



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Centro interdipartimentale di ricerca
"CENTRO STUDI DI ECONOMIA E TECNICA
DELL'ENERGIA GIORGIO LEVI CASES"

Studio per la riconversione con funzione geotermica di pozzi ex Oil&Gas

Innovazione e Sostenibilità per la Geotermia del Futuro

03 Marzo 2023

CNR, Auditorium dell'Area della Ricerca, Pisa

Via G. Moruzzi 1, Pisa

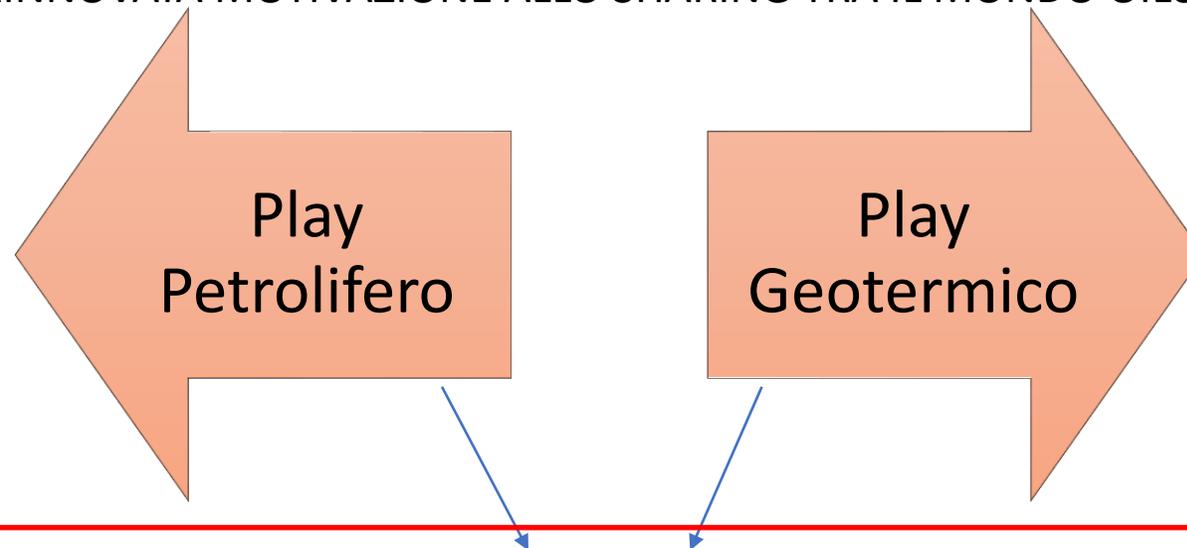
SI STIMA CHE IL SOTTOSUOLO TERRESTRE CONTENGA MOLTE VOLTE PIÙ ENERGIA COME CALORE CHE COME RISORSE DI PETROLIO E GAS. EPPURE LA SCOPERTA DI ACQUA CALDA E VAPORE È STATA TRADIZIONALMENTE CONSIDERATA UN CATTIVO SOSTITUTO DEL PETROLIO.

SEBBENE CI SIANO SOMIGLIANZE CHIAVE TRA QUESTI DUE SETTORI, CON POCHE ECCEZIONI C'È STATO UN CROSSOVER TRA I DUE MONDI.

RECENTEMENTE IL MONDO SI STA RAPIDAMENTE MUOVENDO VERSO FORME DI ENERGIA DI BASE VERDE E FLESSIBILE PER STABILIZZARE LE RETI E OPERARE INSIEME ALL'ESPANSIONE DELLE FONTI RINNOVABILI INTERMITTENTI

STIAMO VIVENDO UNA RINNOVATA MOTIVAZIONE ALLO SHARING TRA IL MONDO OIL&GAS E QUELLO GEOTERMICO

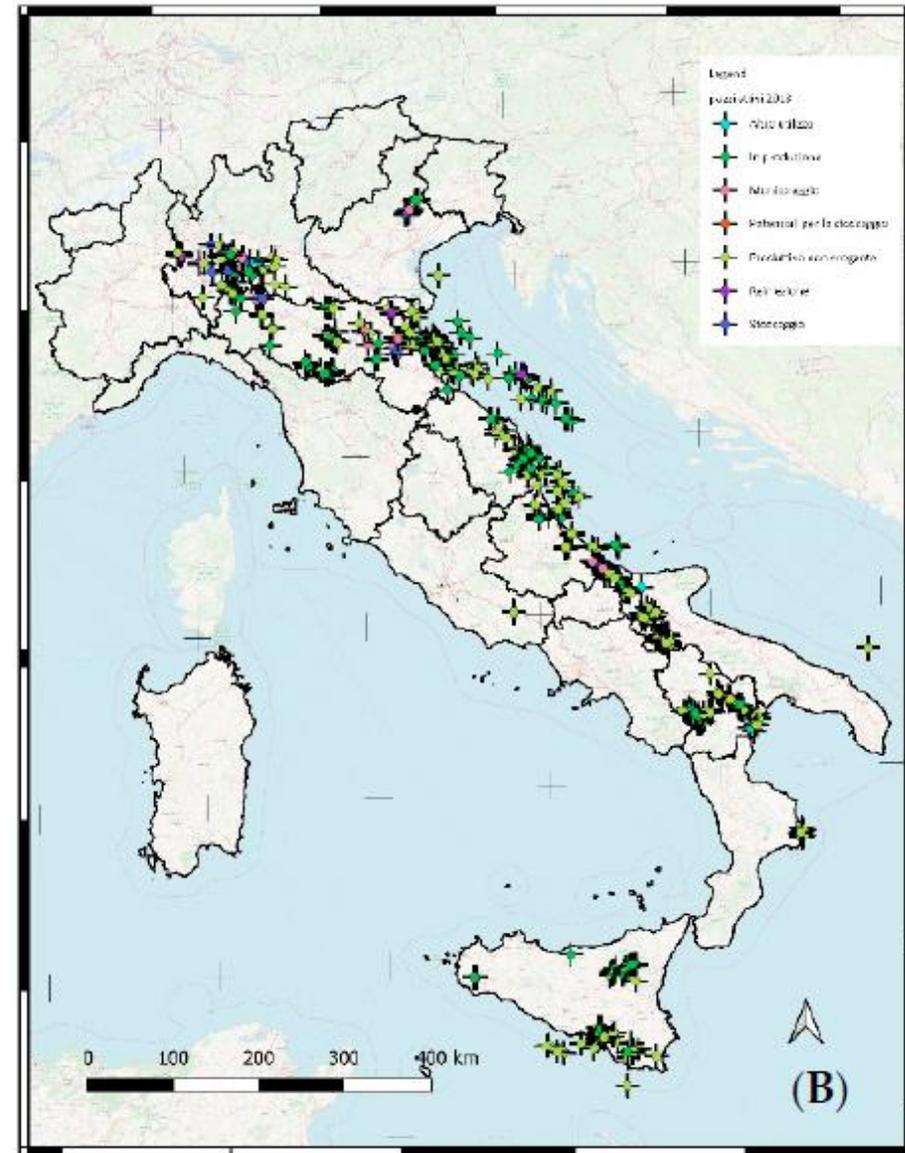
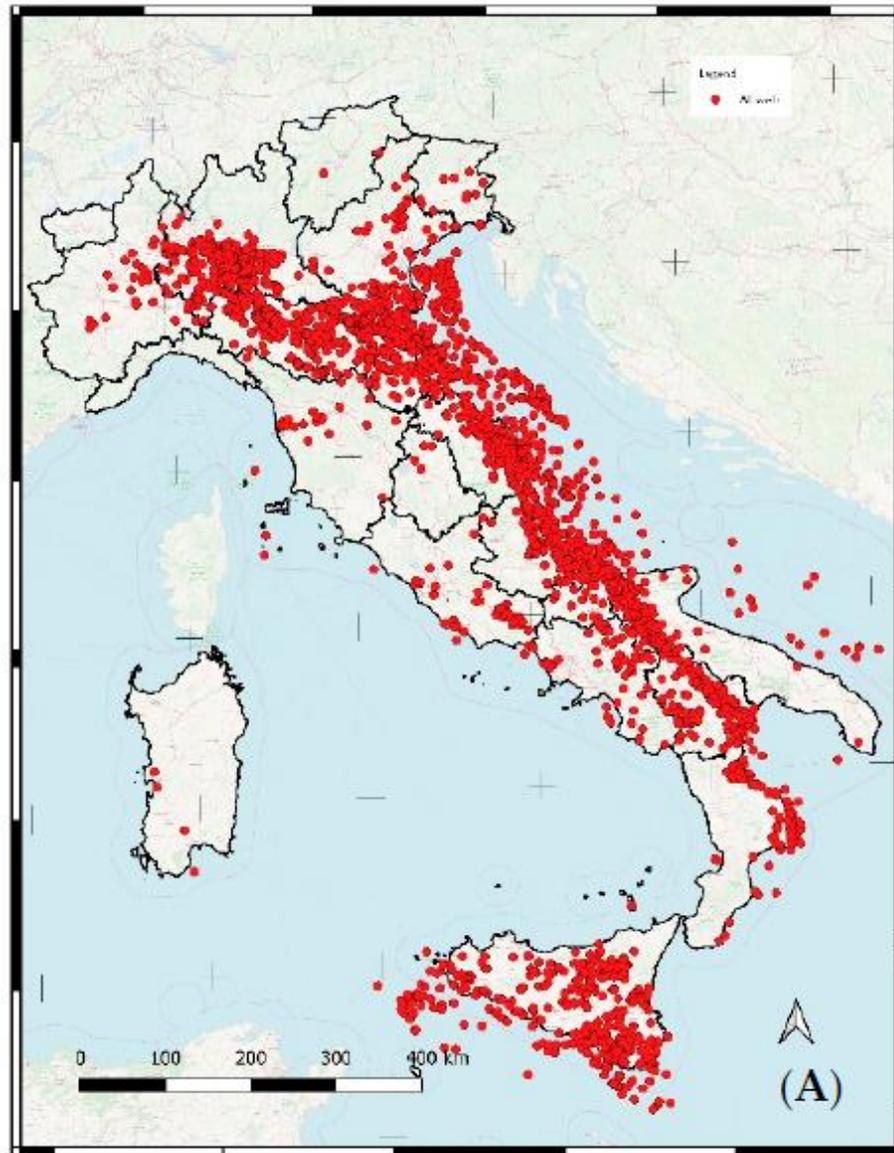
- Sorgente e serbatoio sono potenzialmente localizzati nello stesso livello
- La ricarica degli idrocarburi non è possibile



La **TEMPERATURA (pressione)** è un elemento comune ad entrambi gli scenari

- La sorgente e il serbatoio sono delle unità separate tra loro
- Ho una continua ricarica della risorsa geotermica generata dal flusso di calore endogeno e dalla ricarica di acquiferi profondi

O&G wells in Italy in 2019



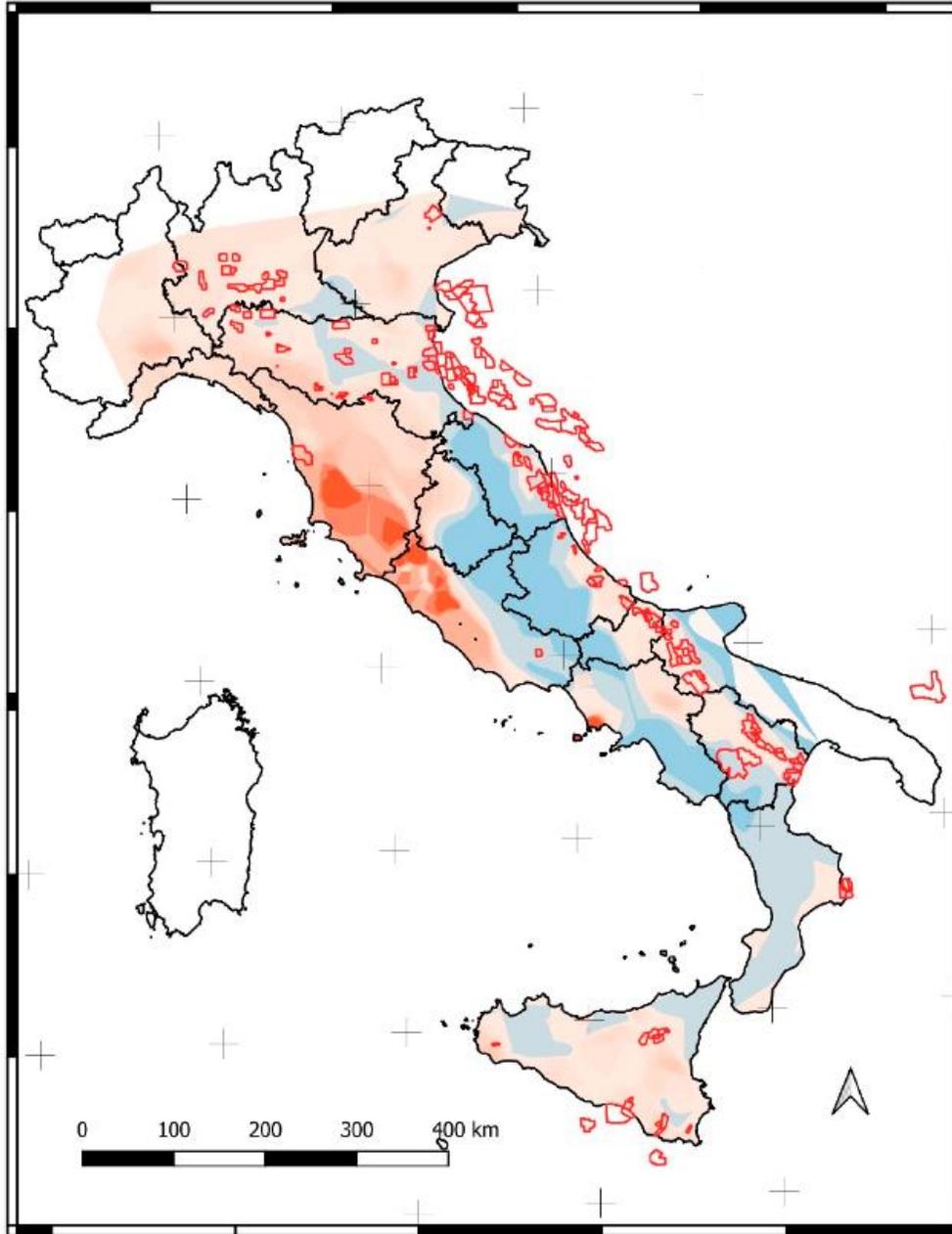
Pozzi inattivi e abbandonati in Italia dal 1940 al 2005

(Reference: ViDEPI – Google Earth)

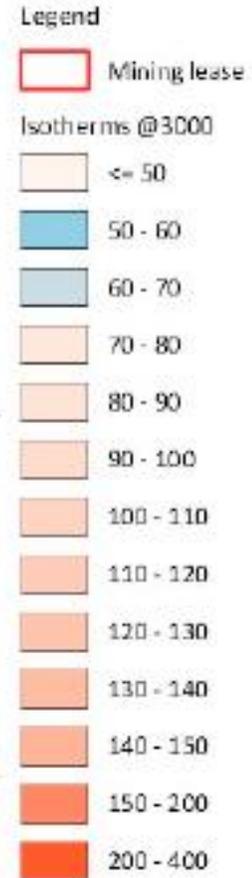
- > 2000 pozzi esplorativi perforati in Italia
- La maggior parte sono ora abbandonati e/o esauriti
- I pozzi on-shore si trovano principalmente in bacini sedimentari (aree più popolate)



O&G wells in Italy in 2019

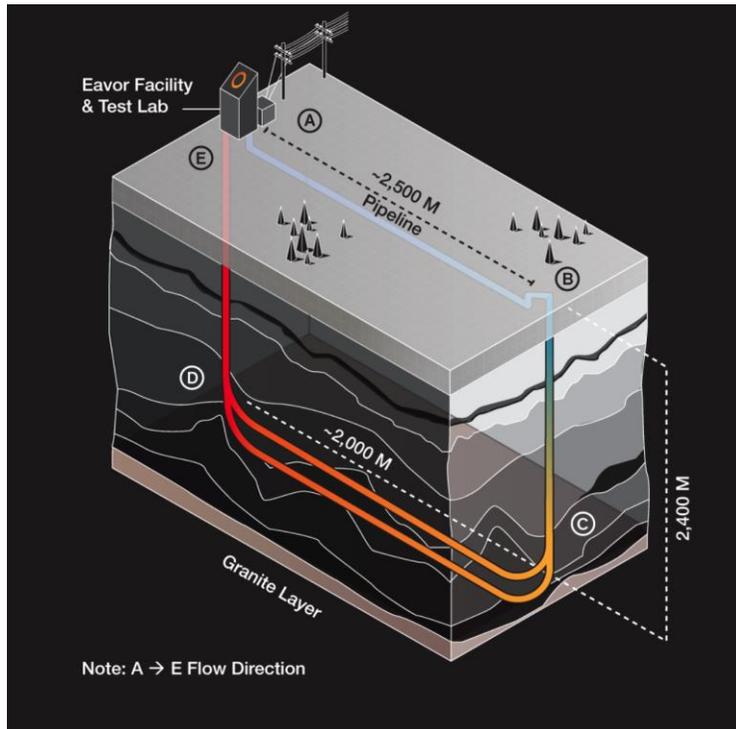


**T stimata alla
profondità > 3 km**



Scopo

Promuovere la transizione energetica **sviluppando soluzioni di scambiatori di calore geotermici (circuito chiuso) tramite il riutilizzo di pozzi profondi esistenti / abbandonati (> 1 km)**



Soluzioni a circuito chiuso profondo



Produzione di energia
→ calore ed elettricità



Dove? Bacini sedimentari



End-users

Project stage	Spending
Exploration-Feasibility	13%
Exploration-Drilling	6%
Drilling	44%
Field Gathering System	8%
Plant Construction and Startup	30%
Total	100%

Costi complessivi di un progetto geotermico

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Decarbonizzazione del settore energetico



Incremento della quota di energie rinnovabili

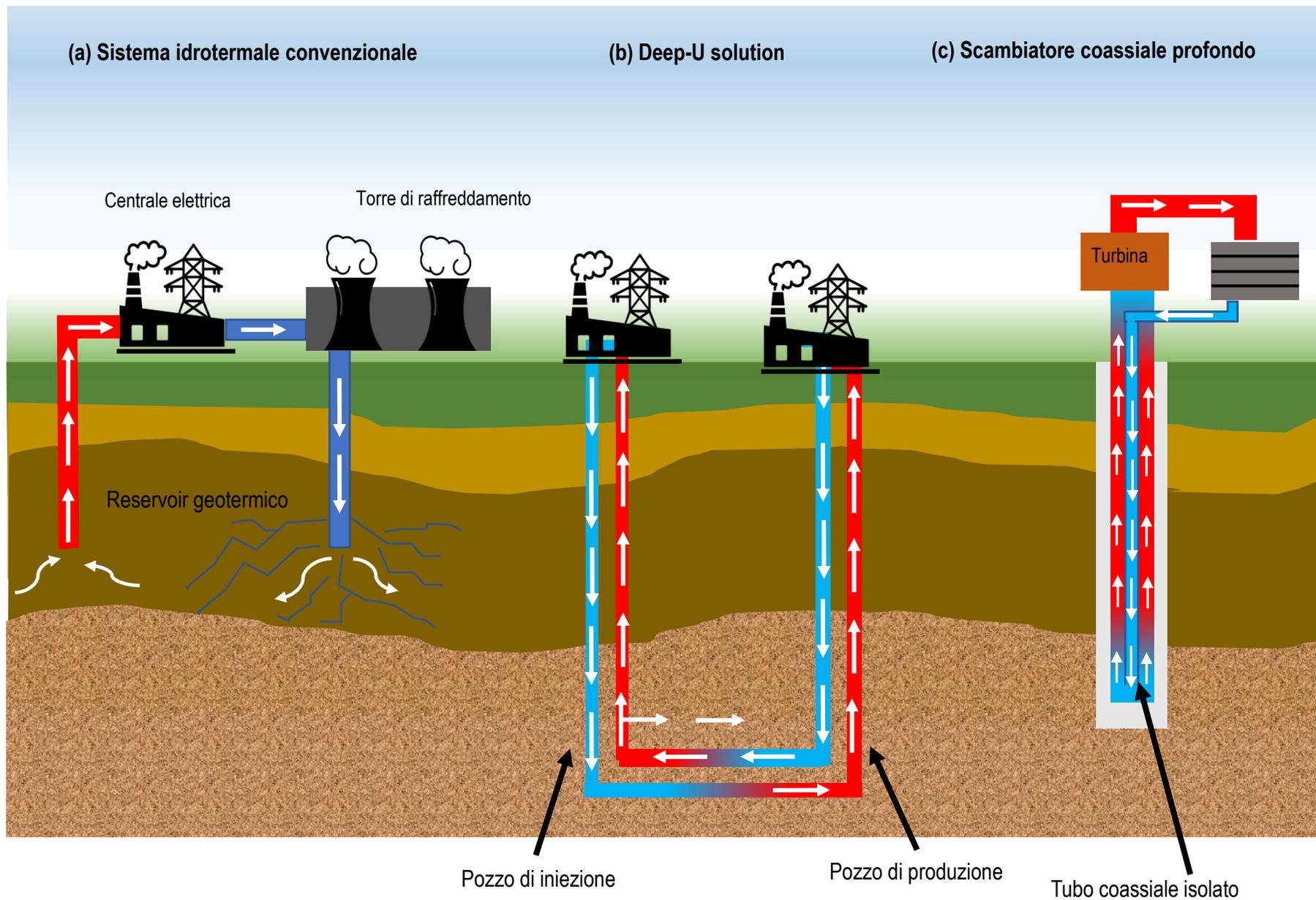


Contributo alla fornitura di energia green alle comunità energetiche e altre utenze di prossimità

Vantaggi del retrofitting dei pozzi O&G

- Nessuna perforazione necessaria → i pozzi esistono già
- Sono disponibili molti dati (data log), raccolti durante le attività di esplorazione e perforazione
- Stima completa delle prestazioni del pozzo → Minimizza i rischi e fornisce una migliore stima dei costi
- Conversione degli impianti esistenti nei pozzi petroliferi per sostenere la produzione di energia geotermica → risparmio di un costo considerevole rispetto alla costruzione di un nuovo foro di perforazione e impianto di geotermia
- Il retrofit di pozzi petroliferi abbandonati in pozzi geotermici offre anche il vantaggio di ridurre al minimo o addirittura eliminare i costi di decommissioning dei vecchi pozzi → prolungare la vita economica del pozzo e ridurre al minimo il potenziale problema con perdite di liquido/gas dei pozzi sigillati

Confronto tra Geotermia convenzionale vs. Geotermia a circuito chiuso



Metodi per estrarre energia termo-elettrica da pozzi ex Oil&Gas

- **sistema a doppio pozzo (almeno un pozzo di iniezione e un pozzo di produzione)**
- **Sistema a circuito chiuso profondo**
 - **pozzi orizzontali multipli (sistema Eavor)**
 - **soluzione coassiale (scambiatori di calore a circuito chiuso)**
 - **scambiatore di calore a doppio tubo ad U**
 - **pozzo scambiatore di calore a tubo aperto**
 - **scambiatore di calore con alesaggio (WBHX)**

pro

- nessuna impatto ambientale produzione di fluidi geotermici
- nessuna energia per la reiniezione
- fortemente ridotti problemi di corrosione e incrostazioni evitati

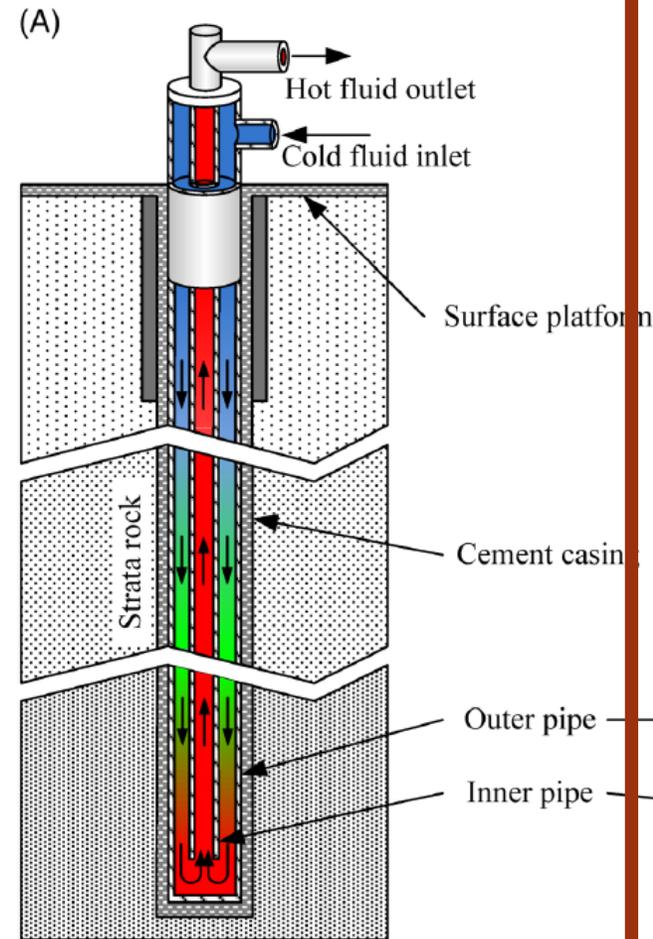
cons

- Riduzione di efficienza nel recupero di calore

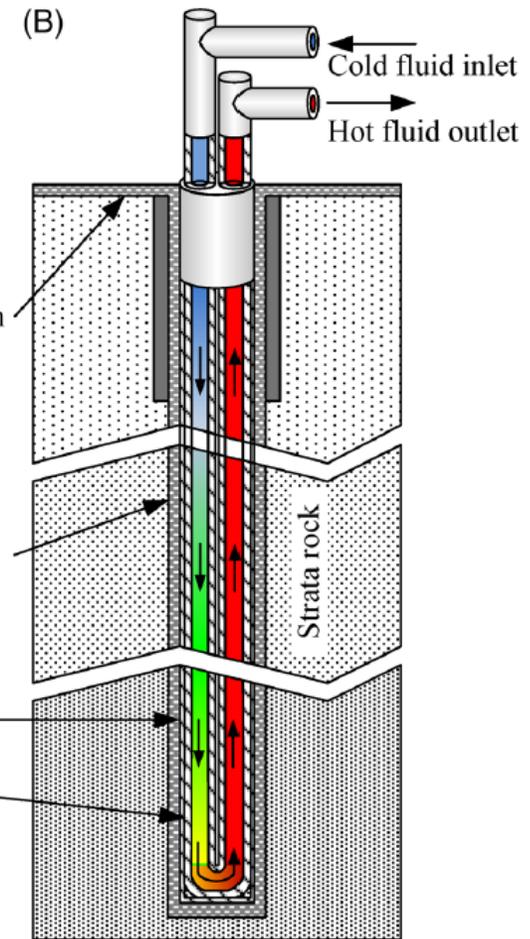
Vantaggi degli scambiatori di calore coassiali

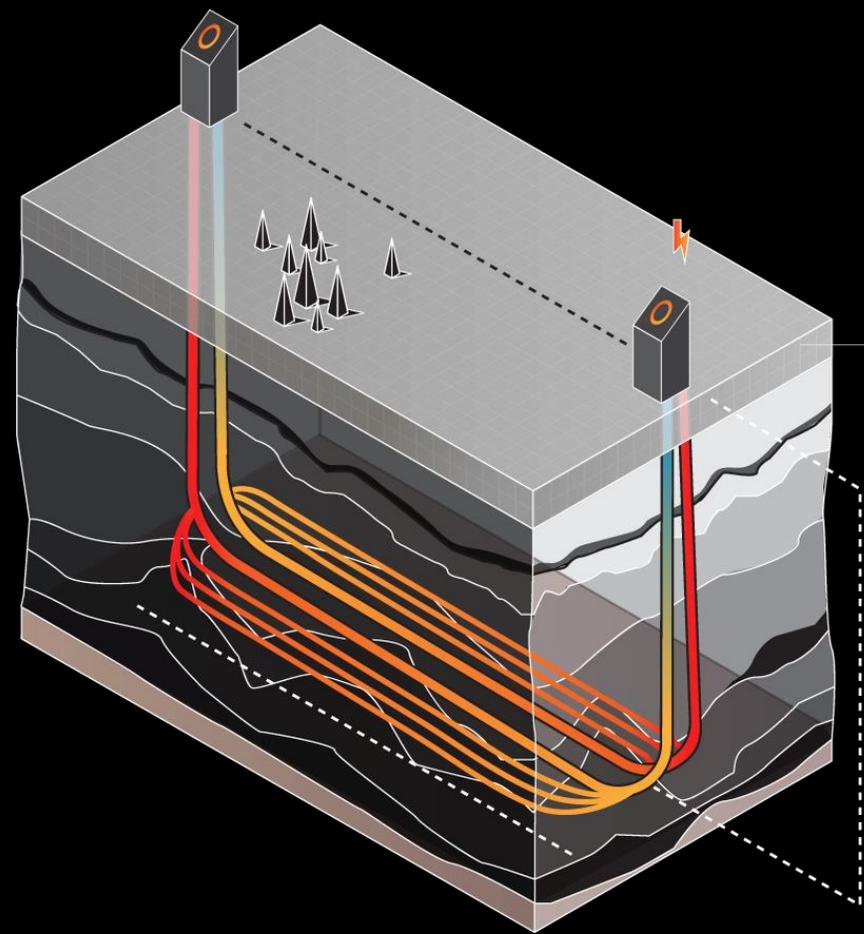
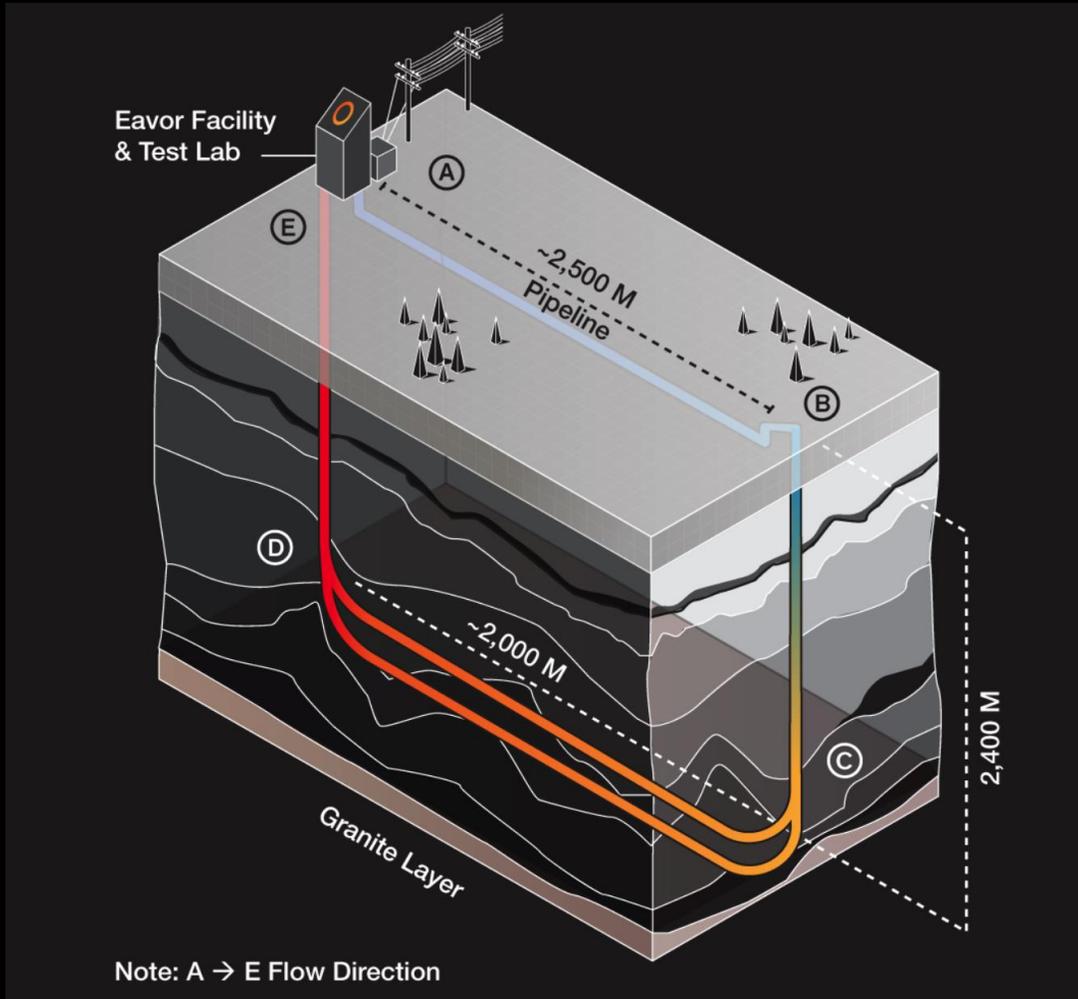
- Maggiore superficie di scambio del calore
- Diametro maggiore nella sezione dell'anello
- Possibilità di riutilizzare il casing esistente del precedente pozzo
- Questa geometria offre una diminuzione della resistenza termica tra il fluido termovettore e il pozzo

A. Scambiatori "coassiali"



B. Scambiatori "ad U"





Eavor technology

Obiettivo dello studio

L'obiettivo generale di questo studio è quello di analizzare il potenziale e la fattibilità della creazione di impianti geotermici attraverso il riutilizzo di pozzi di petrolio e gas abbandonati.



Soluzioni a circuito chiuso profondo



Produzione di energia → calore ed elettricità



Dove? Bacini sedimentari



End-users



Analizzare potenzialità e fattibilità di scambiatori di calore a circuito chiuso profondo per la produzione di energia elettrica e calore

WORKFLOW



2 pozzi profondi (ex-AGIP):

- a) **Legnaro 01** (4989 m)
- b) **S. Angelo Piove di Sacco 001** (2036m)



CASO STUDIO

Distanza 3.10 km

Esempio

Legnaro 01

z (km)	t _e (h)	T (°C)	t _c (h)	ΔT	T+ΔT (°C)
0,412	4	33	1,7	2,3	35,3
1,605	6	69	2,0	6,1	75,1
3,49	10	92	3,1	8,4	100,4
3,737	11	95	3,3	8,3	103,3
4,94	14	120	4,4	8,0	128,0
4,946	14	117	4,4	8,0	125,0

z (km) = profondità
t_e (h) = tempo di shut in fango
* T (°C) = misurazione della temperatura
**t_c (h) = tempo di circolazione del fango (calcolato)
**ΔT = fattore calcolato per la correzione T
T+ΔT (°C) = T corretto

*T fonte dati Catalogo AGIP

Gradiente geotermico = 25 °C/km

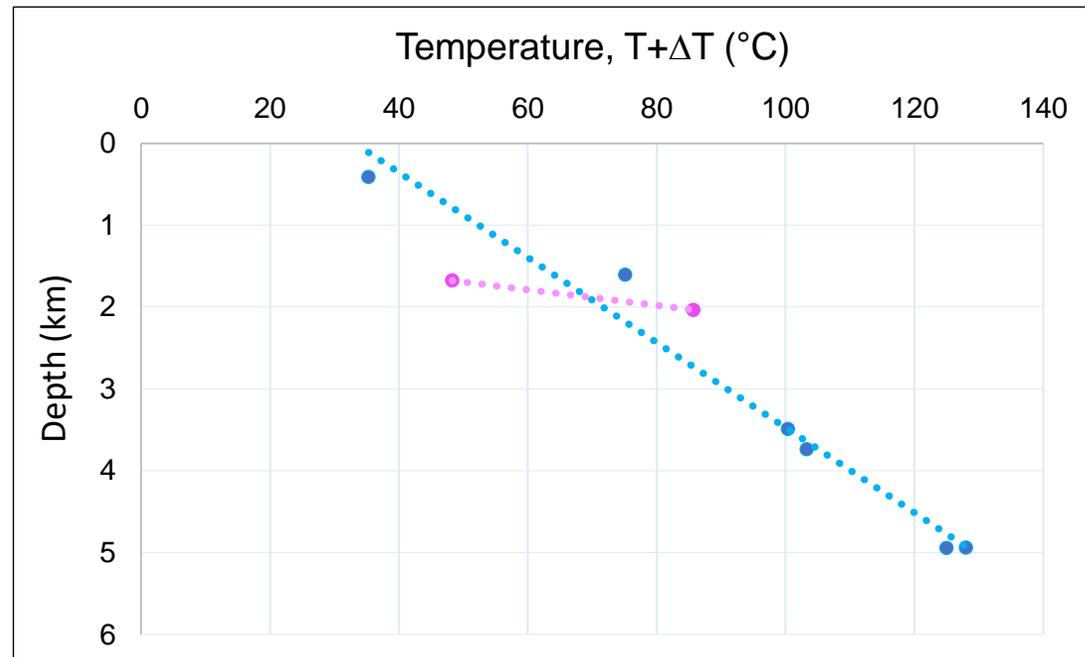
S. Angelo Piove di Sacco 001

z (km)	t _e (h)	T (°C)	t _c (h)	ΔT	T+ΔT (°C)
1,678	6	42	2,1	6,3	48,3
2,036	7	79	2,2	6,7	85,7

$$t_c = 1.7 + 0.05z + 0.10z^2$$

$$\Delta T = (16.3z - 2.1z^2) \ln \left(1 + \frac{t_c}{t_e} \right)$$

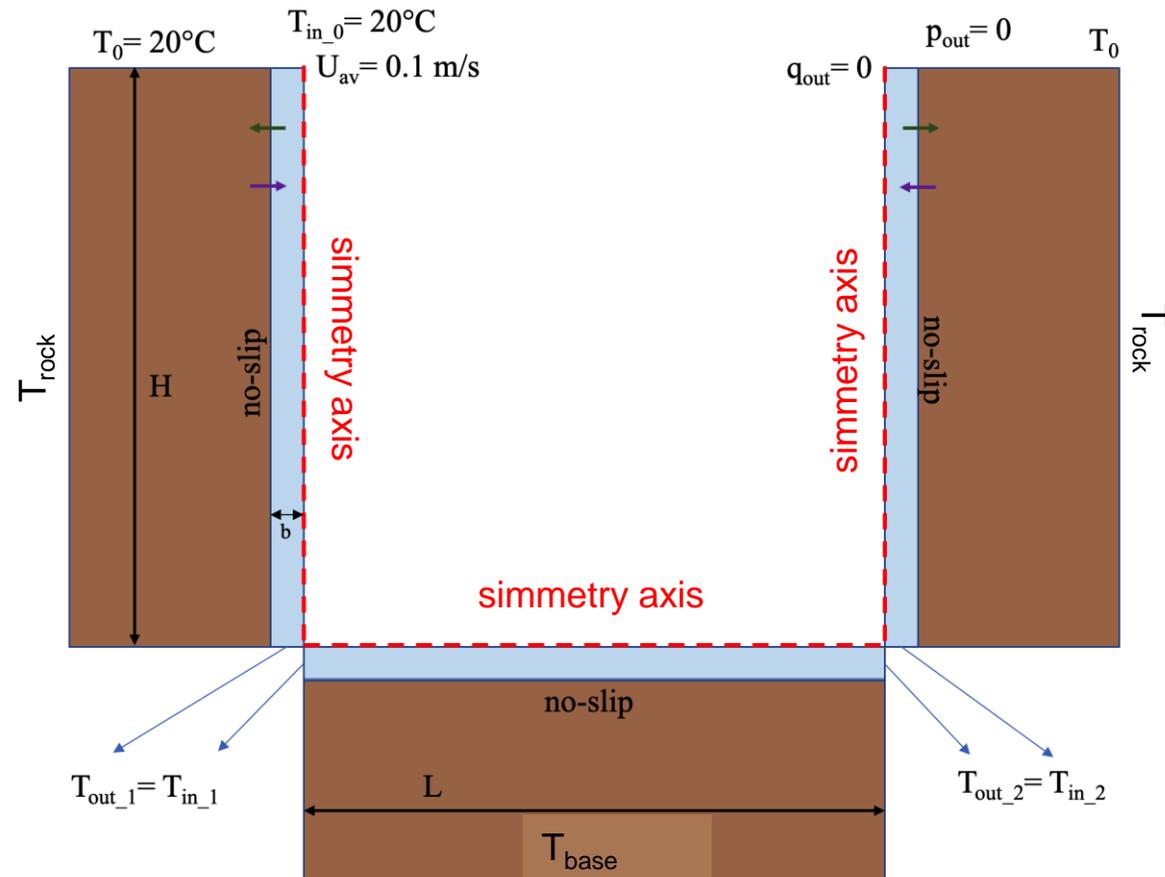
**T correction equation by Pasquale et al 2008



Parameter	Value	unit
Vertical wells depth (H)	2000	m
Horizontal well length (L)	2000	m
Pipe diameter (b)	0.17	m
Rock thermal conductivity (k_m)	2.5	W/m·K
Rock density (ρ_m)	2600	kg/m ³
Rock specific heat capacity (c_{pm})	850	J/kg·K
Fluid average velocity (U_{av})	0.1	m/s
Rock porosity (ϕ)	0.10	-
Inlet fluid temperature (T_{in})	20	°C
Air temperature (T_0)	20	°C
Geothermal gradient (G)	40	°C/km

Modello di riferimento (1)

BOUNDARY CONDITIONS



● **Identificazione e caratterizzazione di un caso di studio idoneo**

- **2 pozzi vicini o un pozzo singolo**
- **Raccolta dati geofisici e geologici**
- **Proprietà termo-fisico-meccaniche per la caratterizzazione del sottosuolo** (es. gradiente di temperatura, conducibilità termica ecc...)

● **simulazione numerica**

- **Modelli sintetici semplificati per un sistema geotermico a circuito chiuso profondo** per determinare i parametri che influenzano maggiormente la variazione del rendimento energetico (ad esempio variabili fisiche e geometriche)
- **implementazione di un modello numerico relativo al caso di studio reale basato su dati reali** (es. sequenza litologica, profondità, distanza dei due pozzi esplorativi selezionati) e sui risultati dei modelli sintetici

OSSERVAZIONI

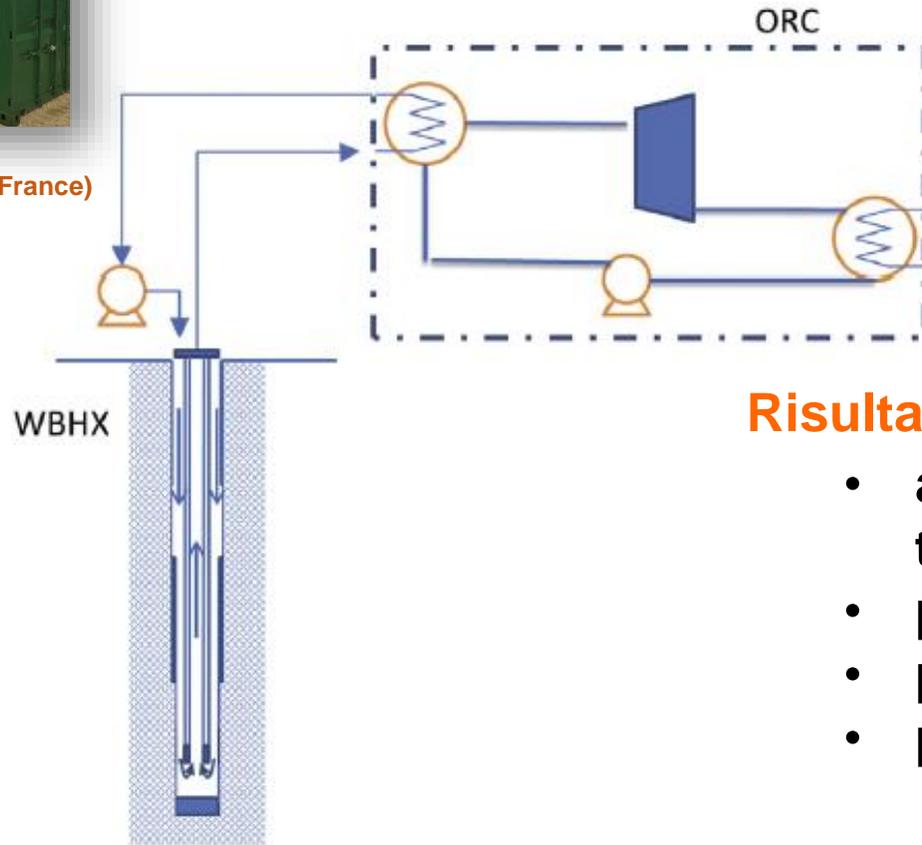
- **l'aumento T del fluido termovettore** lungo il circuito chiuso deep-U **non segue un andamento lineare**
- **Il gradiente geotermico** è il principale parametro che influenza l'efficienza del circuito chiuso profondo
- **condizioni geotermiche più favorevoli (gradiente geotermico > 40 °C/Km) sono richieste (anomalie geotermiche) per la produzione anche di energia elettrica**, ma deve essere considerato anche e soprattutto l'uso termico diretto
- **una significativa dispersione di calore** avviene lungo la sezione ascendente del circuito di scambio termico (isolamento tratto finale ascendente necessario)
- **flusso di fluido termovettore turbolento** condizione necessaria

Conversione dell'energia da parte di un impianto ORC



MEET PROJECT

(e.g. Vermillon, Paris basin France)



- Profondità 5.8 – 6.1 km
- T 160-170 °C

Risultati di modello per un pozzo singolo:

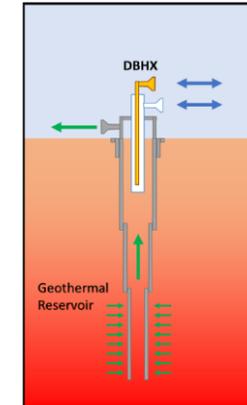
- acqua risulta essere il miglior fluido termovettore
- portata d'acqua ottimale di 15 m³/h
- potenza termica 1,5 MW
- potenza elettrica netta 134 kW

energia elettrica < quella delle centrali geotermiche convenzionali
energia termica utilizzata negli impianti di teleriscaldamento

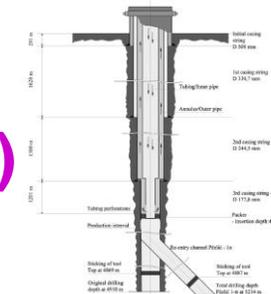
ESEMPI impianti pilota

GreenFire Energy Closed-Loop Geothermal Demonstration (Coso Geothermal Field, California, USA)

modificato da Higgins et al 2019

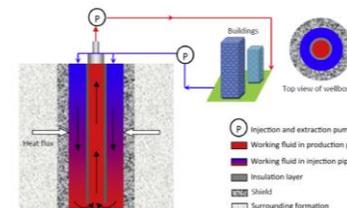


Deep dry well Pčelić-1 (Drava subbasin, Croatia)



Coaxial exchanger (Shengli oilfield, China)

modificato da Nian et al 2018





Mancanza di politiche e regolamenti sull'utilizzo di pozzi di petrolio e gas abbandonati come pozzi geotermici



L'effetto ambientale legato al retrofitting dei pozzi petroliferi abbandonati non è ancora una tecnologia affermata



La perdita di calore durante le varie fasi di trasporto dal serbatoio all'utenza finale

barriere

Social Acceptance

L'energia geotermica ha problemi di accettabilità sociale simili a quelli di altre tecnologie di energia rinnovabile.

1 la condivisione delle informazioni

- promuovere la trasparenza (pro e contro)
- selezionare le informazioni rilevanti
- adattare la comunicazione al pubblico di riferimento
- migliorare la condivisione dei dati e l'accessibilità alle informazioni



2 la creazione di benefici locali

- sostenere la comunità locale anche con benefici economici
- sostenere l'utilizzo locale del calore geotermico
- stabilire un piano di valorizzazione (attività di formazione ed educazione, creazione posti di lavoro ...)

3 la partecipazione pubblica

- promuovere integrazione territoriale
- stimolare un dialogo di qualità
- comunicazione continua fin dalla fase iniziale del progetto
- promuovere co-proprietà e crowdfunding

POLICY E RACCOMANDAZIONI

- 1** **REGOLAMENTAZIONE SEMPLIFICATA E TEMPI CERTI DI RISPOSTA AUTORIZZATIVA**
- 2** **PROCEDURA DEDICATA AL RECUPERO DI POZZI GIÀ ESISTENTI**
- 3** **RICONOSCIMENTO DI INCENTIVAZIONI PER IL RECUPERO DI GEO-INFRASTRUTTURE ABBANDONATE/DISMESSE**

GRAZIE DEL TEMPO E DELL'ATTENZIONE

Team: Eloisa Di Sipio, Gianluca Gola, Marina Facci, Eugenio Trumphy, Adele Manzella, Galgaro Antonio



**Centro interdipartimentale di ricerca
"CENTRO STUDI DI ECONOMIA E TECNICA
DELL'ENERGIA GIORGIO LEVI CASES"**



1222-2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

