



POLITECNICO  
MILANO 1863

tecnalia



THERMOWATT



Solintel

HYPERTECH  
energy labs

IZNAB Sp. z o.o.  
"Innovation Oriented To Business"

FAHRENHEIT



HEAT4COOL

Proponowany system 2:

# Pompa ciepła DC wspierana przez instalację fotowoltaiczną i magazyny ciepła PCM

## Wytyczne do projektowania i wymiarowania

Sunamp  
Heat Batteries™

ehpa  
european  
heat pump association

Symelec  
ENERGIAS RENOVABLES

HOCHSCHULE  
LUZERN



Heat4COOL project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 723925



# Spis treści

## Projekt systemu

- Instalacja fotowoltaiczna
- Powietrzna pompa ciepła DC
- Magazyny PCM
- System rezerwowy

## Wymiarowanie systemu

- Instalacja fotowoltaiczna
- Powietrzna pompa ciepła DC
- Magazyny PCM

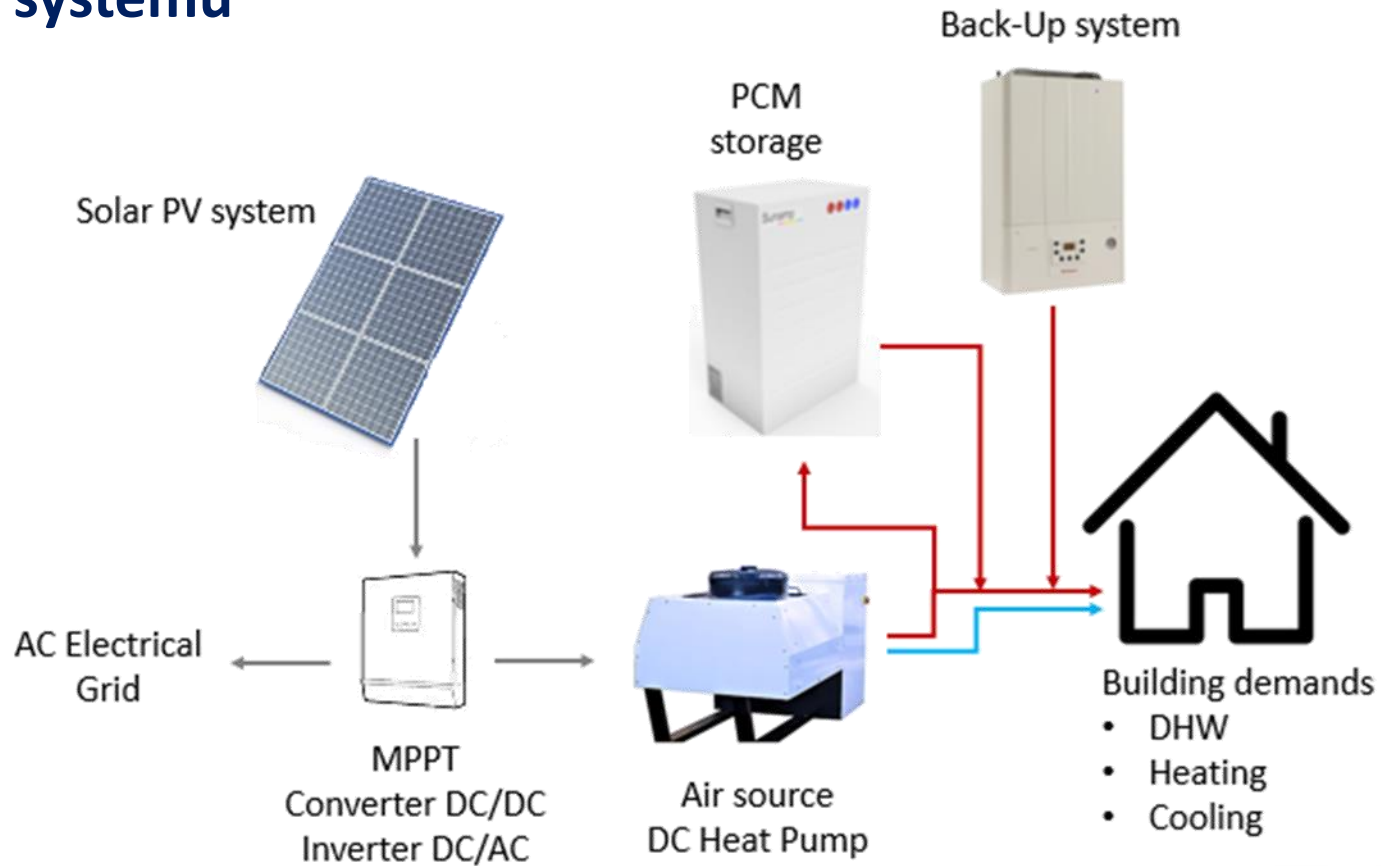
## Optymalizacja pracy





# Projekt systemu

## Układ systemu





# Projekt systemu

## Projekt instalacji fotowoltaicznej

- Komponenty: Moduły PV, falownik (zintegrowany z MPPT), skrzynki ochronne.
- Dopasowany do technologii mono- i polikrystalicznej.
  - Ogniwa monokrystaliczne są wydajniejsze, ale droższe
  - Zasada: rozważyć wydajność modułu (produktywność/powierzchnia)
- Rozpatrzyć wszystkie istotne przepisy samorządowe i krajowe
  - Przepisy bezpieczeństwa
  - Regulacje estetyczne
  - Przepisy dot. podłączenia do sieci





# Projekt systemu

## Projekt powietrznej pompy ciepła DC

Praca zespołu zależy od temperatury źródła:

- Należy w miarę możliwości unikać wprowadzania wymienników ciepła między pompę ciepła i źródła temperatury
- Używać niskotemperaturowych systemów emisji
- Ostrożnie określać temperaturę produkcji:
  - Pełne zaspokojenie zapotrzebowania na ciepło → wysoka temp. produkcji → niższa wydajność
  - Częściowe zaspokojenie zapotrzebowania na ciepło → wyższa wydajność / niższe zaspokojenie zapotrzebowania



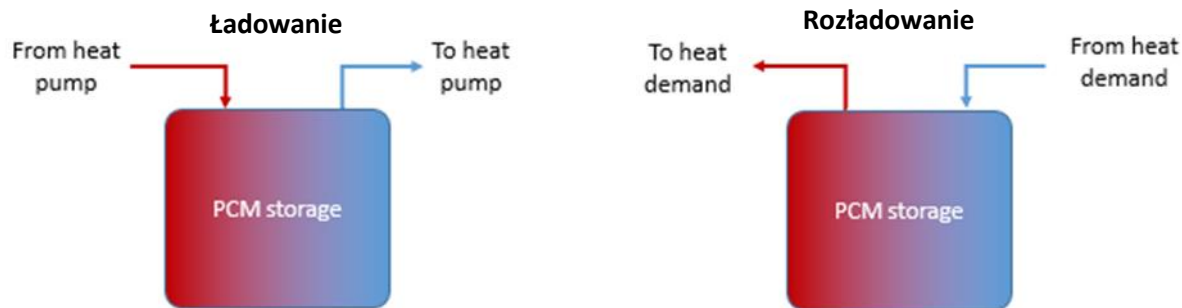


# Projekt systemu

## Projekt powietrznej pompy ciepła DC

Złącze instalacji wodnej: do odbiornika i magazynu PCM

Złącze magazynu PCM: wyjście do rozładowania w tej samej strefie co wejście do ładowania



Przy modernizacji starych instalacji interesującym rozwiązaniem może być wymiennik ciepła między pompą ciepła i obwodem odbiornika, zapewniający nowym częściom systemu bezpieczeństwo (ale wymuszający wyższe koszty inwestycyjne i operacyjne).





# Projekt systemu

## Projekt powietrznej pompy ciepła DC

Tryb chłodzenia:

Wykonalny, jeśli zapotrzebowanie na chłodzenie jest na tyle duże, by dodatkowe inwestowanie w stosowne modyfikacje instalacji było opłacalne.

Rozmieszczenie zespołów:

- Parownik umieszczony na zewnątrz
- Rozpatrzyć przepisy samorządowe i krajowe





# Projekt systemu

## Projekt magazynu PCM

Konieczny w celu odłączenia produkcji od pobierania.

Definicja temperatury zmiany faz (PCT):

- PCT > najwyższa wymagana temp. dla odbiornika ciepła/ciepłej wody: Zapotrzebowanie na ciepło może być w pełni zaspokojone przez magazyn PCM (jeśli jego pojemność jest równa zapotrzebowaniu).
- PCT < maksymalna wymagana temp. oraz PCT > zwrot ciepła: Wstępne podgrzewanie głównego zaworu wody (dla instalacji ciepłej wody) i zwrot ciepła aż do uzyskania PCT.
- PCT < temperatura zwrotu ciepła: Wstępne podgrzewanie wody (na cele użytkowe – cwu) aż do uzyskania PCT.

Pojemność magazynu ciepła: im wyższa, tym lepiej

Zakres temp. zmiany faz: im mniejszy, tym lepiej







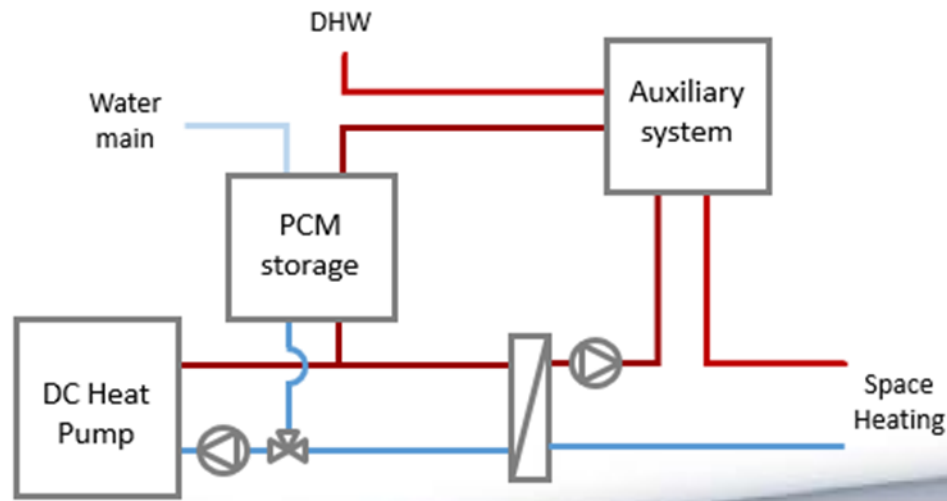
# Projekt systemu

## Projekt systemu rezerwowego

Możliwości projektowe:

- System rezerwowo: wsparcie, gdy innowacyjny system nie może pracować. Sporadyczna eksploatacja.
- System pomocniczy: uzupełniający bazową produkcję innowacyjnego systemu. Dość często eksploatowany.

W szeregu do innowacyjnego systemu.





# Projekt systemu

## Projekt systemu rezerwowego

Niski stosunek eksploatacja/wydajność → bardziej rentowny system konwencjonalny

Można rozpatrzyć różne technologie konwencjonalne w zależności od wymaganej temperatury i częstotliwości użytkowania:

| Technologia              | Koszty inwestycyjne | Koszty operacyjne | Częst. użytkowania | Osiągalna temperatura |
|--------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| Grzałka elektryczna      | Niska               | Wysoka            | Od czasu do czasu  | > 90°C                |
| Elektryczna pompa ciepła | Średnia             | Średnia           | Często             | > 55°C                |
| Kocioł opalany           | Średnia             | Średnia           | Często             | > 90°C                |





# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie systemu ogniw PV

Cel: wyprodukować wymaganą dzienną ilość energii słonecznej zasilającej pompę ciepła DC przez wymaganą liczbę godzin eksploatacji.

Ułożenie i nachylenie kolektorów zgodnie ze zwykłymi zasadami:

- Rozpatrzyć elementy zacieniające
- Rozpatrzyć przepisy samorządowe i krajowe
- Rozpatrzyć wymagane warunki dostarczenia energii do sieci
- Dostępna powierzchnia na ogniwa słoneczne

Zasada ogólna:

- Optymalne ułożenie to w kierunku równika
- Optymalne nachylenie odpowiada szerokości geograficznej miejscowości (niższe nachylenia zwiększają produkcję latem, wyższe zwiększają produkcję zimą)





# Wymiarowanie systemu

## Solar PV system sizing

### Panels distribution in strings

Maximal number of panels in a string determined by:

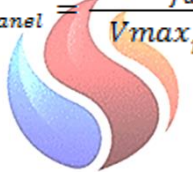
$$n_{panels} = \frac{V_{max_{inverter}}}{V_{max_{panel}}}$$

### Solar inverter capacity

Output capacity:

$$P_{inverter} = I_{max} * A_{panel} * n_{panels} * \eta_{panel} * \eta_{inverter}$$



$$n_{panel} = \frac{V_{max\_falownik}}{V_{max\_panel}}$$


# Wymiarowanie systemu

## Solar PV system sizing

### Rozłożenie paneli w szeregach

Maksymalna liczba paneli w szeregu określona według:

$$n_{panel} = \frac{V_{max\_falownik}}{V_{max\_panel}}$$

### Przepustowość falownika

Przepustowość wyjściowa:

$$P_{falownik} = I_{max} \cdot A_{panel} \cdot n_{panel} \cdot \eta_{panel} \cdot \eta_{falownik}$$





# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie powietrznej pompy ciepła DC

Cel: zmaksymalizować eksploatację posiadanej wydajności

Temperatura produkcji ciepła:

- ↑Temp. produkcji → ↑Zaspokojone zapotrzeb **ale** ↓ wydajność
- Równowaga: Zdefiniowany okres zwrotu

Zasilanie powietrznej pompa ciepła DC:

- Tylko ogniwa PV: Ograniczenie mocy
- Ogniwa PV + sieć AC: ↑ eksploatacja pompy ciepła DC → ↓ Okres zwrotu





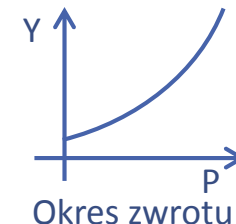
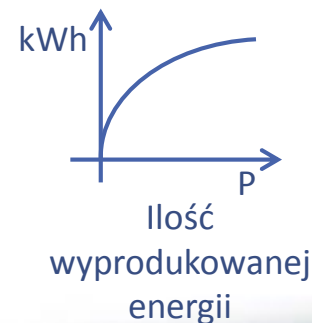
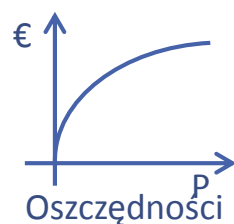
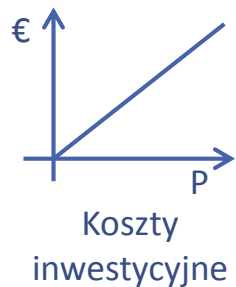
# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie powietrznej pompy ciepła DC

Wydajność pompy ciepła DC:

| Wydajność pompy ciepła | Ilość wyprodukowanej energii | Udział eksploatacji | Wydajność                      | Okres spłaty  |
|------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------|
| Duża                   | <b>Wysoka</b>                | Niski               | Niska (wymagany $\uparrow T$ ) | <b>Wysoki</b> |
| Mała                   | <b>Niska</b>                 | Wysoki              | Wysoka                         | <b>Niski</b>  |

Równowaga: Ilość wyprodukowanej energii - Okres zwrotu





# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie powietrznej pompy ciepła DC

Wymienniki ciepła (jeśli potrzebny rozdział)

- Zmaksymalizować wymianę ciepła

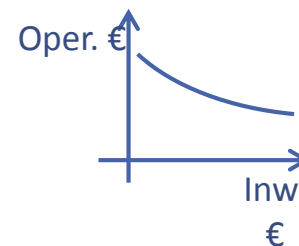


- Zminimalizować DT między płynami
- Zminimalizować pompowanie

} Zminimalizować koszty operacyjne

- Założyć koszty inwestycyjne

- Równowaga: koszty oper. w funkcji kosztów inw.







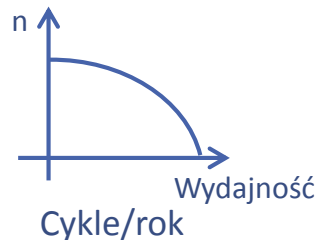
# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie magazynu PCM

Cel: przechowanie dziennej nadprodukcji energii

| Wydajność magazynu | % zapotrzeb. magazynu energii | Liczba cykli/rok            |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Duża               | Wysoka                        | Niska<br>(przewymiarowanie) |
| Mała               | Niska                         | Wysoka                      |

Punkt odniesienia: coroczna różnica między energią wyprodukowaną i pobraną wynosi ok. 300 razy więcej niż ukryta wydajność cieplna



Ograniczenie: dostępna przestrzeń i maks. dopuszczalne obciążenie belki





# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie magazynu PCM

Temperatura zmiany faz (PCT)

| Temperatura zmiany faz (PCT) | Temp. prod. pompy ciepła DC | Wydajność pompy ciepła | Procent zaspok. zapotrzebowania |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Wysoka                       | Wysoka                      | Niska                  | Wysoki                          |
| Niska                        | Niska                       | Wysoka                 | Niski                           |

Równowaga: Zaspokojone zapotrzebowanie w porównaniu do wydajności pompy ciepła

Zasada optymalizacji energetyczno-ekonomicznej: zmaksymalizować wydajność energetyczną w maksymalnym dopuszczalnym okresie zwrotu





# Wymiarowanie systemu

## Wymiarowanie systemu rezerwowego

Powierzchnia prod. zwymiarowana tak, by zaspokajać maksymalną moc niezbędnego zapotrzebowania na ciepło.

Można rozpatrzyć zastosowanie kilku technologii jednocześnie, jeśli:

- Część powierzchni jest potrzebna przez większość czasu
- Część powierzchni jest potrzebna sporadycznie





# Optymalizacja pracy

Cel: zaspokoić codzienne zapotrzebowanie przy minimalnej produkcji energii.

Dzienne zapotrzebowanie na ciepło musi być zaspokajane, gdy  $DT$  między temperaturą otoczenia i produkcji jest najniższa.

Uwzględniając:

- Jeśli wyprodukowane ciepło jest przesyłane do odbiornika lub magazynu, co określa jego temperaturę
- Energia elektryczna z ogniw PV powinna być zużywana w budynku. Jeśli występuje nadmiar energii elektrycznej z ogniw, należy użyć jej do wyprodukowania i magazynowania ciepła w magazynie PCM.

Zoptymalizowana praca ogniw PV podlega kontroli sterowników MPP, produkując jak najwięcej energii PV przy możliwym promieniowaniu.



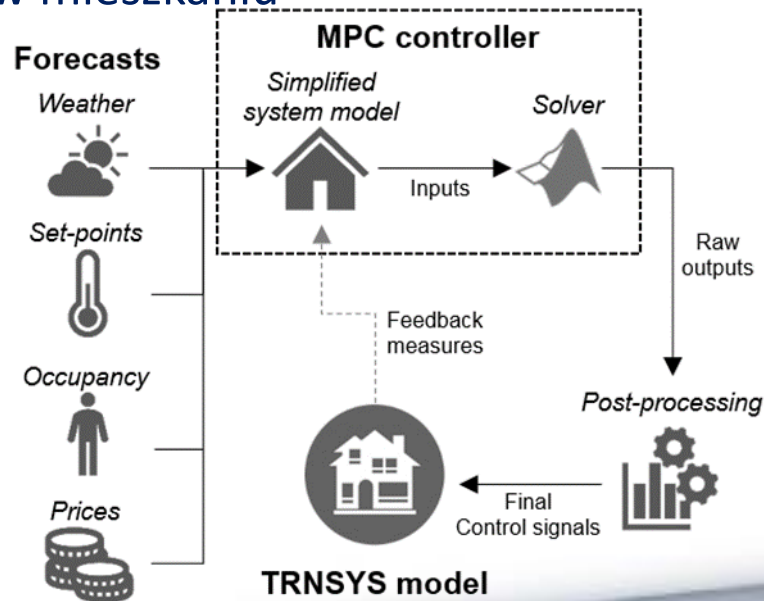


# Optymalizacja pracy

Narzędzie optymalizacja pracy: Sterownik typu HRBC (Heuristic Rule-Based Controller) + Sterownik typu MPC (Deterministic Model Predictive Controller)

Szacuje najlepszy poziom eksploatacji z ekonomicznego punktu widzenia na podstawie:

- Prognoz pogody
- Nastawy temperatury w mieszkaniu
- Profili zajętości
- Cen energii





POLITECNICO  
MILANO 1863



Bardziej szczegółowe wyjaśnienie zawiera:

Heat4Cool\_D6.3\_Trainings and Guidelines. Solar PV driven DC Heat Pump assisted by PCM storage. Design and sizing Guidelines.



# HEAT4COOL

heat4cool.eu



Heat4COOL project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 723925