



Analisi di prefattibilità dei sistemi ATES mediante simulazioni numeriche

G. Squarzoni, N. Luciano, F. Colucci, G. Agate, L. Vadacca – RSE S.p.A
G. Pallotta, E. Marasso, C. Roselli, C. Martone - Università degli Studi del Sannio

Salina – 2 ottobre 2024





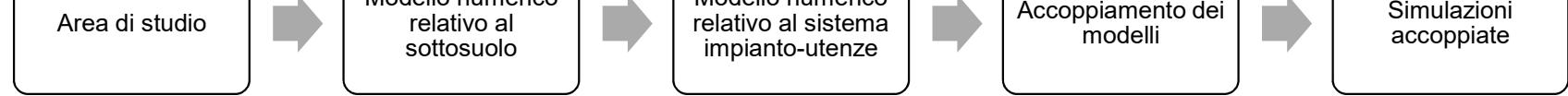
INTRODUZIONE



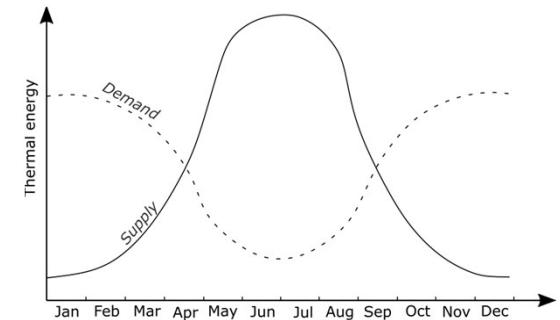
L'eccesso di energia termica prodotto dalle FER può essere accumulato e riutilizzato



Accumulo termico nel sottosuolo



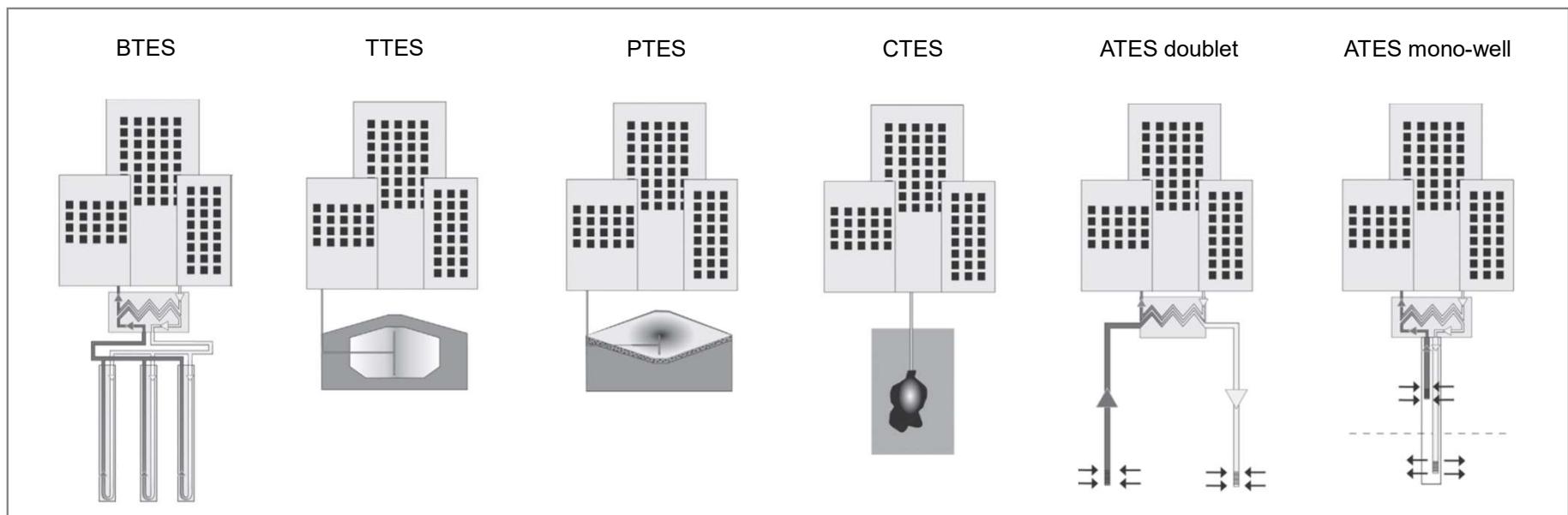
Stima dell'efficienza del sistema di accumulo





INTRODUZIONE

➤ **UTES - Underground Thermal Energy Storage**



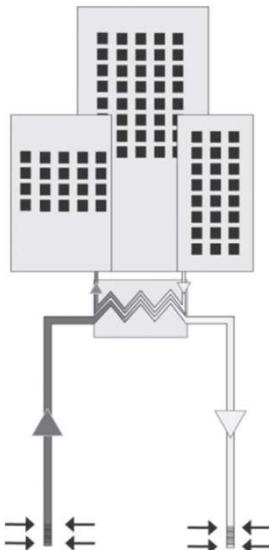
Tipologie di sistemi UTES (modificato da Fleuchaus et al, 2018).



INTRODUZIONE

➤ ATES - Aquifer Thermal Energy Storage

Gli ATES sono sistemi UTES a circuito aperto che utilizzano i corpi acquiferi presenti nel sottosuolo per accumulare energia termica.



Requisiti:

- Presenza di suoli o formazioni rocciose permeabili (acquiferi)
- Flusso di falda relativamente lento
- Presenza di strati a bassa permeabilità per il confinamento dell'acquifero

Vantaggi:

- Grande capacità di stoccaggio
- Applicazione a larga scala

Funzionamento:

- Periodo *estivo*: estrazione di acqua *fredda* e immissione di acqua *calda*
- Periodo *invernale*: estrazione di acqua *calda* e immissione di acqua *fredda*

Tipologie:



- High Temperature ATES ($T_{inj} > 50^\circ\text{C}$)

- Low Temperature ATES ($T_{inj} < 30^\circ\text{C}$)

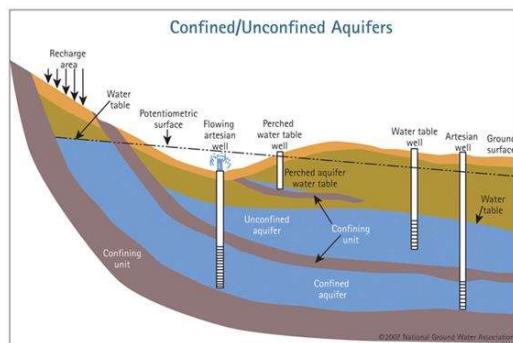


OBIETTIVI

➤ Modellazione di un sistema HT-ATES in un'area con teleriscaldamento da centrale a biomassa

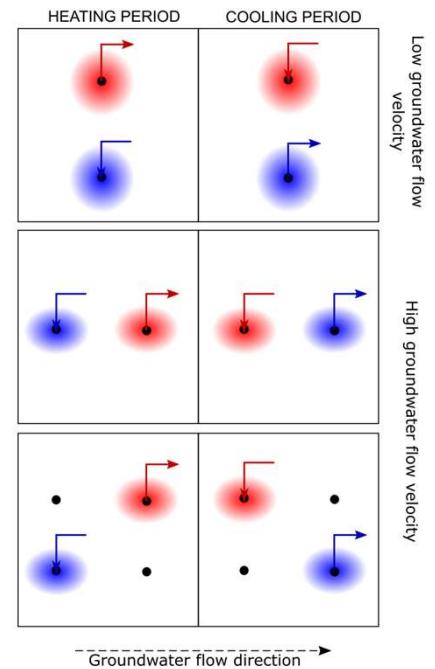
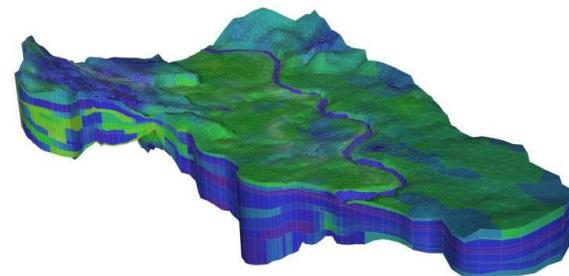
Finalità della modellazione idrogeologica:

- Definire l'assetto idrogeologico del sottosuolo nell'area circostante alla centrale a biomassa
- Definire la configurazione ATES più idonea in presenza di assetti idrogeologici complessi



Strategie:

- Ricostruzione delle geometrie e delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo
- Testare le possibili configurazioni del sistema ATES attraverso simulazioni preliminari (numero di pozzi, distanza, lunghezza...)





OBIETTIVI

➤ Modellazione del sistema integrato utenza - impianto

Finalità della modellazione utenza-impianto:

- Stimare l'eccesso di energia termica proveniente dalla centrale a biomassa durante la stagione estiva
- Stimare la domanda di energia termica delle utenze

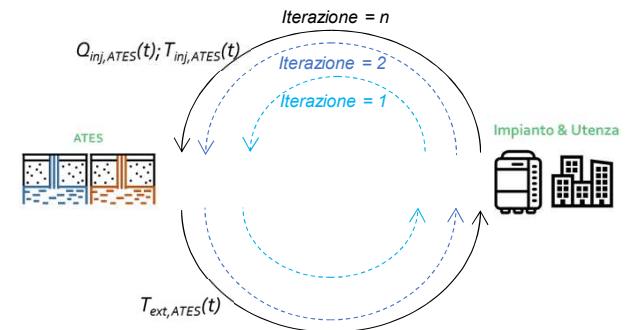
Strategie:

- Caratterizzazione delle utenze
- Caratterizzazione dell'impianto
- Simulazione del sistema integrato utenze-impianto

➤ Accoppiamento del modello ATES con il modello utenza - impianto

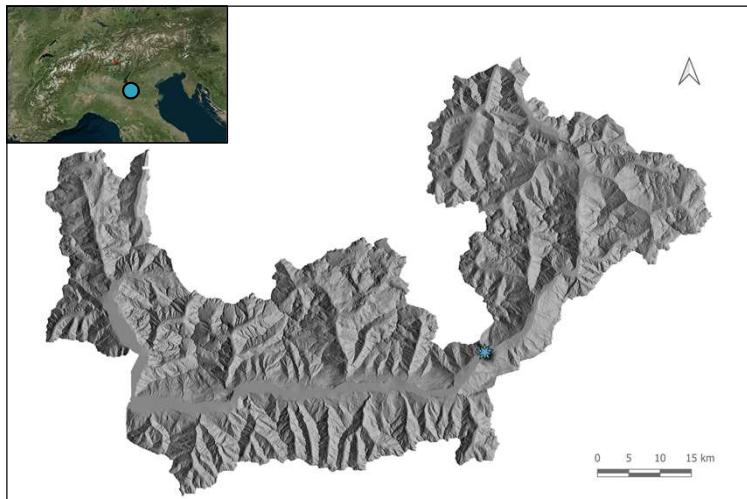
Finalità della modellazione accoppiata:

- Utilizzare l'energia termica accumulata nel sottosuolo durante la stagione estiva per servire la rete di teleriscaldamento



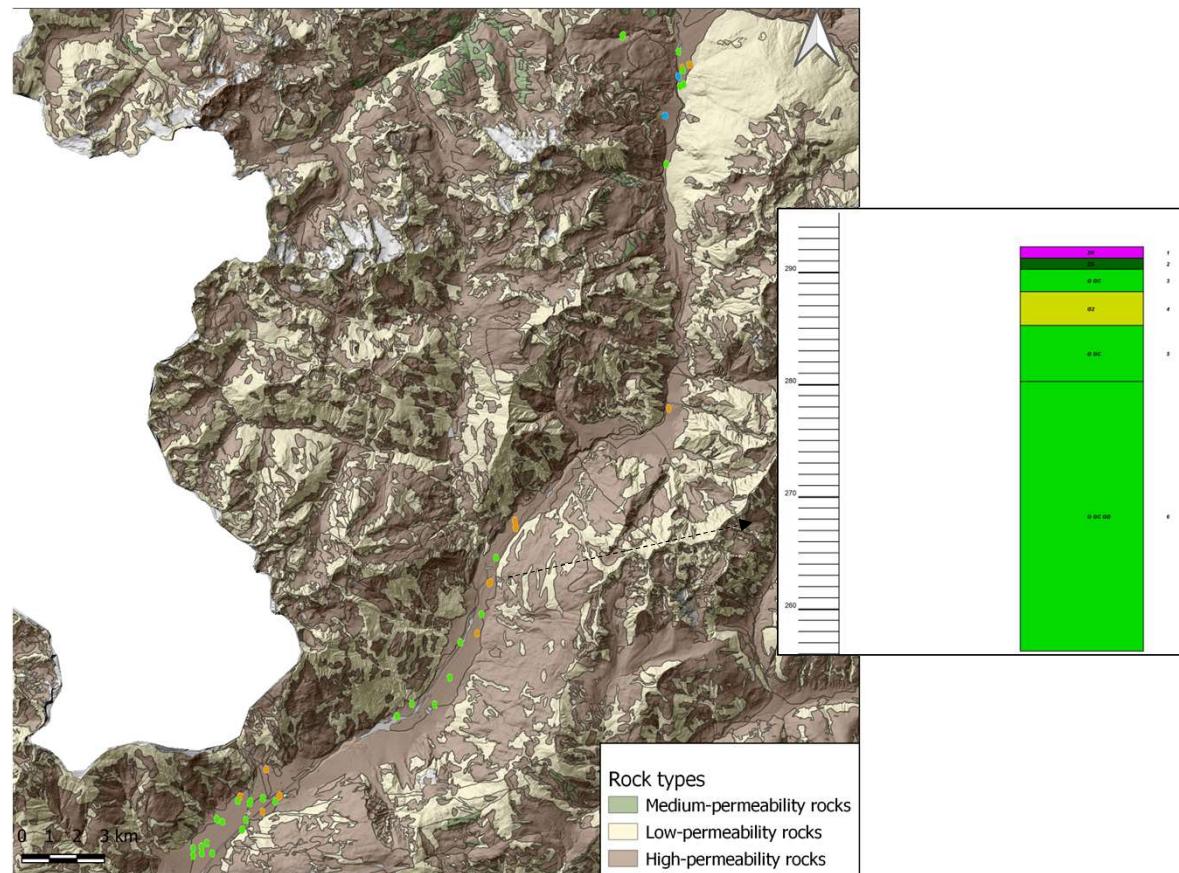


➤ Area di studio: valle di Tirano



- Profondità dell'acquifero
- Litologie dell'acquifero e relative proprietà
- Flusso di falda

MODELЛАZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

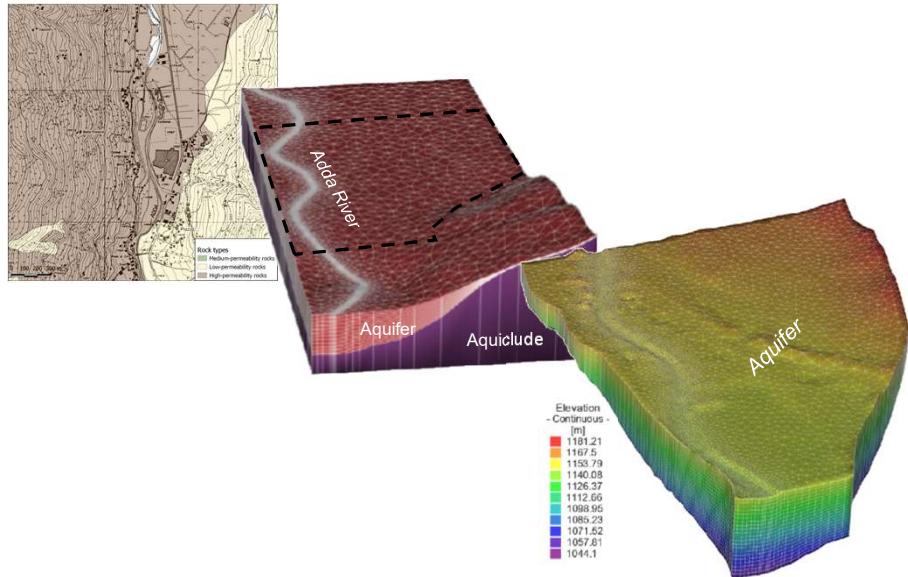




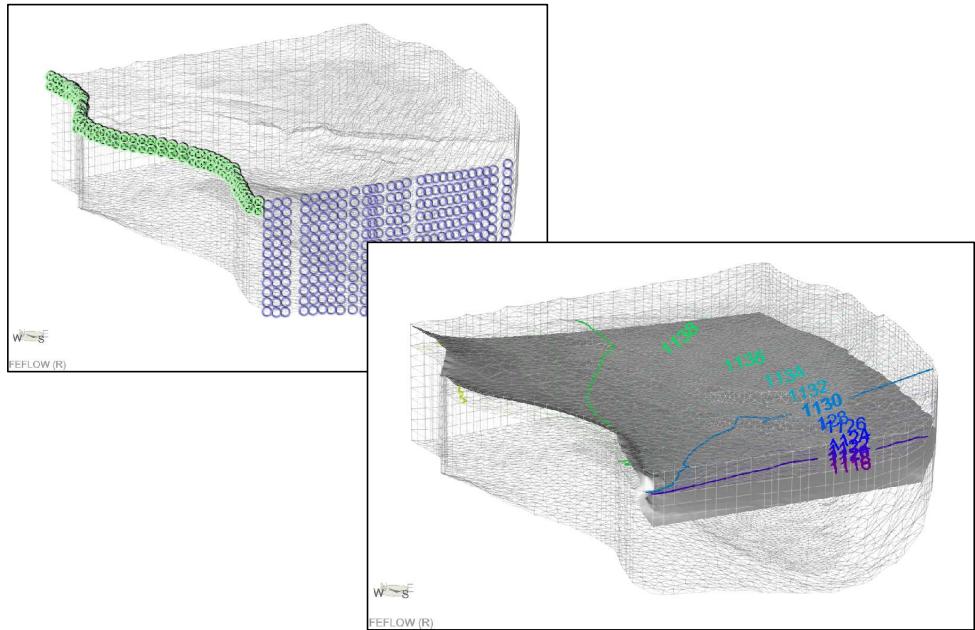
MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

➤ Modello ATES

Modello geologico “concettuale”



Inizializzazione del modello idrogeologico (ATES) numerico



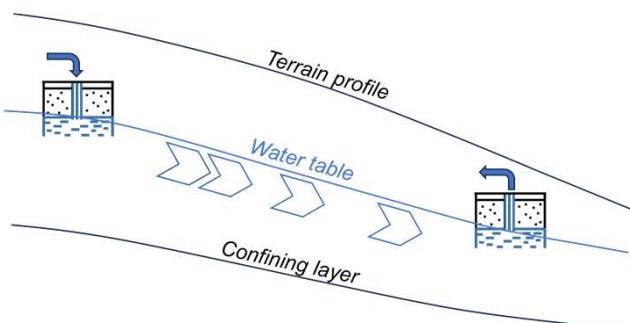


MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

➤ Modello ATES

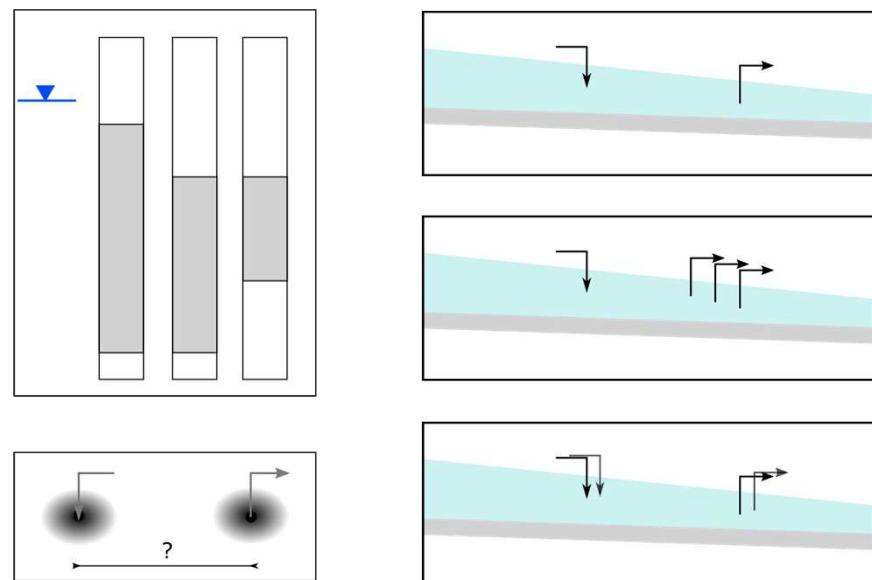
Problematiche idrogeologiche:

- Assenza di un livello di confinamento superiore dell'acquifero
- Fiume alimentante la falda
- Quota della tavola d'acqua (valle) variabile → velocità di flusso variabile e anche relativamente elevata



Strategie:

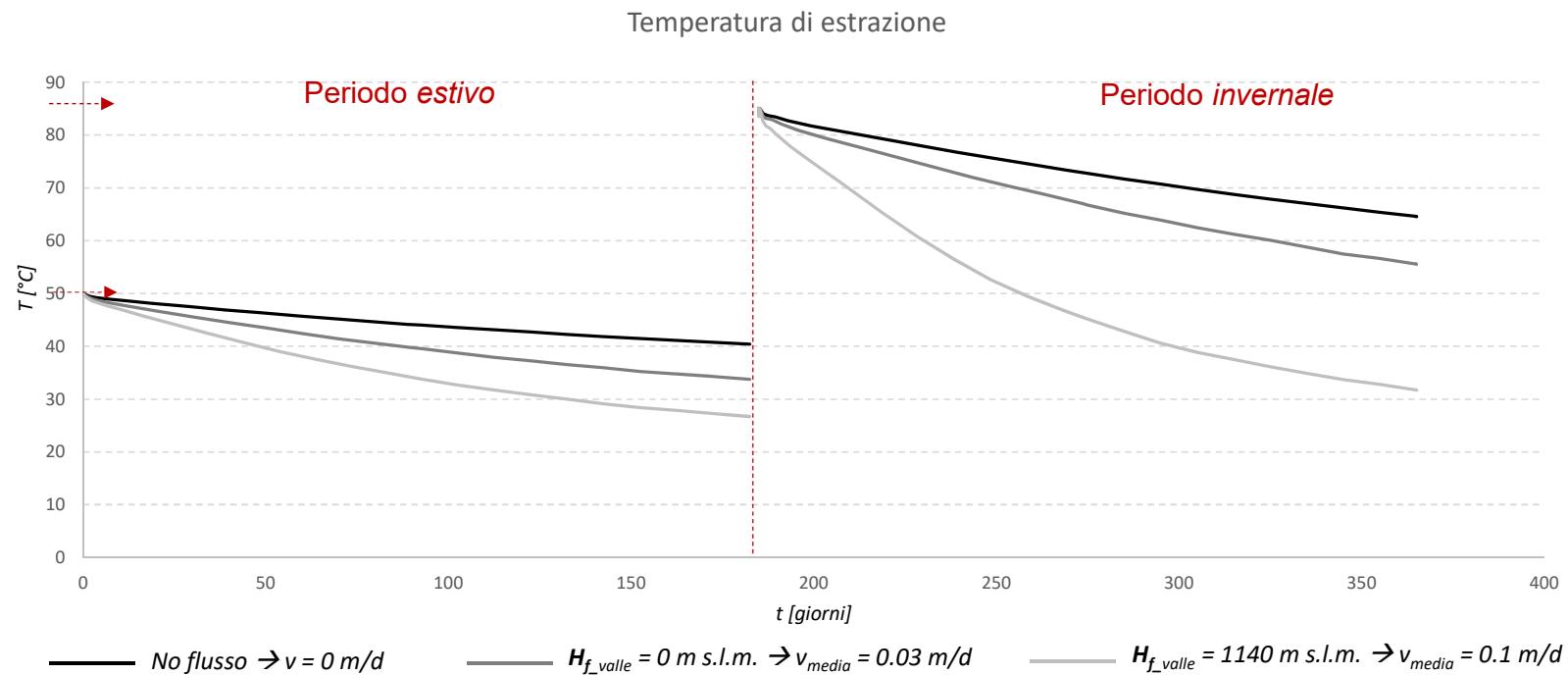
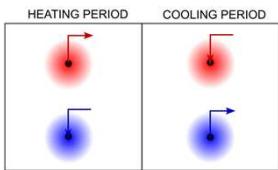
- Simulazioni preliminari per definire la configurazione ATES più idonea al contesto idrogeologico esistente





MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

➤ Configurazione a due pozzi – influenza della velocità di flusso della falda



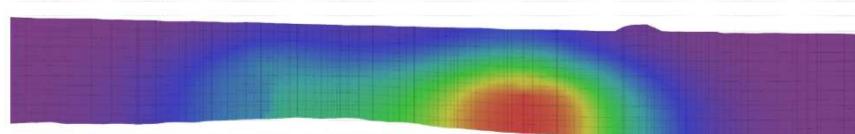
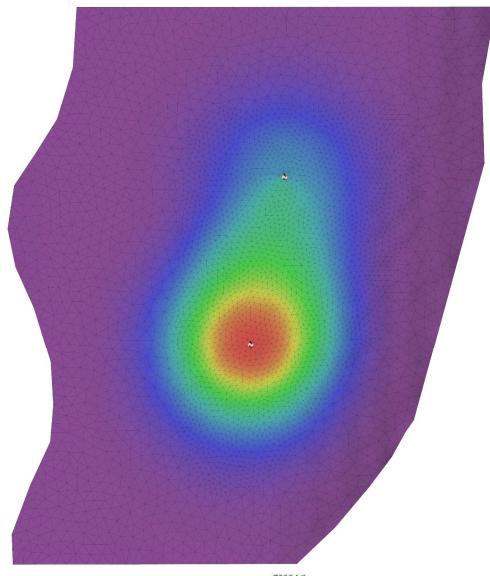


MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

- Configurazione a due pozzi – influenza della velocità di flusso della falda

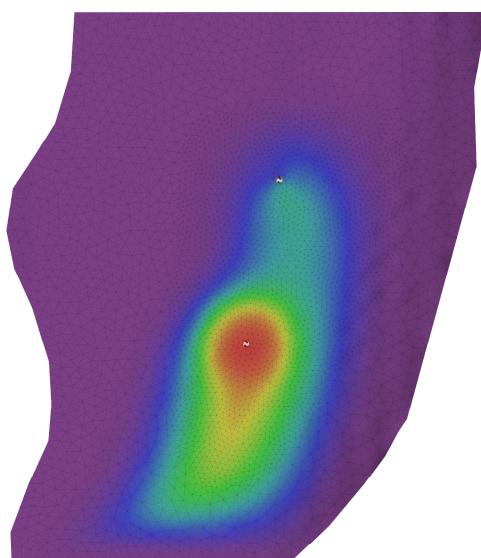
Temperature
- Continuous -
[°C]
95
78
71
64
57
50
43
36
29
22
15

$$v = 0 \text{ m/d}$$

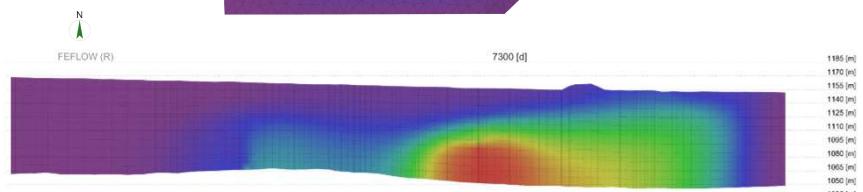


Temperature
- Continuous -
[°C]
95
78
71
64
57
50
43
36
29
22
15

$$v_{media} = 0.03 \text{ m/d}$$



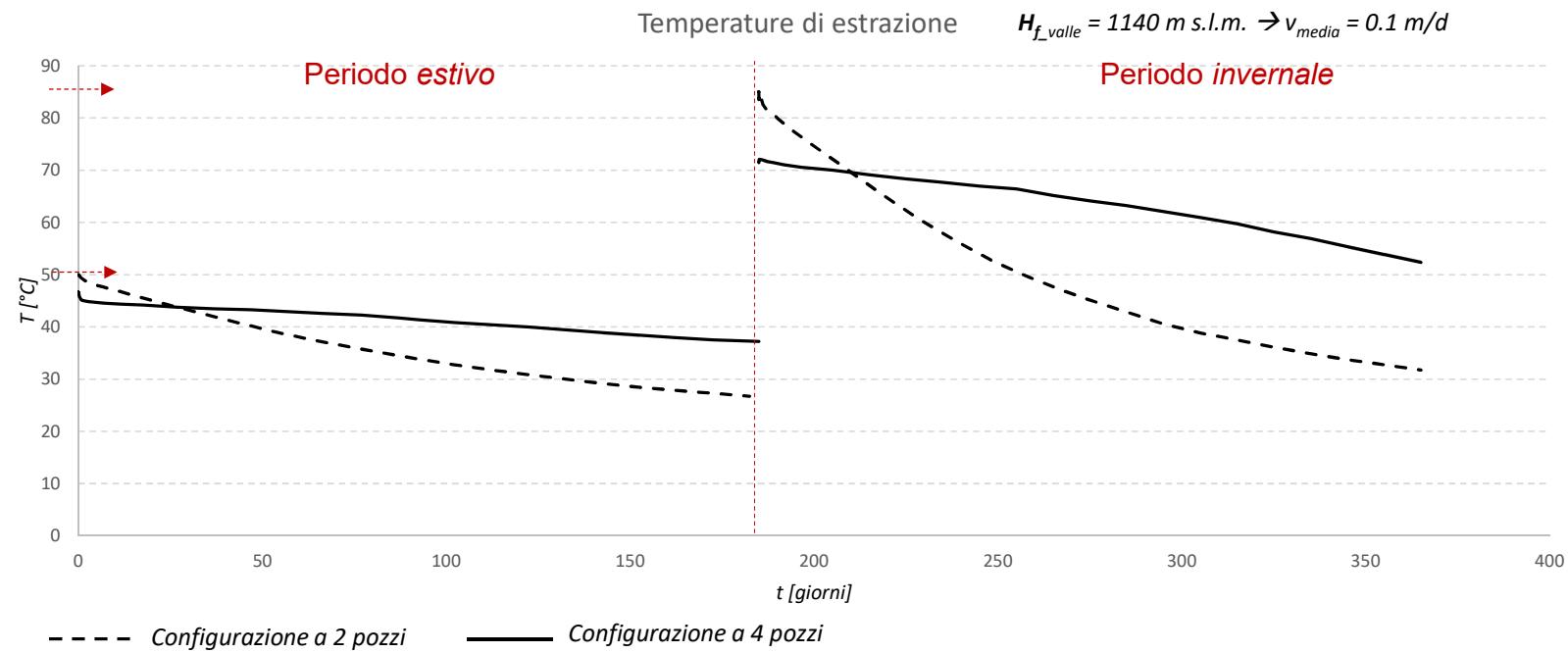
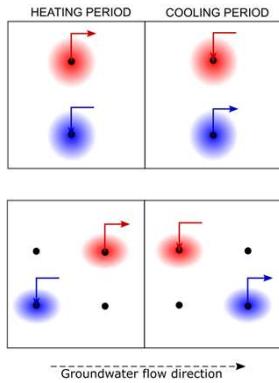
1185 [m]
1170 [m]
1155 [m]
1140 [m]
1125 [m]
1110 [m]
1095 [m]
1080 [m]
1065 [m]
1050 [m]
1035 [m]





MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

➤ Tipi di configurazione – numero di pozzi presa e di resa



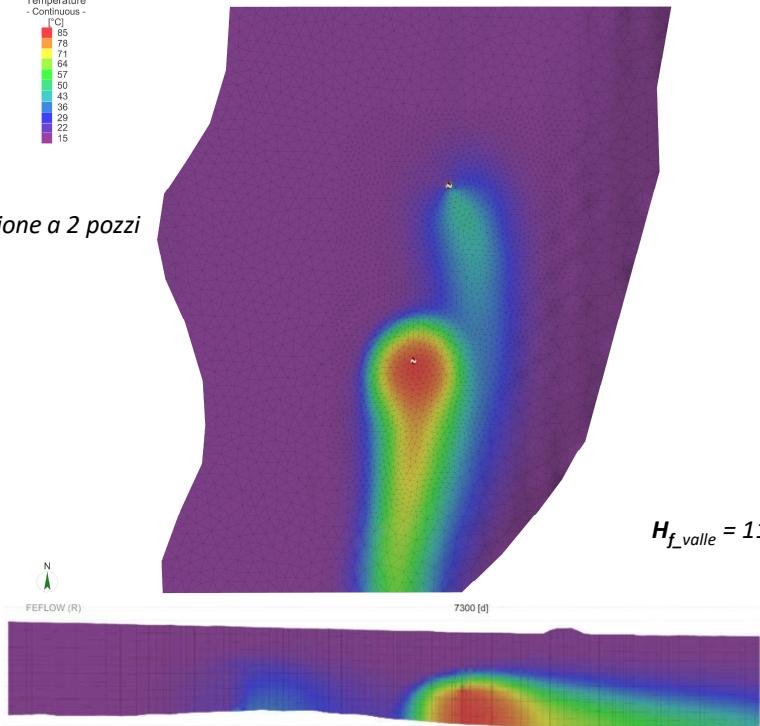


MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

➤ Tipi di configurazione – numero di pozzi presa e di resa

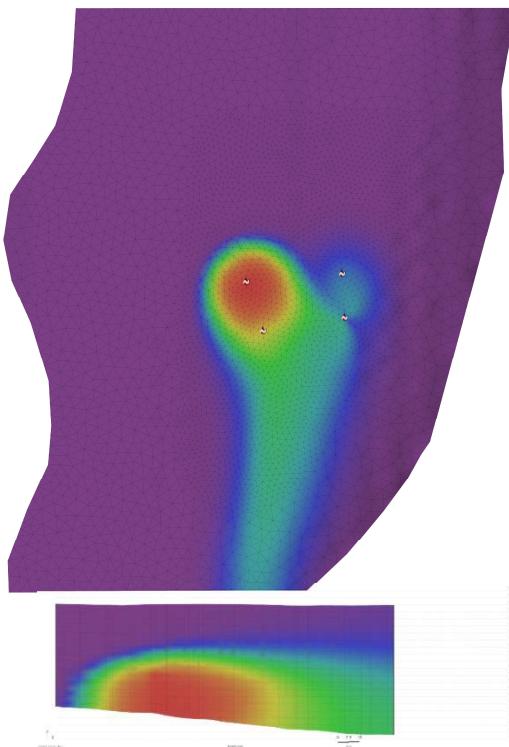
Temperature - Continuous - °C
85
78
71
64
57
50
43
36
29
22
15

Configurazione a 2 pozzi



Temperature - Continuous - °C
85
78
71
64
57
50
43
36
29
22
15

Configurazione a 4 pozzi

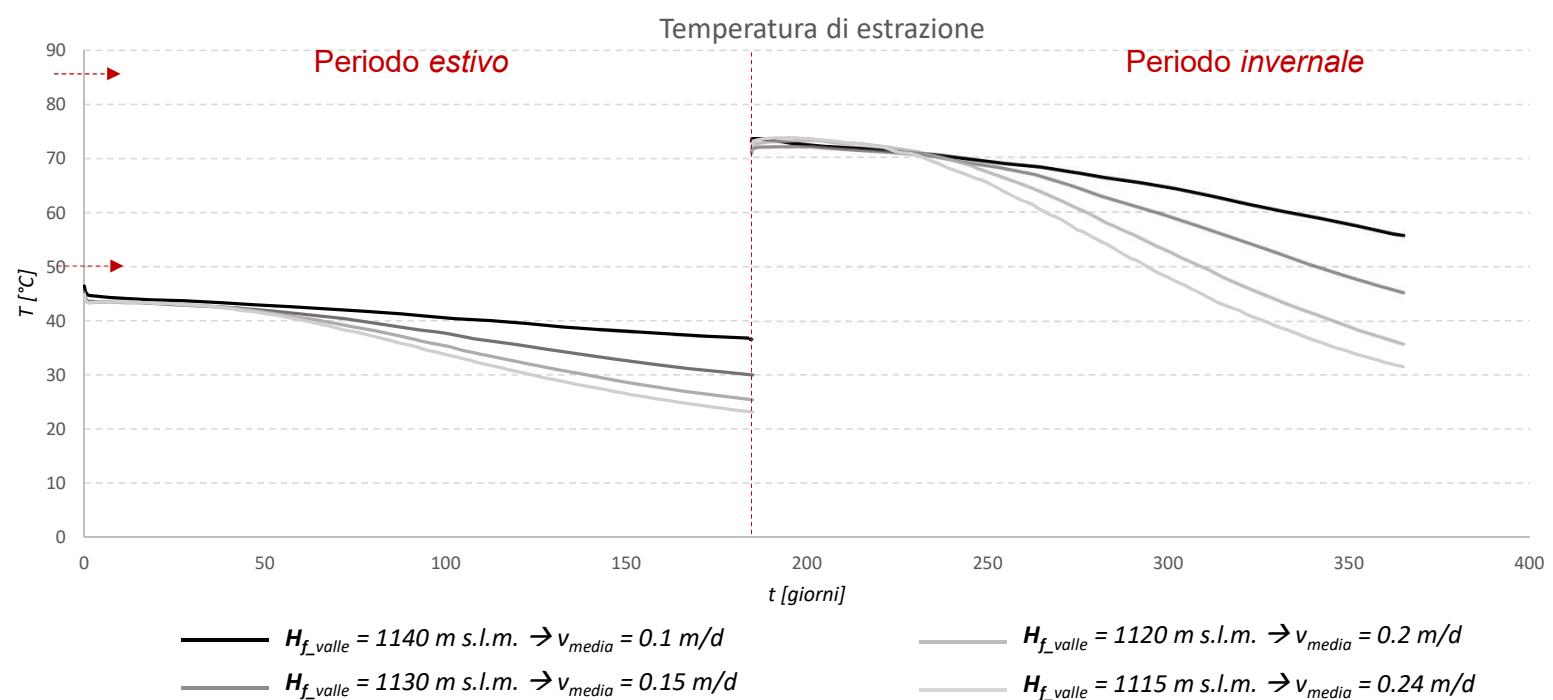
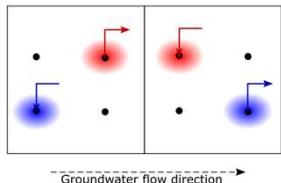


$$H_{f_valle} = 1140 \text{ m s.l.m.} \rightarrow v_{media} = 0.1 \text{ m/d}$$



MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

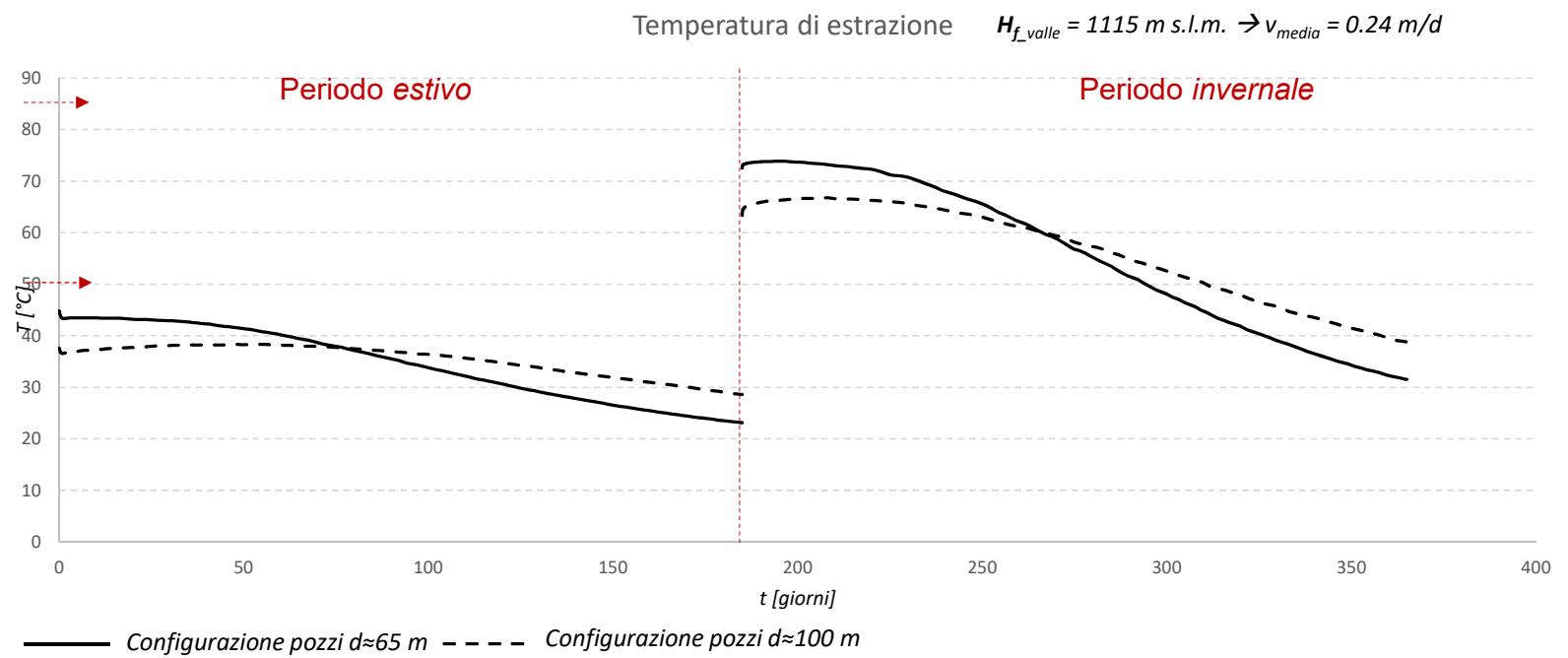
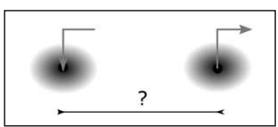
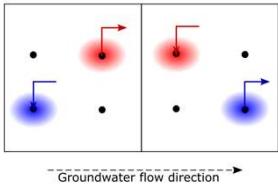
- Configurazione a 4 pozzi – influenza della velocità di flusso della falda





MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA: HT-ATES

➤ Tipi di configurazione – distanza pozzi



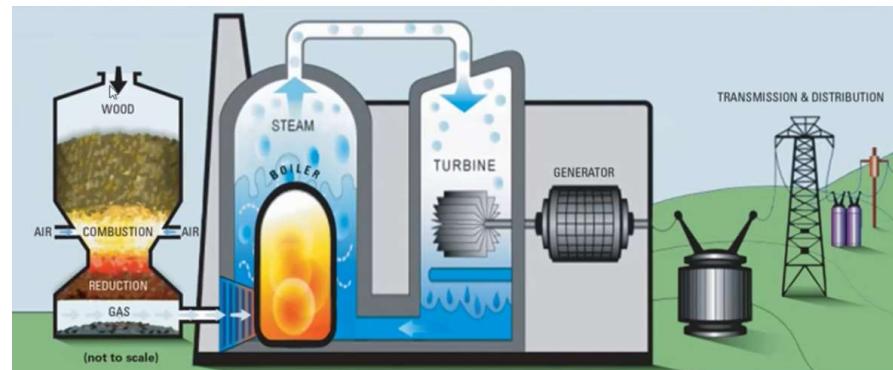


MODELLAZIONE ENERGETICA: UTENZA - IMPIANTO

➤ Modello integrato utenza - impianto

Modello utenza-impianto:

- Centrale a biomassa che fornisce energia a una rete di teleriscaldamento
- Periodo *estivo* (solo acqua calda sanitaria): 6 mesi
- Periodo *invernale*: 6 mesi
- Accumulo di energia termica all'interno del sistema ATES durante il periodo *estivo*
- Prelievo dell'energia termica dal sistema ATES durante il periodo *invernale*
- Eventuale utilizzo di caldaie a biogas di integrazione durante il periodo *invernale*

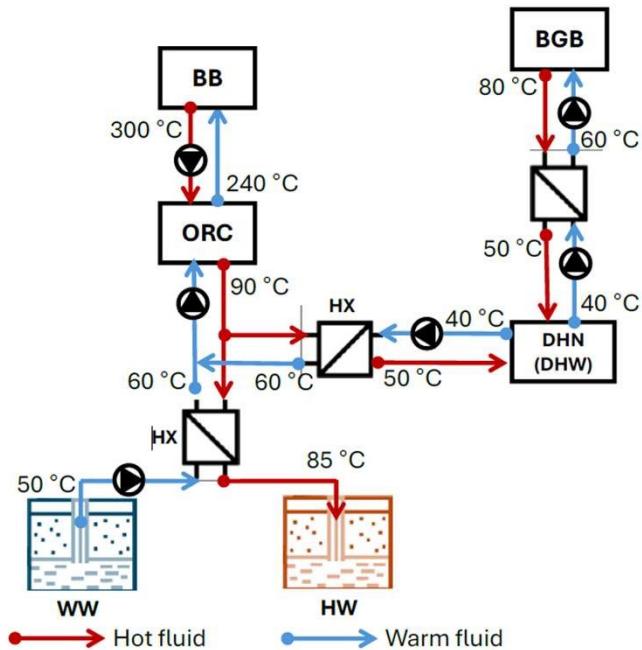




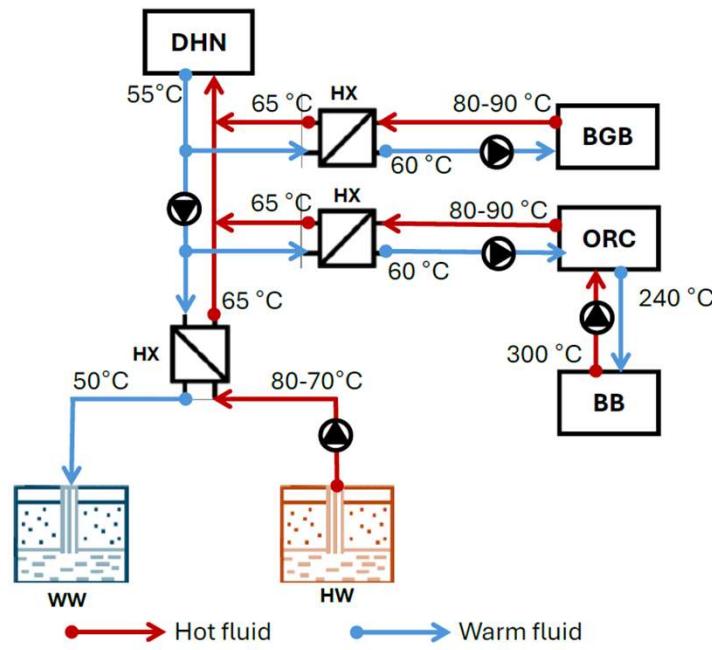
MODELLAZIONE ENERGETICA: UTENZA - IMPIANTO

➤ Modello integrato utenza - impianto

Periodo estivo



Periodo invernale



BB: Biomass Boiler
BGB: BioGas Boiler
DHN: District Heating Network
DHW: Domestic Hot Water
HW: Hot Well
HX: Heat Exchanger
ORC: Organic Rankine Cycle
WW: Warm Well



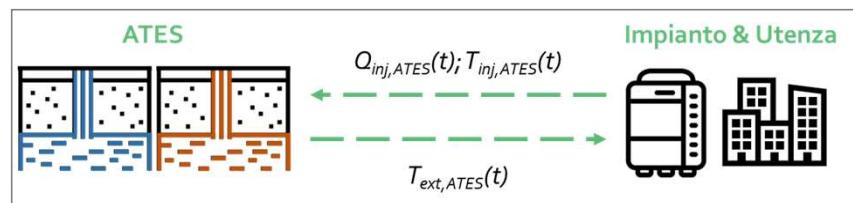
ACCOPIAMENTO DEI MODELLI

➤ **Modellazione accoppiata ATES – utenza-impianto**

Interazione tra il sistema ATES e il sistema utenza-impianto:

- Il modello ATES richiede in input serie di portate ($Q_{inj,ATES(t)}$) e temperature che derivano dal modello utenza-impianto ($T_{inj,ATES(t)}$).
- L'acqua proveniente dal sistema utenza-impianto viene stoccatata ($Q = Q_{inj,ATES(t)}$ and $T = T_{inj,ATES(t)}$) nell'acquifero attraverso uno dei pozzi e contemporaneamente viene estratta da un secondo pozzo ($Q = -Q_{inj,ATES(t)}$ and $T = T_{ext,ATES(t)}$).

- La serie delle temperature in uscita dall'acquifero ($T_{ext,ATES(t)}$) è fornita in input al modello utenza-impianto, insieme alla serie delle portate.

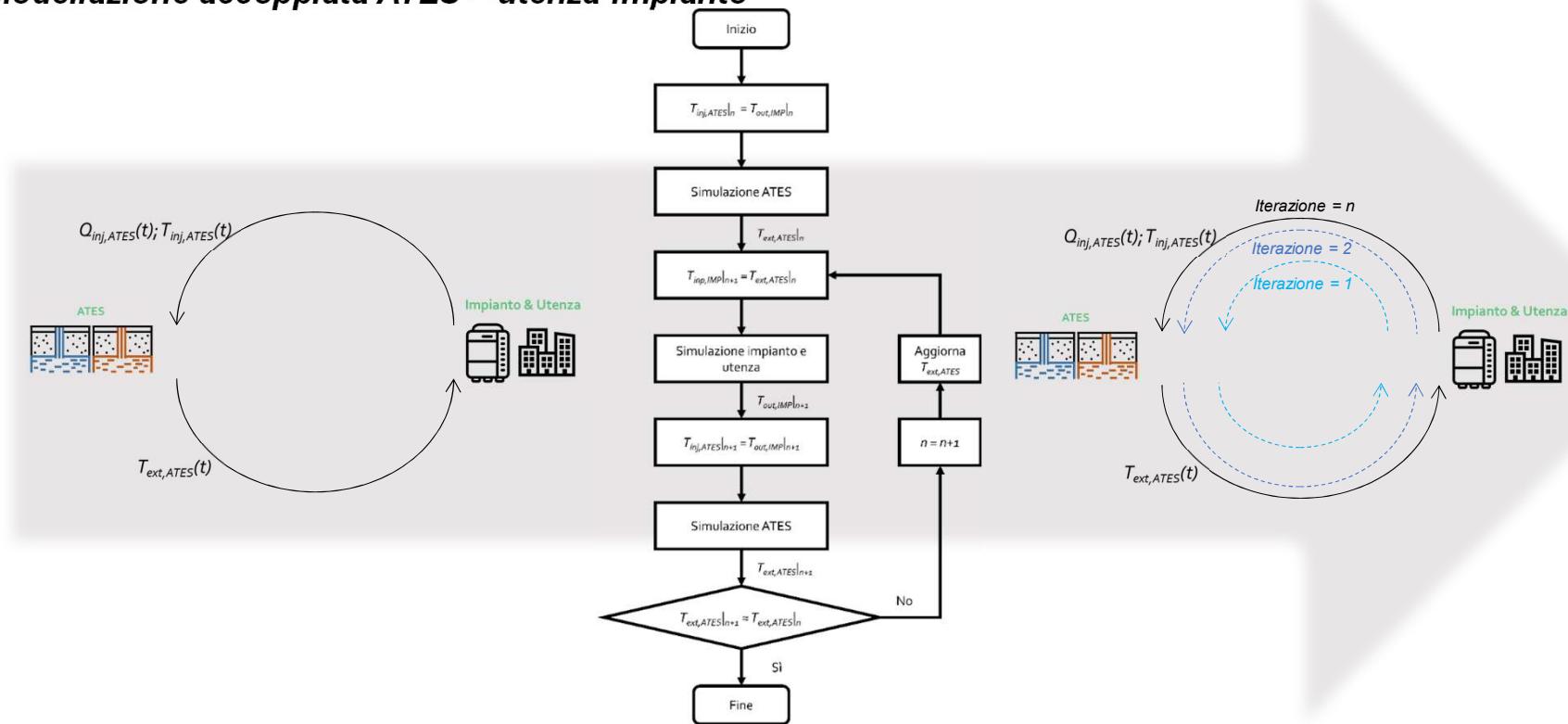


Rappresentazione schematica dell'interazione tra il modello ATES e il modello utenza-impianto.



ACCOPIAMENTO DEI MODELLI

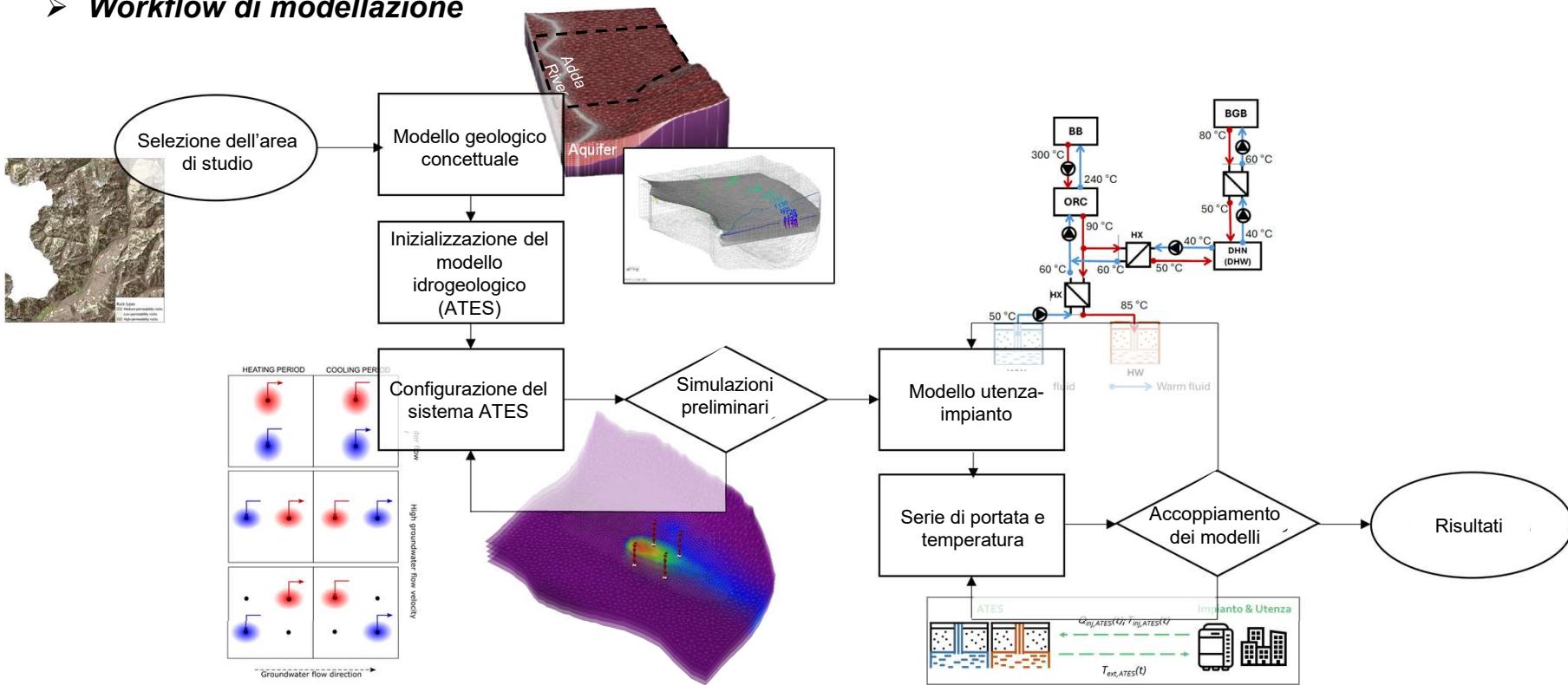
➤ Modellazione accoppiata ATES – utenza-impianto





CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

➤ Workflow di modellazione

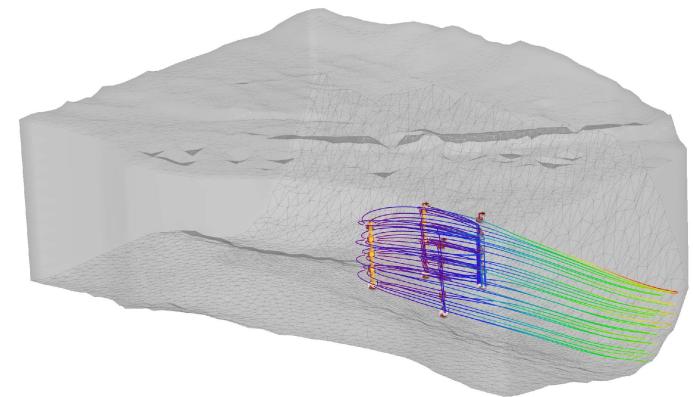
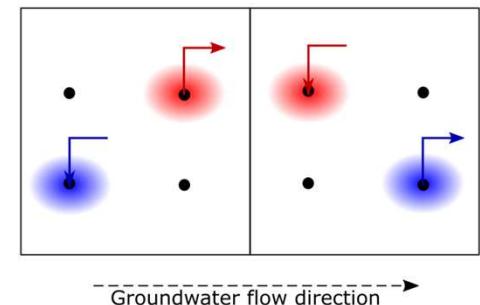




➤ **Osservazioni**

- La configurazione di sistemi HT-ATES in un area interessata da impianti a biomassa dipende dalle proprietà geologiche e idrogeologiche del sottosuolo.
- La modellazione del sistema ATES evidenzia la forte influenza delle proprietà geologiche sulla capacità di accumulo di energia termica dell'acquifero.
- Le simulazioni preliminari mostrano che la tipica configurazione a due pozzi non può essere utilizzata in regimi di flusso di falda tipico di bacini montani.
- La configurazione migliore in presenza di flusso di falda è fornita da un doppio set di pozzi: l'acqua iniettata in un pozzo durante una stagione è prelevata dal pozzo a valle nella stagione successiva.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE





FINAL REMARKS

Grazie

Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico nell'ambito del Piano Triennale 2022-2024 (DM MITE n. 337, 15.09.2022), in ottemperanza al DM 16 aprile 2018



Contatti

Rimani sempre aggiornato con RSE perché

#wemoversearch

Gabriela Squarzoni

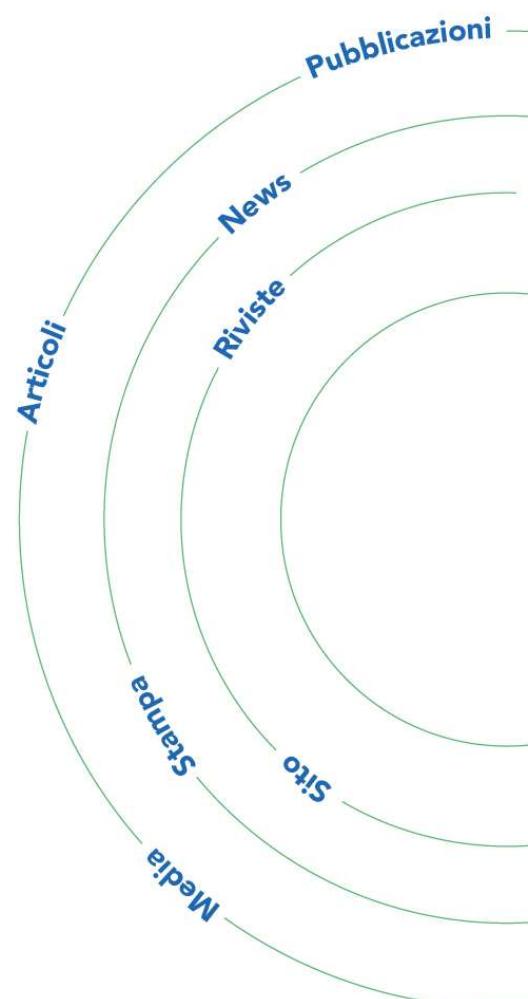
 gabriela.squarzoni@rse-web.it

 www.rse-web.it

 [@Ricerca sul Sistema Energetico - RSE SpA](#)

 [@RSEnergetico](#)

 [RSE SpA - Ricerca sul Sistema Energetico](#)





CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

➤ Workflow di modellazione

