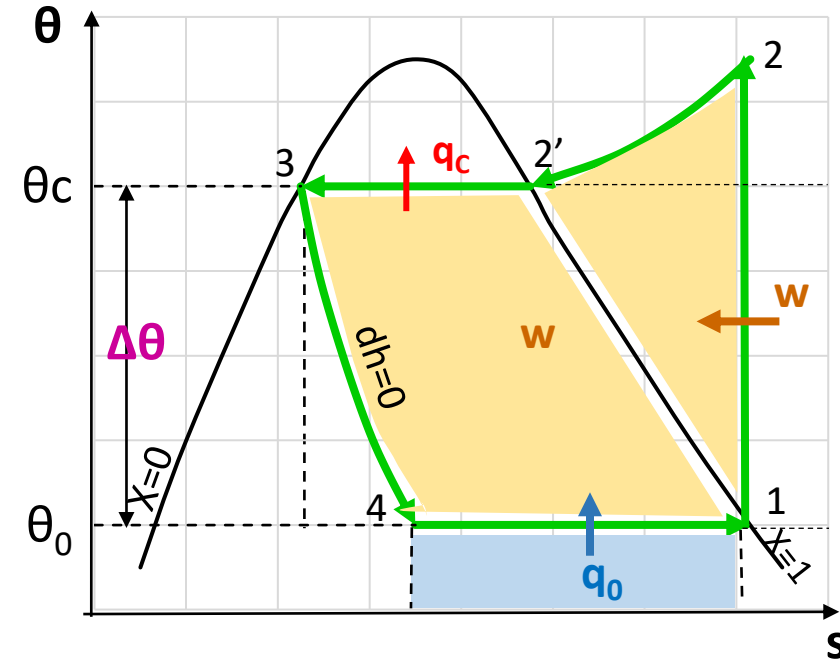
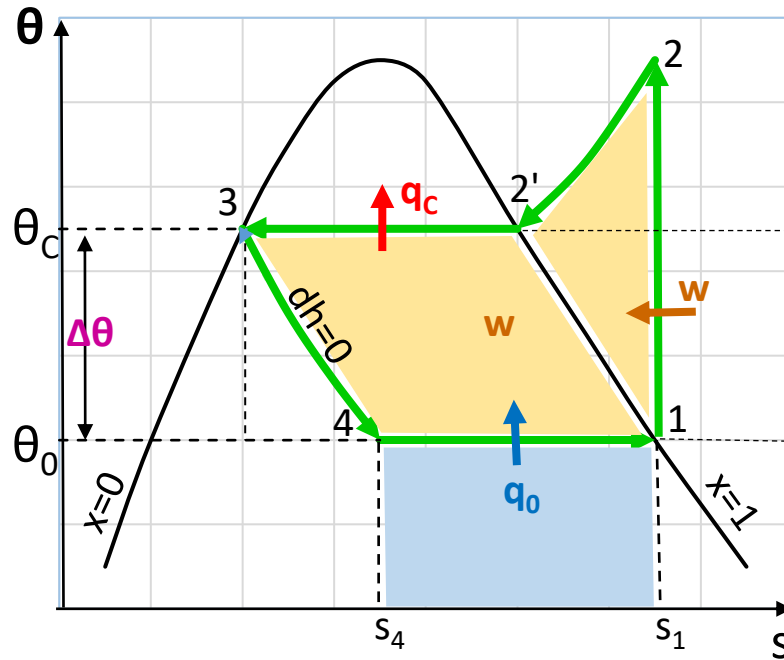
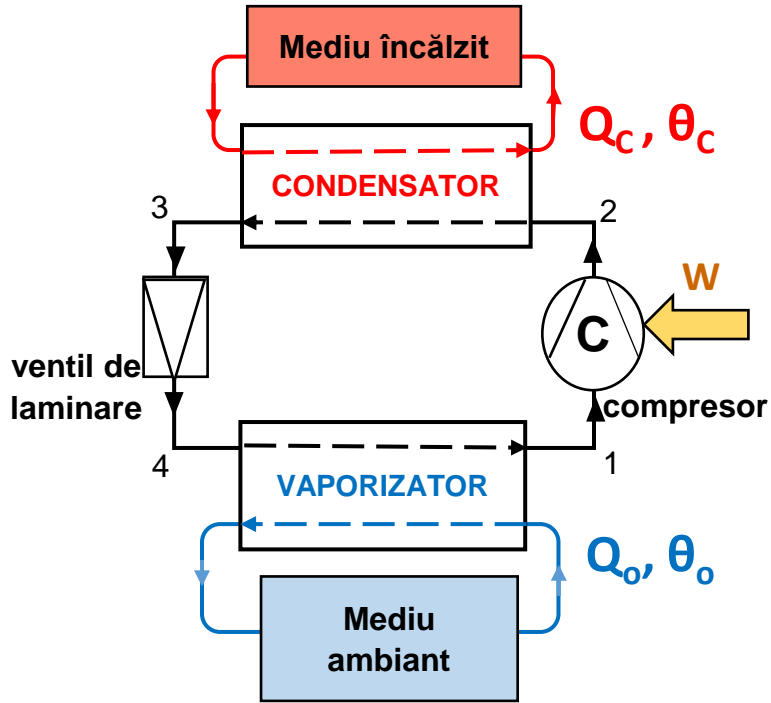


# POMPELE DE CĂLDURĂ AER-APĂ în bilanțul energetic al clădirilor

Autor: Levente Juhos

# Eficiența ciclului termodinamic aferent PC



• Bilanțul energetic al ciclului termodinamic:  $q_c = q_0 + w$

• Eficiența ciclului termodinamic:

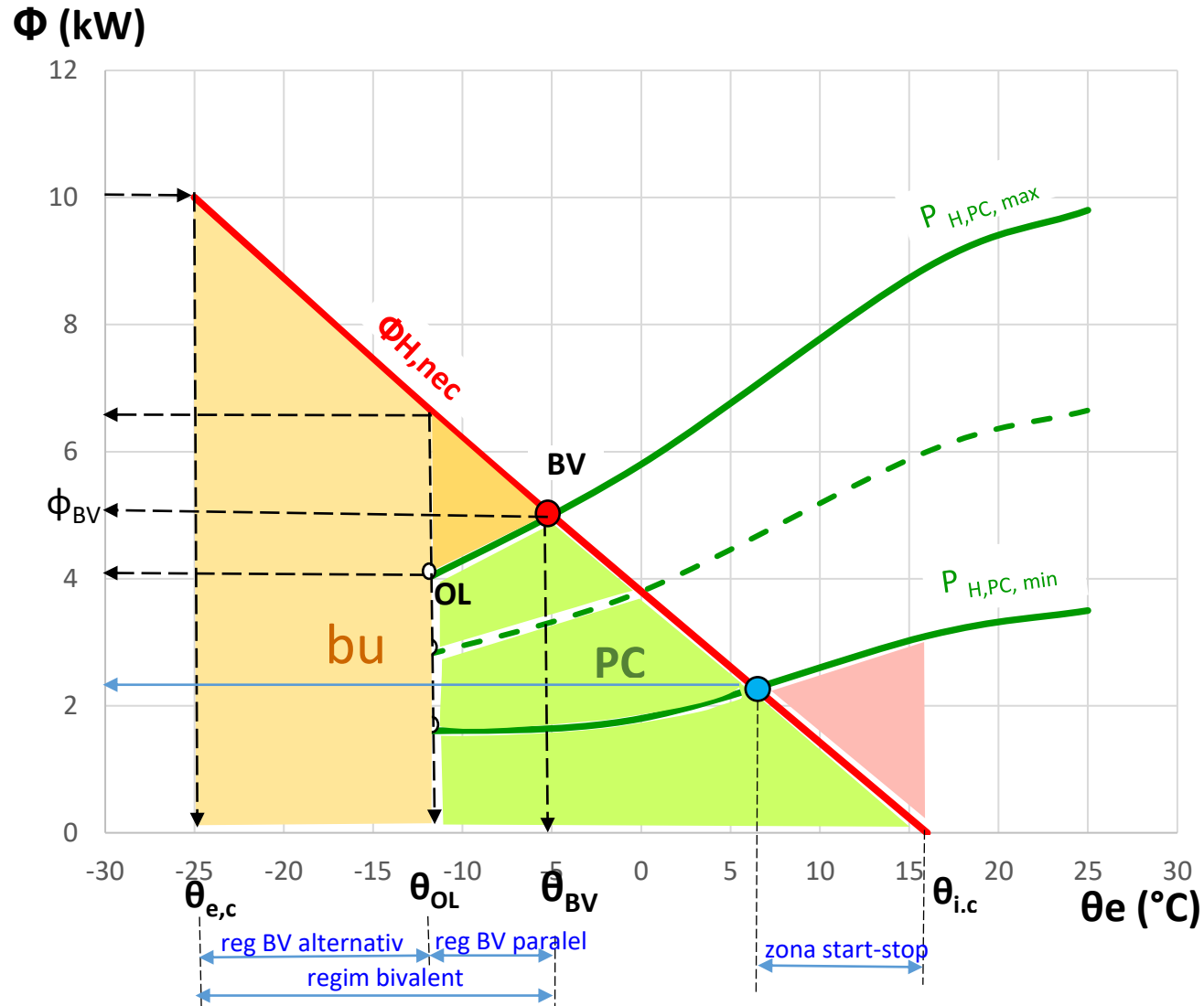
- în regim de încălzire:  $\epsilon_{\text{înc}} = \frac{\text{căldura cedată mediului încălzit}}{\text{lucrul mecanic consumat}} = \frac{q_c}{w} = \frac{q_0 + w}{w} = \frac{q_0}{w} + 1$

- în regim de răcire:  $\epsilon_{\text{Răc}} = \frac{\text{căldura absorbită din mediul răcit}}{\text{lucrul mecanic consumat}} = \frac{q_0}{w}$

**Concluzie:** creșterea diferenței de temperatură  $\Delta\theta = \theta_c - \theta_0 \rightarrow$  implică scăderea  $\epsilon$

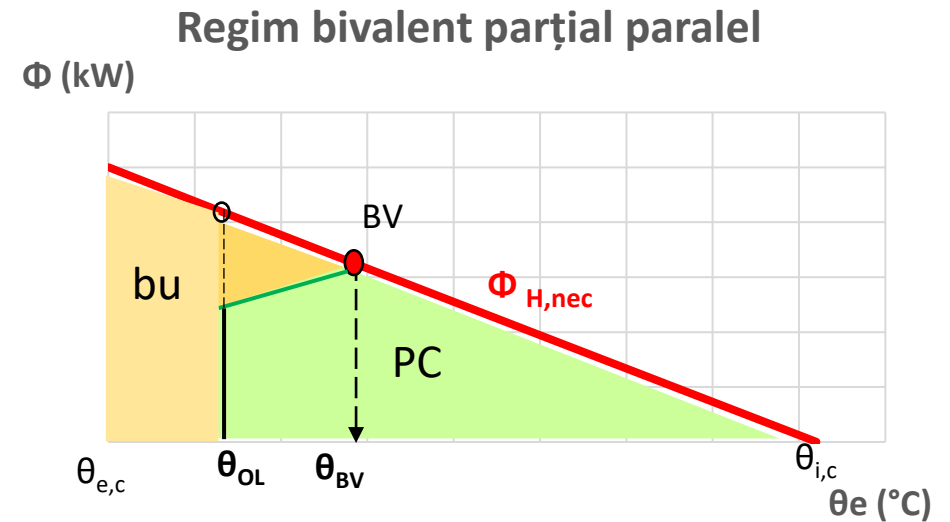
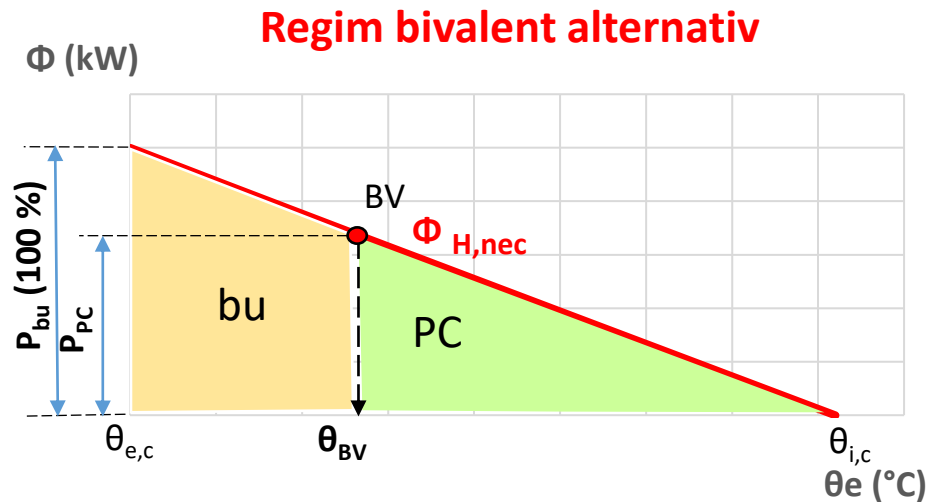
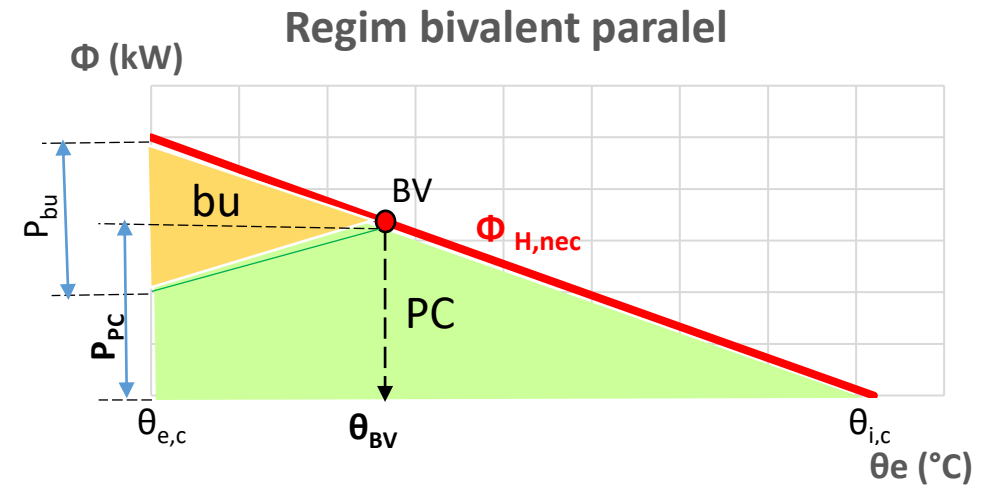
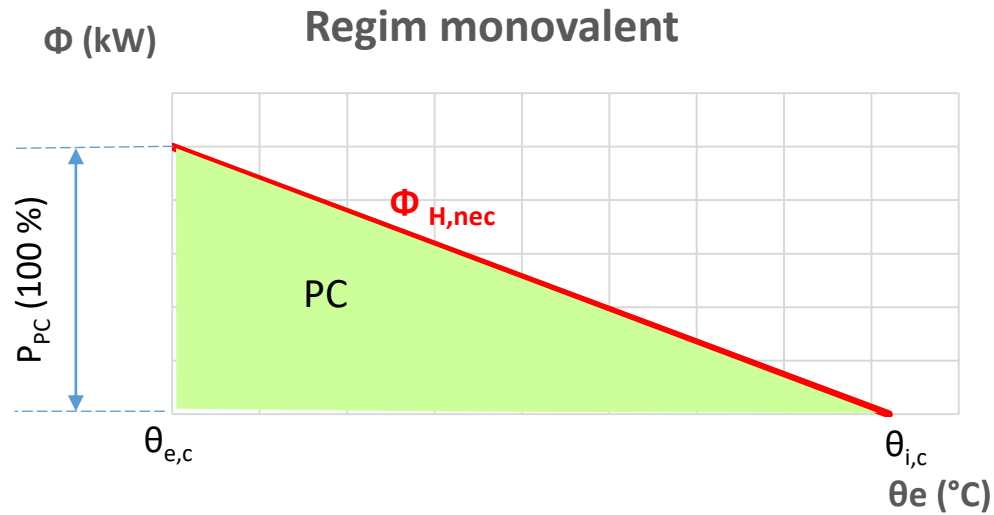
# PC aer-apă în instalația de încălzire, determinarea punctului bivalent BV

## Regimurile de funcționare a PC aer-apă

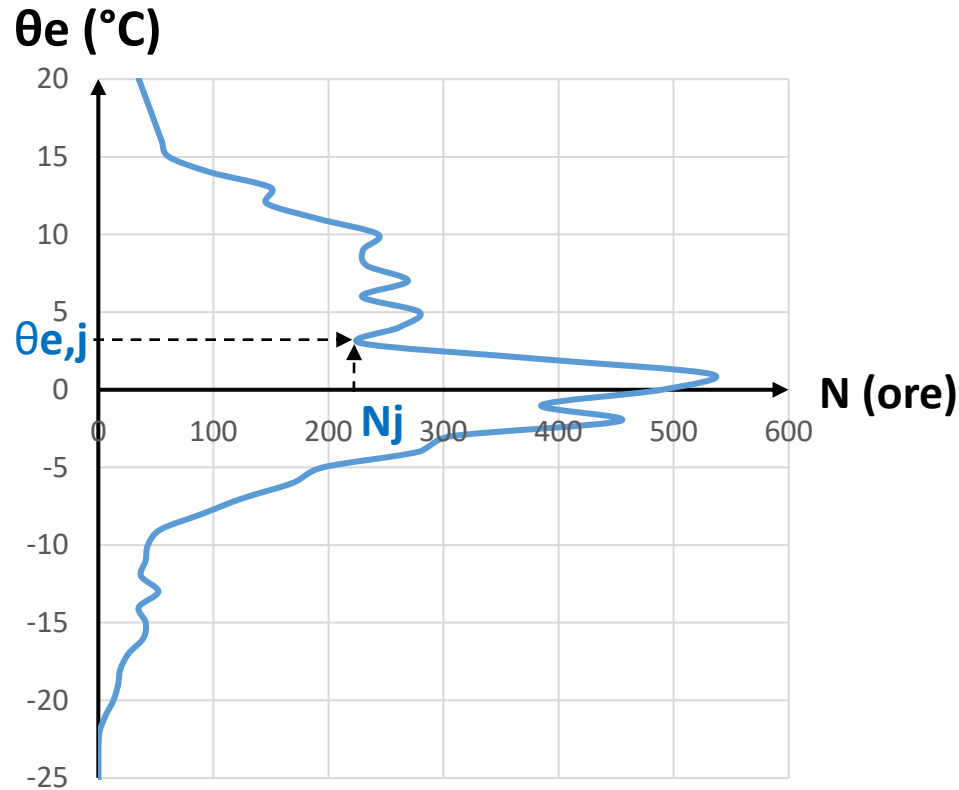


- $\theta_e$  - temp. ext. a aerului
- $\theta_{e,c}$  - temp. ext. de calcul
- $\theta_{OL}$  - temp. limită de operare a PC
- OL - punctul de operare limită a PC
- $\theta_{i,c}$  - temperatura interioară de calcul
- $P_{max,H}$  - puterea maximă de înc. a PC
- $P_{min,H}$  - puterea minimă de înc. a PC
- $\Phi_{H,nec}$  - necesarul de căldură al clădirii
$$\Phi_{H,nec} = H_{TV} * (\theta_i - \theta_e) \quad (\text{kW})$$
- $\theta_{BV}$  - temp. bivalentă a instalației de înc.
- **BV - punctul bivalent instalației de încălzire**
- **bu** - sursa suplimentară de generare (back-up)

# Regimurile de funcționare ale instalațiilor de încălzire cu PC

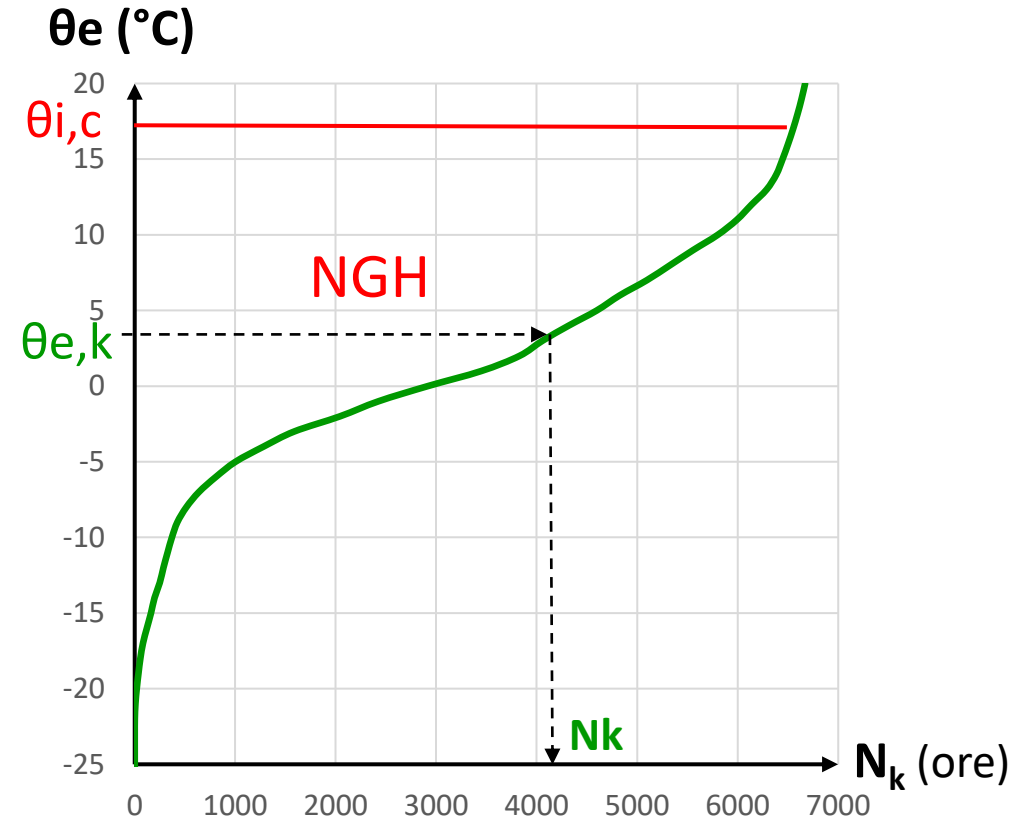


## Frecvența anuală a temperaturilor exterioare din sezonul de încălzire $N_j$



- $N_j$ -numărul orelor cu temperatura ext.  $\theta_{e,j}$  din sezonul de încălzire
- $N_j$ -este caracteristică pentru o zonă climatică (loc geografic)

## Frecvența anuală cumulată a temp. ext. din sezonul de înc. $N_k$ și curba clasată a temperaturilor

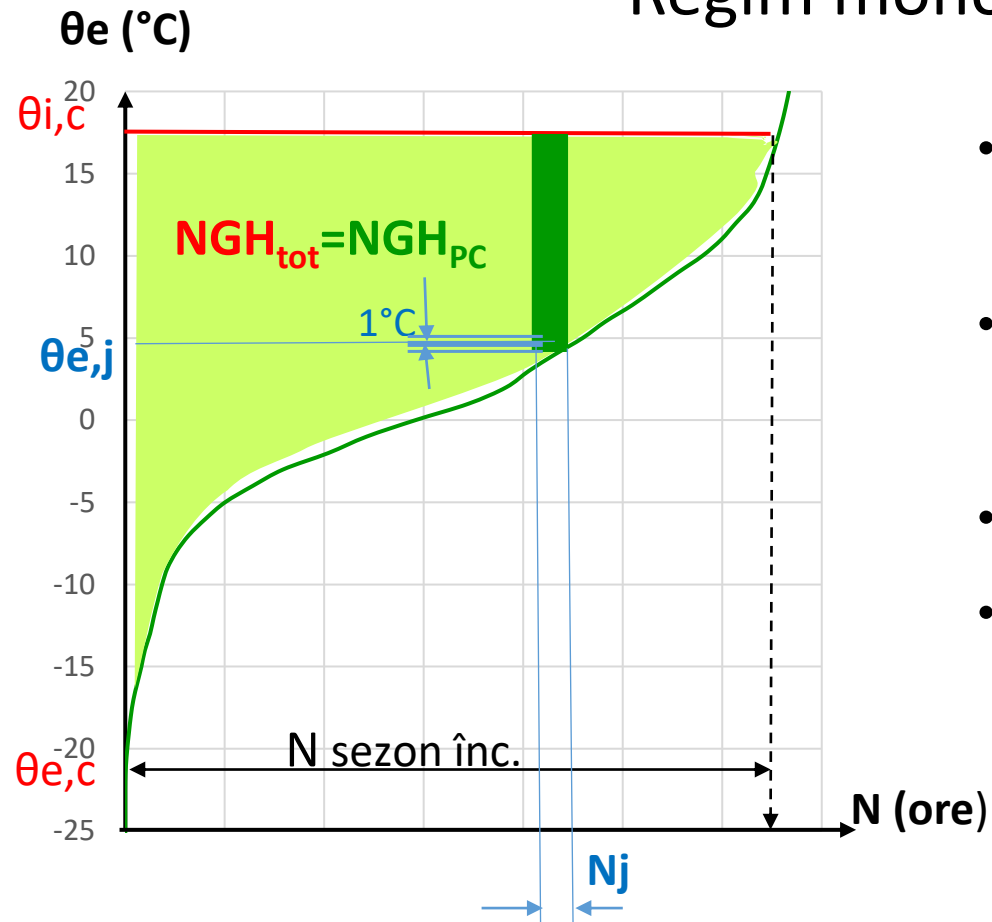


- $N_k$ -suma numerelor orelor de încălzire  $N_j$ , cumulate, până la temperatura exterioară  $\theta_{e,k}$ :  $N_k = \sum_j^k N_j$  (ore)
- Aria între  $\theta_{i,c}$  și curba clasată = numărul de grade-oră **NGH** pentru încălzire. Consumul de energie pt. înc. este proporțională cu **NGH**:

$$Q_H = H_{TV} * NGH = H_{TV} * \sum_j NGH_j$$

# Calculul cotei de participare la producerea energiei termice pentru încălzire a PC ( $k_{H,PC}$ ) și a sursei suplimentare ( $k_{H,bu}$ )

## Regim monovalent



- Numărul de grade-oră total:

$$NGH_{tot} = \sum_j NGH_j = \sum_j N_j \times (\theta_{i,c} - \theta_{e,j}); \text{ pt. } \theta_{e,j} \in [\theta_{e,c}, \theta_{i,c}]$$

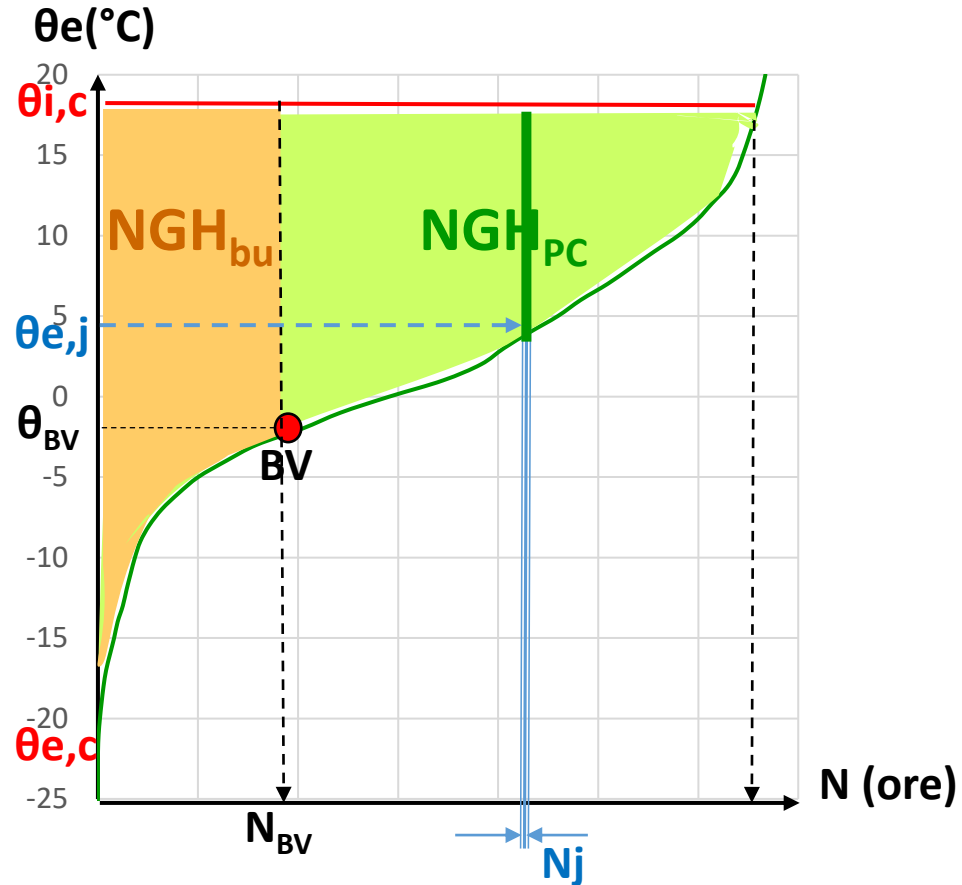
- Numărul de grade-oră acoperit de PC pentru reg. monov. :

$$NGH_{PC} = NGH_{tot}$$

- Cota de participare a PC:  $k_{H,PC} = \frac{NGH_{PC}}{NGH_{tot}} = 1$

- Cota de participare a sursei suplim.:  $k_{H,bu} = 1 - k_{H,PC} = 0$

# Regim bivalent alternativ



- Numărul de grade-oră acoperit de PC:

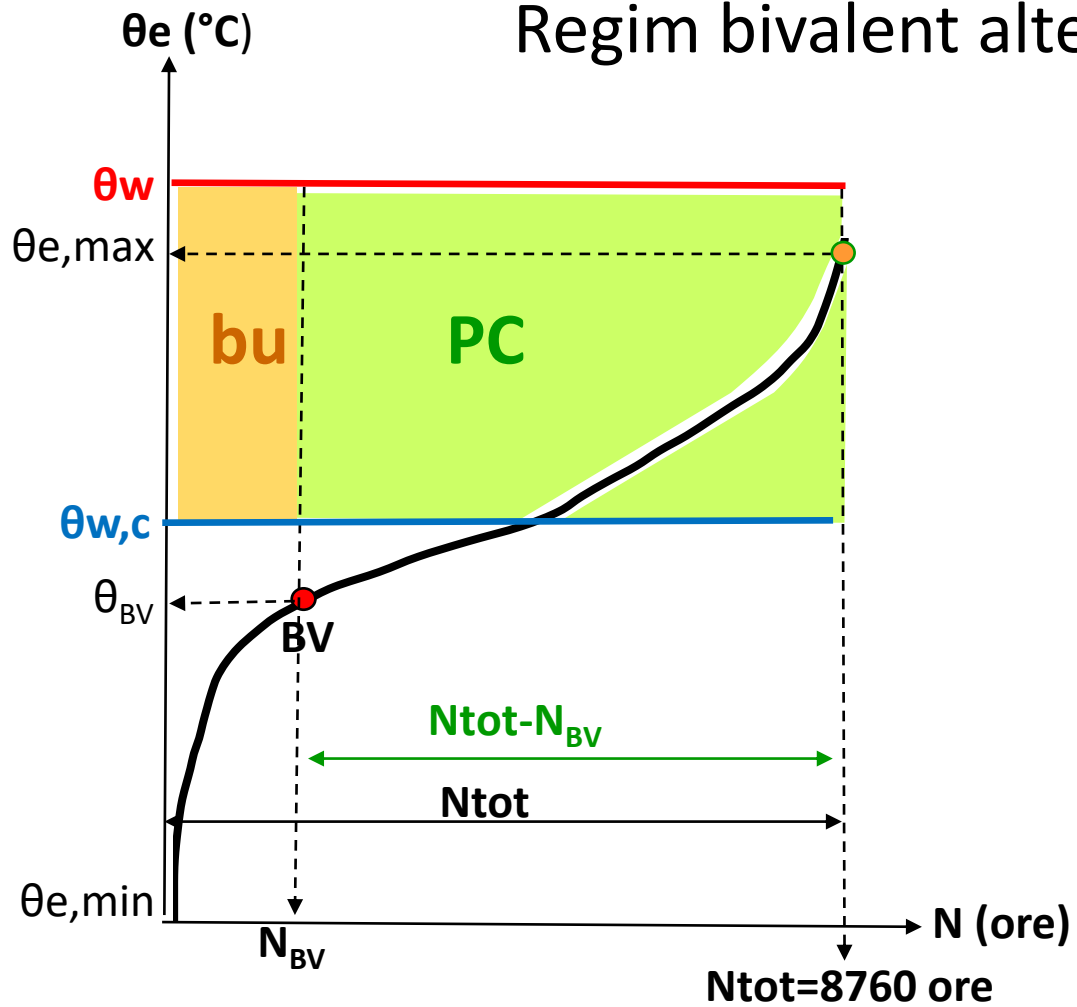
$$NGH_{PC} = \sum_j NGH_j = \sum_j N_j \times (\theta_{i,c} - \theta_{e,j}); \text{ pt. } \theta_{e,j} \in [\theta_{BV}, \theta_{i,c}]$$

- Cota de participare a PC:  $k_{H,pc} = \frac{NGH_{PC}}{NGH_{tot}}$
- Cota de participare a sursei suplimentare (back-up):

$$k_{H,bu} = 1 - k_{H,pc}$$

Calculul cotei de participare la producerea energiei termice pentru **prepararea apei calde de consum** a PC ( $k_{W,PC}$ ) și a sursei suplimentare ( $k_{W,bu}$ )

Regim bivalent alternativ



Cota de participare a PC:

$$k_{W,PC} = \frac{N_{\text{tot}} - N_{BV}}{N_{\text{tot}}},$$

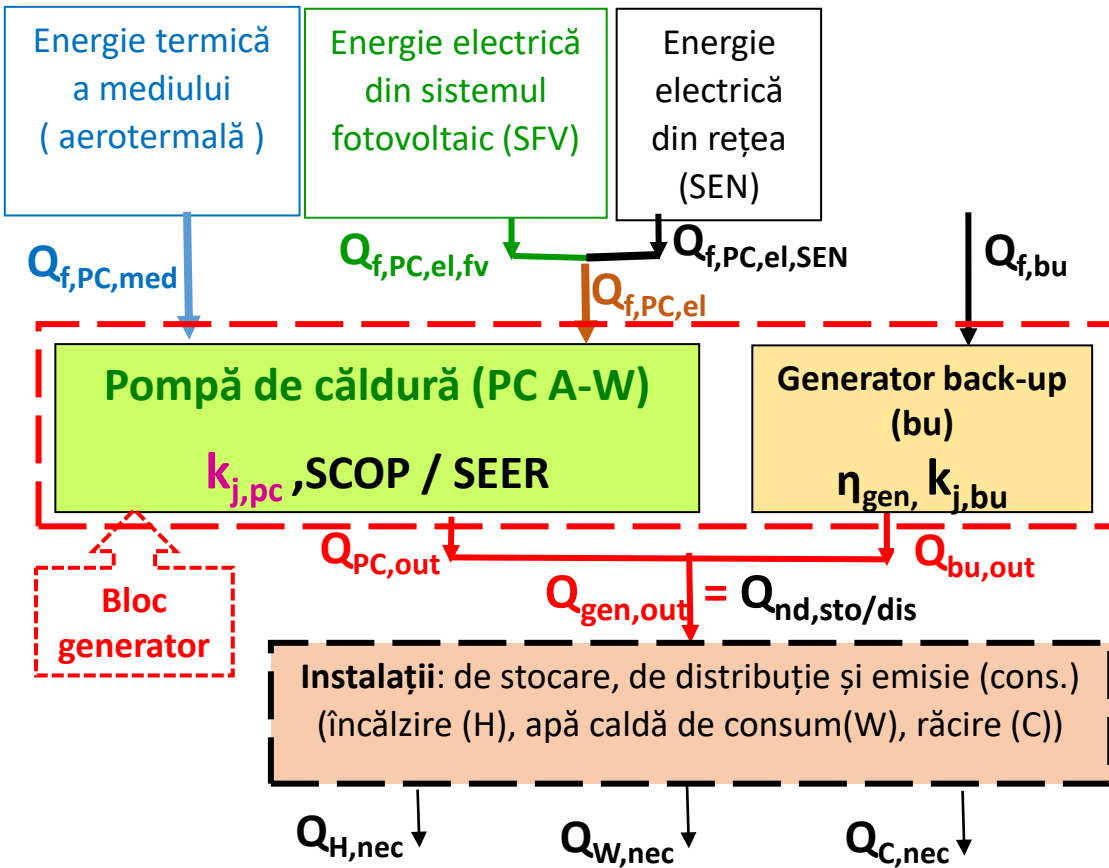
în care:  $N_{\text{tot}} = N_{\text{an}} = 8760$  ore.

Cota de participare a sursei bu:

$$k_{W,bu} = 1 - k_{W,PC}$$



# PC aer-apă în bilanțul energetic al clădirii, calculul consumului de energie finală



Necesarul de energie la ieșire din blocul generator:

$$Q_{j,gen,out} = Q_{j,PC,out} + Q_{j,bu,out} \quad (\text{kWh})$$

$j=H,W,C$  – indice de utilitate PEC (înc., acc, răc.)

- $Q_{j,PC,out} = k_{j,PC} \times Q_{j,gen,out}$ , în care  $k_{j,PC}$  - cota de participare a PC

- $Q_{j,bu,out} = (1 - k_{j,PC}) \times Q_{j,gen,out}$

- Consumul final de energie la nivelul PC :

1.  $j=H,W$ :  $Q_{f,j,PC} = Q_{f,j,PC,med} + Q_{f,j,PC,el}$  în care:

$$Q_{f,j,PC,med} = \left(1 - \frac{1}{SCOP}\right) * Q_{j,PC,out} \quad \text{și} \quad Q_{f,j,PC,el} = \frac{Q_{j,PC,out}}{SCOP},$$

2.  $j=C$ :  $Q_{f,C,PC} = 0 + Q_{f,C,PC,el} = \frac{Q_{C,PC,out}}{SEER}$ , ( $0 = Q_{f,C,PC,med}$ )

$$Q_{f,j,PC,el} = Q_{f,j,PC,el,fv} + Q_{f,j,PC,el,SEN}; \quad j=H,W,C$$

- Consumul final de energie la nivelul sursei suplimentare bu:

$$Q_{f,j,bu} = \frac{Q_{j,bu,out}}{\eta_{gen}}$$

- Tipuri de energie  $i$  (vectori energetici) utilizate de PC:

1. energ. termică a mediului (regenerabil)

2. energ. electrică din SFV (regenerabil)

3. energ. electrică din SEN

- Energia finală consumată de utilitățile PEC al clădirii (inclusiv consumul PC), la utilizarea unui tip de energie  $i$  :

$$Q_{f,i} = Q_{f,H,i} + Q_{f,V,i} + Q_{f,C,i} + Q_{f,W,i} + Q_{f,L,i} \quad [\text{kWh/an}] \quad (\text{MC001})$$

# Sinteza etapelor de calcul, specifice, referitoare la PC aer-apă din bilanțul energetic

1. Identificarea PC aer-apă (tipul PC, diagrama de putere, SCOP, SEER),
2. Determinarea punctului bivalent **BV** al instalației de încălzire ,
3. Determinarea cotei de participare  $k_{PC}$  a PC la generarea energiei termice, pe utilități (H,W),
4. Calculul consumului de energie finală  $Q_{f,i}$  al PC pe vectori energetici.

Vă mulțumesc pentru atenție!

Levente Juhos