



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIEF

Dipartimento di
Ingegneria Industriale



Modello di caminetto termoelettrico cogenerativo

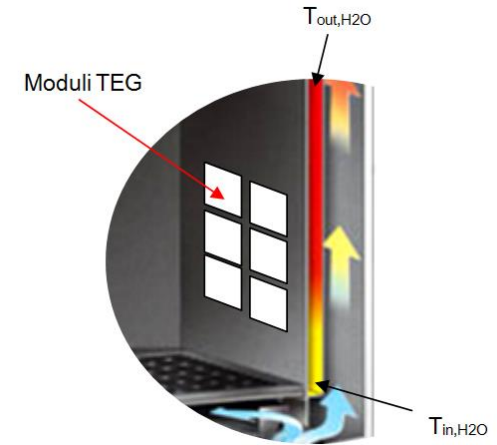
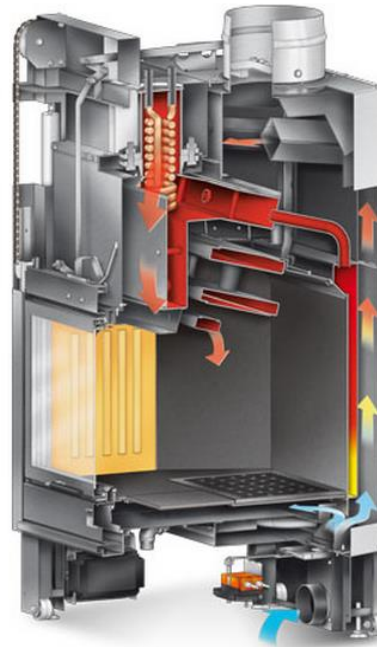
LAUREANDO
Giacomo Fontani

RELATORE
Giampaolo Manfrida

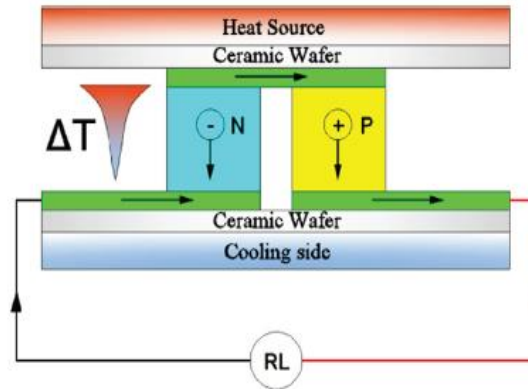
- Crescente richiesta di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili
- Sviluppo di nuove tecnologie per la combustione della biomassa



Modello di Termocamino
con aggiunta di moduli
termoelettrici



1821
Effetto SEEBECK



Forza
elettromotrice
trascurabile

1990
Sviluppo di materiali
semiconduttori

- Bismuto - Tellurio (Bi_2Te_3)
- Piombo - Tellurio (PbTe)
- Silicio - Germano (SiGe)



Aumento interesse
del termoelettrico da
parte dei ricercatori

Caratteristiche dei moduli attuali:

Vantaggi:

- Struttura solida
- Assenza di rumore
- non necessitano di manutenzione
- Recupero calore di scarto o in eccesso

Svantaggi

- Rendimento di conversione basso
- Necessitano di un sistema di raffreddamento
- Costo ancora troppo elevato

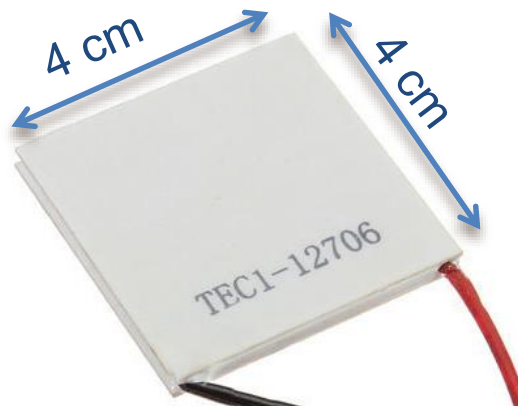
Prodotti Attualmente in Commercio

I moduli più reperibili sono quelli al Bi_2Te_3



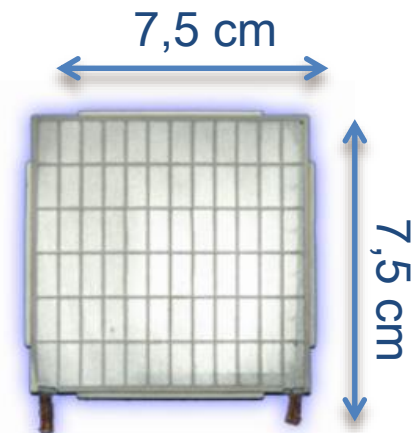
Moduli per Basse Temperature

- $T_{\text{hot}} = 80 - 160 \text{ C}^\circ$
- $T_{\text{cold}} = 50 \text{ C}^\circ$
- $\eta = 4 - 6 \%$
- $P_{\text{max}} = 1,5 - 4 \text{ W}$
- Cost = 2-5 \$



Moduli per Alte Temperature

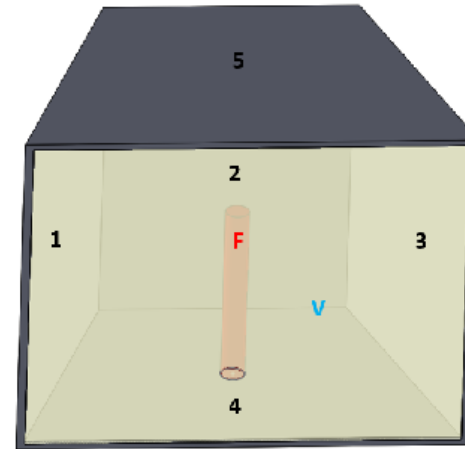
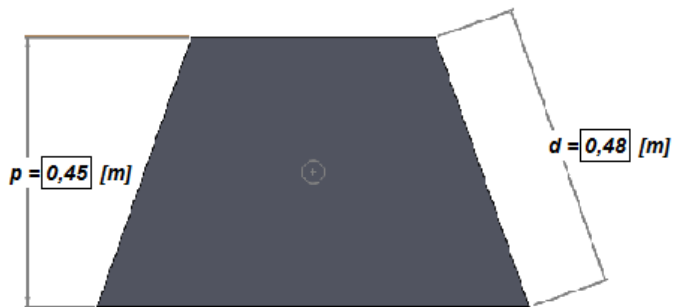
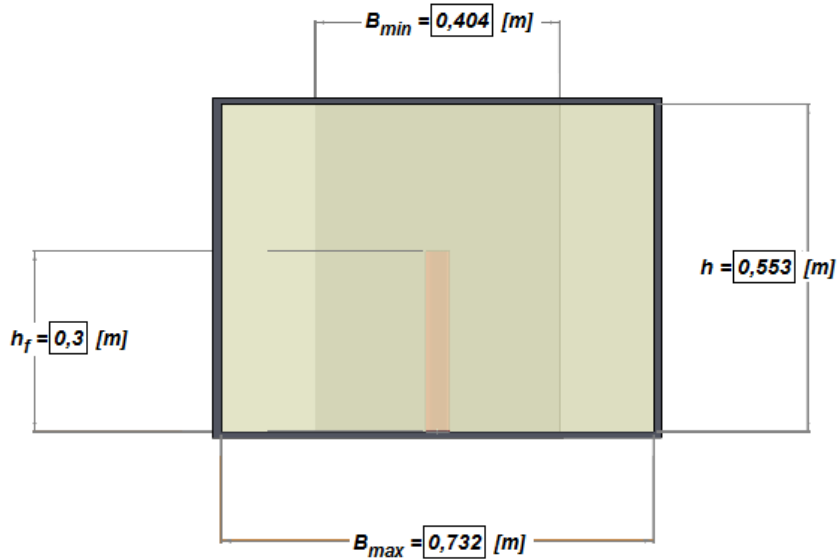
- $T_{\text{hot}} = 250 \text{ C}^\circ$
- $T_{\text{cold}} = 50 \text{ C}^\circ$
- $\eta = 4 - 6 \%$
- $P_{\text{max}} = 19 \text{ W}$
- Cost = 100 \$



Modello semplificato in EES

1. Realizzazione di un modello di camera di combustione
2. Analisi e ricerca della temperatura di fiamma
3. Stratigrafia ottimale delle pareti del termocamino
4. Comportamento radiativo del vetro
5. Analisi dei risultati e dei costi
6. Sviluppi Futuri

1. Camera di combustione



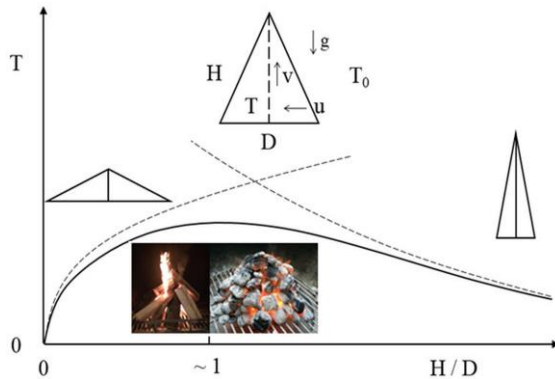
Prisma a base trapezoidale

- Fino a 42 moduli sulle pareti 1 e 3
- Fino a 35 moduli sulla parete 2

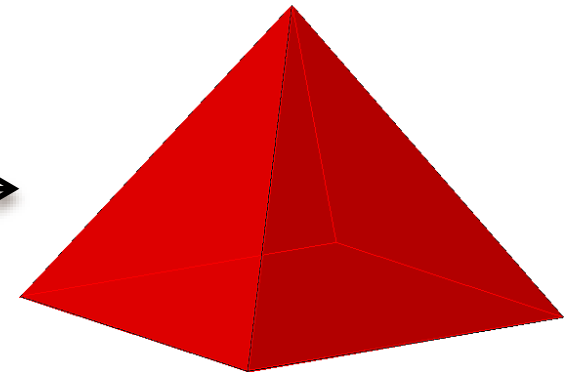
(moduli 75x75 mm; 2260 W picco totali)

2. Analisi e ricerca della temperatura di fiamma

Definizione della forma della fiamma



Bejan



Forma
cilindrica di
dimensioni
definite



Calcolo i fattori di
vista
con le equazioni
presenti in EES

Stima della Temperatura della fiamma

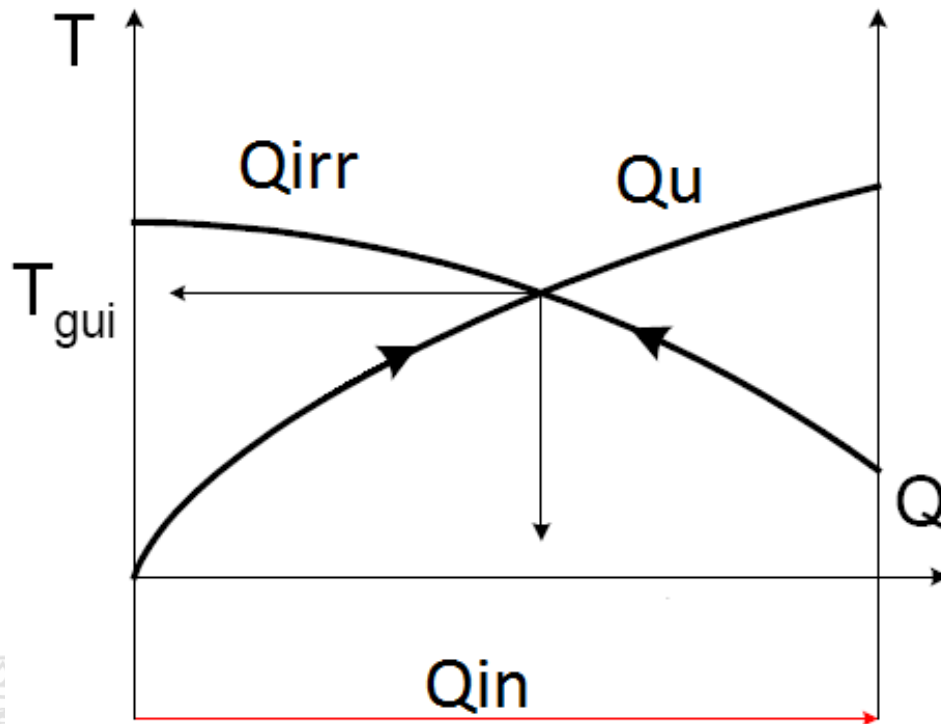
- Data la portata di combustibile
- Scambi energetici radiativi tra pareti e fiamma
- Scambi energetici conduttivi tra le pareti del termocamino e il modulo termoelettrico

$$Q_{irr,p} = \frac{\sigma(T_{gui}^4 - T_p^4)}{\frac{1 - \varepsilon_f}{A_f * \varepsilon_f} + \frac{1}{F_{fp} * A_F} + \frac{1 - \varepsilon_p}{A_p * \varepsilon_p}}$$

$$Q_{con} = \frac{T_2 - T_{in,teg}}{\frac{L_g}{A_2 * K_g} + \frac{L_s}{A_2 * K_{rus}}}$$

Metodo di Mullikin

Bilancio in camera di combustione



$$Q_{in} - Q_u - \sum Q_{irr,p} = 0$$

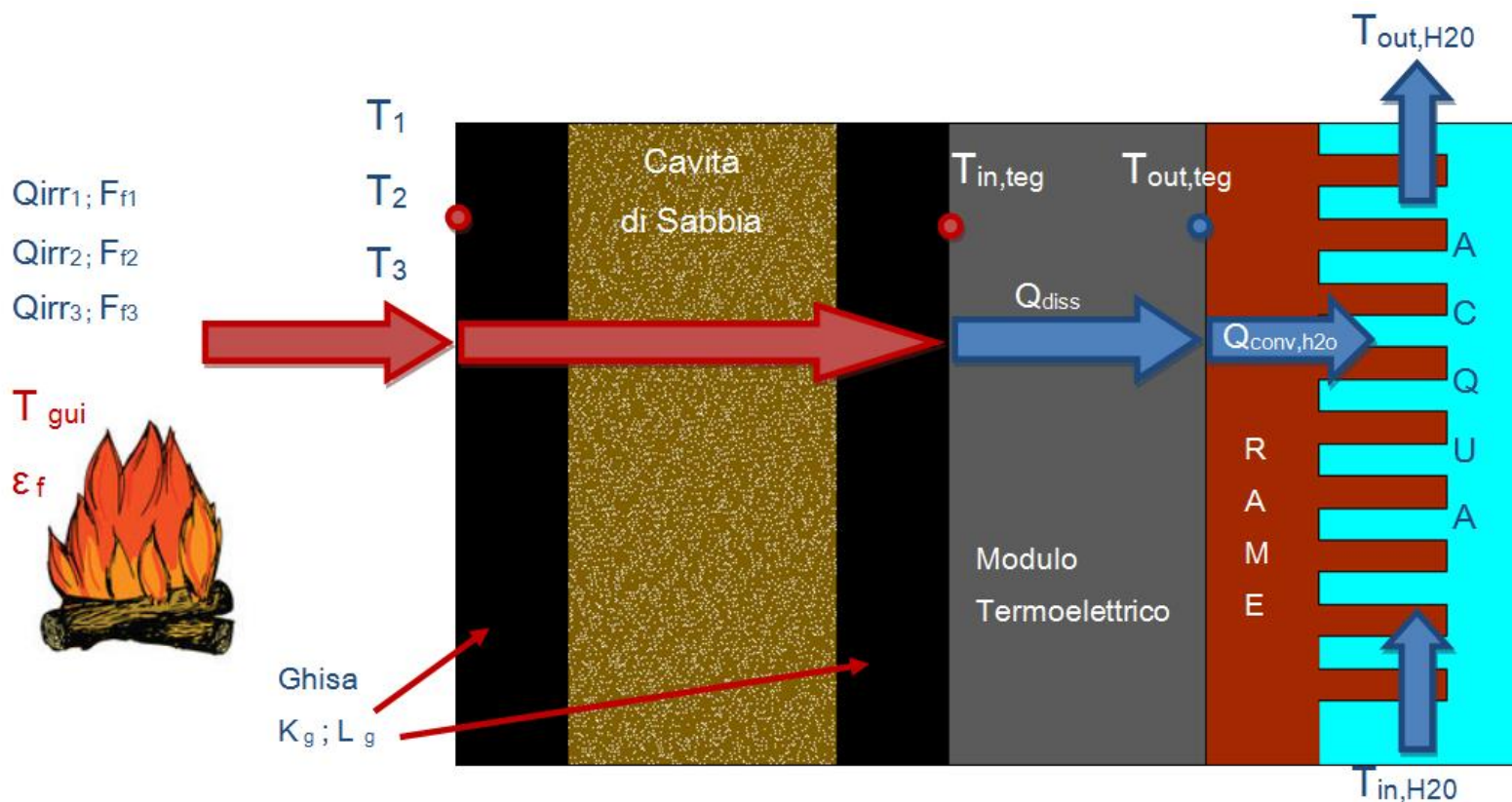


Temperatura della
fiamma:

T_{gui}

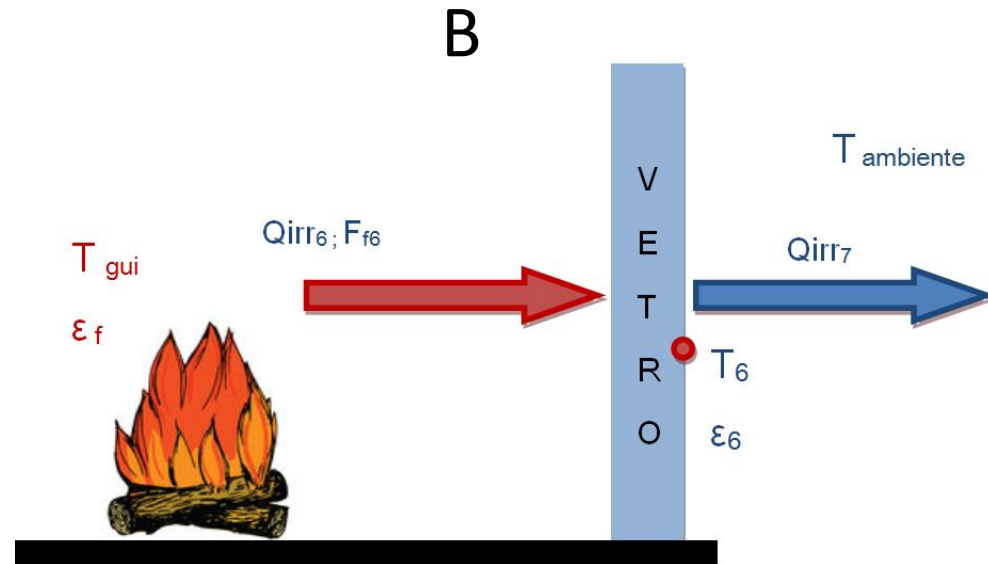
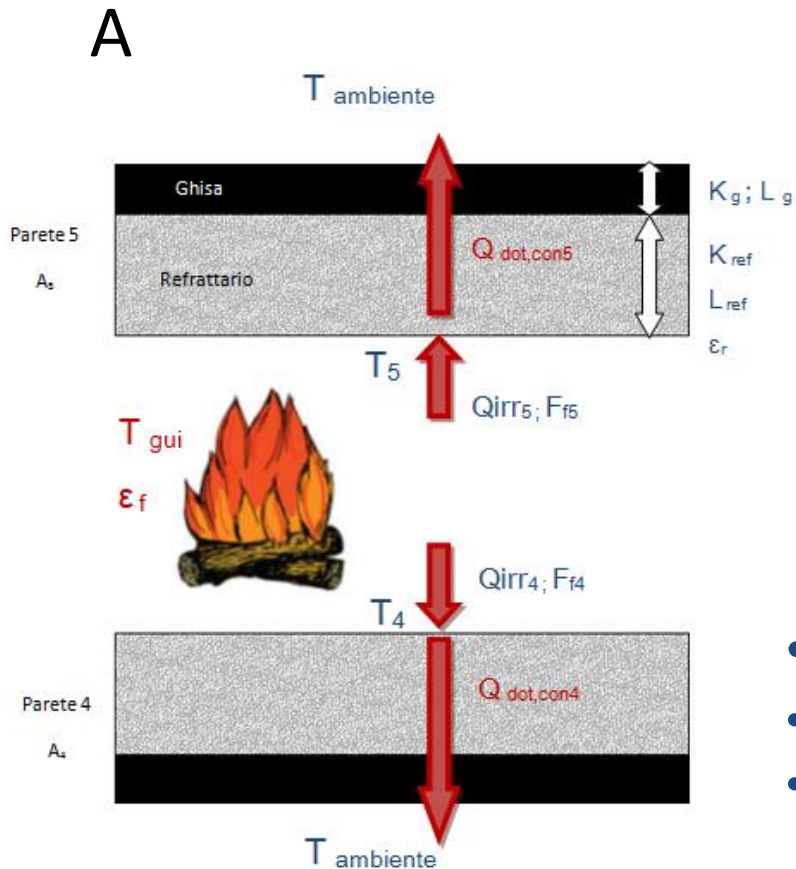
3. Stratigrafia pareti del Termocamino

Pareti Laterali e posteriore (stratigrafia)



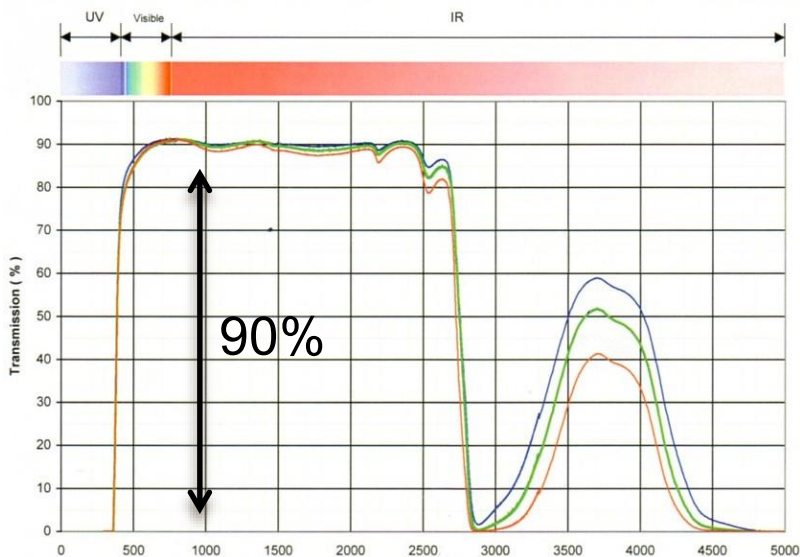
3. Stratigrafia pareti del Termocamino

Parete superiore , inferiore e vetro frontale



- Controllo combustione
- Regolazione della portata si combustibile
- Riduzione eccesso d'aria in CC

4. Analisi radiativa del vetro



Finestra trasparente per lunghezze d'onda $0,3 \mu\text{m} < \lambda < 3 \mu\text{m}$

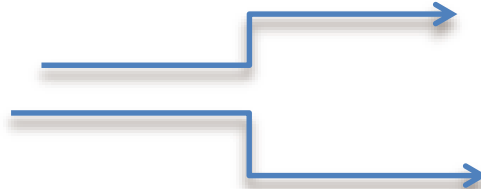
Opaco $\lambda > 3 \mu\text{m}$

Sequenza di analisi della trasmissività Globale (integrazione in EES sulle lunghezze d'onda)

Temperatura [K]	Trasmissività	Emissività
700	0,24	0,67
900	0,38	0,61
1200	0,53	0,46
1400	0,61	0,38

5. Analisi risultati

- Portata combustibile :
2,52 – 7,92 kg/h



Temperatura Fiamma:
800 – 1100 K

Potenza resa all'ambiente
per irraggiamento:
800 – 3200 W

- Portata Acqua: 0,3 – 3,6 m³/h



Condizione per ΔT ottimale
Portata = 3,6 m³/h
Sezione = 5 cm

- Spessore condotto di
raffreddamento : 1 – 6 cm

- Potenza elettrica prodotta da 119
moduli nelle condizioni di rendimento
massimo:

2300 W

Costo :
~10000€

- Campagna di misure delle temperature in CC

Analisi del riscaldamento delle pareti in funzione del tempo

Analisi degli scambi termici sul lato fumi

Valutazione dell'effettiva resa elettrica del modulo

Considerazioni elettriche:

Perdite dovute al circolatore

Sistema di gestione elettrica necessaria per caricare delle batterie oppure alimentare un inverter

- Possibili soluzioni costruttive

Posizionamento dei moduli, resistenza di contatto, facilità realizzativa, affidabilità, .