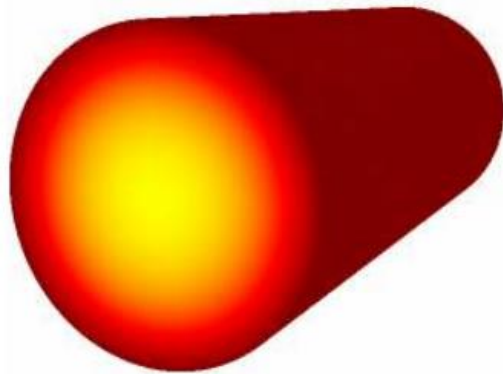


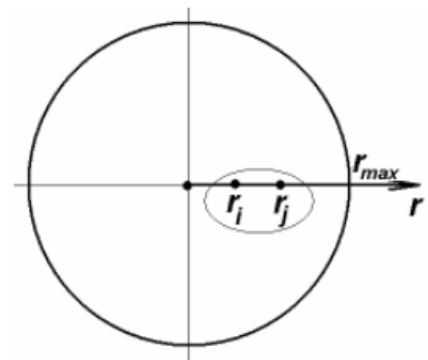
<b>Imię i nazwisko:</b> Piotr Zawisza	<b>Temat projektu:</b> Wyznaczenie niestalonego pola temperatury we wsadzie o przekroju okrągłym.	<b>Data oddania projektu:</b> 16.01.2015
<b>Specjalność:</b> WIMIIP rok III gr. 3 Informatyka Stosowana		<b>Ocena:</b>

## Wstęp



Na granicy przekroju poprzecznego kęsa zachodzi wymiana ciepła przez konwekcję. Współczynnik konwekcyjnej wymiany ciepła równy jest  $\alpha$ , temperatura otoczenia  $t_\infty$ . Zadanie to rozpatrzono w cylindrycznym układzie współrzędnych.

Rozpatrzmy prosty jednowymiarowy przykład procesu niestalonego przewodnictwa ciepła we wsadzie o przekroju okrągłym. Zakładamy, że wymiana odbywa się w sposób osiowo-symetryczny.



$$K_{11} = \frac{k}{\Delta r} \sum_{p=1}^{n_p} r_p w_p + \frac{c\rho\Delta r}{\Delta \tau} \sum_{p=1}^{n_p} N_i^2 r_p w_p$$

$$K_{12} = -\frac{k}{\Delta r} \sum_{p=1}^{n_p} r_p w_p + \frac{c\rho\Delta r}{\Delta \tau} \sum_{p=1}^{n_p} N_i N_j r_p w_p$$

$$K_{21} = -\frac{k}{\Delta r} \sum_{p=1}^{n_p} r_p w_p + \frac{c\rho\Delta r}{\Delta \tau} \sum_{p=1}^{n_p} N_i N_j r_p w_p$$

$$K_{22} = \frac{k}{\Delta r} \sum_{p=1}^{n_p} r_p w_p + \frac{c\rho\Delta r}{\Delta \tau} \sum_{p=1}^{n_p} N_j^2 r_p w_p + 2\alpha r_{\max}$$

$$F_1 = -\frac{c\rho\Delta r}{\Delta \tau} \sum_{p=1}^{n_p} (N_i t_{i0} + N_j t_{j0}) N_i r_p w_p$$

$$F_2 = -\frac{c\rho\Delta r}{\Delta \tau} \sum_{p=1}^{n_p} (N_i t_{i0} + N_j t_{j0}) N_j r_p w_p - 2\alpha r_{\max} t_\infty$$

Do obliczeń wykorzystałem zmodyfikowany program do wyznaczania ustalonego pola temperatury w przecie.

Zmianie uległo liczenie macierzy lokalnych dla elementów, teraz odbywa się to zgodnie ze wzorami po lewej. Całość jest zależna od czasu dlatego program został zapętlony, ilość pętli zależy od danych wejściowych. Tworzenie macierzy głównych oraz rozwiązanie układu pozostało bez zmian.

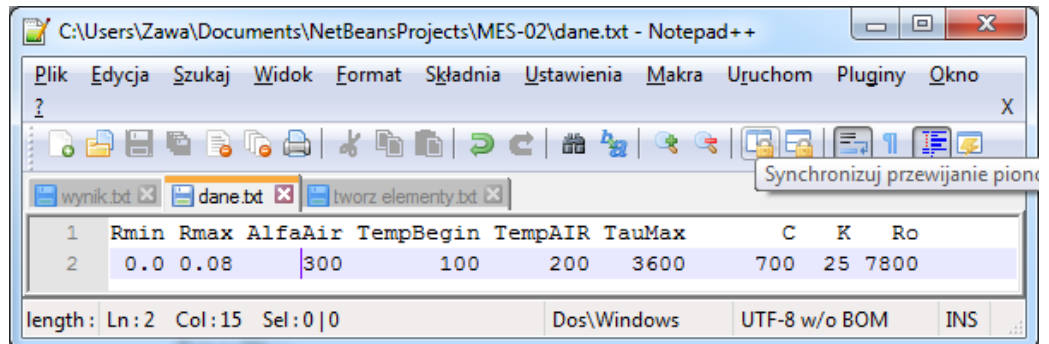
### Zadanie Praktyczne:

Obliczyć globalną macierz układu równań dla siatki elementów.

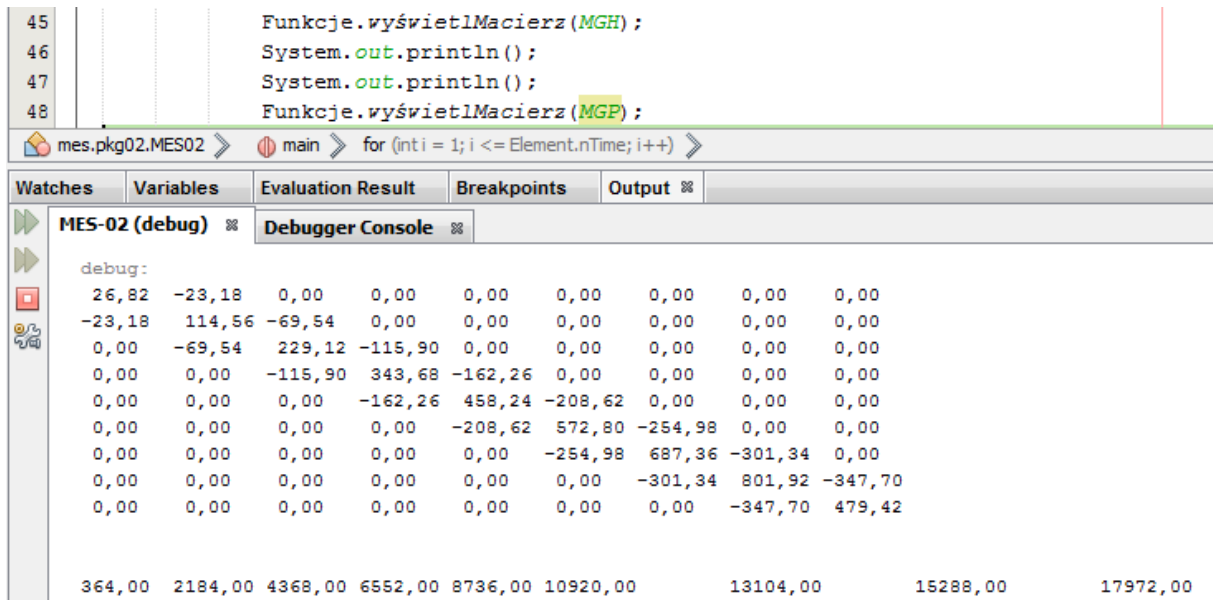
Dane:

Struktura pliku z danymi:

$r_{max} = 0.08 \text{ m};$   
 $\Delta r = 0.01 \text{ m};$   
 $\Delta \tau = 50 \text{ s};$   
 $c = 700 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K});$   
 $\rho = 7800 \text{ kg}/\text{m}^3;$   
 $k = 25 \text{ W}/\text{mK};$   
 $\alpha = 300 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K};$   
 $t_0 = 100 \text{ }^\circ\text{C};$   
 $t_{\infty} = 200 \text{ }^\circ\text{C}.$



Instrukcje do wyświetlania, macierz globalna oraz wektor obciążeń:



Macierz podana w instrukcji:

Tabela 5.4. Macierz globalna

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	26.82	-23.18							
2	-23.18	114.56	-69.54						
3		-69.54	229.12	-115.90					
4			-115.90	343.68	-162.26				
5				-162.26	458.24	-208.62			
6					-208.62	572.80	-254.98		
7						-254.98	687.36	-301.34	
8							-301.34	801.92	-347.70
9								-347.70	527.42

Macierz są identyczne poza jednym polem, różnica wynika z błędu w kodzie z instrukcji.

Podczas obliczania pola lokalnego MLH[1][1] dwukrotnie dodawane jest wyrażenie (2 \* Alfa \* Rmax)

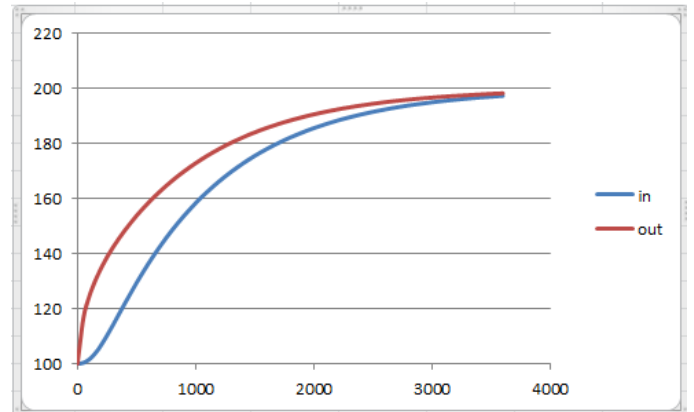
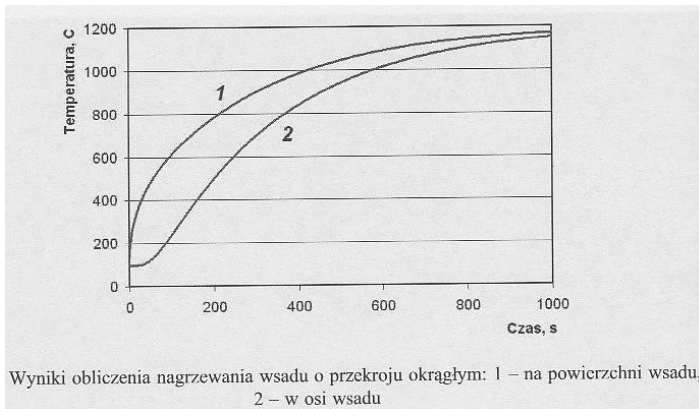
Powinno być dodane tylko raz. Analogicznie dla pola lokalnego MLP[1] z wyrażeniem( 2 \* Alfa \* Rmax \* TempAir)

## Wyniki:

Plik wyniki.txt po wykonaniu programu:

CZAS[s]	TEMPERATURA WEWNĄTRZ	TEMPERATURA NA ZEWNĄTRZ
0.0 100.0 100.0		3
50.0 100.41305795292938 116.60975044821348		1850.0 183.17658116247372 189.05597209555253
100.0 101.66731037574142 124.57581250903334		1900.0 184.04857103925556 189.6232221958778
150.0 103.86403763623882 130.25538571456352		1950.0 184.875364101452 190.1610705961712
200.0 106.83770612065777 134.86045679226984		2000.0 185.6593029504988 190.67104125696048
250.0 110.333714826462 138.8223111136708		2050.0 186.40260877994044 191.1545791437498
300.0 114.11997419521265 142.34873507132087		2100.0 187.10738766311135 191.61305432344403
350.0 118.0229929574996 145.55557815362357		2150.0 187.77563651683838 192.047765847711
400.0 121.92593434056869 148.5129904592928		2200.0 188.40924875723422 192.45994543460213
450.0 125.75525743952706 151.26588069269386		2250.0 189.01001966309065 192.85076095906086
500.0 129.4672933959099 153.84433377098853		2300.0 189.57965146174513 193.22131976233155
550.0 133.0379220352654 156.26939603583952		2350.0 190.11975815162972 193.57267178972376
600.0 136.45542407563443 158.5564601810294		2400.0 190.63187007504118 193.90581256567015
650.0 139.71577514271206 160.71730795186429		2450.0 191.11743825400924 194.2216860145378
700.0 142.8196283773474 162.76136592808152		2500.0 191.57783850149994 194.521187135204
750.0 145.77040865068636 164.69648682351936		2550.0 192.01437531957214 194.80516453698695
800.0 148.57312047882886 166.52943999322707		2600.0 192.42828559551228 195.07442284412338
850.0 151.2336080838566 168.2662220273486		2650.0 192.82074210640963 195.32972497561076
900.0 153.75809976634915 169.91225538638923		2700.0 193.1928568420925 195.5717943068771
950.0 156.15293024436943 171.47251708649767		2750.0 193.54568415583788 195.80131671940455
1000.0 158.42437403357485 172.95162353187652		2800.0 193.88022375177755 196.01894254411508
1050.0 160.5785479099982 174.35388775350773		2850.0 194.19742351746393 196.22528840402617
1100.0 162.6213562080459 175.68335920279742		2900.0 194.4981822096201 196.42093896139752
1150.0 164.55846255807054 176.9438524435754		2950.0 194.78335200068378 196.60644857431885
1200.0 166.39527783360302 178.13896871286246		3000.0 195.05374089335896 196.78234286743398
1250.0 168.13695793286007 179.27211283961535		3050.0 195.3101150100174 196.94912022125072
1300.0 169.78840742717867 180.34650708555188		3100.0 195.5532007634366 197.10725318425693
1350.0 171.35428661267127 181.36520289406238		3150.0 195.7836869150241 197.25718981184394
1400.0 172.83902043989994 182.3310911717551		3200.0 196.00222652635998 197.39935493583076
1450.0 174.24680838184184 183.24691150100975		3250.0 196.20943880958743 197.53415136818668
1500.0 175.5816346654176 184.1152605402372		3300.0 196.40591088189439 197.66196104236232
1550.0 176.84727851917896 184.93859977965587		3350.0 196.59219942905642 197.7831460954634
1600.0 178.04732423112557 185.71926276449648		3400.0 196.7688322827553 197.89804989433335
1650.0 179.18517089834506 186.4594618622678		3450.0 196.93630991614245 198.00699800845211
1700.0 180.26404180442066 187.1612946283349		3500.0 197.0951068618837 198.1102991324078
1750.0 181.286993393919 187.82674980975253		3550.0 197.2456730567049 198.20824596055454
1800.0 182.2569238336283 188.457713018045		3600.0 197.3884351162463 198.30111601633558

## Porównanie wykresów:



Kształt wykresu sporządzonego na podstawie pliku wyniki.txt pokrywa się z wykresem znalezionym w skrypcie prof. Milenina.

## Przykład zastosowania:

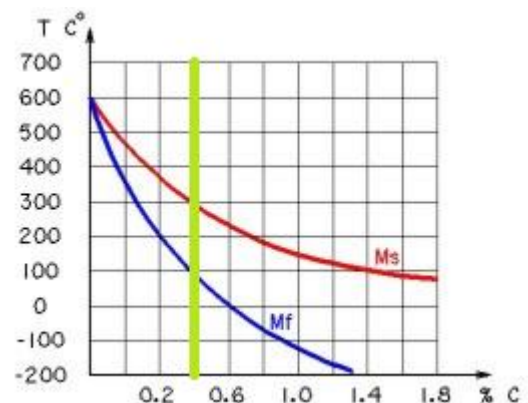
Czy można uzyskać strukturę martenzytyczną w nagrzanym wsadzie chłodząc go na wolnym powietrzu ?

zawartość węgla = 0.4%C

Stal została nagrzana do temperatury austenizowania

```

C:\Users\Zawa\Documents\NetBeansProjects\MES-02\dane.txt - Notepad++
Plik Edycja Szukaj Widok Format Składnia Ustawienia Makra Uruchom Pluginy Okno
wynik.txt dane.txt
1 Rmin Rmax AlfaAir TempBegin TempAIR TauMax C K Ro
2 0.0 1 10 900 -273 100 460 58 7700
lengt Ln:2 Col:60 Sel:0|0 Dos\Windows UTF-8 w/o BOM INS
    
```



```

C:\Users\Zawa\Documents\NetBeansProjects\MES-02\wynik.txt - Notepad++
Plik Edycja Szukaj Widok Format Składnia Ustawienia Makra Uruchom Pluginy
Okno
wynik.txt dane.txt
994 99.29999999999863 868.2610861766155 779.5118205708885
995 99.39999999999863 868.1946965109576 779.4376237009552
996 99.49999999999862 868.1282812636639 779.3634437309861
997 99.59999999999862 868.0618405274876 779.2892806230949
998 99.69999999999861 867.9953743949038 779.2151343395122
999 99.7999999999986 867.9288829581129 779.1410048425857
1000 99.8999999999986 867.8623663090392 779.0668920947797
1001 99.9999999999986 867.7958245393332 778.992796058674
1002
lengt Ln:11 Col:55 Sel:0|0 Dos\Windows ANSI INS
    
```

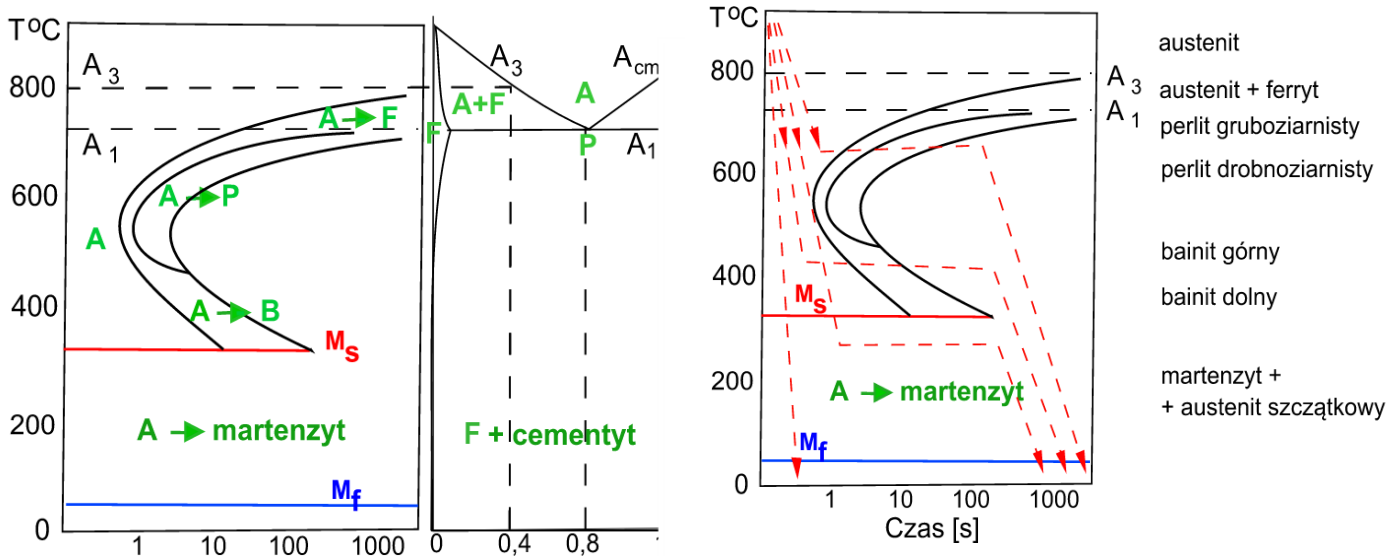
Po 100s temp na powierzchni nawet nie osiągnęła temperatury martenzyt start mimo temp -273. Biorąc pod uwagę ograniczenia tego procesu w programie, przemiana w takich warunkach jest niemożliwa.

Zmieniamy ośrodek na wodę:  $\alpha=500$

```
*C:\Users\Zawa\Desktop\MES02 backup\MES-02back\dane.txt - Notepad++
Plik  Edycja  Szukaj  Widok  Format  Składnia  Ustawienia  Makra  Uruchom  Pluginy  Okno  ?
-----
dane.txt  wynik.txt
1  Rmin Rmax AlfaAir TempBegin TempAIR  TauMax  C  K  Ro
2  0.00  1  500  800  1  100  460  58  7700

length:120 lines Ln:2 Col:55 Sel:0|0  Dos\Windows  UTF-8 w/o BOM  INS
```

Wykres CTP (czas–temperatura–przemiana) dla stali węglowej 0,4%C Krytyczna wartość  $\Delta T/\Delta t$  odpowiada stycznej do „krzywej C”



Między 0.6 – 0.7s osiągamy temperaturę 600°C, a po ok 8s osiągamy temp. martenzyt start

```
6 0.5 799.9992963131937 626.6937047180444
7 0.6 799.9998006801512 608.1819134295795
8 0.7 800.000356964758 591.5591462595963
9 0.7999999999999999 800.0008457591963 576.559684647093'
...
83 8.1999999999999987 800.0065715884532 301.55324153149274
84 8.2999999999999986 800.006421245979 300.16453831313413
85 8.3999999999999986 800.0061921031265 298.793852940061
```

Część zewnętrznej powierzchni wsadu zamieni się w martenzyt.



Element.txt



Funkcje.txt



MES02.txt