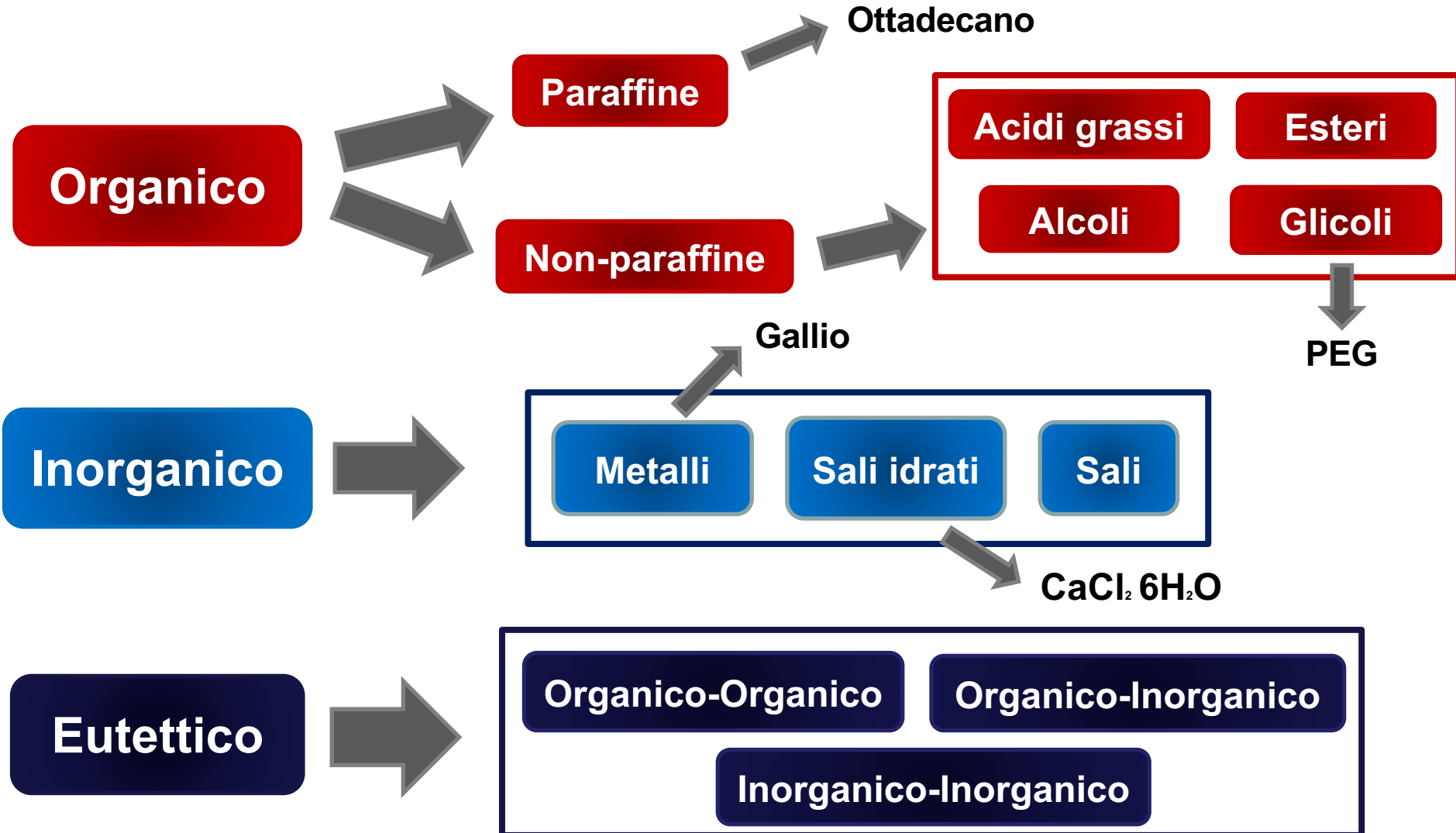


PCM: classificazione



Pro e Contro

Svantaggi comuni

- Scarsa conducibilità termica
- Stabilità a lungo termine variabile
- Alti costi



Vantaggi

Inorganici

- Maggiore calore latente
- Maggiore densità

Organici

- Non corrosivi
- Sottoraffreddamento assente
- Stabilità termica e chimica

Eutettici

- Temperatura di transizione ben definita

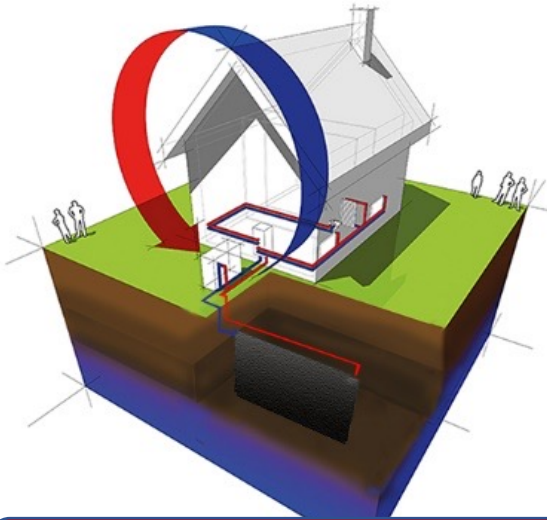
- Sottoraffreddamento
- Corrosione
- Separazione delle fasi

- Minore calore latente
- Minore conducibilità termica
- Infiammabilità

- Scarsità di dati su prestazioni e proprietà

Svantaggi

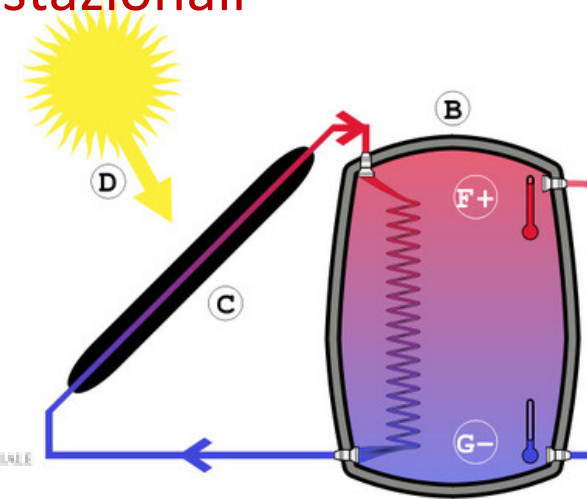
CLIWAX: applicazioni ed esigenze prestazionali



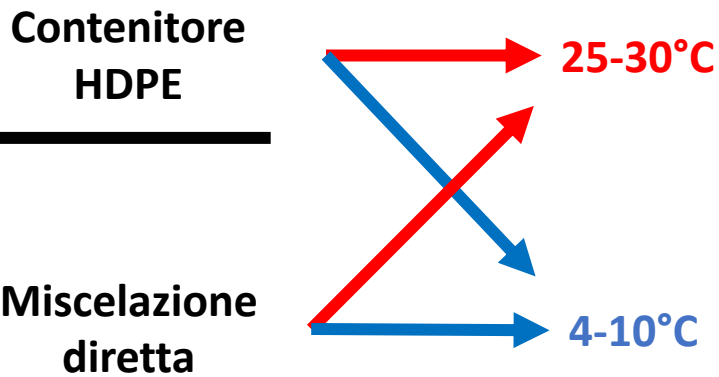
TekneHub



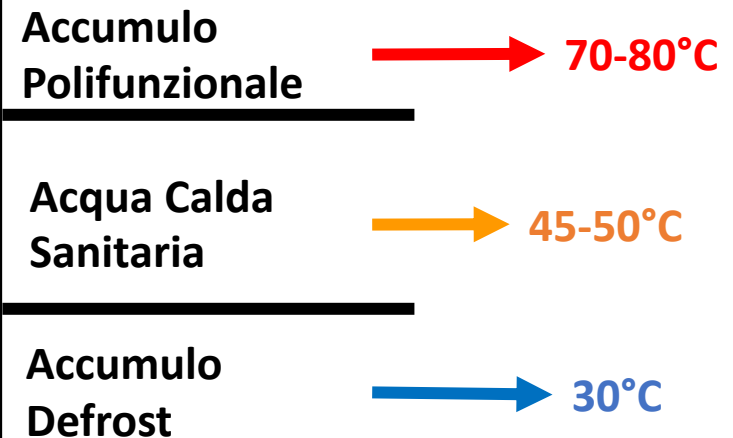
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CENTRO INTERDEPARTIMENTALE DI RICERCA INDUSTRIALE
EDILIZIA E COSTRUZIONI



Scambiatore geotermico superficiale



Serbatoio termico



PCM: proprietà richieste

Termiche

- Temperatura di transizione di fase adatta
- Alto calore latente
- Buona conducibilità termica

Fisiche

- Alta densità
- Separazione di fase assente
- Variazione di volume contenuta

Cinetiche

- Sottoraffreddamento assente

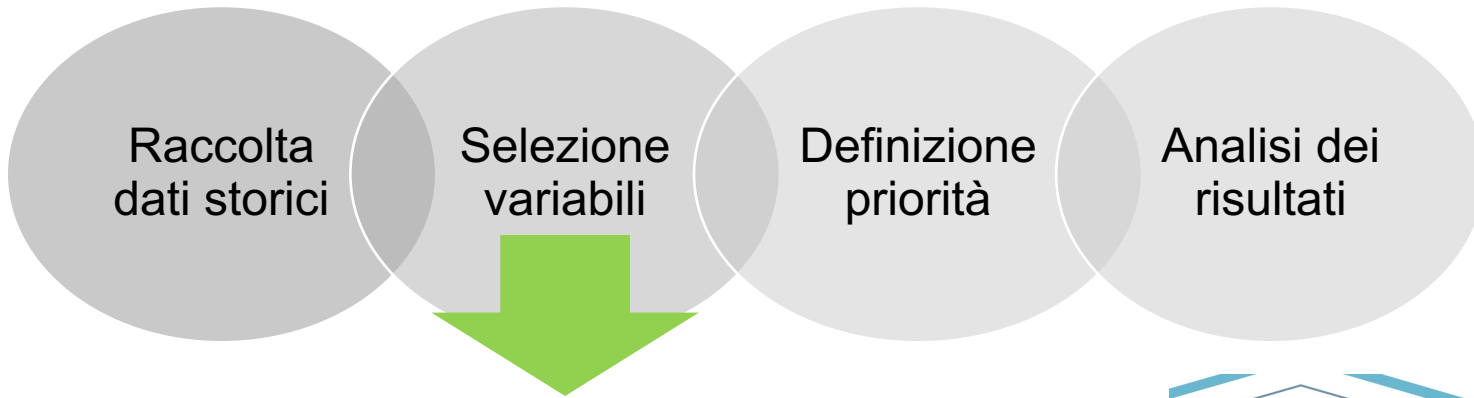
Chimiche

- Stabilità chimica a lungo termine
- Compatibilità con il contenitore
- Tossicità e infiammabilità assenti

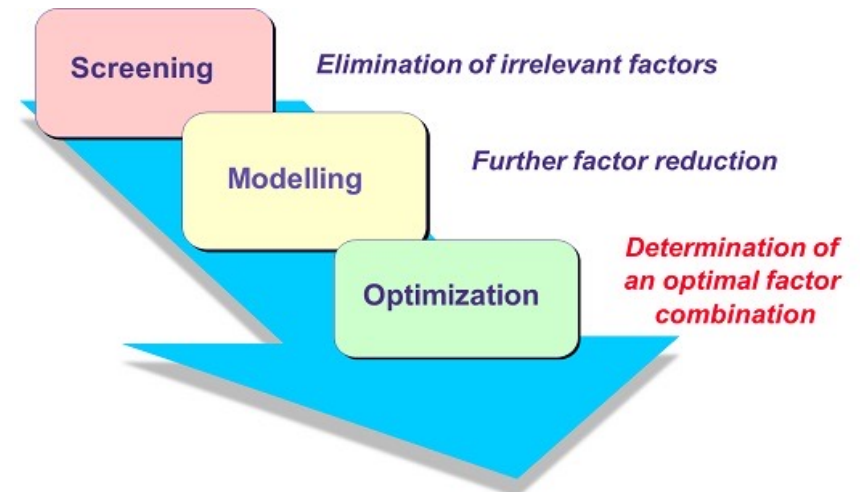
Altre

- Disponibilità su larga scala
- Costo contenuto
- Smaltimento Ecocompatibile

Design of Experiments (DoE)



Variabili considerate	Unità di misura
Classe PCM	Categorica
Prezzo	€/kg
Melting point	°C
Calore latente	kJ/kg
Conducibilità termica	W/(m*K)
Densità	kg/m ³
Calore specifico	kJ/(kg*K)
Rischio Ambientale	Adimensionale



Raccolta dati storici

Database usati



Esaminati 200 diversi materiali

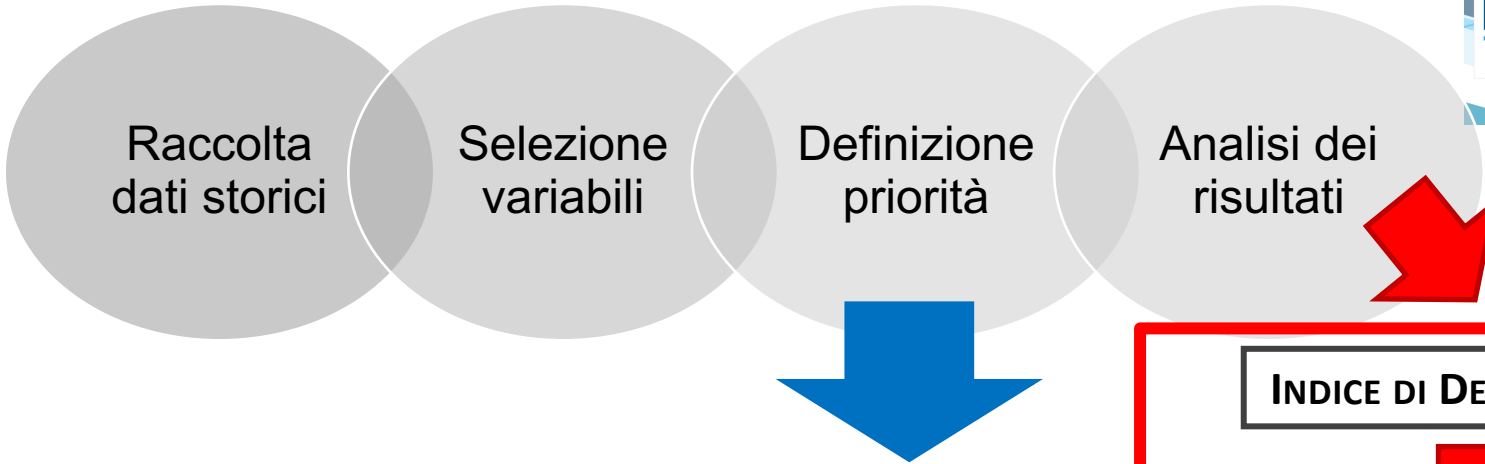
Consultate **MSDS** (Material Safety Data Sheets) ove disponibili



Considerati **solo** materiali con **disponibilità commerciali**

Scartati materiali con: **dati insufficienti, criticità sanitarie e/o ambientali.**

Design of Experiments (DoE)



Variabile risposta	Obiettivo	Importanza
Prezzo	minimizzare	4
Melting point	target	5
Calore latente	massimizzare	5
Conducibilità termica	massimizzare	5
Densità	massimizzare	4
Calore specifico	massimizzare	5
Rischio Ambientale	minimizzare	1 o 5

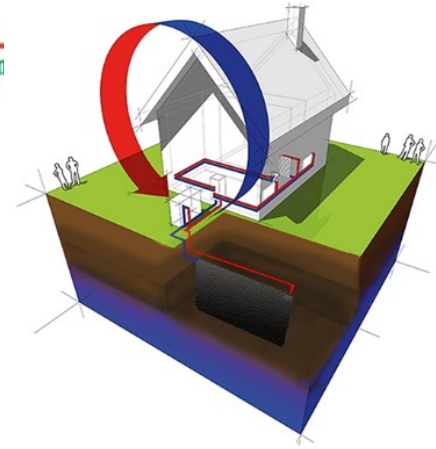
INDICE DI DESIDERABILITÀ

↓

Indica la **qualità globale della risposta** rispetto alle specifiche richieste.

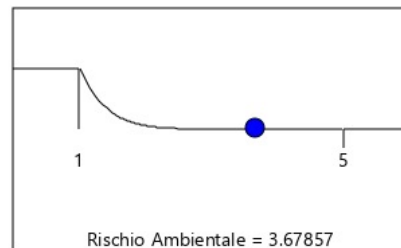
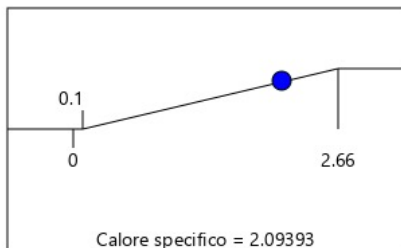
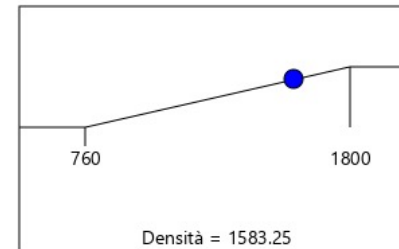
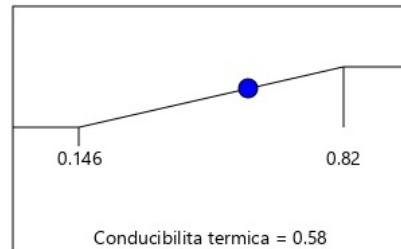
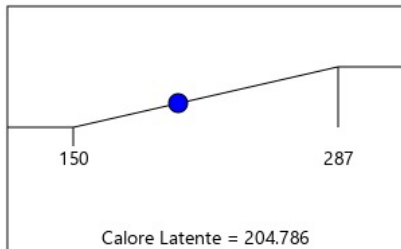
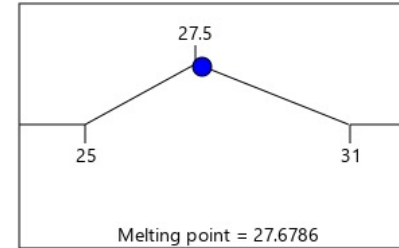
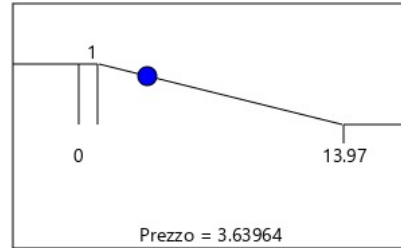
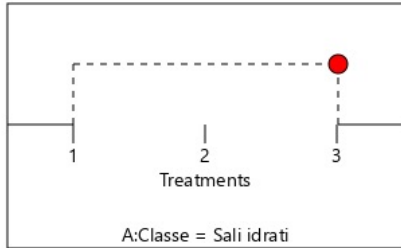
E' la media pesata, in funzione dell'importanza, dei modelli statistici generati per ogni risposta

Ha **valore compreso tra 0 e 1.**



Analisi dei risultati: Scambiatore geotermico superficiale 25-30 °C

Contenitore HDPE



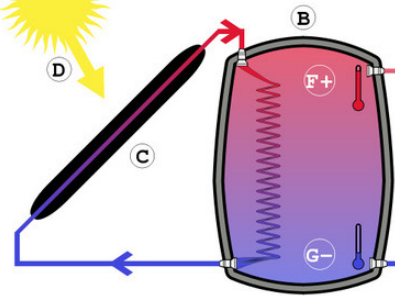
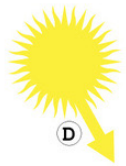
Materiali considerati= 36

Candidati migliori

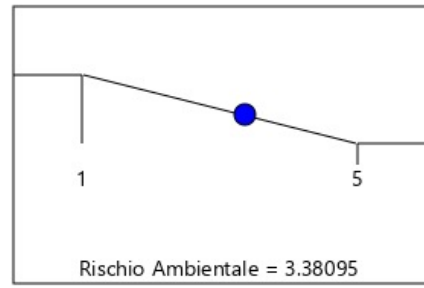
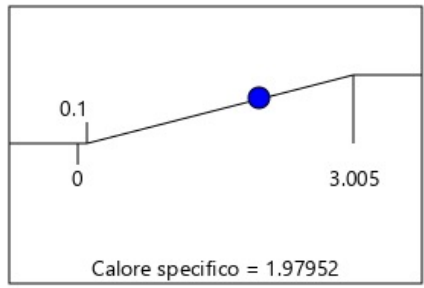
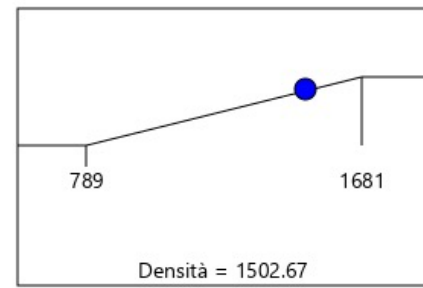
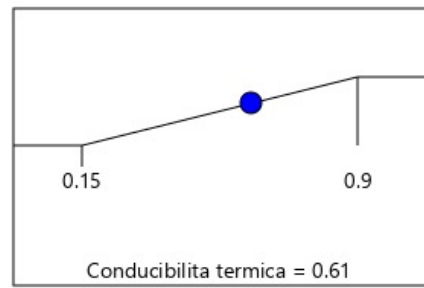
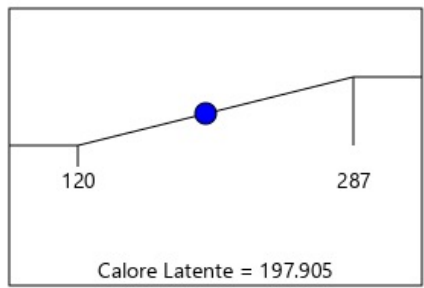
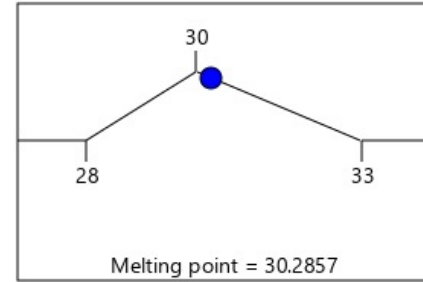
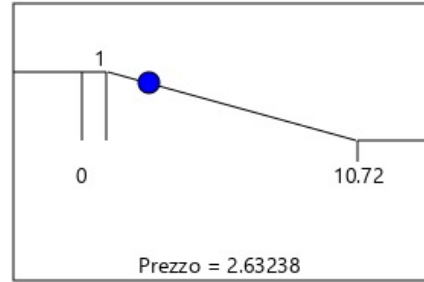
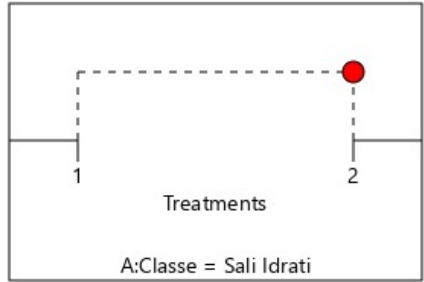
Tipo	Classe	Temperatura
PCM commerciale	Organico	27 °C
PCM commerciale	Organico	28 °C
PCM non commerciale	Paraffina	28 °C

Desirability= 0.476 (Solution 1 out of 3)

Direct Mixing uguale ma... Desiderability = 0.131



Analisi dei risultati: Scambiatore termico, accumulo defrost 30 °C

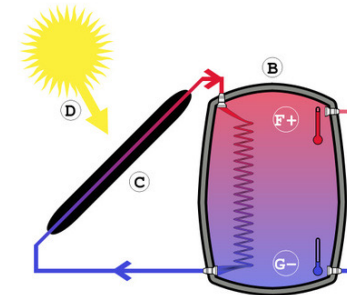


Materiali considerati= 28

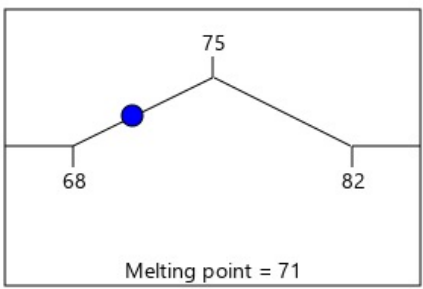
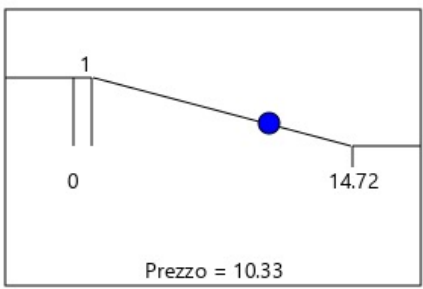
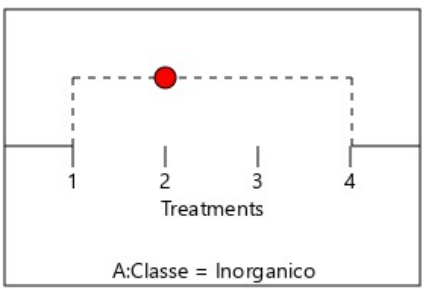
Candidati migliori

Tipo	Classe	Temperatura
PCM commerciale	Sale idrato	29 °C
PCM commerciale	Organico	29 °C
PCM commerciale	Organico	29 °C

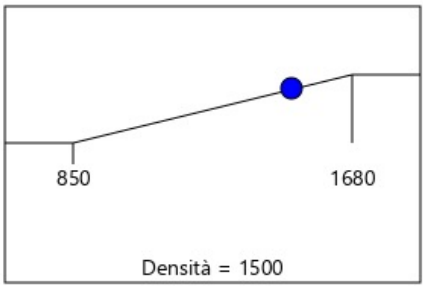
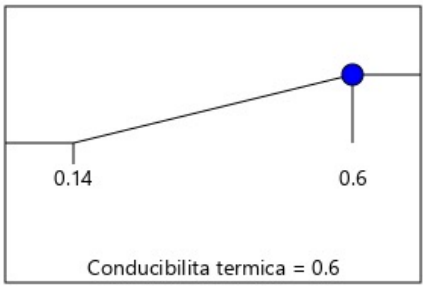
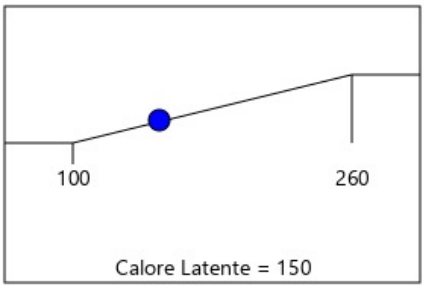
Desirability= 0.678 (solution 1 out of 2)



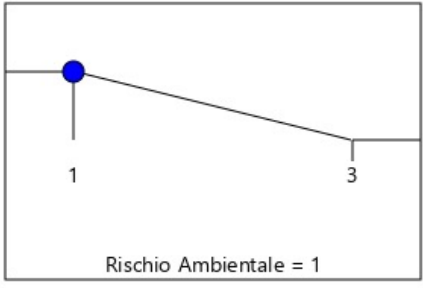
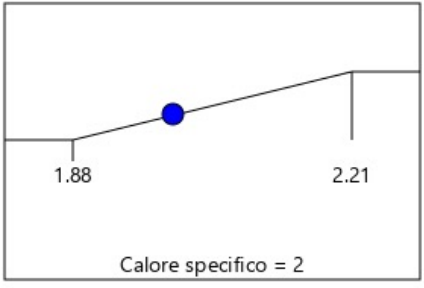
Analisi dei risultati: Accumulo polifunzionale 70-80 °C



Numero di materiali considerati = 10



Candidati migliori



Tipo	Classe	Temperatura
PCM commerciale	Organico	69 °C
PCM commerciale	Sale idrato	72 °C
PCM commerciale	Organico	70 °C

Desirability = 0.477 (Solution 1 out of 3)

Conclusioni: materiali migliori

Applicazione	Classe PCM
Scambiatore geotermico superficiale (4-10°C)	Organico
	Organico
	Organico
Scambiatore geotermico superficiale (25-30°C)	Organico
	Organico
	Paraffina
Serbatoio Termico Defrost (30°C)	Sale Idrato
	Organico
	Organico
Serbatoio termico ACS (45-50°C)	Sale Idrato
	Organico
	Organico
Serbatoio termico Accumulo Polifunzionale (70-80°C)	Organico
	Sale Idrato
	Organico

Conclusioni

- È stato creato un **database** delle sostanze disponibili come **potenziali PCM** tenendo conto sia della **letteratura scientifica**, sia di **dati di prodotti commerciali**
- Per ogni **range di temperatura** e **applicazione** sono state proposte **diverse sostanze** comparando caratteri termofisici, costo, reperibilità e compatibilità ambientale
- Tramite l'uso del **metodo DoE** (Analisi dei dati storici), sono state analizzate le diverse proprietà dei materiali e le interazioni singole e multiple tra di esse