



INSTYTUT TECHNIKI CIEPLNEJ

im. Bohdana Stefanowskiego
POLITECHNIKA WARSZAWSKA
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

***Wymiarowanie słonecznych instalacji
grzewczych dla zadanych warunków
użytkowania.***

Prof. dr hab. inż. Dorota Chwieduk
Dr inż. Jerzy Kuta
mgr inż. Jarosław Bigorajski
mgr inż. Michał Chwieduk



Politechnika Warszawska

ITC



Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości
obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju

Projekt w ramach Programu Innowacyjna Gospodarka

W projekcie POIG „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju” realizowany jest, w ramach Pakietu PT7, temat badawczy 3 „Niekonwencjonalne metody konwersji i magazynowania energii oraz rozwiązania materiałowo - instalacyjnej energetyki odnawialnej zwiększające efekt energooszczędności i samowystarczalności energetycznej budynków”.

POIG.01.01.02-10-106/09-01, PT7, T3

Główny cel tworzenia programu:

- prostota użytkowania – możliwość przeprowadzenia symulacji działania instalacji kolektorów słonecznych przez osoby niewykwalifikowane;
- możliwość zwymiarowania instalacji kolektorów słonecznych przez użytkownika przy zadanych warunkach użytkowania



Opis programu - modelu

1. Dane klimatyczne
2. Model matematyczny kolektora słonecznego
3. Model matematyczny zasobnika ciepła
4. Model funkcjonowania instalacji kolektorów słonecznych na potrzeby c.w.u.
5. Model funkcjonowania instalacji kolektorów słonecznych na potrzeby c.w.u. oraz c.o.
6. Model matematyczny zapotrzebowania na c.w.u.
7. Model matematyczny zapotrzebowania na c.o.
8. Przykłady wykorzystania programu

1. Dane klimatyczne

Godzinowe dane niezbędne do symulacji pracy instalacji kolektorów słonecznych pobrano ze strony Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju:

<http://www.transport.gov.pl>

Niezbędne dane do obliczeń:

- temperatura
- nasłonecznienie całkowite na powierzchnię poziomą
- nasłonecznienie dyfuzyjne na powierzchnię poziomą
- współrzędne geograficzne miast

```

iso 121000 PL Kołobrzeg 54.1833333 N 15.5833333 E 5 1 365 4
N M D H DBT RH HR WS WD ITH IDH TSH TSKY N_0
1 1 1 0 0.9 74 2.991 5.0 31 0.0 0.0 0.0 -5.41 0.0
2 1 1 1 0.9 74 2.988 4.0 30 0.0 0.0 0.0 -9.24 0.0
3 1 1 2 0.9 75 3.026 4.0 30 0.0 0.0 0.0 -10.32 0.0
4 1 1 3 0.9 76 3.063 4.0 29 0.0 0.0 0.0 -11.68 0.0
5 1 1 4 1.2 75 3.087 3.0 29 0.0 0.0 0.0 -10.71 0.0
6 1 1 5 1.4 75 3.131 2.0 29 0.0 0.0 0.0 -10.47 0.0
7 1 1 6 1.7 75 3.197 2.0 29 0.0 0.0 0.0 -9.36 0.0
8 1 1 7 0.8 79 3.154 2.0 26 0.0 0.0 0.0 -9.36 0.0
9 1 1 8 0.0 83 3.126 2.0 23 41.9 0.0 41.9 -10.32 41.9
10 1 1 9 -0.9 88 3.101 3.0 20 84.9 0.0 84.9 -9.83 84.9
11 1 1 10 -0.5 91 3.304 3.0 21 122.1 0.0 122.1 -9.34 122.1
12 1 1 11 -0.2 94 3.490 3.0 21 59.3 0.0 59.3 -6.74 59.3
13 1 1 12 0.2 98 3.749 4.0 22 52.3 0.0 52.3 -6.25 52.3
14 1 1 13 0.6 96 3.783 4.0 20 36.1 0.0 36.1 -5.77 36.1
15 1 1 14 1.0 94 3.815 4.0 19 29.1 0.0 29.1 -7.54 29.1
16 1 1 15 1.4 92 3.845 5.0 17 0.0 0.0 0.0 -7.06 0.0
17 1 1 16 1.8 92 3.960 5.0 19 0.0 0.0 0.0 -6.58 0.0
18 1 1 17 2.2 92 4.078 5.0 20 0.0 0.0 0.0 -3.83 0.0
19 1 1 18 2.6 92 4.199 5.0 22 0.0 0.0 0.0 -3.34 0.0
20 1 1 19 3.3 91 4.368 5.0 22 0.0 0.0 0.0 -2.49 0.0
  
```

2. Model matematyczny kolektora słonecznego

Całkowita gęstość strumienia promieniowania

$$G_{\beta} = G_b \cdot R_b + G_d \cdot R_d + (G_b + G_d) \cdot \rho_o \cdot R_o$$

G_b - gęstość strumienia promieniowania bezpośredniego na płaszczyznę poziomą $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

G_d - gęstość strumienia promieniowania dyfuzyjnego na płaszczyznę poziomą $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

R_b - współczynnik korekcyjny dla promieniowania bezpośredniego,

R_d - współczynnik korekcyjny dla promieniowania dyfuzyjnego,

R_o - współczynnik korekcyjny dla promieniowania odbitego,

ρ_o - refleksyjność podłoża.

Moc użyteczna kolektora słonecznego:

$$Q_u = A_c \left[\eta_o G_{\beta} - a_1 (T_m - T_a) - a_2 (T_m - T_a)^2 \right]$$

Q_u - moc użyteczna kolektorów słonecznych $[W]$

A_c - powierzchnia apertury kolektorów słonecznych $[m^2]$

η_o - sprawność optyczna

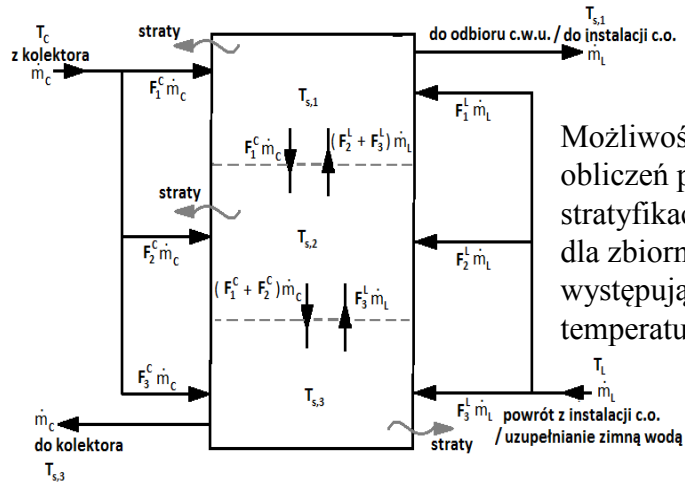
a_1 - współczynnik strat $\left[\frac{W}{m^2 K}\right]$

a_2 - współczynnik strat zależny od temperatury $\left[\frac{W}{m^2 K^2}\right]$

T_m - średnia temperatura kolektora $[K]$

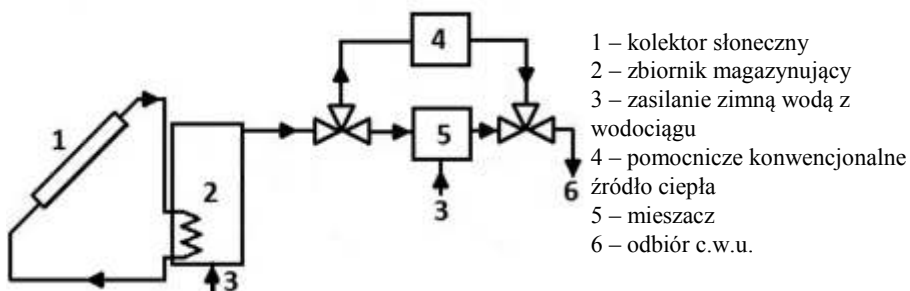
T_a - temperatura powietrza atmosferycznego $[K]$

3. Model matematyczny zasobnika ciepła



Możliwość przeprowadzenia obliczeń przy braku stratyfikacji w zbiorniku lub dla zbiornika w którym występują 3 strefy temperaturowe.

4. Model funkcjonowania instalacji kolektorów słonecznych na potrzeby c.w.u.



- 1 – kolektor słoneczny
- 2 – zbiornik magazynujący
- 3 – zasilenie zimną wodą z wodociągu
- 4 – pomocnicze konwencjonalne źródło ciepła
- 5 – mieszacz
- 6 – odbiór c.w.u.

Warunek działania

$$T_{s,1} \geq T_{c.w.u.}$$

$$T_{s,1} < T_{c.w.u.}$$

Wariant pracy instalacji

Bezpośredni podgrzewanie słoneczne

Pomocnicze podgrzewanie przy użyciu dodatkowego źródła ciepła

Nr wariantu

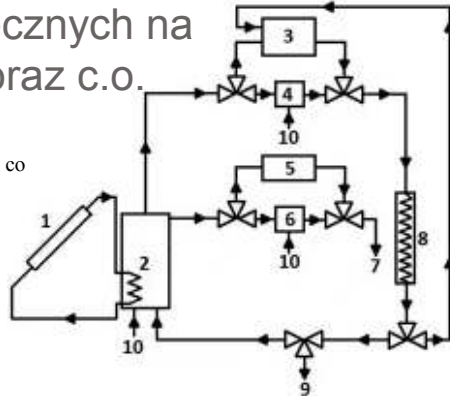
I

II

ITC

5. Model funkcjonowania instalacji kolektorów słonecznych na potrzeby c.w.u. oraz c.o.

- 1 – kolektor słoneczny
- 2 – zbiornik magazynujący
- 3 – pomocnicze konwencjonalne źródło ciepła dla c.o.
- 4 – mieszacz dla c.o.
- 5 – pomocnicze konwencjonalne źródło ciepła dla cwu
- 6 – mieszacz dla cwu
- 7 – odbiór cwu
- 8 – instalacja ogrzewania niskotemperaturowego
- 9 – zawór do spuszczenia wody z instalacji
- 10 – zasilanie zimną wodą z wodociągu



Warunek działania	Wariant pracy instalacji	Nr wariantu
$T_{s,1} \leq T_{co,min}$	Podgrzewanie przy użyciu dod. źr. ciepła z pominięciem zasobnika	I
$T_{co,min} < T_{s,1} \leq T_{co}$	Pomocnicze podgrzewanie przy użyciu dod. źr. ciepła	II
$T_{s,1} > T_{co}$	Bezpośrednie podgrzewanie słoneczne	III

9

2014-03-11

ITC

6. Model matematyczny zapotrzebowania na c.w.u.

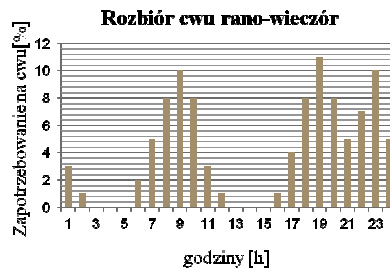
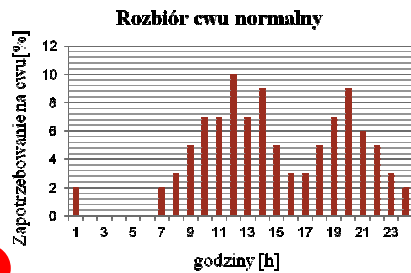
$$\dot{Q}_{cwu} = \dot{m}_{cwu} c_w (T_{cwu} - T_{min})$$

c_w - ciepło właściwe wody [J/(kgK)]

\dot{m}_{cwu} - strumień masowy wody [kg/s]

T_{min} - minimalna temperatura wody (temperatura zasilania) [K]

T_{cwu} - wymagana temperatura wody [K]



10

2014-03-11

7. Model matematyczny zapotrzebowania na c.o.

Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w programie podawane jest poprzez :

- jednostkowe roczne zapotrzebowania na energię;
- powierzchnię ogrzewanego budynku;
- temperaturę czynnika grzewczego;
- stałą czasową budynku.

Wszystkie te informacje są dostępne w certyfikacie energetycznym budynku.

1. Oszacowanie długości sezonu grzewczego na podstawie jednostkowego zapotrzebowania

2. Obliczenie liczby stopnio-godzin w ciągu sezonu grzewczego

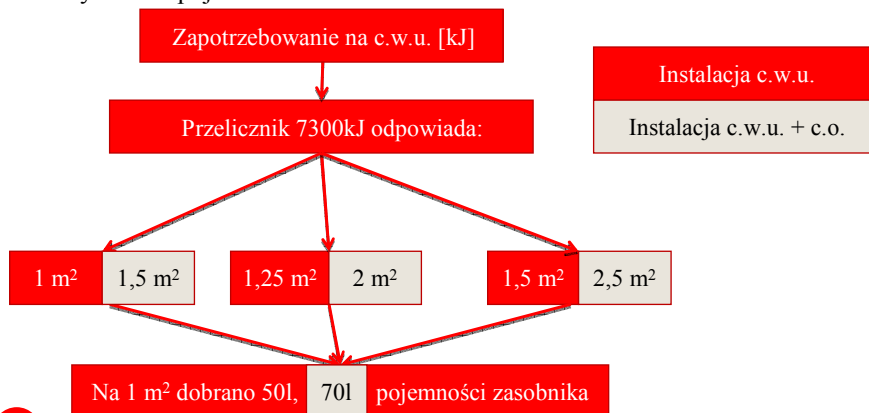
3. Obliczenie godzinowego zapotrzebowania na ciepło w budynku na podstawie różnicy pomiędzy temperaturą zewnętrzną i wewnętrzną

4. Minimalne przesunięcie rozkładu o wartość stałej czasowej

Parametry ogrzewanego budynku:		
Jednostkowe roczne zapotrzebowanie:	100	[kWh/m ²]
Powierzchnia domu:	100	[m ²]
Stała czasowa budynku:	100	[h]
Temperatura czynnika grzewczego:	35	[°C]

Dobór i wymiarowanie podstawowych elementów instalacji kolektorów słonecznych

Dobór wielkości instalacji kolektorów słonecznych zaspokajającej zapotrzebowanie na c.w.u. oraz wspomagającej ogrzewanie polegał na doborze powierzchni kolektorów słonecznych oraz pojemności zasobnika



Warianty obliczeń

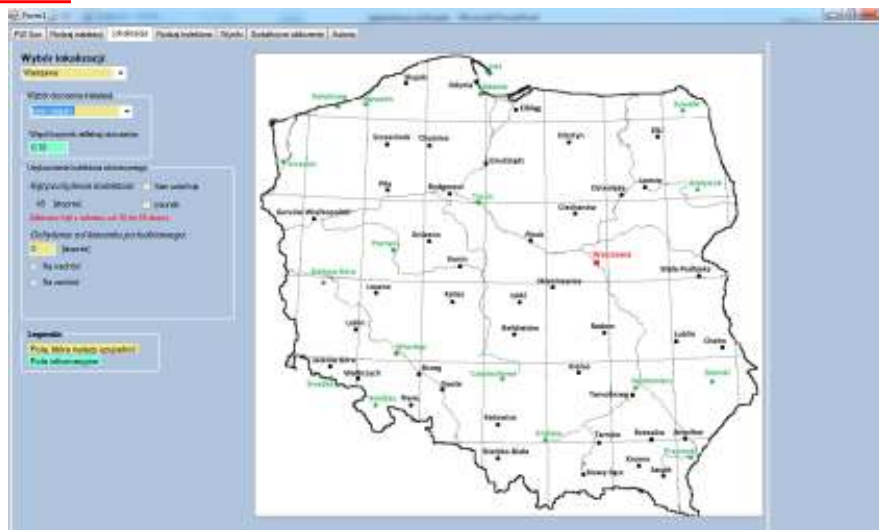
- 2 rodzaje instalacji: instalacje c.w.u. oraz instalacje c.w.u. + c.o.
 - ustawienia domyślne bądź też wprowadzone przez użytkownika
 - 19 lokalizacji w Polsce
 - 10 rodzajów podłoża
 - dowolny kąt pochylenia kolektorów
 - dowolny kąt azymutalny
 - 6 różnych kolektorów + możliwość podania parametrów kolektora przez użytkownika
 - 3 charaktery rozbioru c.w.u.
 - 2 rodzaje magazynowania: ze stratyfikacją i z pełnym mieszaniem
- opcje przeprowadzania obliczeń:**
- program sam proponuje 3 wielkości instalacji
 - użytkownik podaje wielkość instalacji
 - użytkownik celem porównania podaje 2 wielkości instalacji
 - użytkownik celem porównania podaje 3 wielkości instalacji

Prezentacja programu

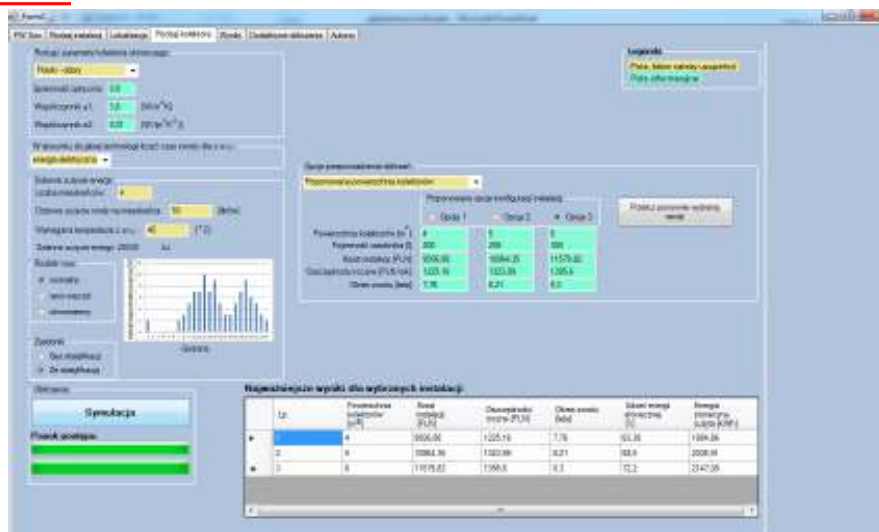
The screenshot displays the ITC software interface. On the left, there is a schematic diagram of a solar heating system with numbered components (1-6). The main area shows a list of components and their associated costs in PLN. The components include various types of collectors, storage tanks, and pumps, with their respective quantities and prices.

Opis	Ilość	Cena	Wartość
1. Kolektor słoneczny - płaski 2000mm	100,00	100,00	10000,00
2. Kolektor słoneczny - płaski 2000mm	20,00	100,00	2000,00
3. Kolektor słoneczny - płaski 2000mm	70,00	100,00	7000,00
4. Kolektor słoneczny - płaski 2000mm	100,00	100,00	10000,00
5. Kolektor słoneczny - płaski 2000mm	120,00	100,00	12000,00
6. Kolektor słoneczny - płaski 2000mm	100,00	100,00	10000,00
7. Zbiornik magazynowy 1000 litrów	1,00	100,00	100,00
8. Zbiornik magazynowy 2000 litrów	1,00	200,00	200,00
9. Zbiornik magazynowy 3000 litrów	1,00	300,00	300,00
10. Zbiornik magazynowy 4000 litrów	1,00	400,00	400,00
11. Zbiornik magazynowy 5000 litrów	1,00	500,00	500,00
12. Zbiornik magazynowy 6000 litrów	1,00	600,00	600,00
13. Zbiornik magazynowy 7000 litrów	1,00	700,00	700,00
14. Zbiornik magazynowy 8000 litrów	1,00	800,00	800,00
15. Zbiornik magazynowy 9000 litrów	1,00	900,00	900,00
16. Zbiornik magazynowy 10000 litrów	1,00	1000,00	1000,00
17. Zbiornik magazynowy 12000 litrów	1,00	1200,00	1200,00
18. Zbiornik magazynowy 14000 litrów	1,00	1400,00	1400,00
19. Zbiornik magazynowy 16000 litrów	1,00	1600,00	1600,00
20. Zbiornik magazynowy 18000 litrów	1,00	1800,00	1800,00
21. Zbiornik magazynowy 20000 litrów	1,00	2000,00	2000,00
22. Zbiornik magazynowy 22000 litrów	1,00	2200,00	2200,00
23. Zbiornik magazynowy 24000 litrów	1,00	2400,00	2400,00
24. Zbiornik magazynowy 26000 litrów	1,00	2600,00	2600,00
25. Zbiornik magazynowy 28000 litrów	1,00	2800,00	2800,00

Prezentacja programu



Prezentacja programu



Prezentacja programu



Prezentacja programu

