

POMPA CIEPŁA A ENERGIA SŁONECZNA W ZAPOTRZEBOWANIU NA CIEPŁO

- **Katedra Nauk Technicznych**
Gdańska Wyższa Szkoła Administracji



- **Wzrastające z roku na rok ceny nośników energii powodują, że coraz częściej i głośniej mówi się o racjonalnym gospodarowaniu energią.**
- **Wiele budynków przechodzi termomodernizację, budynki nowobudowane realizuje się tak aby spełniały europejskie standardy zużycia energii.**

- **Przeprowadzono termomodernizację budynku mieszkalnego.**

Przed termomodernizacją zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie pomieszczeń było równe

$$40\ 560\ \text{kWh/a} = 146\ \text{GJ/a.}$$

Po termomodernizacji uzyskano:

- dla ścian - współczynnik przenikania ciepła na poziomie $0,15\ \text{W/m}^2\text{K}$,
- dla stropodachu, okien i drzwi współczynnik przenikania ciepła na poziomie $0,8\ \text{W/m}^2\text{K}$

- **W bilansie energetycznym zmodernizowanego budynku uwzględniono:**
 - **straty ciepła na przegrodach zewnętrznych,**
 - **wentylacyjne straty ciepła,**
 - **zyski ciepła z energii promieniowania słonecznego,**
 - **wewnętrzne zyski ciepła (od urządzeń gospodarstwa domowego),**
 - **odzysk ciepła wentylacyjnego**

- **Uwzględniono możliwość zastosowania pompy ciepła jako podstawowego źródła ciepła**

- **W pracy nie zajmowano się obliczaniem całkowitych kosztów ogrzewania.**

Ograniczono się do obliczenia kosztów eksploatacyjnych, w których zawarto jedynie koszty paliwa i energii.

- **Pompy nie są źródłem ciepła, tylko przemieszczają ciepło w miejsce, gdzie jest efektywnie wykorzystane.**

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA POMPY CIEPŁA

- O efektywności pompy ciepła decyduje współczynnik wydajności cieplnej **COP**

$$COP = \frac{Q_g}{P_e}$$

- Jest to stosunek ilości ciepła uzyskanego w skraplaczu - Q_g do ilości energii użytej do napędu sprężarki - P_e

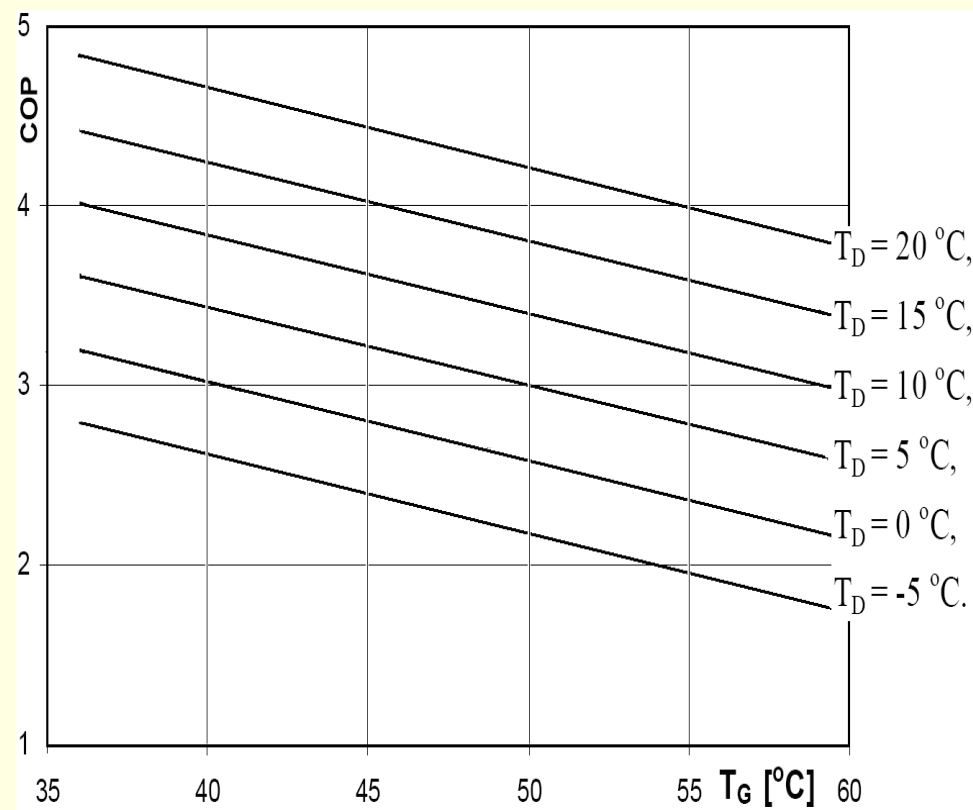
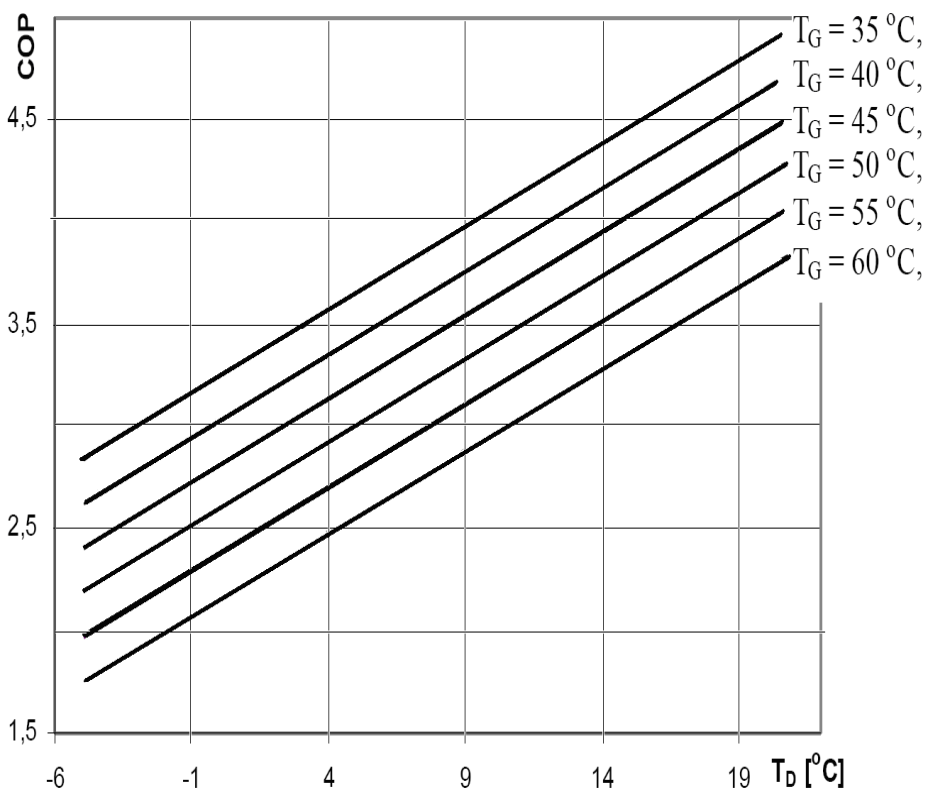
- **Wielkość tego współczynnika zależy od konstrukcji pompy ciepła oraz od temperatury dolnego i górnego źródła ciepła.**
- **Wpływ tych czynników na COP opisuje równanie:**

$$COP = 4,77 + 0,081 \cdot T_D - 0,041 \cdot T_G$$

gdzie:

- T_D – temperatura dolnego źródła ciepła [°C],
- T_G – temperatura górnego źródła ciepła [°C].

- Zależność temperatury tak dolnego jak i górnego źródła ciepła na wielkość parametru COP przedstawiają dwa diagramy



- **Z przedstawionej zależności oraz diagramów wynika, że znacznie słabsze oddziaływanie temperatury górnego źródła niż temperatury dolnego źródła ciepła**
- **Jest to szczególnie korzystne z punktu widzenia eksploatacji pompy ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej czy ogrzewania pomieszczeń**

KOSZTY EKSPLOATACYJNE

- **Na koszty eksploatacyjne wytwarzania ciepła przez pompy ciepła wpływ mają:**
 - **efektywność energetyczna (współczynnik wydajności) pompy ciepła**
 - **oraz - cena energii elektrycznej.**

W pracy nie zajmowano się obliczaniem całkowitych kosztów ogrzewania, ograniczono się do kosztów eksploatacyjnych w których zawarto jedynie koszty paliwa i energii

- Współczynnik wydajności pompy ciepła.

Przykładowo:

- dla temperatury górnego źródła ciepła 55°C i temperatury w dolnym źródle - 7°C
 - jest równy **1,75**;
- dla temperatury 30°C w ogrzewaniu podłogowym i 5°C dla gruntu
 - jest równy **3,55**

- Oznacza to, że w tym konkretnym przypadku koszt uzyskania jednostki ciepła wahać się może w granicach:
 - **od 0,113 zł/kWh**
przy cenie energii elektrycznej 0,46 zł/kWh i współczynniku wydajności równym 4,06,
 - **do 0,25 zł/kWh**
przy cenie 0,46 zł/kWh i współczynniku wydajności równym 1,75.

CIEPŁO Z ENERGII SŁONECZNEJ

- W bilansie energetycznym ogrzewanego budynku po zrealizowanej termomodernizacji dużą rolę odgrywa udział energii słonecznej
- Okna w budynku znajdują się na elewacji wschodniej oraz zachodniej,
- współczynnik zacielenia jest równy jedności dla obu elewacji, gdyż w sąsiedztwie budynku nie ma przeszkód, które utrudniałyby dopływ promieniowania słonecznego do danej elewacji,
- wartość współczynnika przepuszczania promieniowania słonecznego dla przeszklenia podwójnego $TR=0,7$.

- **Zyski ciepła z energii słonecznej obliczamy ze wzoru :**

$$Q_{S\dot{L}} = 0,6 \cdot A_s \cdot TR \cdot S \cdot Z \text{ [kW} \cdot \text{h / mc]},$$

- **A_s** - łączne pole powierzchni okien na danej elewacji [m²],
- **TR** - współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego szyb,
- **S** - suma miesięczna całkowitego promieniowania słonecznego na jednostkę powierzchni w danym miesiącu [kW.h],
- **Z** - współczynnik zacielenia,
- **0,6** - udział ramy w powierzchni okna

Sumy miesięczne całkowitego promieniowania słonecznego w watogodzinach na metr kwadratowy na różnie zorientowane powierzchnie

Energia promieniowania słonecznego W·h/m ²		
Miesiąc	Orientacja	
	zachód	wschód
Styczeń	14 880	13 392
Luty	29 568	26 208
Marzec	49 848	49 104
Kwiecień	66 960	71 280
Maj	81 840	95 976
Czerwiec	81 360	87 840
Lipiec	92 256	89 280
Sierpień	75 144	78 864
Wrzesień	46 800	49 680
Październik	29 760	34 224
Listopad	12 240	13 680
Grudzień	8 184	9 672

- Zyski słoneczne w miesiącu styczniu dla okien na elewacji wschodniej:

$$Q_{ESŁ} = 0,6 \cdot A_s \cdot TR \cdot S(I) \cdot Z = 0,6 \cdot 9,66 \cdot 0,7 \cdot 13,392 \cdot 1 = 54,3 \text{ kW} \cdot h$$

- Zyski słoneczne w miesiącu styczniu dla okien na elewacji zachodniej:

$$Q_{WSŁ} = 0,6 \cdot A_s \cdot TR \cdot S(I) \cdot Z = 0,6 \cdot 13,63 \cdot 0,7 \cdot 14,880 \cdot 1 = 85,1 \text{ kW} \cdot h$$

- W pozostałych miesiącach obliczenia wykonano identycznie.
- Wyniki zestawiono w tabeli:

Całkowite zyski słoneczne

Zyski słoneczne [kW·h/mc]			
Miesiąc	Elewacja wschodnia Q_{ESL}	Elewacja zachodnia Q_{WSL}	Zyski razem [kW·h]
Styczeń	54,3	85,1	139,5
luty	106,3	169,2	275,5
Marzec	199,2	285,3	484,5
Kwiecień	289,2	383,3	672,5
Maj	129,8	156,1	286,9
Wrzesień	33,5	44,6	78,2
Październik	138,8	170,3	309,2
Listopad	55,5	70,0	125,5
Grudzień	39,2	46,8	86,0
Suma	[kW·h/a]		2457,3

ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO

- Dzięki zastosowaniu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła możliwe jest zminimalizowanie strat na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, a także wykorzystanie w całości zysków wewnętrznych oraz słonecznych.
- Sprawność odzysku ciepła przyjęto $\eta = 85\%$.

W obliczeniu rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania uwzględniono następujące dane:

- Roczna strata ciepła przez przenikanie obliczona jako suma strat ze wszystkich miesięcy sezonu ogrzewczego:

$$Q_{ASEZ} = 8938 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{a}$$

- Roczna wentylacyjna strata ciepła obliczona jako suma strat ze wszystkich miesięcy sezonu ogrzewczego:

$$Q_{wentSEZ} = 18984,7 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{a}$$

ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO

- Wewnętrzne zyski ciepła obliczone jako suma zysków z poszczególnych miesięcy w sezonie ogrzewczym:

$$Q_{zyskwew} = 3459,4 \text{ kW} \cdot h / a$$

- Słoneczne zyski ciepła obliczone jako suma zysków z poszczególnych miesięcy w sezonie ogrzewczym:

$$Q_{zyskS} = 2457,3 \text{ kW} \cdot h / a$$

- **Roczne zapotrzebowane na ciepło do ogrzewania:**

$$Q_H = Q_{ASEZ} + Q_{wentSEZ} - Q_{zyskwew} - Q_{zyskS} - \eta (Q_{wentSEZ}) \quad [kW \cdot h / a],$$

$$Q_H = 8938,24 + 18984,72 - 3459,4 - 2457,3 - 0,85 \cdot (18984,7) \cong 5870 \quad kW \cdot h / a$$

- **Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło w odniesieniu do powierzchni użytkowej ogrzewanego budynku - równej 211 m²:**

$$E_0 = \frac{Q_H}{\text{Powierzchnia}} = 27,8 \quad kW \cdot h / (m^2 \cdot rok)$$

PODSUMOWANIE

$$Krot = \frac{40560 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{a} - \text{przed termomodernizacją}}{5870 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{a} - \text{po termomodernizacji}} \cong 6,91$$

- Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynku spadło blisko siedmiokrotnie
- Obciążenie to może przejąć pompa ciepła

DYSKUSJA WYNIKÓW

- **Budynek przed termomodernizacją**
 - zużywał na ogrzewanie pomieszczeń 40 560 kW·h/a energii, czyli 146 GJ,
 - Moc szczytowa odbioru - 16 kW
- Ciepło pobierane – z sieci ciepłowniczej

■ **Według danych GPEC (stan bieżący) odbiorca płaci za ciepło następujące stawki:**

A) Cena ciepła i opłata zmienna za przesył ciepła
- łącznie:

■ Ciepło z EC: 50 - 60 zł/GJ

■ Ciepło z innych źródeł: 42 - 74 zł/GJ

B) Opłaty stałe: za moc zamówioną i usługi przesyłowe
(Moc zamówiona - 16 kJ/s)

■ Ciepło z EC: 1200 zł/a

■ Ciepło z innych źródeł: 3000 zł/a

- **Opłaty roczne za dostarczane ciepło**

- Ciepło z EC

$$K_{\text{exEC}} = (50 - 60) \text{ zł/GJ} \cdot 146 \text{ GJ/a} = 7\,300 - 8\,760 \text{ zł/a}$$

Do tego dodać opłatę stałą: 1200 zł/a

- Ciepło z innych źródeł

- $K_{\text{exGD}} = (42 - 74) \text{ zł/GJ} \cdot 146 \text{ GJ/a} = 6\,130 - 10\,800 \text{ zł/a}$

Do tego dodać opłatę stałą: 3000 zł/a

- **Budynek po termomodernizacji**
 - zużycie ciepła: $5870 \text{ kW}\cdot\text{h/a} = 21,1 \text{ GJ/a}$
- Ciepło uzyskane z pompy ciepła
- **Koszt ciepła uzyskanego z pompy ciepła**
 - A) $0,113 \text{ zł/kW}\cdot\text{h} = 31,4 \text{ zł/GJ}$
 - B) $0,460 \text{ zł/kW}\cdot\text{h} = 127,8 \text{ zł/GJ}$
- **Opłata stała** za użytkowanie pompy ciepła szacowana jest w wysokości 1500 zł/a

■ Koszt ogrzewania pompą ciepła

■ $K_{\text{expc}} = 21,1 \text{ GJ/a} \cdot (31,4 - 127,8) \text{ zł/GJ} = 660 - 2700 \text{ zł/a}$

■ Różnica kosztów ogrzewania (zmniejszenie kosztów ciepła) po zastosowaniu pompy ciepła Porównanie z ciepłem z EC

- - Różnica minimalna: $7300 \text{ zł/a} - 2700 \text{ zł/a} = 4600 \text{ zł/a}$
- - Różnica maksymalna: $8760 \text{ zł/a} - 660 \text{ zł/a} = 8100 \text{ zł/a}$

- W opłatach stałych szacowany jest niewielki wzrost opłat:

$$\Delta K_{\text{st}} = 1500 \text{ zł/a} - 1200 \text{ zł/a} = 300 \text{ zł/a}$$

- **Różnica kosztów ogrzewania (zmniejszenie kosztów ciepła) po zastosowaniu pompy ciepła
Porównanie z ciepłem spoza EC**
- - Różnica minimalna: $6130 \text{ zł/a} - 2700 \text{ zł/a} = 3430 \text{ zł/a}$
- Różnica maksymalna: $10800 \text{ zł/a} - 660 \text{ zł/a} = 10100 \text{ zł/a}$
- W opłatach stałych można się spodziewać zmniejszenia opłat:
 $\Delta K_{st} = 3000 \text{ zł/a} - 1500 \text{ zł/a} = 1500 \text{ zł/a}$

D z i ę k u j ę