepływomierz masowy Coriolisa,
10 - przetwornik różnicy ciśnień,
11 - magazyn ciepła z dwoma obiegami,
12 – płytowy wymiennik ciepła układu grzania,
13 - podgrzewacz elektryczny (termostat), na rysunku zaznaczono kolorem czerwonym część instalacji pracującej do temperatury 310°C, kolorem niebieskim zaznaczono część instalacji pracującej do temperatury 90°C



Wycinek z graficznego interfejsu użytkownika programu do rejestracji danych na instalacji do badań magazynów ciepła z materiałami PCM

Podsumowanie

1. Przedstawiono możliwości aplikacyjne zmiennofazowych magazynów ciepła dla wybranych konkretnych zastosowań

2. Przedstawiono rozwiązania techniczne odpowiednie dla przedstawionych możliwości aplikacyjnych