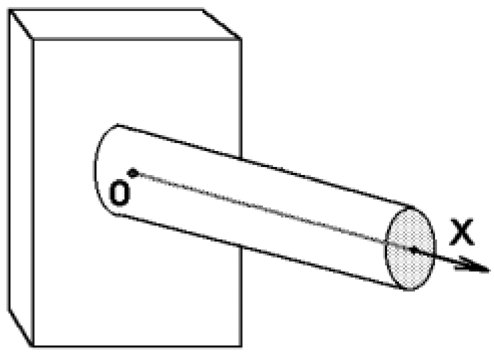
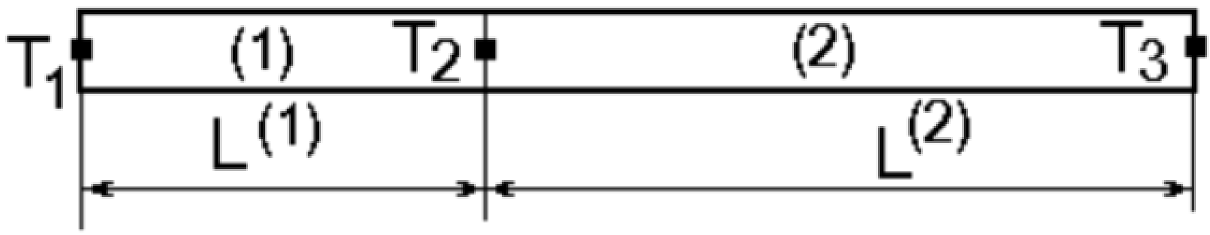
Imię i nazwisko: Piotr Zawisza	Temat projektu: Wyznaczenie ustalonego pola temperatury w pręcie	Data oddania projektu:
Specjalność: WIMiIP rok III gr. 3 Informatyka Stosowana		**Ocena:**

1. Wstęp:

Zadaniem było rozpatrzenie procesu ustalonego przewodnictwa ciepła w pręcie. Wymiana ciepła odbywała się tylko przez dwa końce tego pręta.

Do zamocowanego końca pręta podawana jest gęstość strumienia ciepła q, na drugim końcu pręta zachodzi wymiana ciepła przez konwekcję. Współczynnik konwekcyjnej wymiany ciepła wynosi α, temperatura otoczenia - t∞





2. Obliczenia:

$$C^{(1)} = \frac{S^{(1)} k^{(1)}}{L^{(1)}}$$

Obliczamy C za pomocą wzorów i wstawiamy do macierzy lokalnych:

$$C^{(2)} = \frac{S^{(2)} k^{(2)}}{L^{(2)}}$$

$$\begin{bmatrix} C^{(1)} & -C^{(1)} & 0 \\ -C^{(1)} & C^{(1)}+C^{(2)} & -C^{(2)} \\ 0 & -C^{(2)} & C^{(2)}+\alpha S \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} qS \\ 0 \\ -\alpha S t_\infty \end{Bmatrix} = 0$$

Wypełniamy macierz globalną za pomocą macierzy lokalnych:

$$[H]=[H]^{(1)}+[H]^{(2)}=\begin{bmatrix} \frac{Sk}{L^{(1)}} & -\frac{Sk}{L^{(1)}} & 0 \\ -\frac{Sk}{L^{(1)}} & \frac{Sk}{L^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{Sk}{L^{(2)}} & -\frac{Sk}{L^{(2)}} \\ 0 & -\frac{Sk}{L^{(2)}} & \frac{Sk}{L^{(2)}}+\alpha S \end{bmatrix}=$$

$$=\begin{bmatrix} \frac{Sk}{L^{(1)}} & -\frac{Sk}{L^{(1)}} & 0 \\ -\frac{Sk}{L^{(1)}} & Sk\left(\frac{1}{L^{(1)}}+\frac{1}{L^{(2)}}\right) & -\frac{Sk}{L^{(2)}} \\ 0 & -\frac{Sk}{L^{(2)}} & \frac{Sk}{L^{(2)}}+\alpha S \end{bmatrix}$$

Obliczamy wektor obciążeń.

$$\{P\}=\{P\}^{(1)}+\{P\}^{(2)}=\begin{Bmatrix} qS \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}+\begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -\alpha t_\infty S \end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix} qS \\ 0 \\ -\alpha t_\infty S \end{Bmatrix}.$$

Następnie rozwiązujemy układ równań otrzymując wynik.

3. Zadanie praktyczne:

Dane wejściowe:

k=75W/mK, α=10W/m2K,

S=1m2, L=7,5m,

L(1)=3,75 m, L(2)=3,75m,

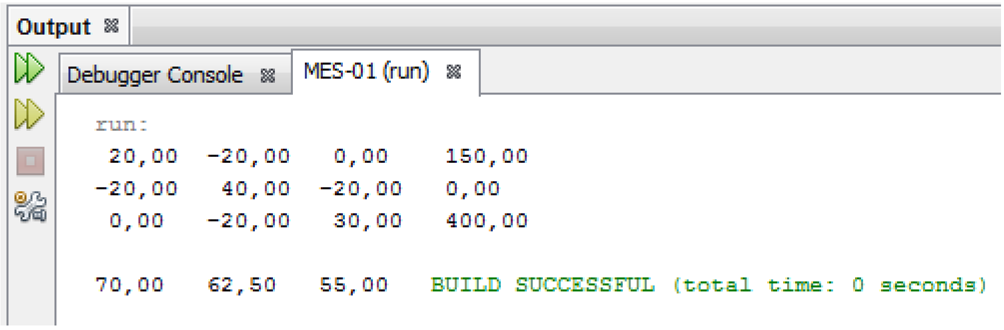
q=-150W/m2, t∞=40°C

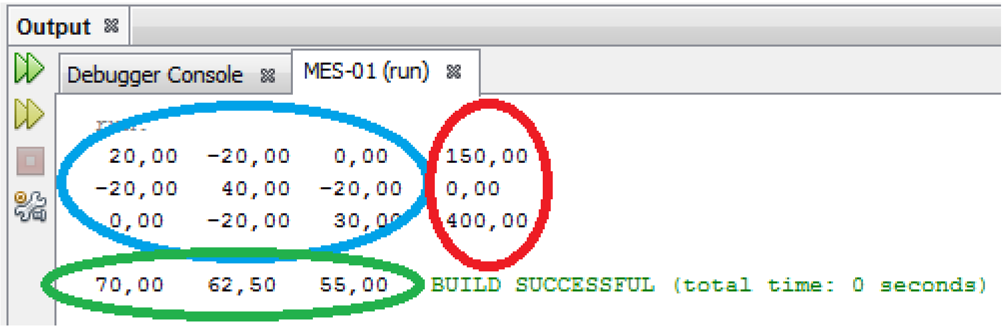
$$C^{(1)}=\frac{Sk}{L^{(1)}}=\frac{1m^2\,75W/mK}{3{,}75m}=20\frac{W}{K}=C^{(2)}$$

$$\alpha S=10\ W/m^2K\cdot 1m^2=10\ W/K\ ;$$

$$\alpha St_\infty=10\ W/m^2K\cdot 1\ m^2\cdot 40K=400\ W$$

Wynik programu napisanego przeze mnie w języku java:





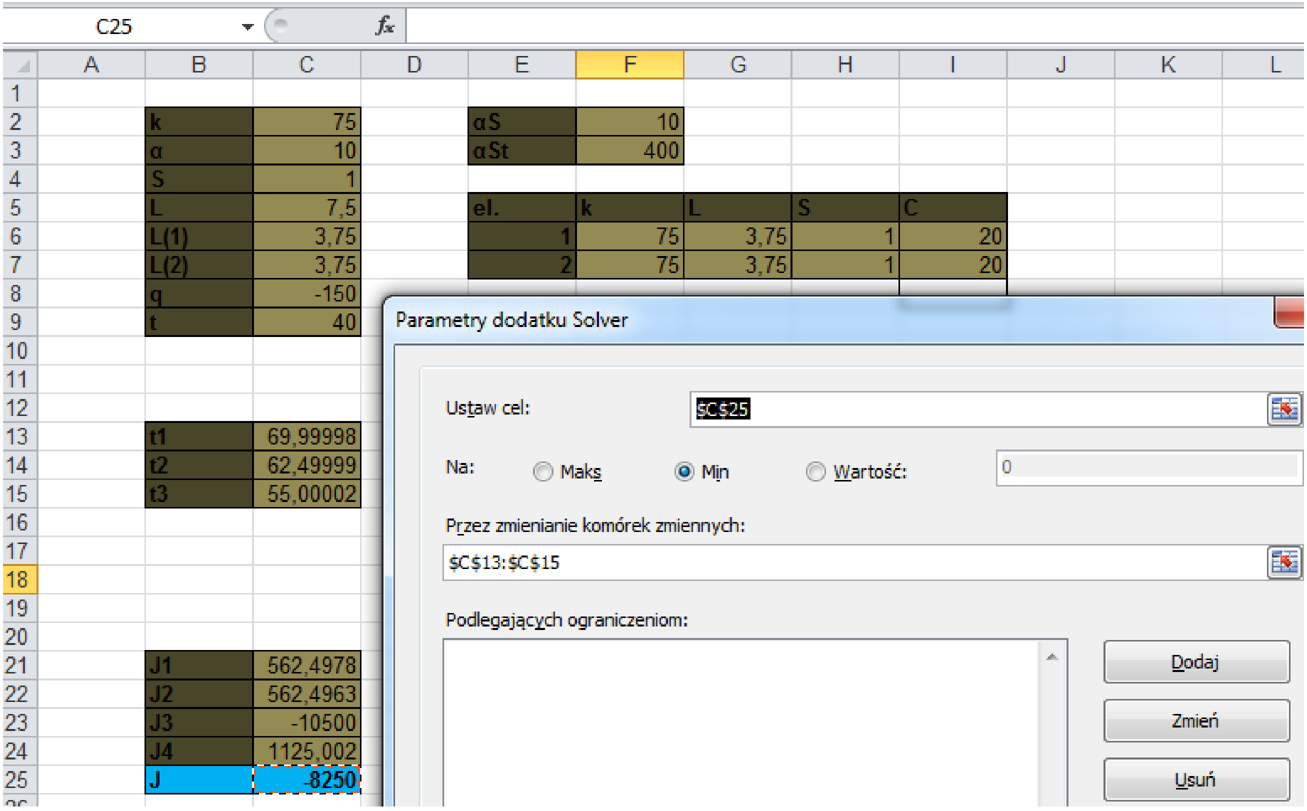
Obszar zaznaczony na niebiesko to macierz główna. Na czerwono zaznaczyłem wektor obciążeń. Kolorem zielonym oznaczyłem wynik.

$t1=70^{o}C$, $t2=62{,}5\,^{o}C$, $t3=55^{o}C$

Wynik ten uzyskałem wykorzystując warunek ekstremum funkcji. Możemy również skorzystać z minimalizacji bezpośredniej funkcji:

$$J = \frac{C^{(1)}}{2}(t_1^2 - 2t_1t_2 + t_2^2) + \frac{C^{(2)}}{2}(t_2^2 - 2t_2t_3 + t_3^2) +$$
$$qS_1t_1 + \frac{\alpha S_3}{2}(t_3^2 - 2t_3t_\infty + t_\infty^2)$$

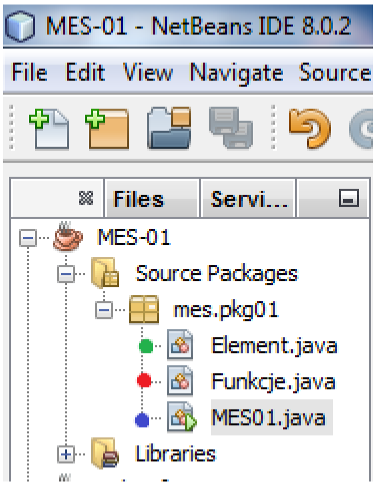
Wykorzystałem ten sposób korzystając z dodatku solver w programie MS Excel:



Jako zmienne ustawiamy temperatury: t1, t2 oraz t3, jak cel minimalizacji wybieramy wartość **J.**

Wyniki dwóch metod w różnych programach pokrywają się.

Program:



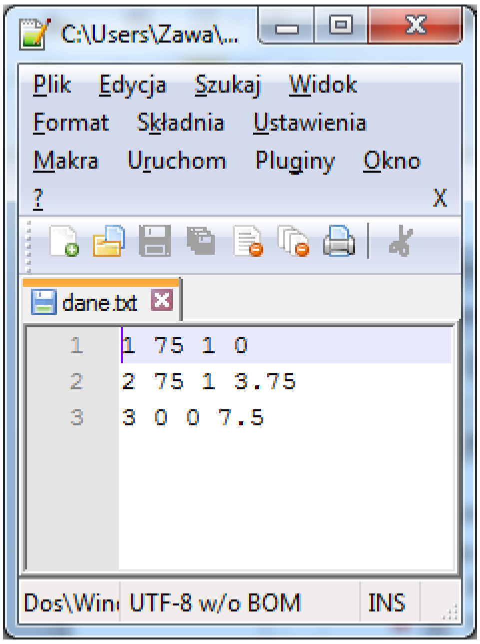
Program składa się z trzech klas:

- Element – klasa definiuje elementy siatki, zawiera długość, przekrój, współczynnik przewodzenia ciepła, numery węzłów, oblicza również C i tworzy macierz lokalną dla każdego elementu.

- Funkcje – Klasa zawiera funkcje potrzebne do obliczeń i działania programu, są to: Rozwiązywanie układu liniowego metodą gaussa, wyświetlanie macierzy i tablic w konsoli, tworzenie elementów siatki za pomocą pliku z danymi, tworzenie głównej Macierzy korzystając z macierzy lokalnych.

- MES01 – Klasa główna, tworzy i inicjuje część zmiennych, uwzględnia warunki brzegowe, korzysta z innych klas aby rozwiązać i wyświetlić wynik problemu.

Struktura pliku dane.txt:



Każda linia w pliku odpowiada jednemu węzłowi, pierwsza cyfra to nr węzła dalej są: wsp. k, przekrój s oraz pozycja węzła (x) licząc od 0.

Wartość K oraz S podana dla węzła obowiązuje w elemencie, który zaczyna się od tego węzła, L obliczane jest jako różnica następujących po sobie x'ów. Przykładowo:

1 75 1 0
2 100 2 2
Utworzony zostanie element o węzłach 1 i 2, wsp k=75, s=1
L=2-0 = 2

Wartości 100 i 2 w drugiej linijce zostaną zignorowane.

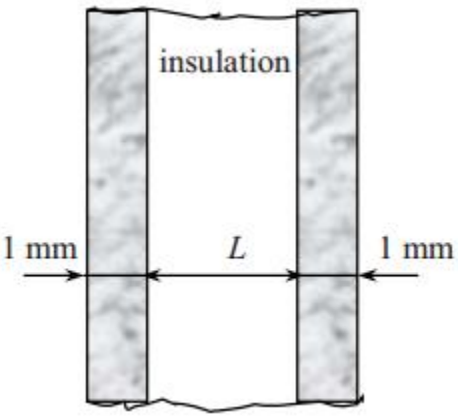
Kod z komentarzami:


MES01.java.txt


Funkcje.java.txt


Element.java.txt

Przykład zastosowania:



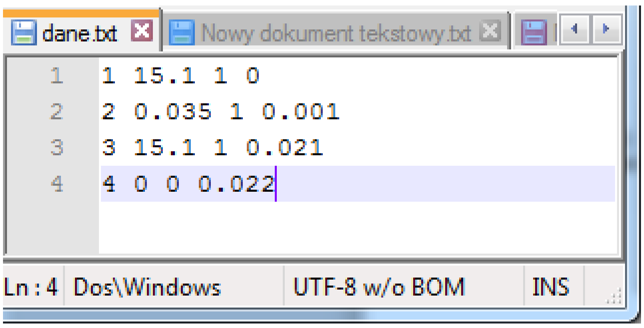
Ściana lodówki wykonana jest z włókna szklanego o grubości 2cm, pokryta jest z dwóch stron 1mm blachy. O ile cieńszą możemy zastosować warstwę aerogelu, aby właściwości izolacyjne pozostały takie same.

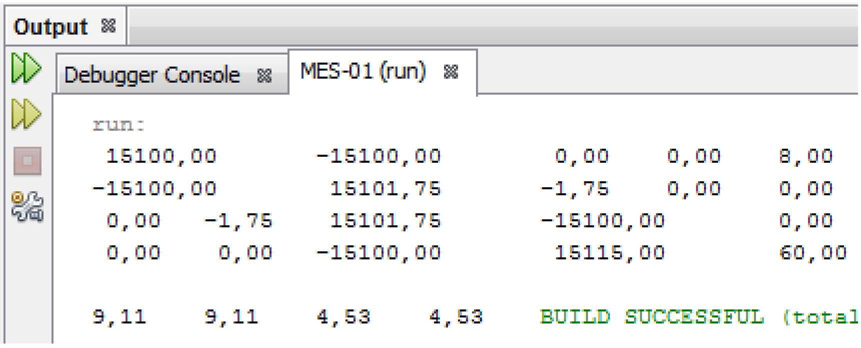
Obliczenia dla powierzchni 1m^2, t_∞=4°C, q=-8W/m2, α=15W/m^2 K.
Strumień powietrza pada od zewnętrznej ściany chłodziarki (z lewej), a konwekcja występuje w lodówce.

Wyniki dla waty szklanej:

K=0.035

L=2cm





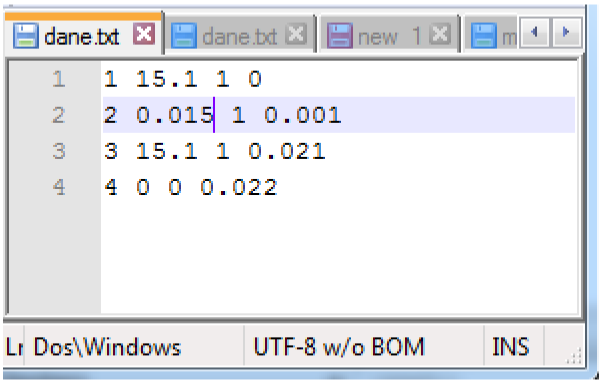
T1=9,11°C
T2=9,11°C
T3=4,53°C
T4=4,53°C

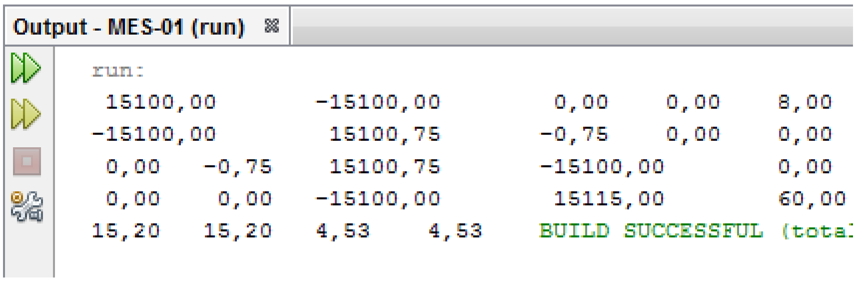
Temperatury wewnątrz i na zewnątrz blachy są w przybliżeniu identyczne, dlatego że jest cienka i posiada bardzo dobre właściwości przewodzące.

Wyniki dla aerogelu:

K=0.015

L=2cm





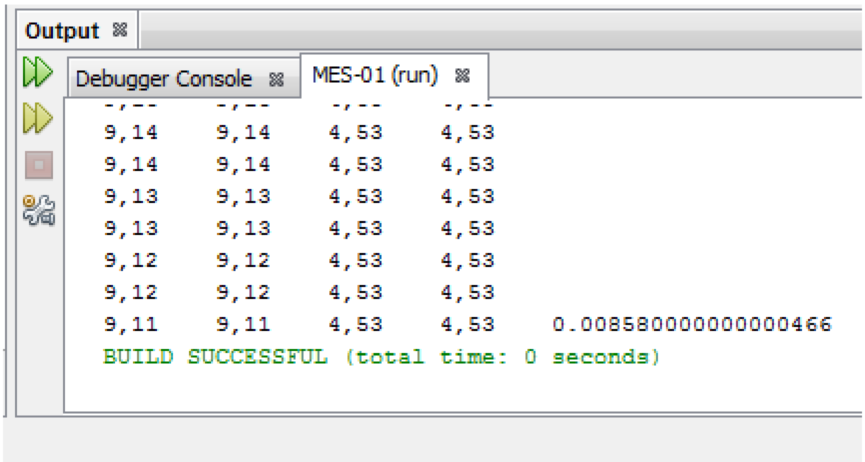
T1=15,20°C
T2=15,20°C
T3=4,53°C
T4=4,53°C

Różnica temperatur jest znacznie większa. Aerogel okazał się lepszym izolatorem.

Aby odpowiedzieć na zadane sobie pytanie: „O ile cieńszą możemy zastosować warstwę aerogelu, aby właściwości izolacyjne pozostały takie same” zmodyfikowałem program dodając funkcjonalność pozwalającą określić optymalną wartość, dodałem również kilka funkcji diagnostycznych oraz zmieniłem sposób obliczania układu równań z Gaussa na Rozkład LU.

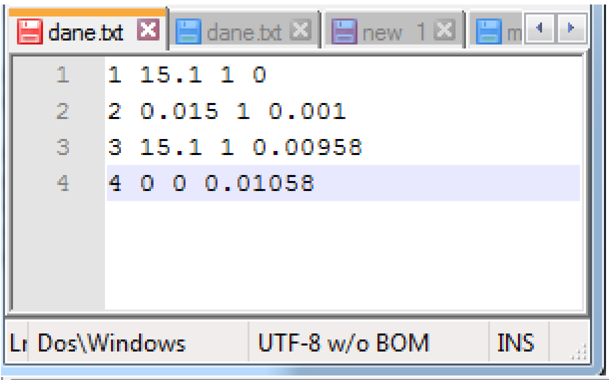
```
while(wyniki[0]-9.11>0.001)
    {
      dlugosc -= 0.00001;
      // TUTAJ PROGRAM PONOWNIE
      //LICZY TEMPERATURY
    }
System.out.println(dlugosc);
```

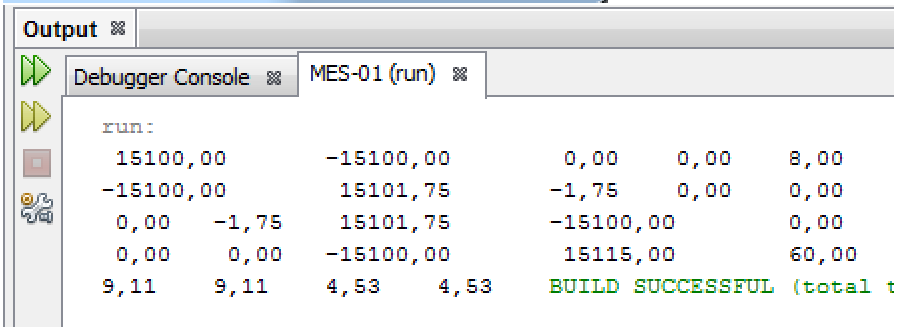
Staramy się tak dopasować grubość warstwy izolującej aby różnica temperatur była taka sama jak w przypadku waty szklanej.



Optymalna długość to 0.0086m.

Wyłączamy nową funkcjonalność, aby sprawdzić czy obliczona długość jest prawidłowa.





Wszystko się zgadza. Stosunek jest równy: 2cm/0,86cm = 2,33

Odp.: Chłodziarka z aerogelu może być 2,33 razy cieńsza od chłodziarki z włókna szklanego, zachowując identyczne właściwości termoizolacyjne.

Element_final.java.txt Funkcje_final.java.txt MES01_final.java.txt