

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

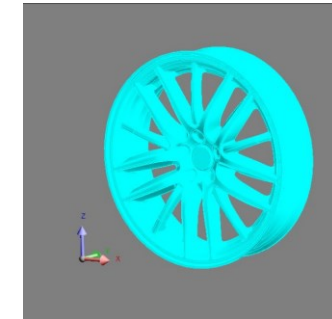
***Relazione per la prova finale***  
**«Modelli bidimensionali per lo studio  
di processi ad induzione»**

Tutor universitario: Prof. *Michele Forzan*

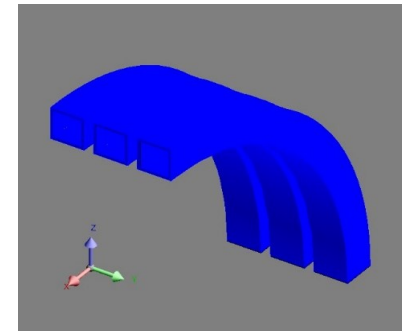
Laureando: *Conte Alessandro*

Padova, 24/11/2023

- Studio del riscaldamento del cerchione di un automobile attraverso l'utilizzo di induttori alimentati con corrente alternata.



- Nello specifico verranno analizzate due configurazioni geometriche diverse di posizionamento degli induttori.



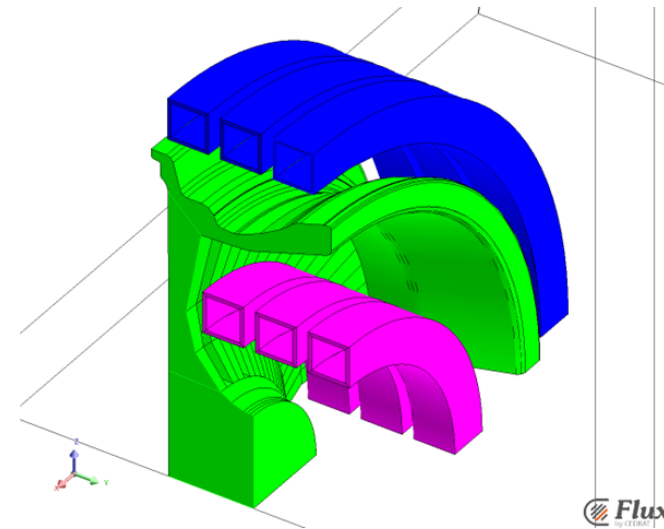
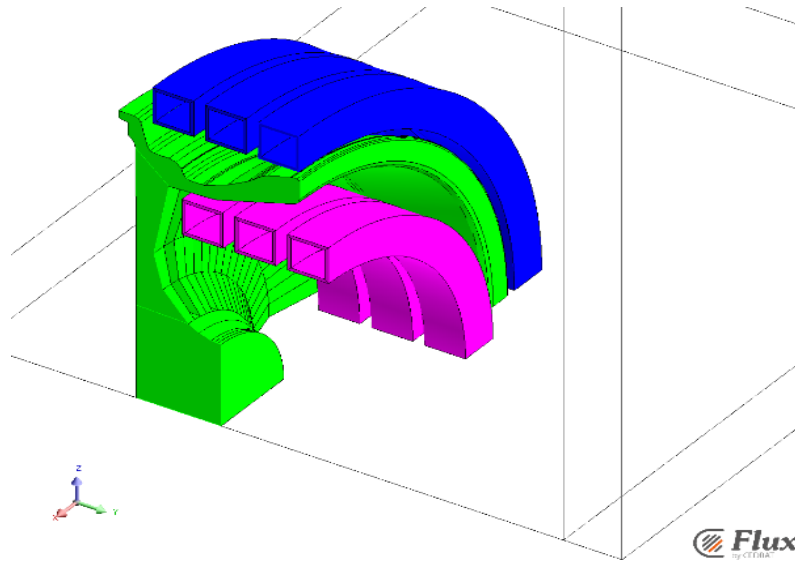
- Per la creazione del modello verrà utilizzato il software Flux.



**RISCALDAMENTO LOCALIZZATO**

**CALCOLO DEI CONSUMI**

**CONFRONTO CON ALTRI PROCESSI**

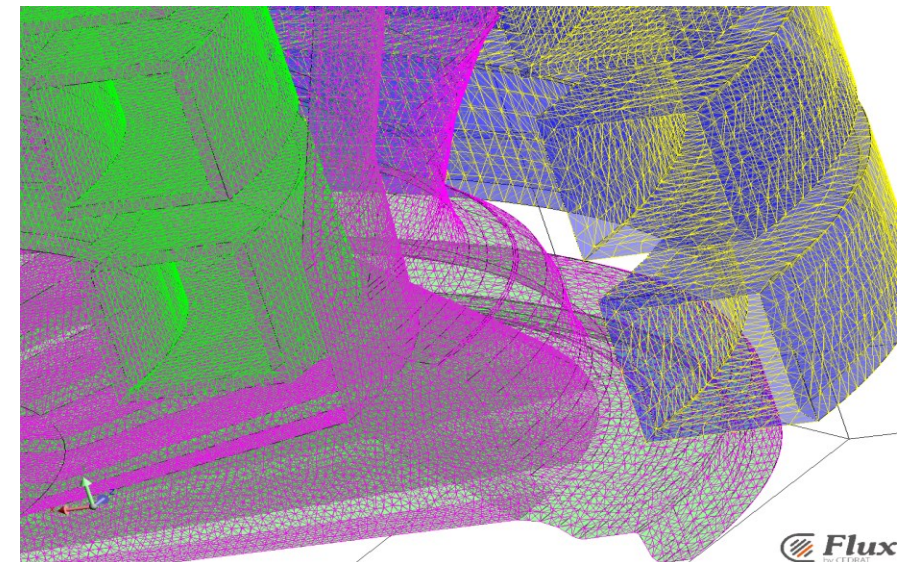


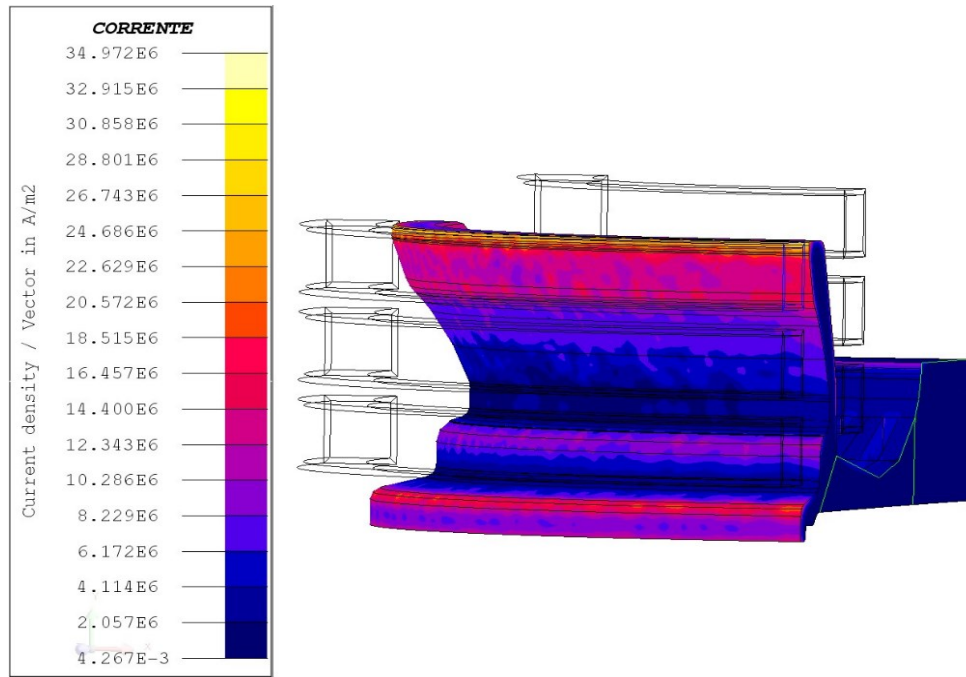
Mesh poligonale

Modello costituito dal quarto di cerchione in alluminio ( $\rho_{Al} = 5 \times 10^{-8} \Omega \times m$ ) (verde) assieme a due file composte da 3 induttori in rame ( $\rho_{Rame} = 2 \times 10^{-8} \Omega \times m$ ) ciascuna (blu) e (viola). Induttore : sezione quadrata, lato = 35 mm, spessore = 3 mm, passo = 10 mm.

Configurazione 1 :  $R_1 = 275$  mm,  $R_2 = 175$  mm.

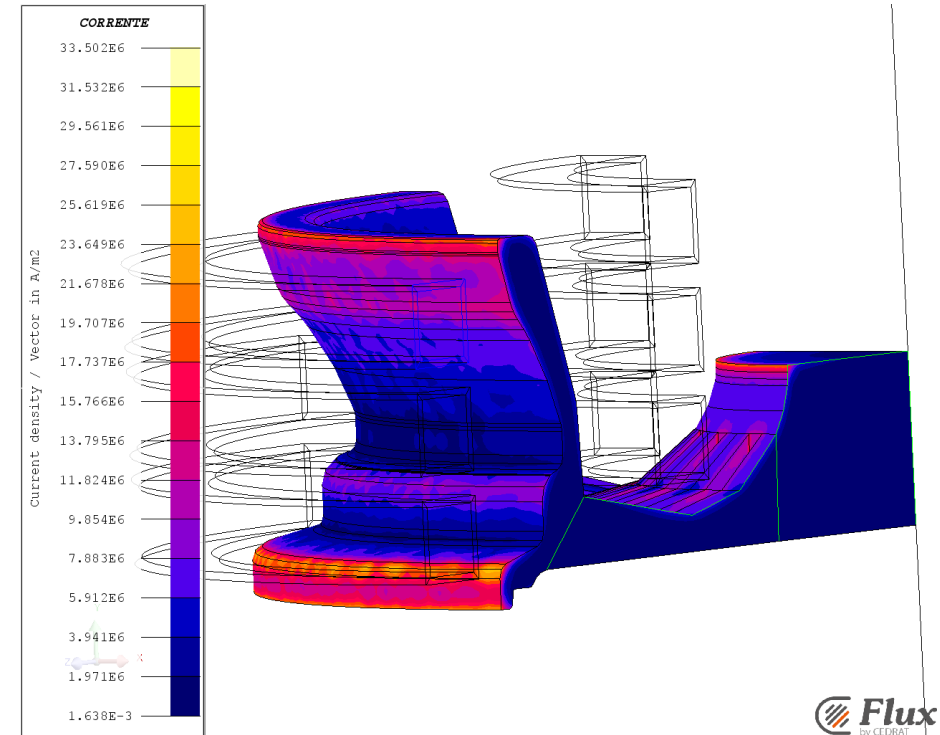
Configurazione 2 :  $R_1 = 290$  mm,  $R_2 = 135$  mm.





**Configurazione 1**

Digitare l'equazione qui.



**Configurazione 2**

A partire dall'ipotesi di avere una corrente di 1000 A su ogni induttore, il software calcola lo sviluppo del campo elettrico e magnetico nello spazio e la circolazione delle correnti indotte sulla superficie del cerchione.

$$I_1 = 1000 \text{ A}$$

$$\text{Frequenza } f = 2000 \text{ Hz}$$



$$\text{Rendimento } \eta = 50,32 \%$$



**MODELLO :  
LINEARE**

$$\frac{P_1}{I_1^2} = \frac{P_{DES}}{I_{DES}^2} \quad \longrightarrow \quad \frac{P_{DES}}{P_1} = \frac{40000 \text{ W}}{570 \text{ W}} = 74$$

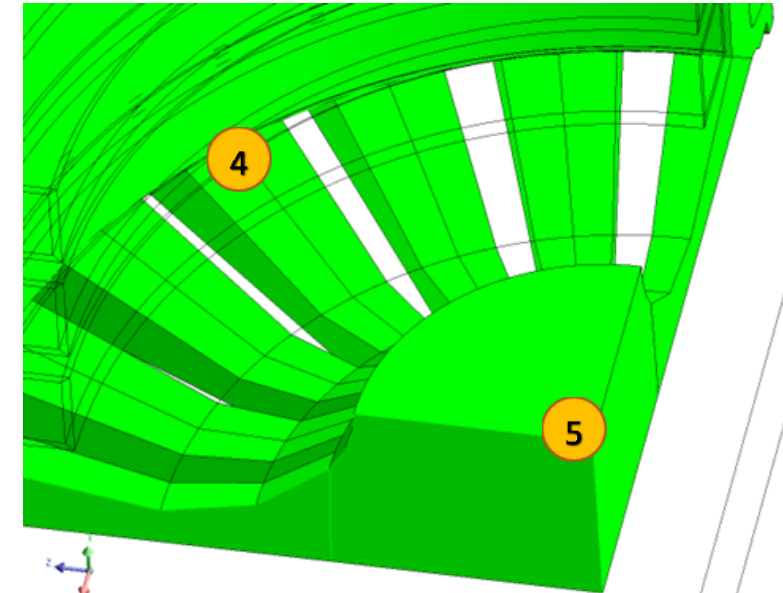
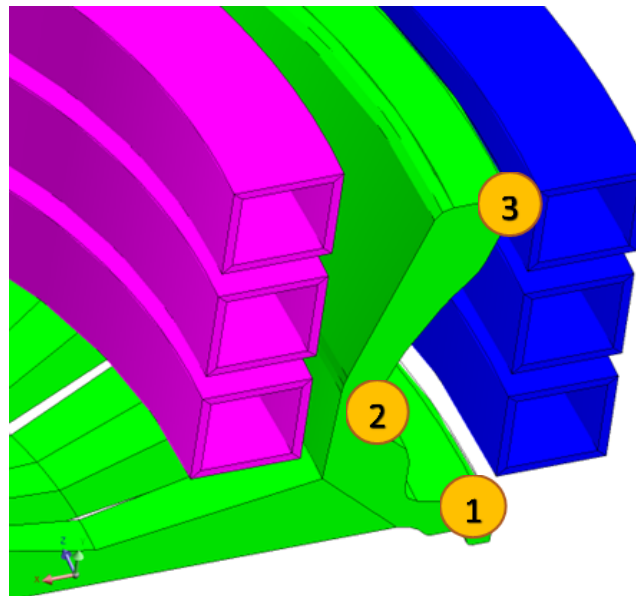
www.dii.unipd.it

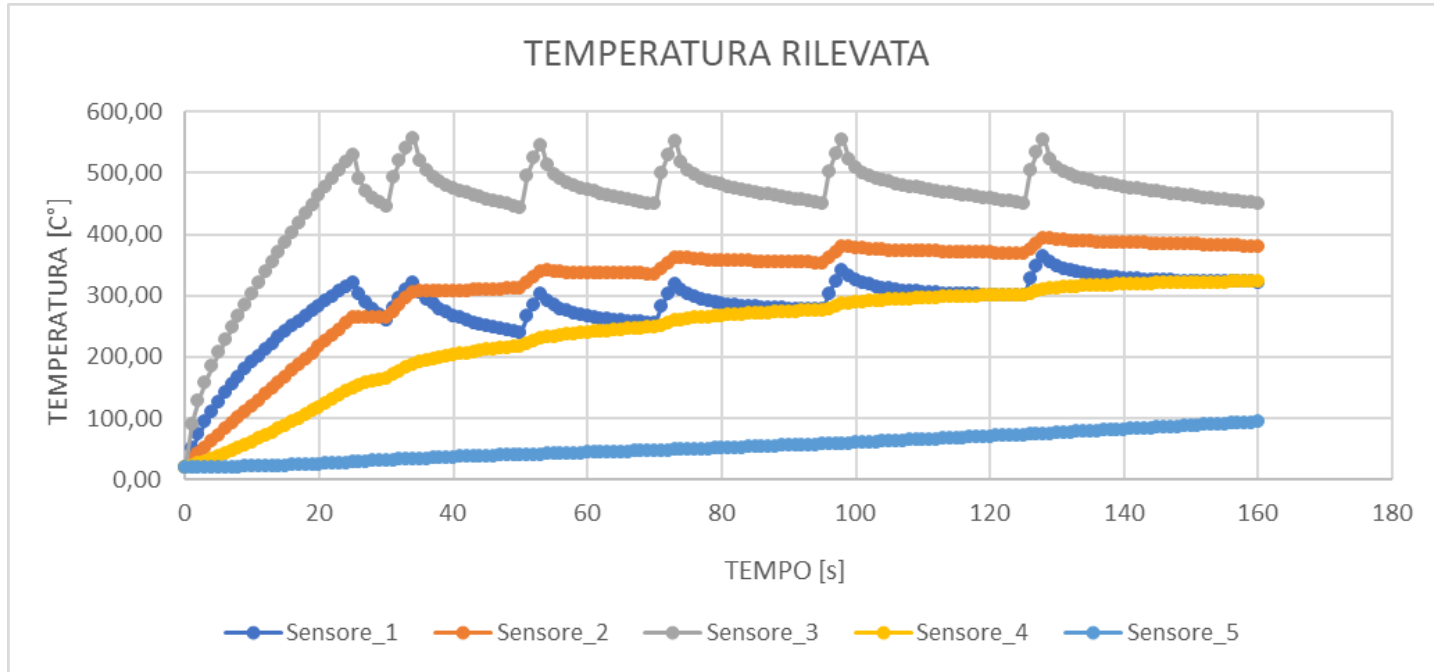
Coeff. di scambio  
termico convettivo:  
 $\alpha = 10 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right]$

Il software a questo punto calcola la diffusione di calore dovuto all' **effetto joule**.  
Posiziono su 5 punti strategici del cerchione dei sensori termici, che misurano la  
temperatura istante per istante. Il sensore 3 misura la temperatura maggiore, che  
deve raggiungere al massimo i 550 C° circa.

Tempo totale    Durata intervallo    ON/OFF

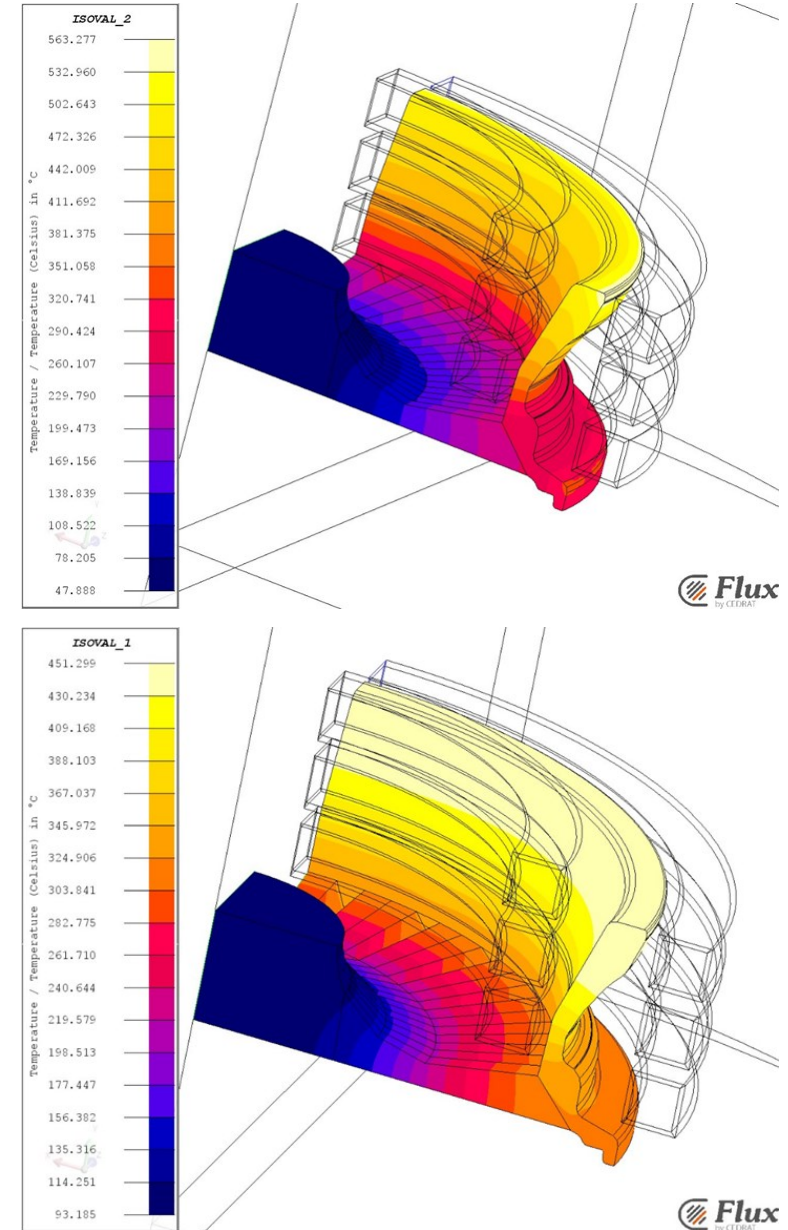
|      |     |     |
|------|-----|-----|
| 25s  | 25s | ON  |
| 30s  | 5s  | OFF |
| 34s  | 4s  | ON  |
| 50s  | 16s | OFF |
| 53s  | 3s  | ON  |
| 70s  | 17s | OFF |
| 73s  | 3s  | ON  |
| 95s  | 22s | OFF |
| 98s  | 3s  | ON  |
| 125s | 27s | OFF |
| 128s | 3s  | ON  |
| 160s | 32s | OFF |





Qui sopra nel grafico è riportato l'andamento di temperatura rilevata dai sensori per un tempo totale di 160 s.

A destra è riportata la distribuzione di temperatura per due istanti diversi: in alto  $t_1=73$  s , in basso  $t_2= 160$  s.

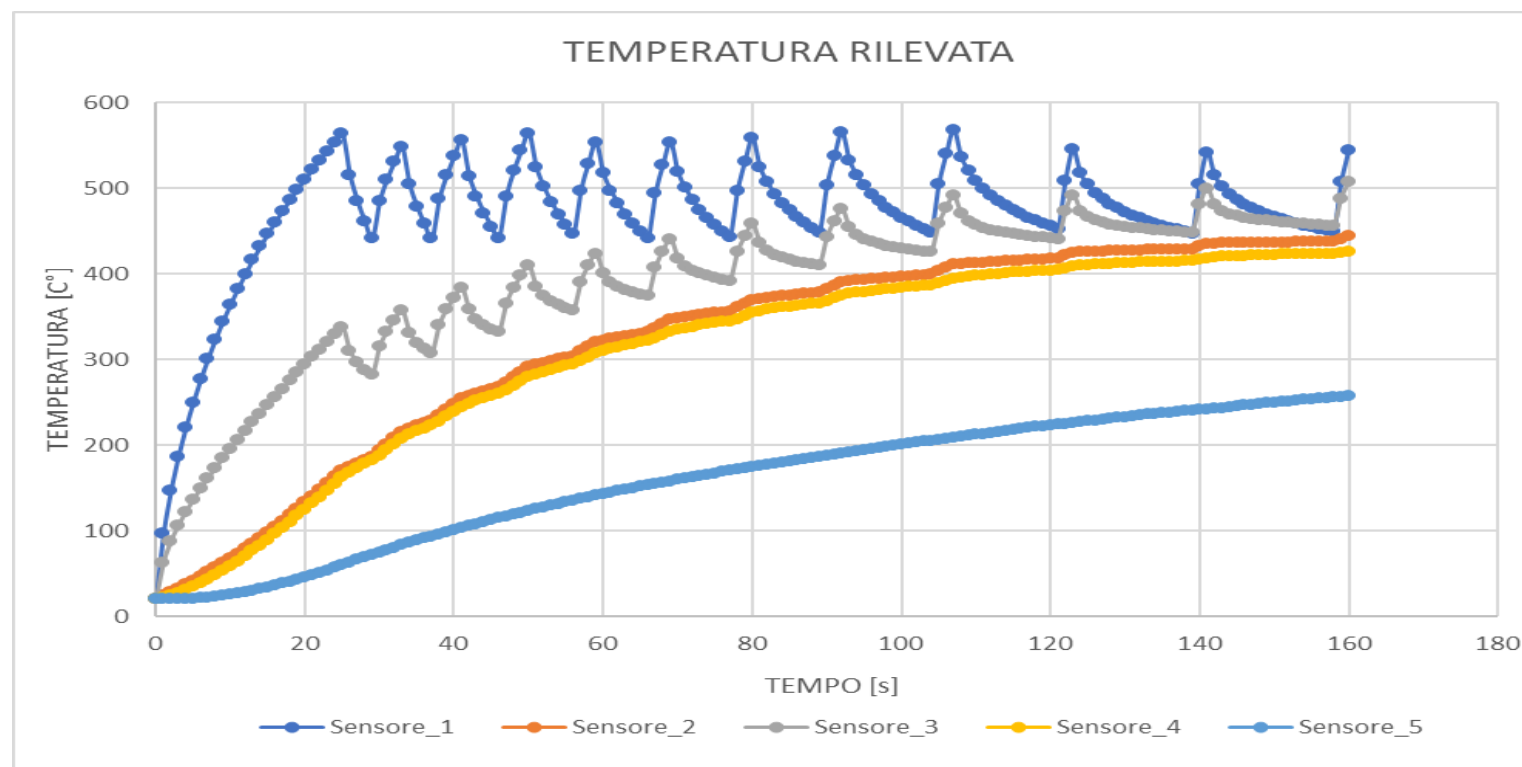


$$\frac{P_2}{I_2^2} = \frac{P_{DES}}{I_{DES}^2} \quad \longrightarrow \quad \frac{P_{DES}}{P_2} = \frac{40000 \text{ W}}{460 \text{ W}} = 87$$

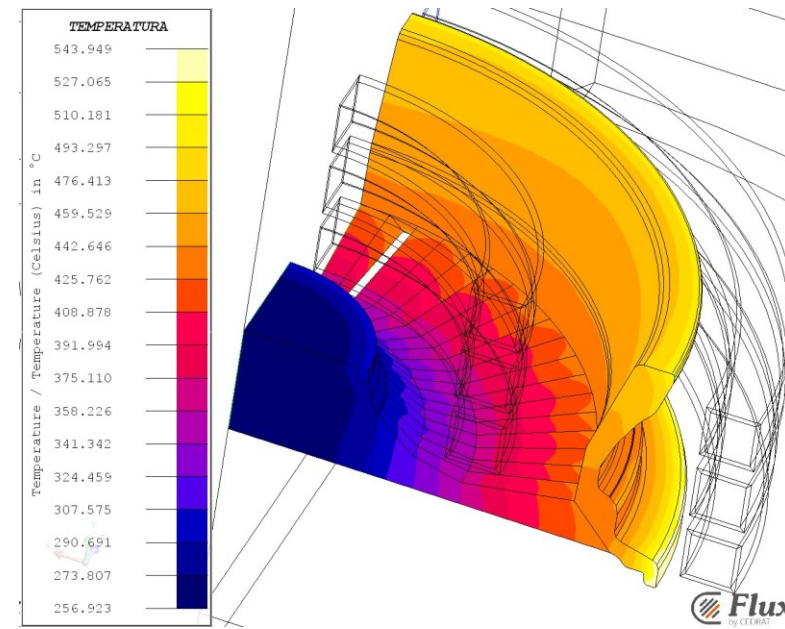
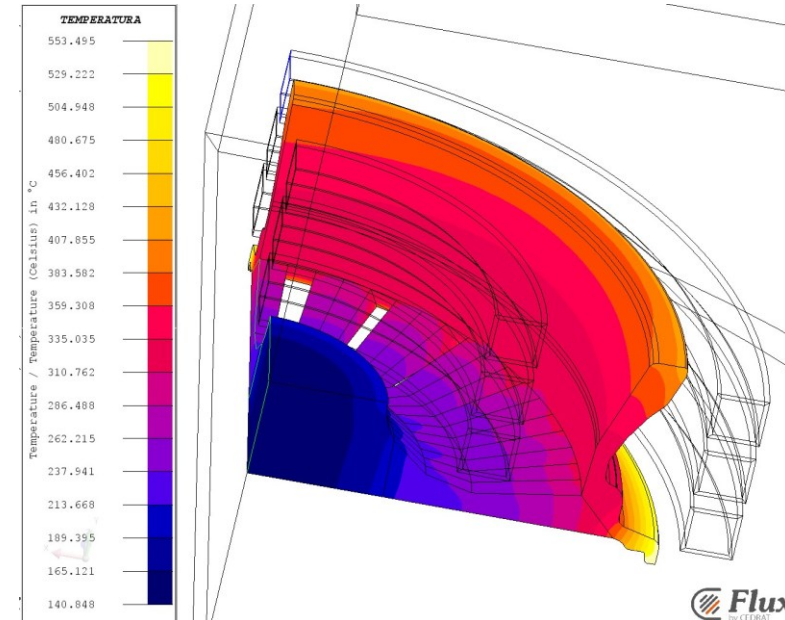
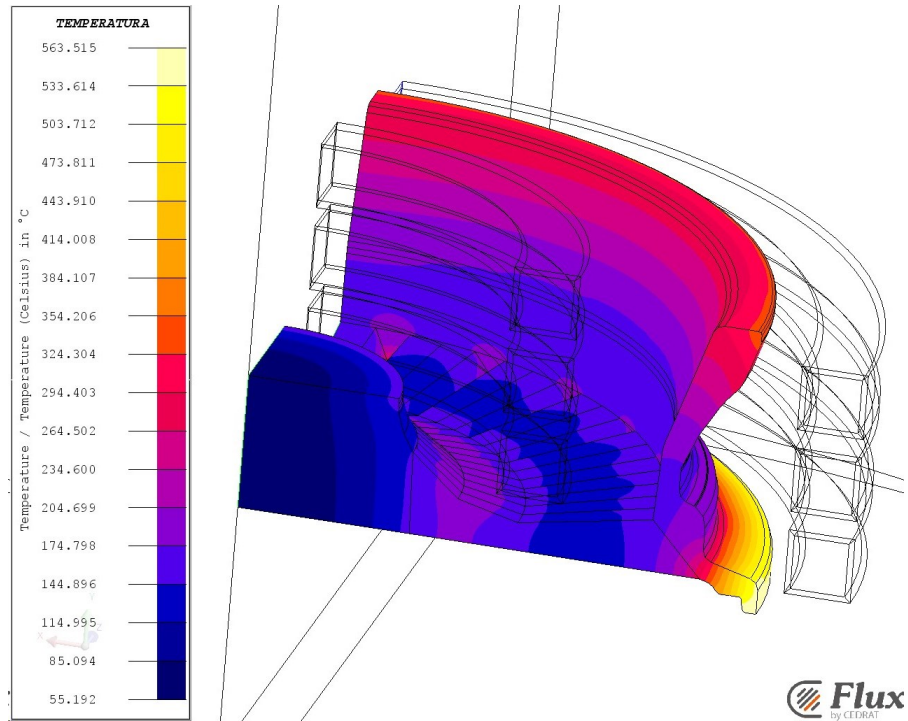
La posizione dei sensori è invariata rispetto alla configurazione precedente, ma in questo caso sarà il sensore 1 a misurare la temperatura maggiore.

| Tempo totale | Durata intervallo | ON/OFF |
|--------------|-------------------|--------|
| 25s          | 25s               | ON     |
| 29s          | 4s                | OFF    |
| 33s          | 4s                | ON     |
| 37s          | 4s                | OFF    |
| 41s          | 4s                | ON     |
| 46s          | 5s                | OFF    |
| 50s          | 4s                | ON     |
| 56s          | 6s                | OFF    |
| 59s          | 3s                | ON     |
| 66s          | 7s                | OFF    |
| 69s          | 3s                | ON     |
| 77s          | 8s                | OFF    |
| 80s          | 3s                | ON     |
| 89s          | 9s                | OFF    |
| 92s          | 3s                | ON     |
| 104s         | 12s               | OFF    |
| 107s         | 3s                | ON     |
| 121s         | 14s               | OFF    |
| 123s         | 2s                | ON     |
| 139s         | 16s               | OFF    |
| 141s         | 2s                | ON     |
| 158s         | 17s               | OFF    |
| 160s         | 2s                | ON     |

Evoluzione della temperatura rilevata dai sensori:







In alto a sx: temperatura dopo  $t = 25$  s.  
 In alto a dx: temperatura dopo  $t = 59$  s.  
 In basso a dx: temperatura dopo  $t = 160$  s.

**NUMERO DI INTERVALLI:** diversa evoluzione delle temperature critiche.

**TEMPERATURA FINALE DELLA SPALLA**

**TEMPERATURA FINALE DEL MOZZO**

## Consumi configurazione 1:

Energia [joule] :

$$E = P \times t = 320000 \times 41 = 1,312 \times 10^7 J .$$

Energia [kWh] :

$$\frac{1,312 \times 10^7 J}{3600 \times 1000} = 3,644 kWh$$

Energia per ogni chilogrammo di ruota  $\left[\frac{kWh}{Kg}\right]$  :

$$\frac{3,644 kWh}{23,25 Kg} = 0,157 \frac{kWh}{Kg}$$

## Consumi configurazione 2:

Energia [joule] :

$$E = P \times t = 320000 \times 58 = 1,856 \times 10^7 J .$$

Energia [kWh] :

$$\frac{1,856 \times 10^7}{3600 \times 1000} = 5,156 kWh$$

Energia per ogni chilogrammo di ruota  $\left[\frac{kWh}{Kg}\right]$  :

$$\frac{5,156 kWh}{23,25 Kg} = 0,222 \frac{kWh}{Kg}$$

**Consumo del processo  
convenzionale con  
l'utilizzo di un forno:**

Energia [joule] :  
 $7,569 \times 10^7 J$

Energia [kWh] :  
21,02 kWh

Energia per ogni chilogrammo di ruota  $\left[\frac{kWh}{Kg}\right]$  :  
0,9 kWh/Kg