



Stage ai LNL-INFN

TEMA F

«TRASMISSIONE DEL CALORE AD ALTA TEMPERATURA»

A cura di Botter Nicola, De Vidi Luca, Ponchio Mattia, Vecchione Giacomo

Tutor Responsabile: Alberto Andrighetto

Tutor Collaboratori: Alberto Monetti, Massimo Rossignoli.

Metodi di trasmissione del calore

Conduzione

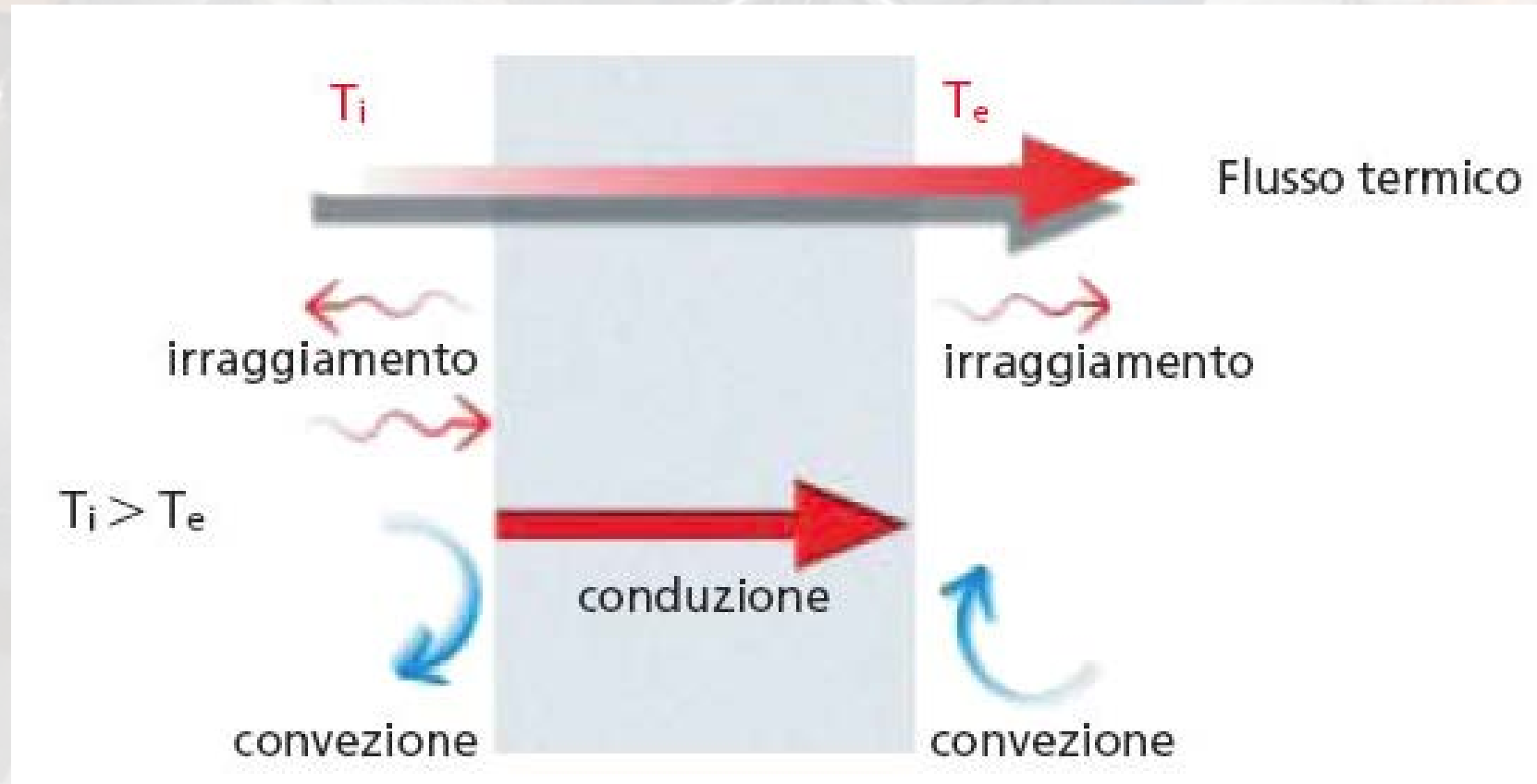
$$Q = \frac{\lambda A \Delta T \Delta \tau}{l}$$

Convezione

$$Q = h A \Delta T \Delta \tau$$

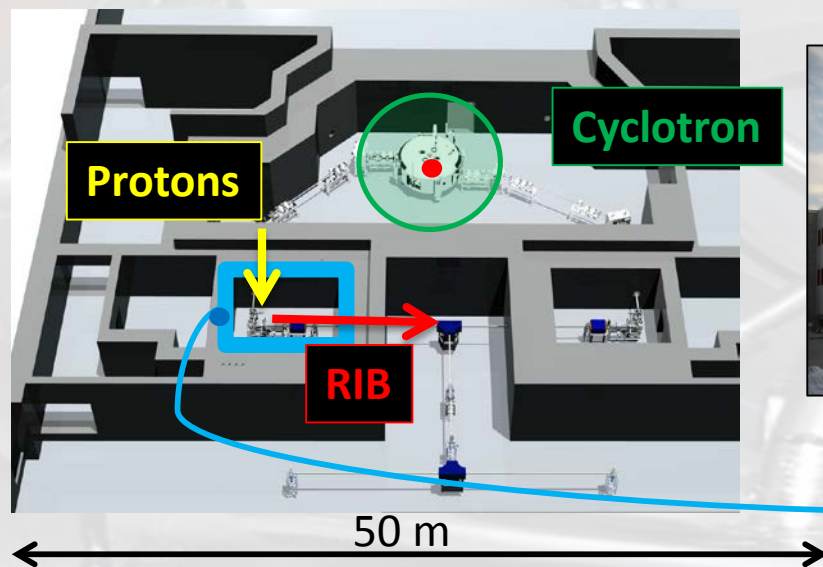
Irraggiamento

$$Q = \sigma \varepsilon A T^4 \Delta \tau$$



Target ion Source system & the Front End

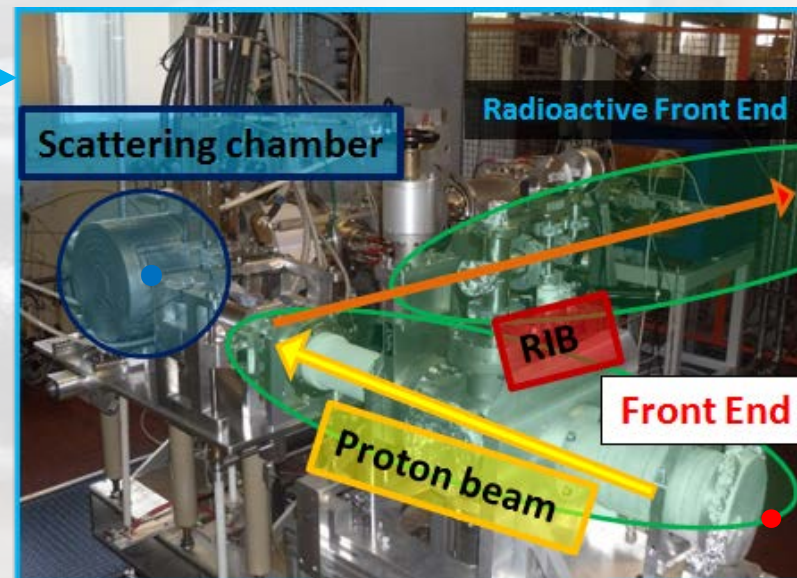
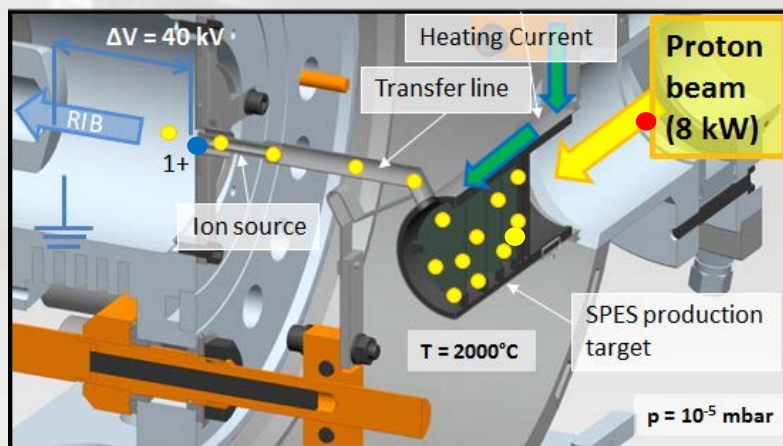
- A second generation ISOL facility for neutron-rich ion beams
- The "Hope" of Laboratori Nazionali di Legnaro



Building



Cyclotron



Scattering chamber

Radioactive Front End

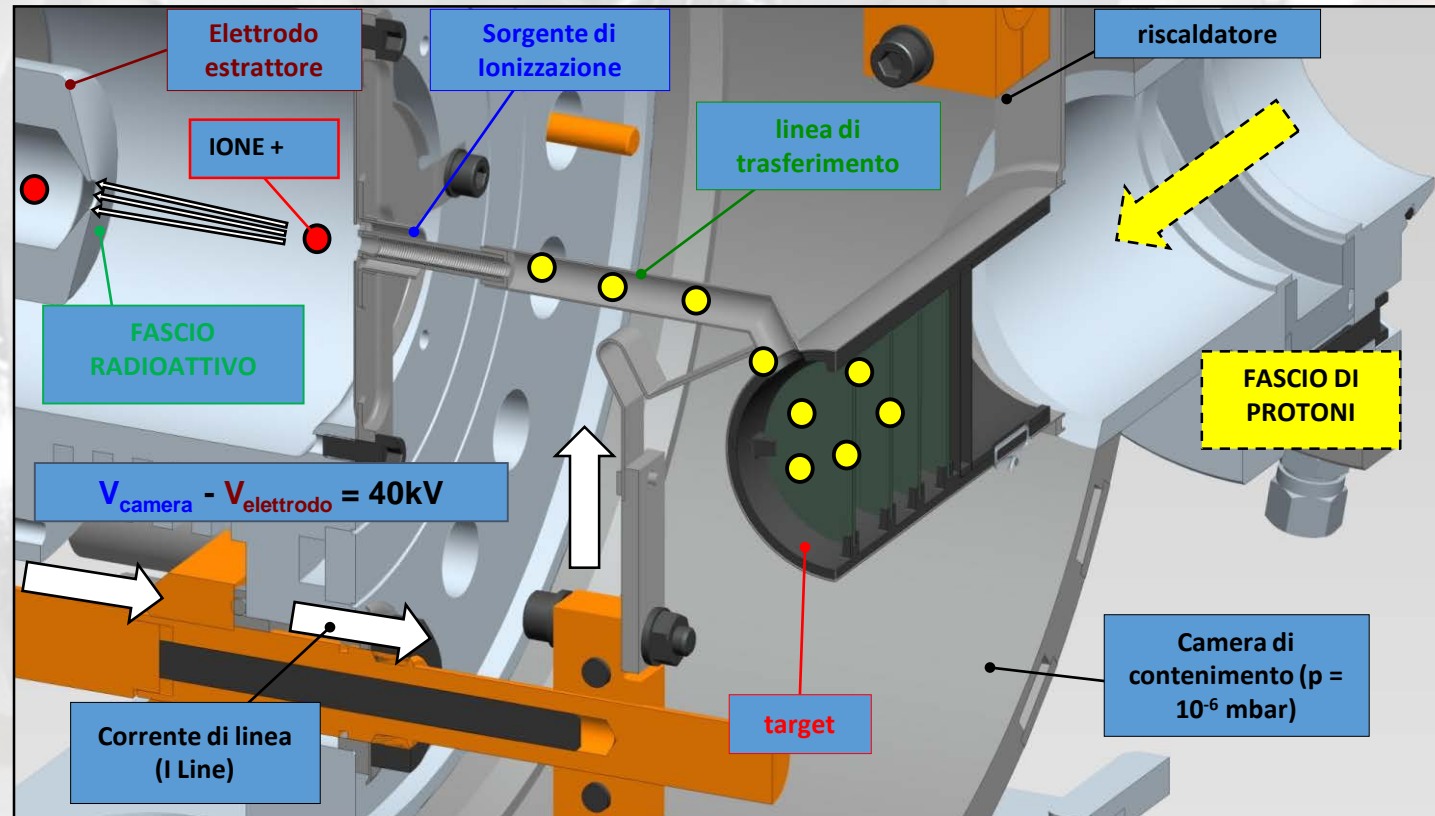
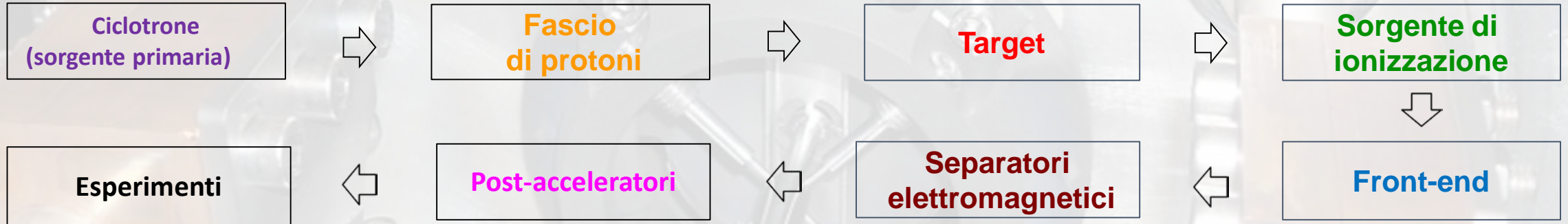
RIB

Front End

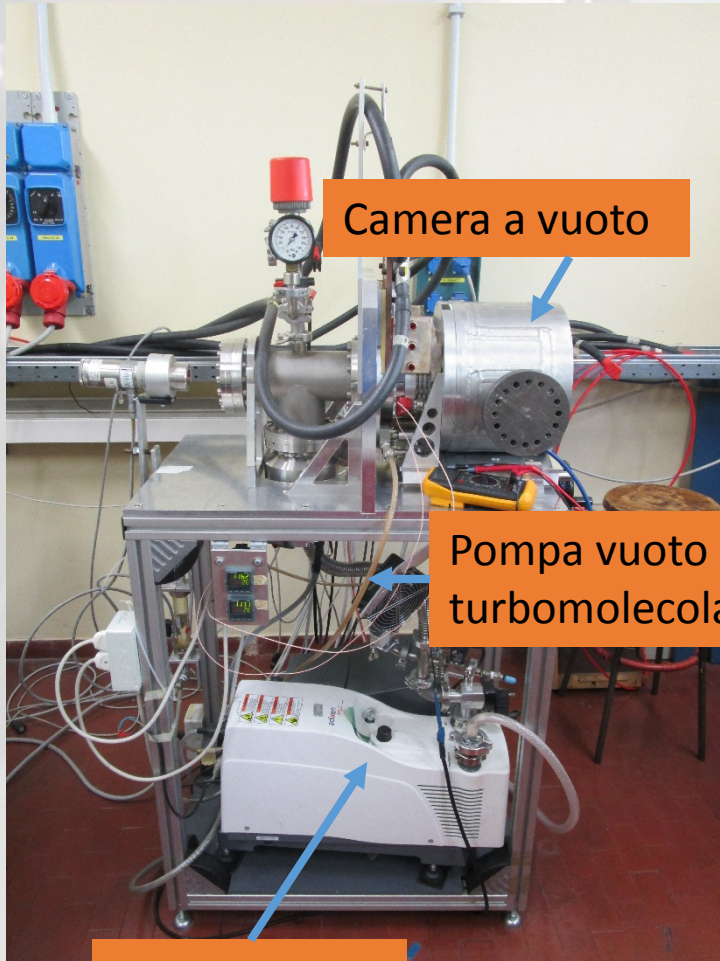
Proton beam

Protonic Front End

SPES



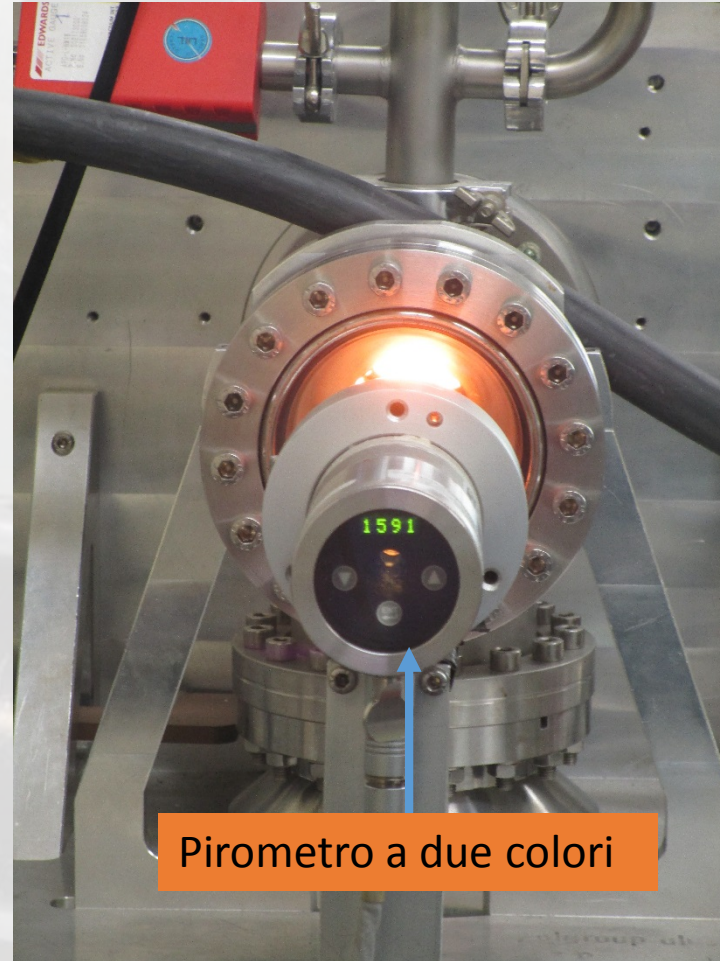
Target test bench



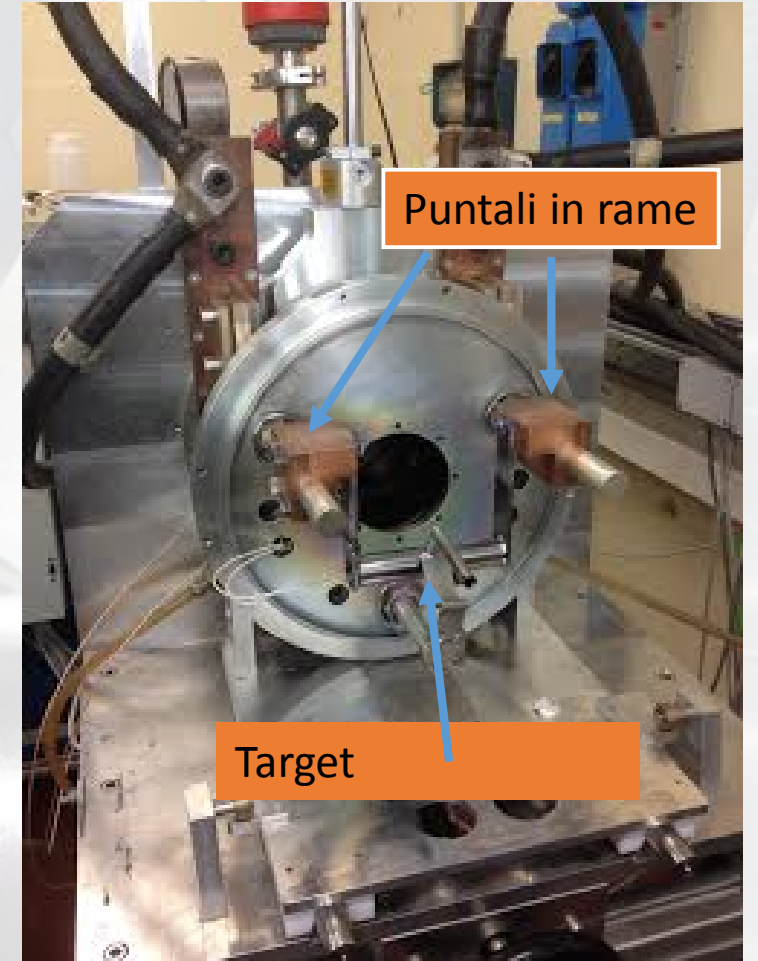
Camera a vuoto

Pompa vuoto
turbomolecolare

Pompa vuoto
preliminare



Pirometro a due colori



Puntali in rame

Target

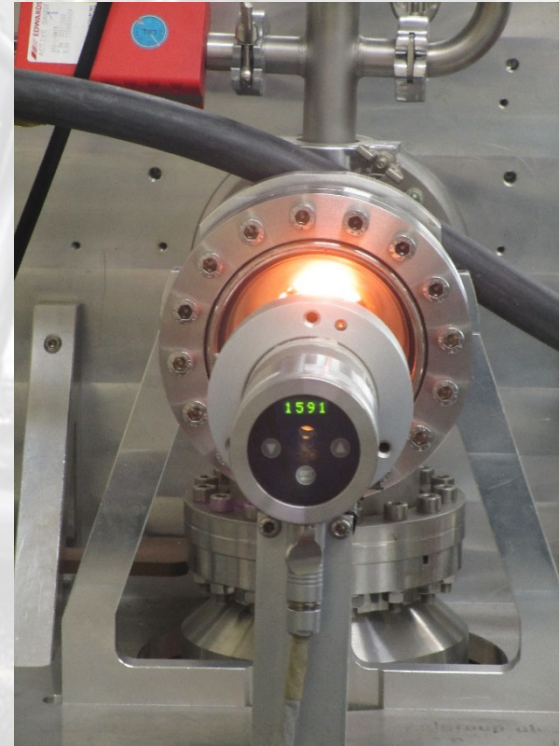
Strumenti di misura



Multimetro (tester)



Termocamera



Pirometro a due colori



Termocoppia



Barometro



Esperimento n°1

$$P = \frac{\sigma A (T_{int}^4 - T_c^4)}{\frac{1}{\epsilon_{int}} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{r_{int}}{r_c}}$$

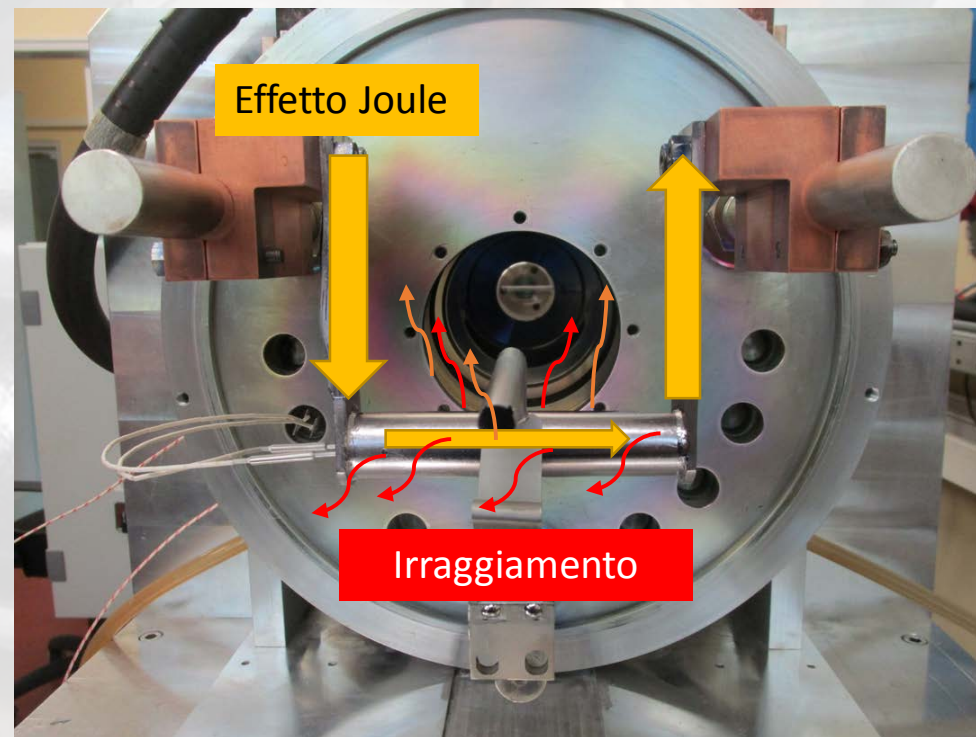
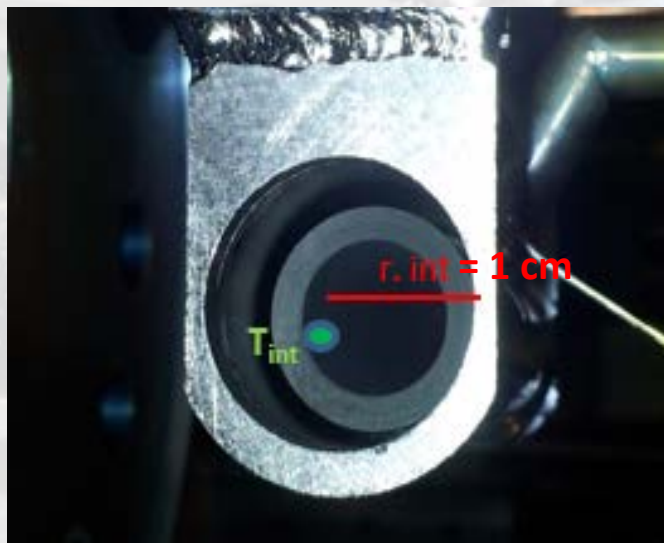
Potenza scambiata per irraggiamento tra due cilindri concentrici

$$P = \frac{l\rho I^2}{2\pi r_{int} S}$$

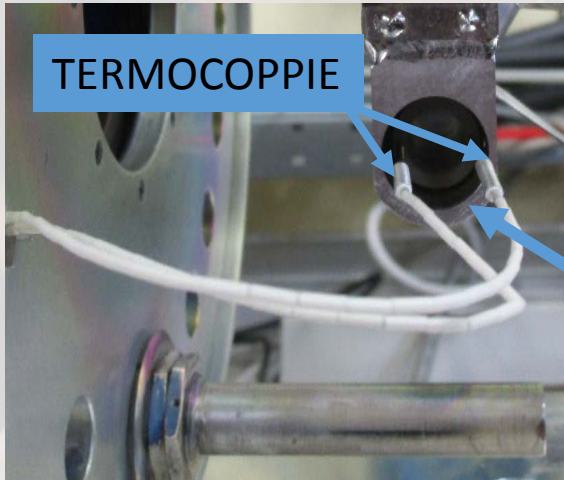
Potenza dissipata per effetto Joule

T_{int}

$$T_{int} = \sqrt[4]{T_c^4 + \left(\frac{\rho I^2}{2\pi r_{int} S}\right) \left(\frac{\frac{1}{\epsilon_{int}} + \frac{1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \frac{r_{int}}{r_c}}{\sigma 2\pi r_{int}}\right)}$$

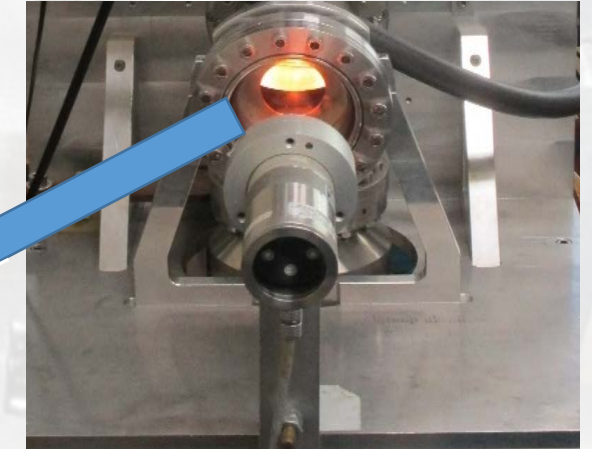
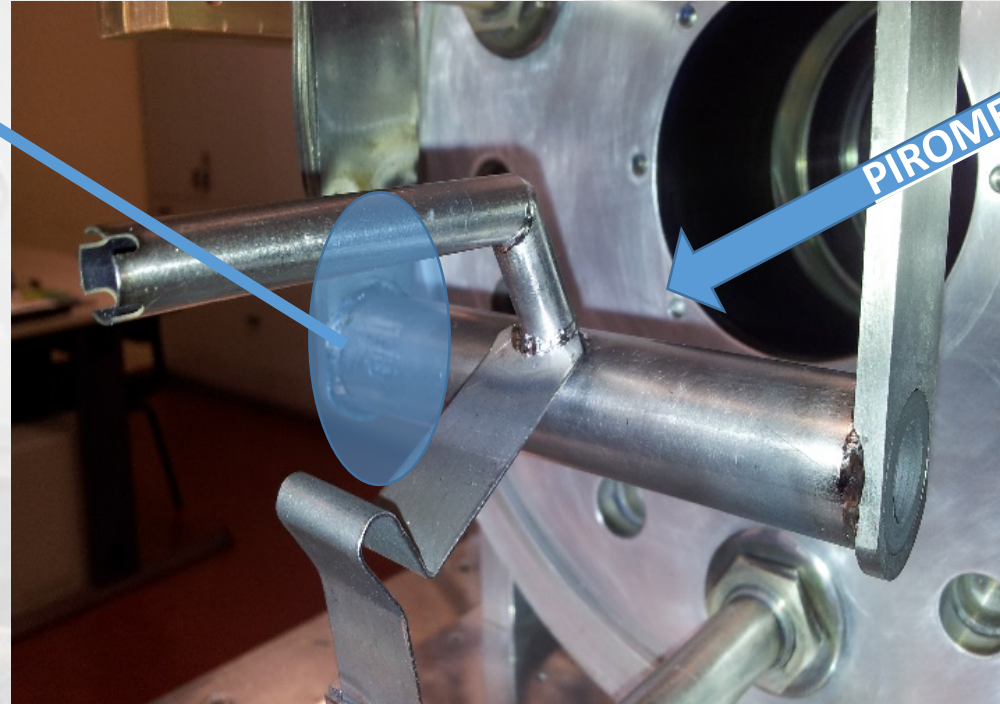


Raccolta dati temperature del target



Corrente (A)	Temperatura (°C)
100	147
200	359
300	621
400	847
500	1063
600	1254
700	1429
800	1596
900	1755
976	1870

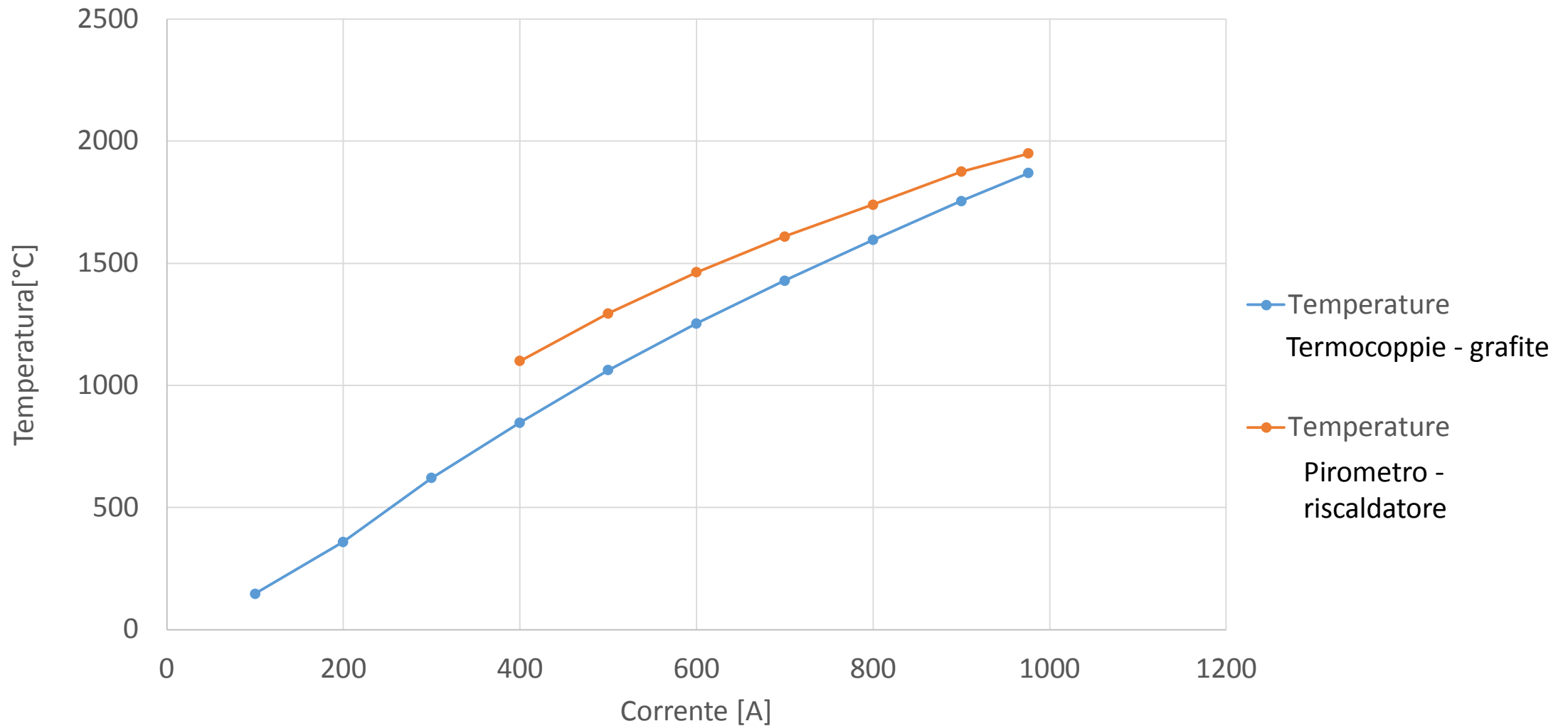
Misurazioni Temperature target (°C) con termocoppie



Corrente (A)	Temperatura (°C)
100	/
200	/
300	/
400	1100
500	1295
600	1463
700	1610
800	1740
900	1875
976	1950

Misurazioni Temperature target (°C) con pirometro

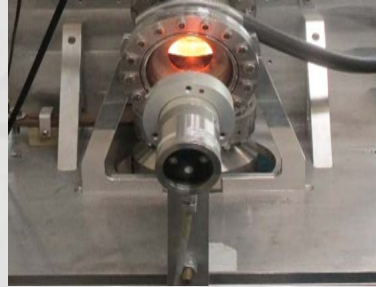
Misurazione sperimentale temperature del Target



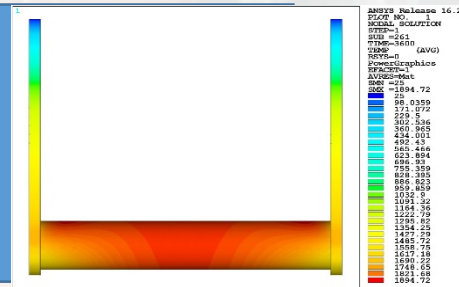
- 2 misure diverse perché in 2 punti differenti
- **La temperatura del riscaldatore è correlabile a quella della scatola in grafite (misura possibile con fascio protonico)**

Dati relativi a misure analitiche, sperimentali e numeriche

*Formula
Analitica*



FEM

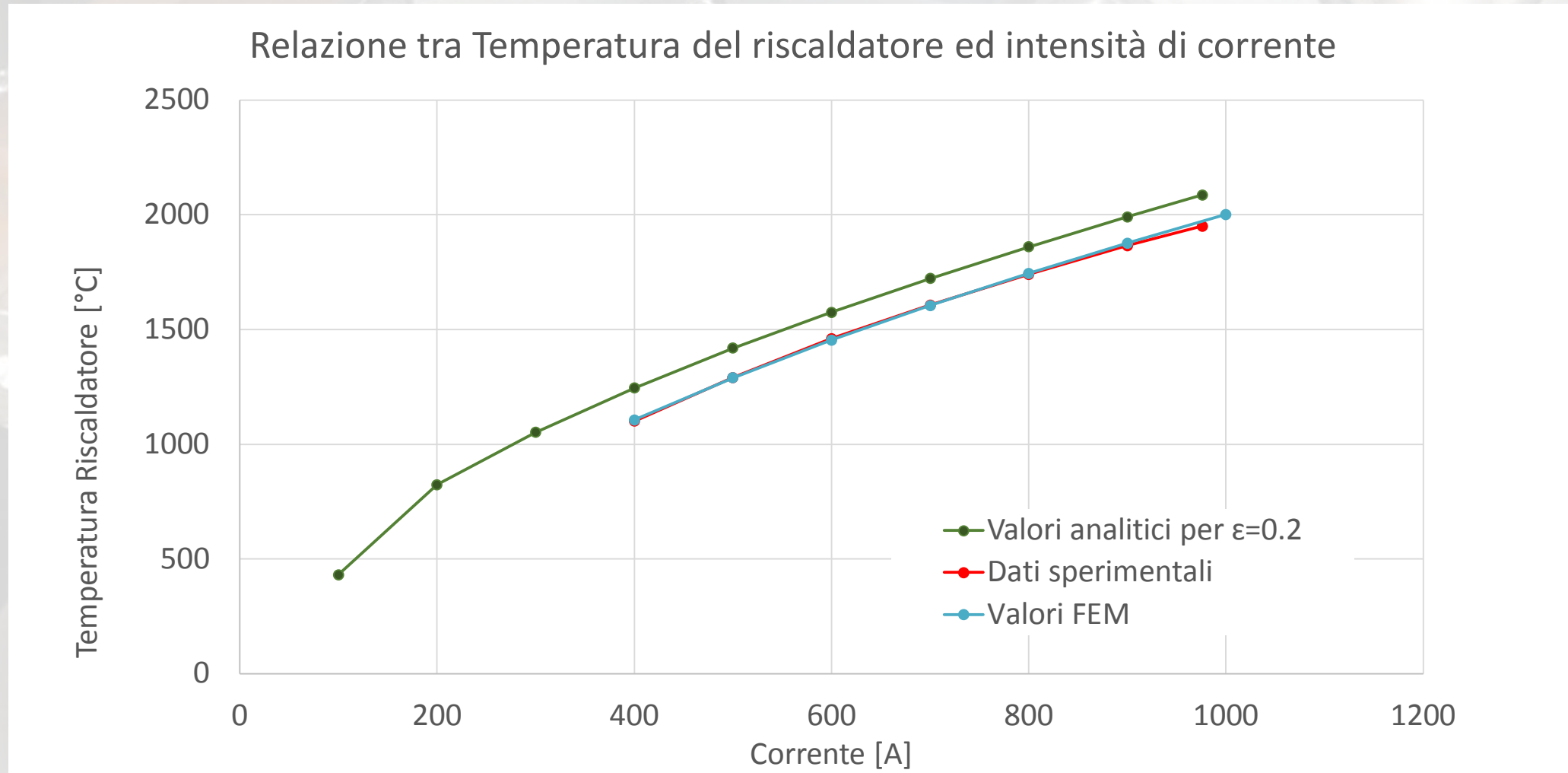


Corrente [A]	Temperatura [°C]
100	430.6
200	823.5
300	1051.2
400	1245.1
500	1418.2
600	1574.8
700	1722.1
800	1859.9
900	1990.6
976	2085.8

Corrente (A)	Temperatura (°C)
100	/
200	/
300	/
400	1100
500	1295
600	1463
700	1610
800	1740
900	1875
976	1950

Corrente (A)	Temperatura (°C)
100	/
200	/
300	/
400	1105.8
500	1289.8
600	1453.9
700	1604.5
800	1744.7
900	1876.3
1000	2000.9

Confronto tra valori analitici e numerici, misure sperimentali



- Misure sperimentali in perfetto accordo con quelle FEM
- I valori analitici sono superiori di 100°C (errore inferiore al 5%)
- La formula analitica è facilmente implementabile, mentre i calcoli FEM necessitano di giorni di preparazione e il software è molto costoso (1 licenza: decine di migliaia di euro all'anno per un'azienda)

Esperimento n°2: misura della resistenza termica di contatto

- Necessaria la sua valutazione quando il flusso di calore è intenso
- Dovuta alla non perfetta planarità delle superfici

$$P = \frac{\lambda A \Delta T}{l}$$

$$R_{TH} = \frac{\Delta T}{P} = \frac{T_{MATERIALE\ 1} - T_{MATERIALE\ 2}}{POTENZA}$$

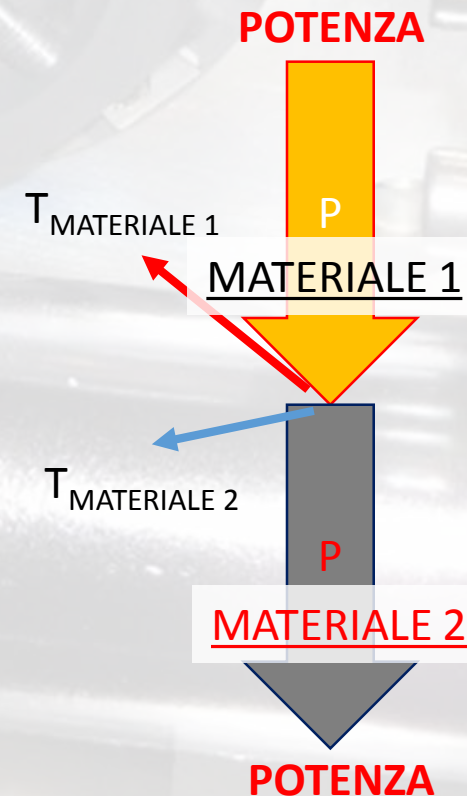
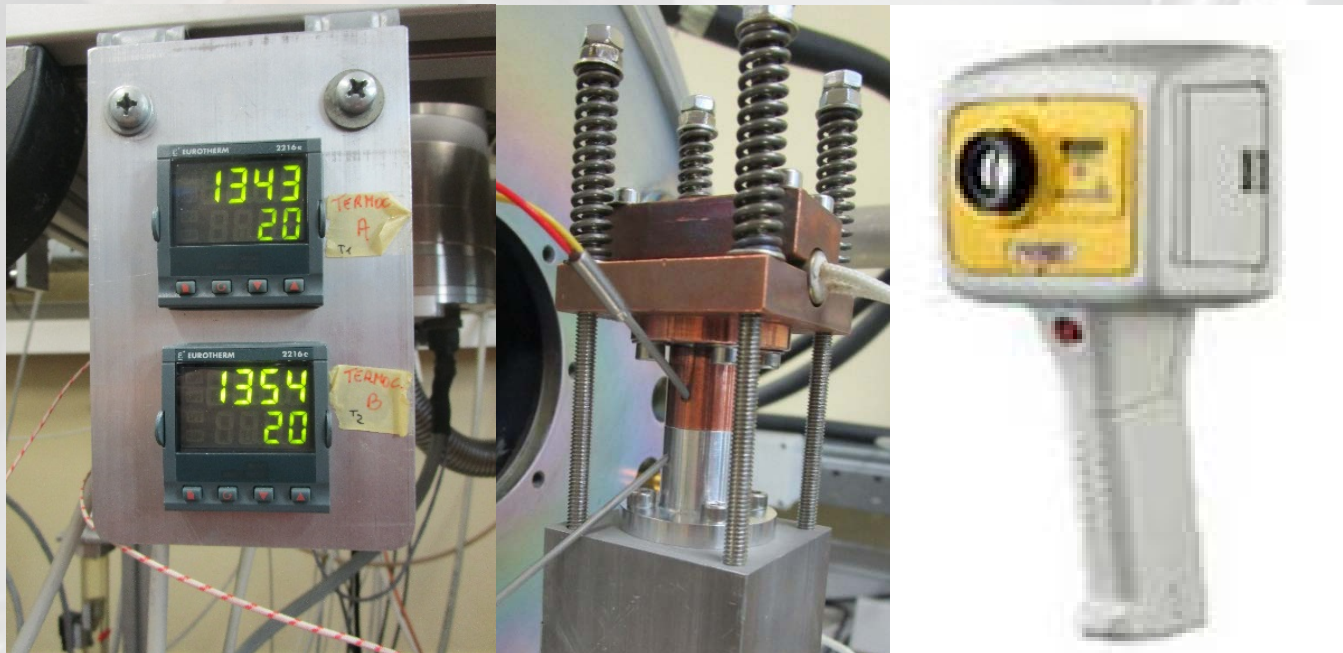
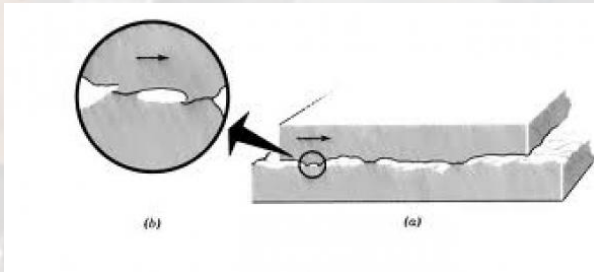
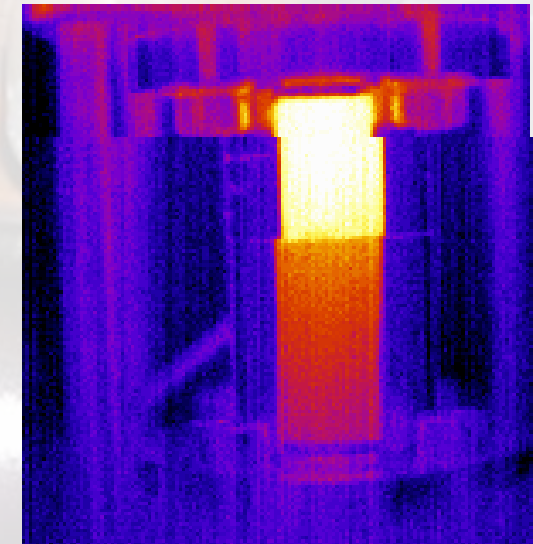
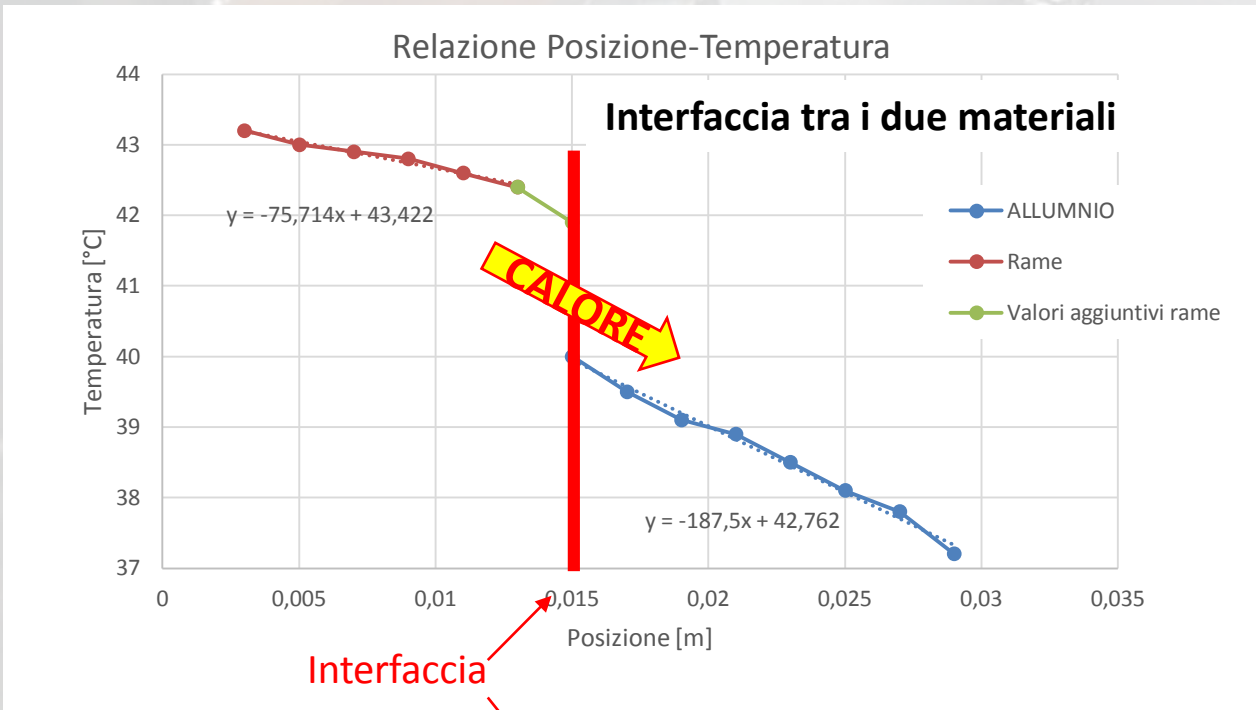


Immagine dalla termocamera

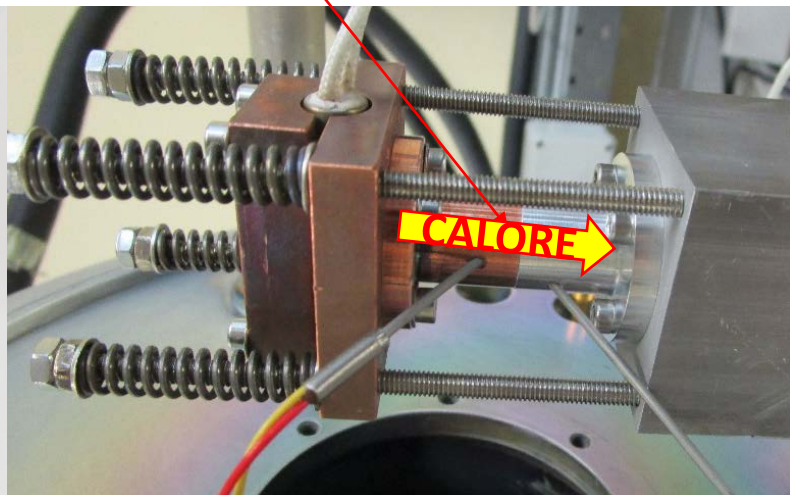
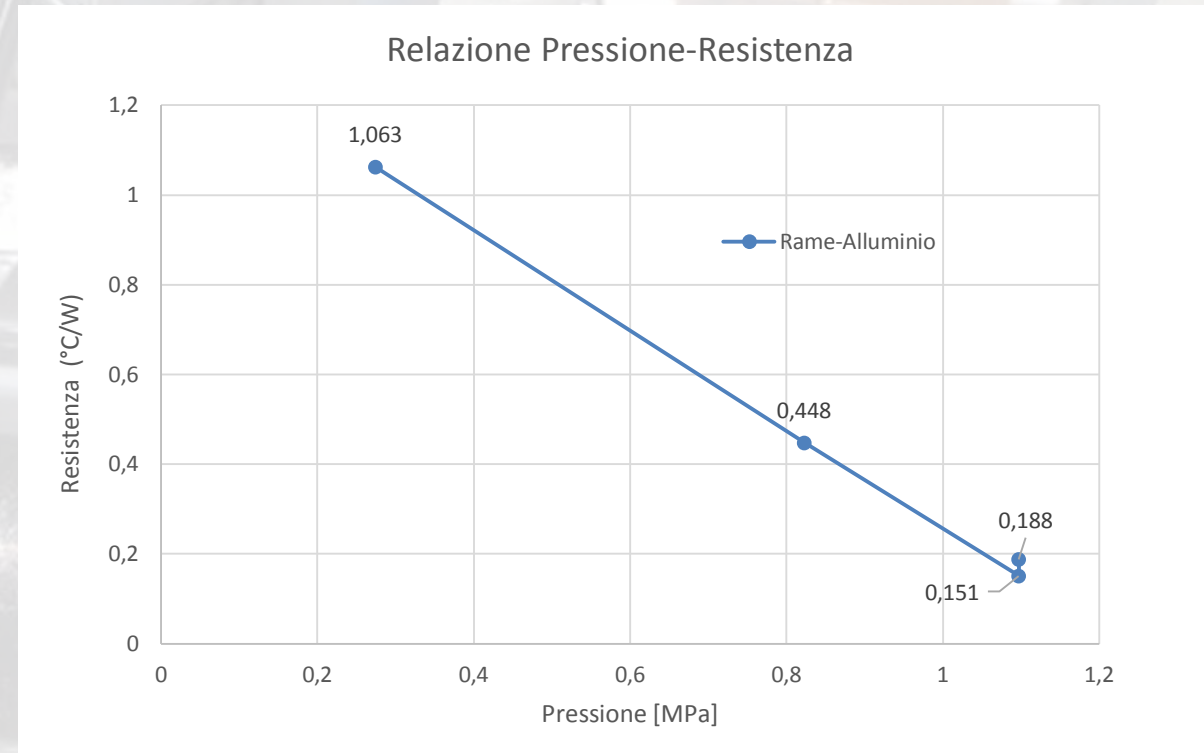


Esperimento n°2: rame-alluminio



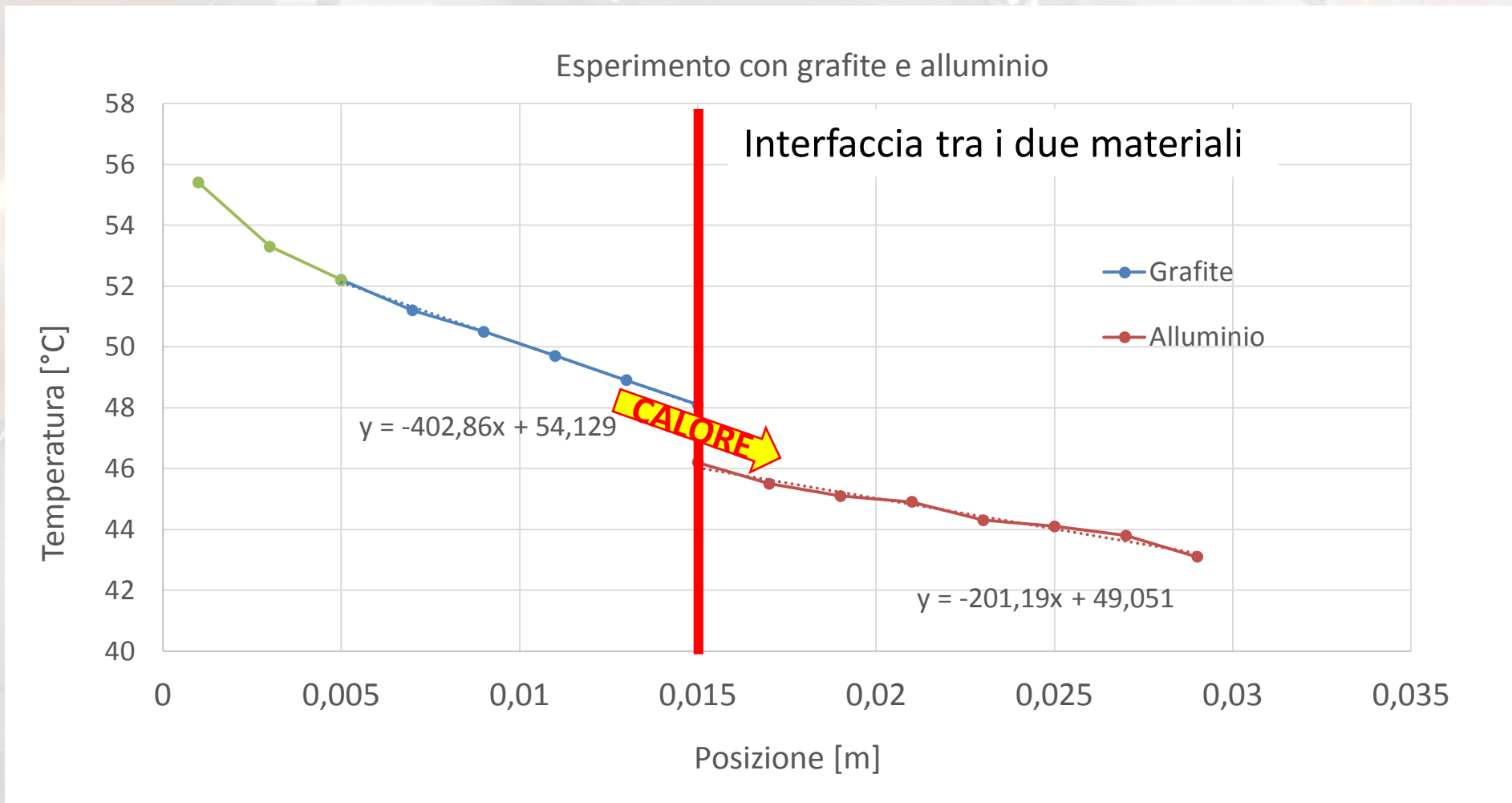
MATERIALE 1: RAME (caldo)

MATERIALE 2: lega di ALLUMINIO (freddo)



La resistenza di contatto sembra lineare con la pressione di contatto tra i due materiali all'interfaccia

Esperimento n°2: grafite-alluminio



MATERIALE 1: GRAFITE (caldo)

MATERIALE 2: lega di ALLUMINIO (freddo)

Conclusioni

- Abbiamo verificato che i calcoli teorici della temperatura del target corrispondono con buona approssimazione alle misurazioni. Inoltre il modello FEM rispecchia molto bene la realtà sperimentale: questo target è il prototipo del target di bassa potenza che si utilizzerà nel progetto SPES.
- Abbiamo calcolato la variazione della resistenza termica del rame e dell'alluminio al variare della pressione.
- Abbiamo verificato le conducibilità termica della grafite e dell'alluminio: questo valore verrà utilizzato nella verifica termica dei collimatori del fascio protonico nel progetto SPES.

Grazie per l'ascolto