



ORDINE

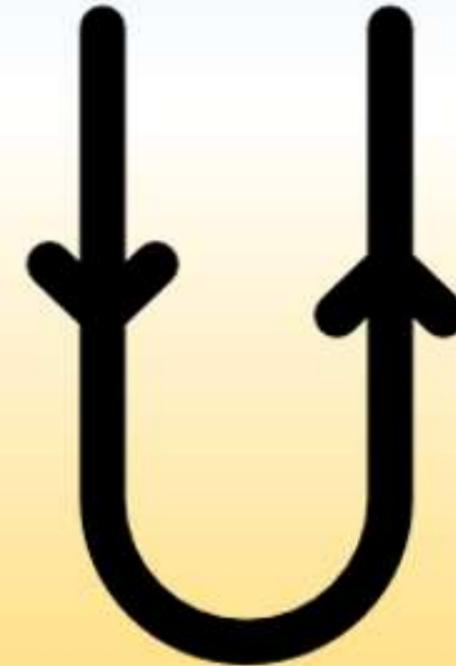
**geologi**

MARCHE



**1. INDAGINI TERMICHE**

**2. Test e verifiche in fase esecutiva**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# La mia esperienza in geotermia

- Dal 2006 mi occupo di **GEOTERMIA**, come geologo e Direttore Tecnico di Geo-Net (perforazioni geotermiche ed indagini sui terreni).
- Dal 2018 mi occupo di **IMPIANTI GEOTERMICI** "chiavi in mano".
- Dal 2023 sono Direttore della sede Centro-Italia di EGEO, società leader del settore in cui Geo-Net è confluita

## Servizi offerti:

- ✓ Indagini termiche (GRT/EGRT)
- ✓ Supporto alla progettazione
- ✓ **dimensionamento campi sonde**
- ✓ **Supervisione, verifiche e DL**
- ✓ Supporto e **coordinamento** impianti
- ✓ Riferimento Centro Sud PdC **Ecoforest**

## 13 anni di esperienza:

- ✓ 5 anni di **realizzazione sonde**
- ✓ oltre **50 indagini termiche GRT/EGRT**
- ✓ Partecipazione in oltre **100 impianti** con PdC



AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

Ancona, 1 dicembre 2023

INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

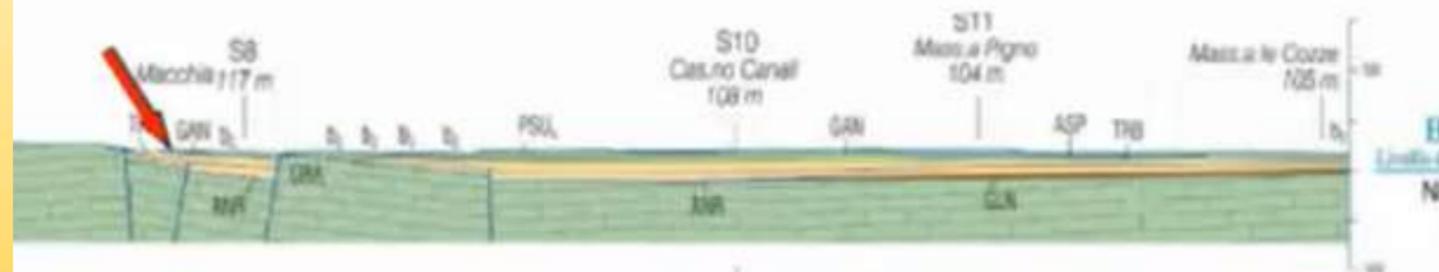
Dott. Geol. Gabriele Cesari



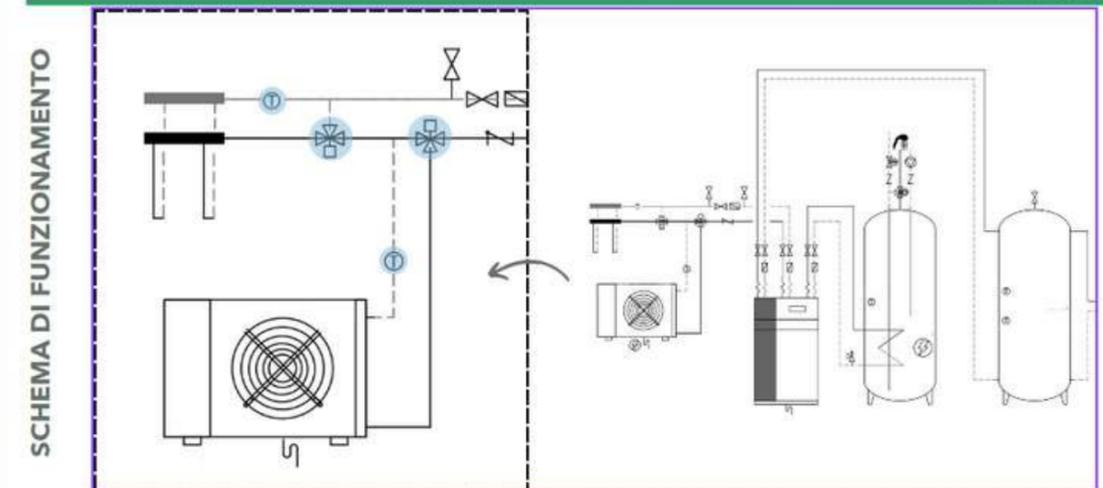
# Geotermia - piano di indagini

In fase di fattibilità preliminare

- **modello geologico-idrogeologico** di riferimento
- confronto con progettista impiantistico (stima fabbisogno)
- definizione della **tipologia di geoscambio** ottimale (open loop, closed loop, impianti multi-sorgente) e valutazione di fattibilità
- definizione del **piano di indagini**



Impianti multisorgenti



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

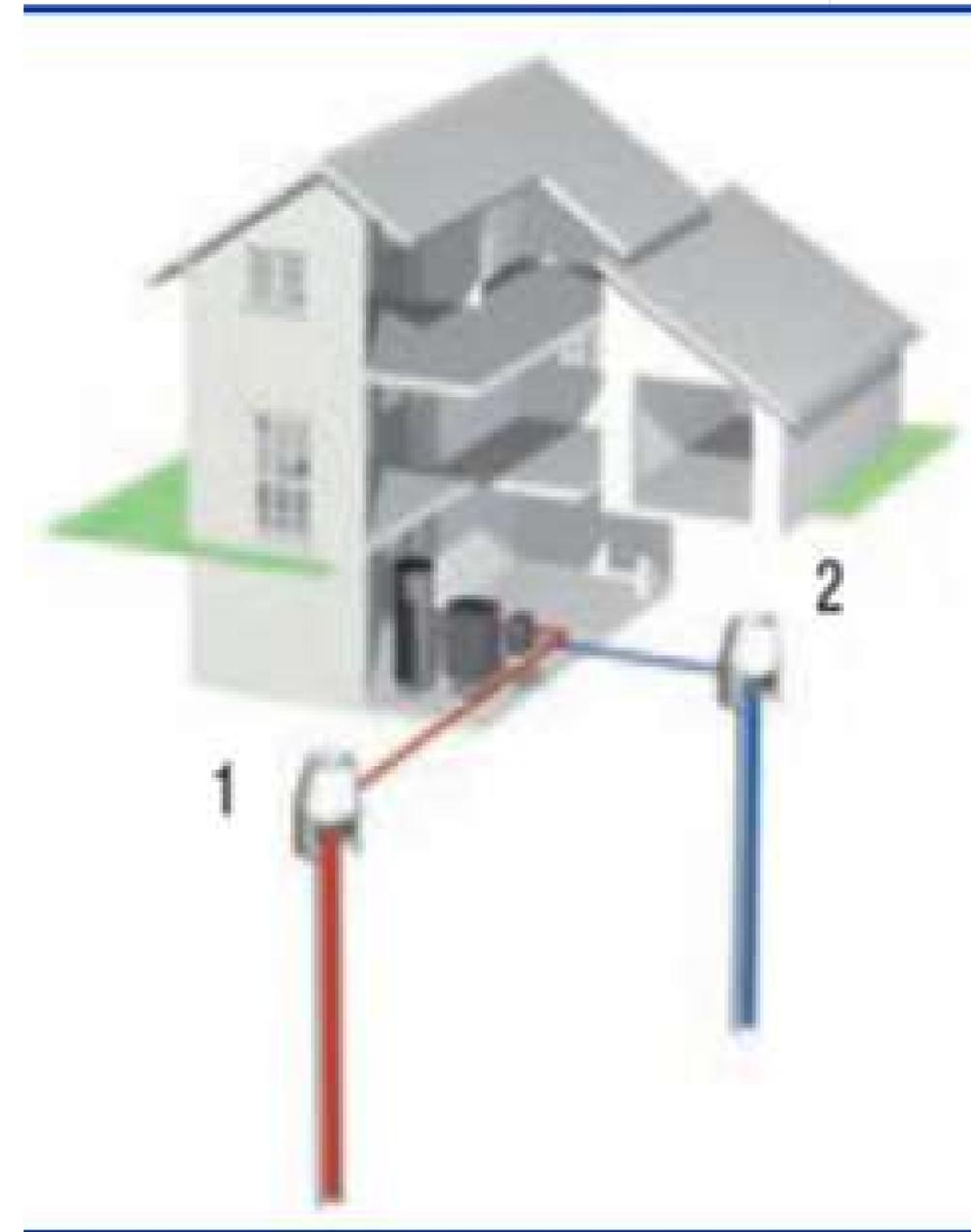
**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Geotermia - piano di indagini

## SCAMBIO TERMICO CON ACQUA DI FALDA (OPEN LOOP)

- per falde profonde: progetto, iter aut. e indagini idrogeologiche
- prove di portata a gradini (definizione portata critica)
- prova di assorbimento
- dimensionamento sistema di scambio termico
- eventuale valutazione di impatto termico
- definizione del **piano di monitoraggio**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

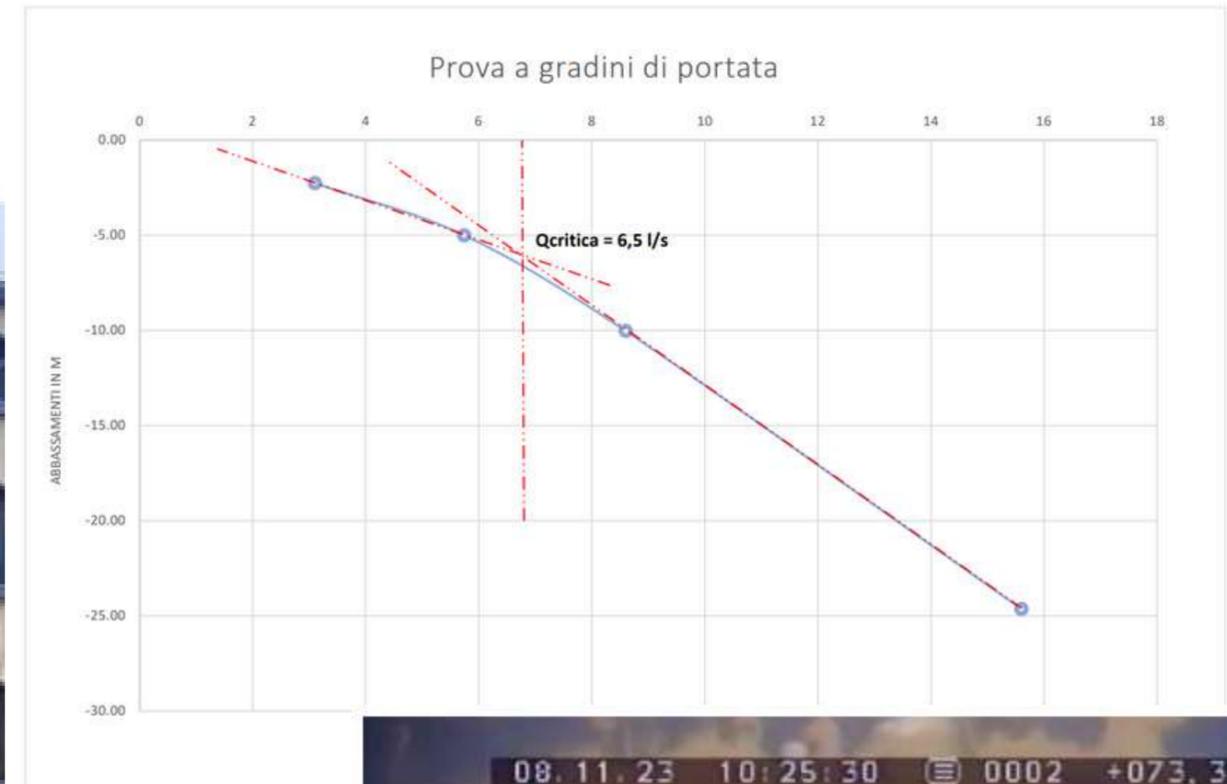
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Geotermia - piano di indagini



*Totale occlusione dei tratti filtranti (74 metri da tp)*

AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

Ancona, 1 dicembre 2023

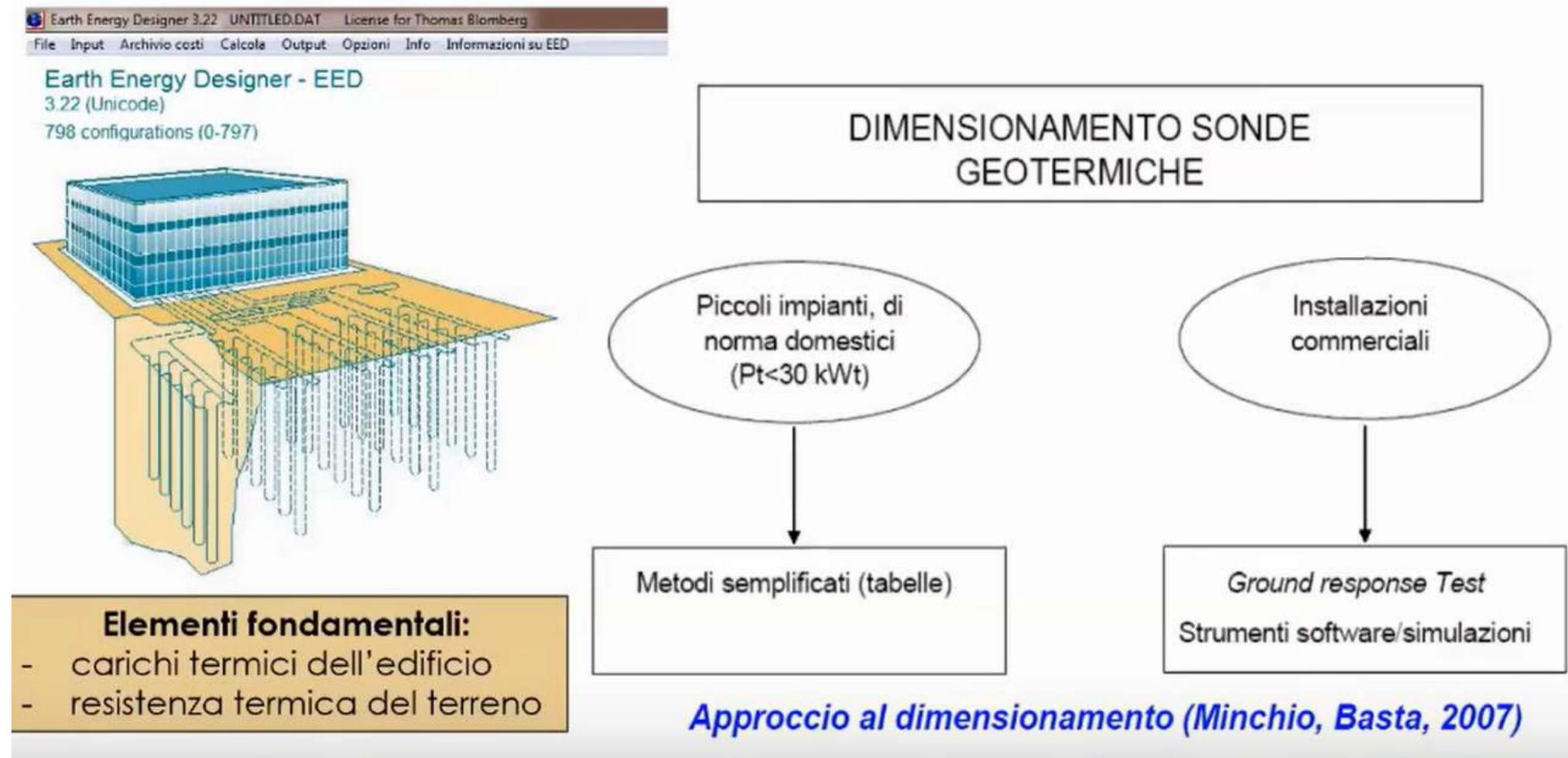
INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

Dott. Geol. Gabriele Cesari



# Geotermia - piano di indagini

## PER SCAMBIO TERMICO CON TERRENO (CLOSED LOOP)



- per piccoli impianti (fino a 20/30 kW max) dimensionamento semplificato + supervisione/DL sonde (verifiche e misure termiche)
- per impianti più grandi (> 30 kW) dimensionamento numerico (EED o altro sw di simulazione) + indagini termiche in sito (GRT)

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



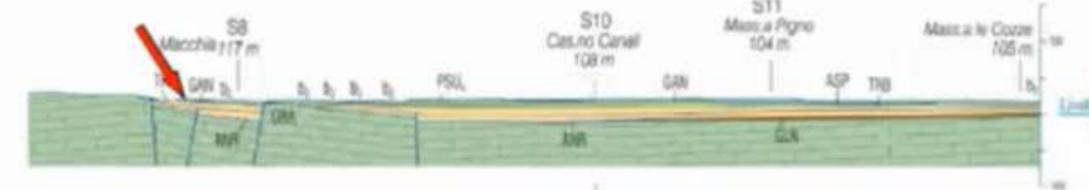
# Geotermia - piano di indagini

## PROPRIETA' TERMICHE

Valori di riferimento

Fonte: UNI 11466

Roccia	Massa volumica	Conducibilità termica	Capacità termica volumetrica
<b>Rocce sedimentarie</b>			
Arenaria	2,2-2,7	1,9-4,6	2,8
Calcere	2,4-2,7	2,0-3,9	2,7
Marna	2,3-2,6	1,8-2,9	2,3
Rocce argillose/limose	2,4-2,6	1,1-3,4	2,2
<b>Materiale non consolidato</b>			
Argilla/limo - secco	1,8-2,0	0,4-1,0	0,5
Argilla/limo - umida	2,0-2,2	1,1-3,1	1,8
Ghiaia secca	1,8-2,2	0,4-0,9	0,4
Ghiaia umida	1,9-2,3	1,6-2,5	1,8
Depositi morenici	1,8-2,3	1,1-2,9	2,4
Sabbia secca	1,8-2,2	0,3-0,9	0,4
Sabbia umida	1,9-2,3	2,0-3,0	2,4
Torba	0,5-1,1	0,2-0,7	0,4



Caratteristiche termo-fisiche dei terreni del sito in oggetto								
PROFONDITA' (m)		SPESSORE (m)	LITOTIPO	UMIDITA'	CONDUCIBILITA' TERMICA (W/m K)	DENSITA' (t/m <sup>3</sup> )	CAPACITA' TERMICA VOLUMETRICA (MJ/m <sup>3</sup> K)	CALORE SPECIFICO (J/kgK)
0,0	1,0	1,0	Lim. argillosi e limi sabbiosi alterati	secchi	0,40	1,90	1,50	790,00
1,0	10,0	9,0	Calcareniti e calcirudi	secche	0,40	2,00	0,80	400,00
10,0	44,0	34,0	Calcilitti, calcareniti e calcirudi	secche	0,40	2,50	2,10	840,00
44,0	80,0	36,0	Calcari montici stratificati	secchi	2,7	2,6	2,9	1115,0
Valor medio su 80 metri					1,44	2,48	2,31	913,63

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Geotermia - piano di indagini

## Considerazioni preliminari

- ✓ La progettazione di sistemi con GHE richiede la conoscenza di proprietà termiche del sottosuolo e delle perforazioni. E' evidente quindi la necessità di conoscere la **Temperatura**, la **Conducibilità termica efficace** del terreno e la **Resistenza termica** del pozzo;
- ✓ Per impianti di **piccola taglia** si possono derivare i valori di  $R_b$  dalle caratteristiche dello scambiatore e i valori di conducibilità termica del terreno da **tabelle** presenti in letteratura (**UNI11466 – VDI 4640**);
- ✓ Per impianti con **potenza termica superiore a 30-50kW** ed un numero significativo di scambiatori è opportuno eseguire un **GRT** (GeoThermal Response Test);
- ✓ Il test viene eseguito su una "**sonda geotermica pilota**" prima che vengano realizzati i raccordi orizzontali con una **specificata strumentazione**.

# Indagini termiche - GRT

AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

Ancona, 1 dicembre 2023

INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

Dott. Geol. Gabriele Cesari

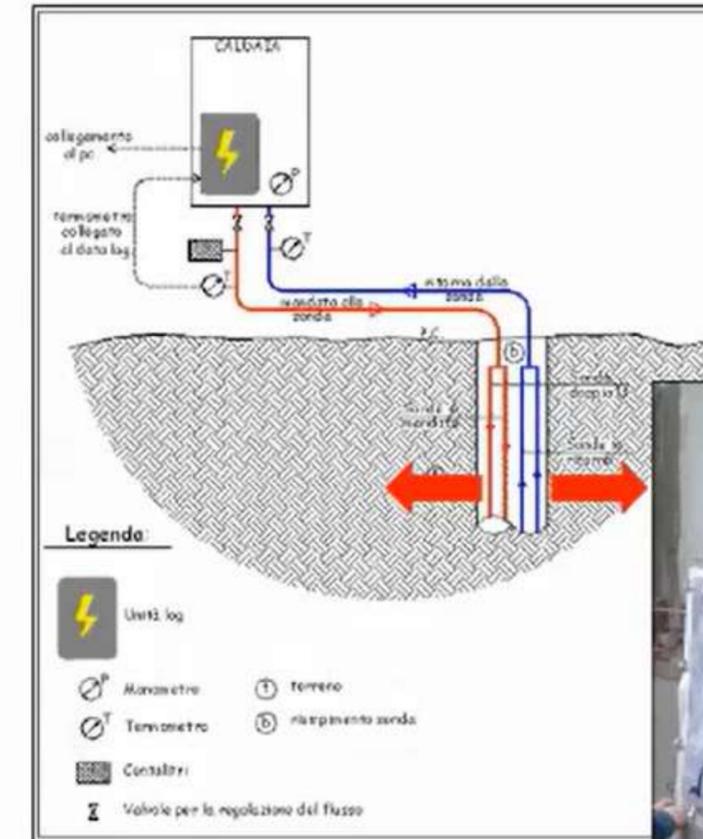


Test con immissione di calore a potenza costante. Registrazione degli effetti di disturbo termico del fluido vettore. Consente di misurare:

- ▶  $T_0$  - Temperatura indisturbata del terreno
- ▶  $R_b$  - Resistenza termica della sonda (fase transitoria)
- ▶  $\lambda$  - Conducibilità termica del terreno (fase stazionaria)

Elementi fondamentali:

- ▶ Contesto geologico (stratigrafia)
- ▶ Conoscenza della geometria della sonda (profondità e tipologia)
- ▶ Durata della prova (> 50 ore)



# AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

## CORSO APPLICATIVO DI PROGETTAZIONE GEOTERMICA

Ancona, 1 dicembre 2023

### INDAGINI TERMICHE SUI TERRENI per la progettazione degli impianti

Dott. Geol. Gabriele Cesari



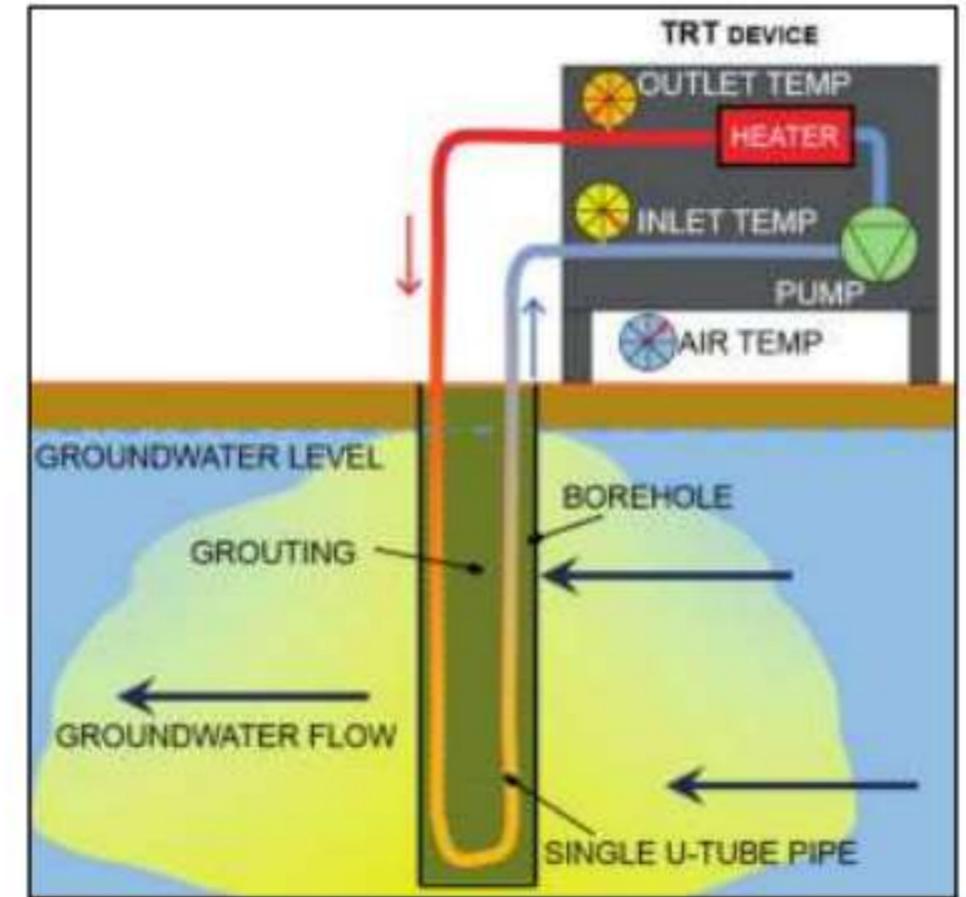
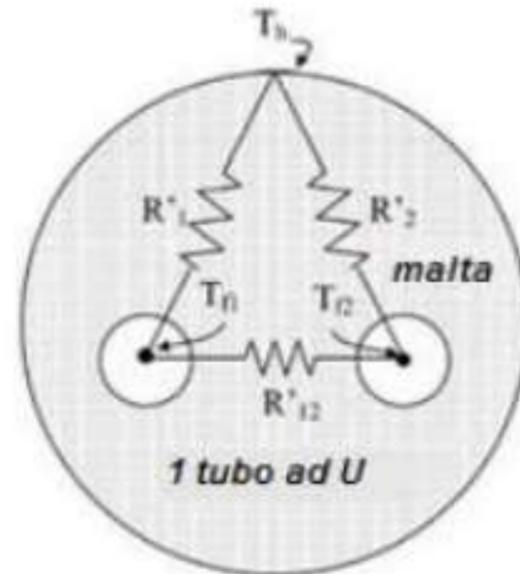
# GRT - basi teoriche

$$R_b = \frac{T_{fm} - T_{bw}}{q}$$

$T_{fm}$ : temperatura media del fluido

$T_{bw}$ : temperatura al bordo del pozzo geotermico

$q$ : potenza scambiata per unità di lunghezza



Elementi fondamentali

- ✓ durata della prova;
- ✓ Proprietà del fluido di lavoro (caratteristiche e portata);
- ✓ Geometria del GHE (profondità, tipologia Singola U/Doppia U);
- ✓ Contesto Idrogeologico.

AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

Ancona, 1 dicembre 2023

INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

Dott. Geol. Gabriele Cesari



# GRT - basi teoriche

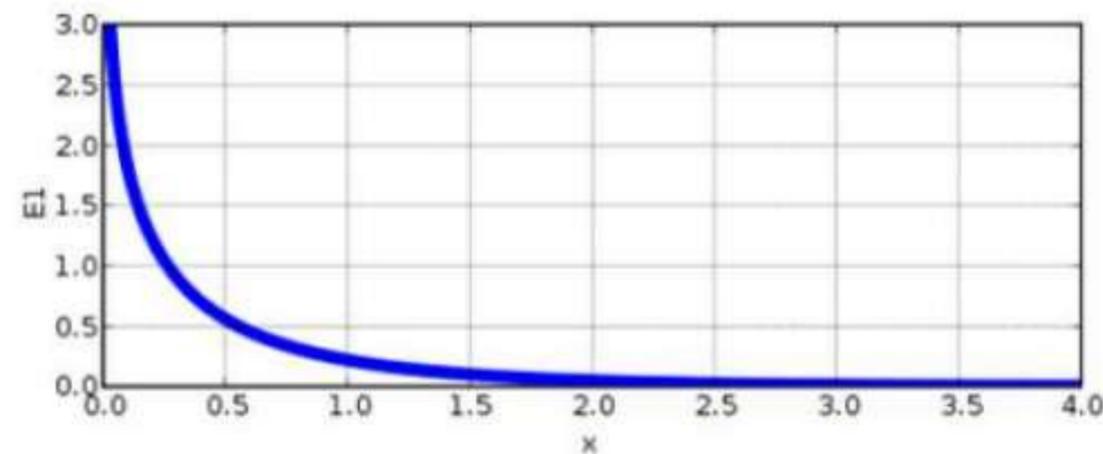
## Sorgente Lineare Infinita (ILS)

E' la procedura piu' comunemente adottata per analizzare i GRT ed è basata sulla teoria della sorgente lineare di **Kelvin** (KLS, Gelhin 2002).

In questo approccio il GHE viene assimilato ad una sorgente lineare infinita immersa in un mezzo omogeneo ed isotropo, che inietta ed estrae una potenza termica costante ( $q$ ) per unità di lunghezza, sfruttando la sola **COMPONENTE CONDUTTIVA** del calore.

$$T_{sub}(r, t) - T_0 = \frac{q}{4\pi\lambda_{eff}} E_1 \left[ \frac{r^2}{4at} \right] \approx \frac{q}{4\pi\lambda_{eff}} \left[ \ln \left( \frac{4at}{r^2} \right) - \gamma \right]$$

Integrale Esponenziale E1



Errore max. relativo < 10% quando

$$t \geq t_c \geq \frac{5r_{bw}^2}{a}$$

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - basi teoriche

## Sorgente Lineare Infinita (ILS)

La temperatura media del fluido in funzione del tempo può essere espressa come segue:

$$T_{fm} - T_{bw} = q \cdot R_b$$

$$T_{fm}(t) = T_{bw}(t) + qR_b = \frac{q}{4\pi\lambda_{eff}} E_1 \left[ \frac{r_{bw}^2}{4at} \right] + T_0 + qR_b$$

$$\approx \frac{q}{4\pi\lambda_{eff}} \ln(t) + q \left[ R_b + \frac{1}{4\pi\lambda_{eff}} \left( \ln \left( \frac{4a}{r_{bw}^2} \right) - \gamma \right) \right] + T_0$$

Per la determinazione di  $\lambda_{eff}$  e  $R_b$  si utilizza una **regressione lineare basata sull'approssimazione logaritmica** (Gelhin, 2002) come suggerito dalla norma di riferimento Italiana **UNI 11466**.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

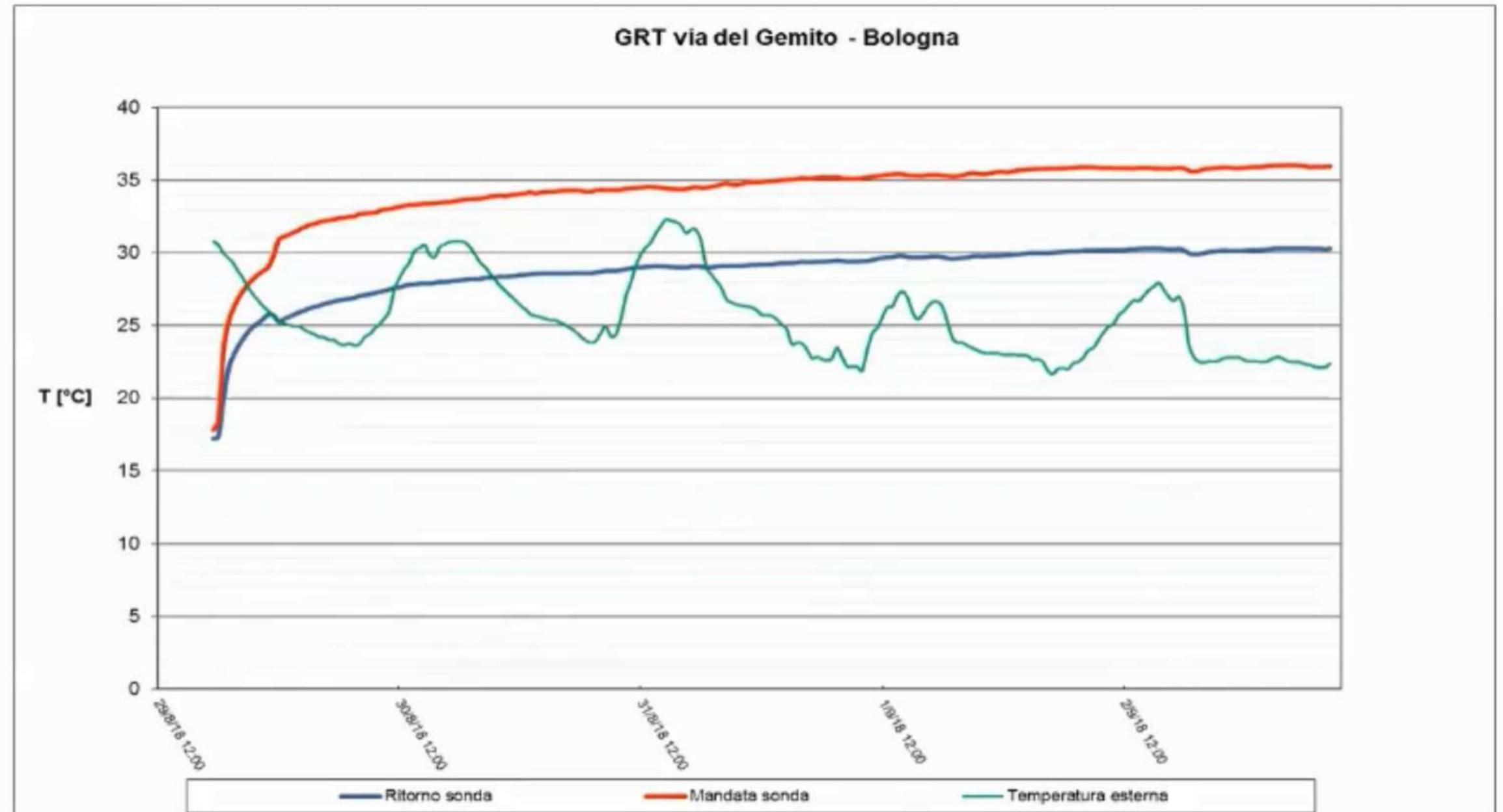
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - basi teoriche



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - basi teoriche

## Sorgente Lineare Infinita (ILS)

Il procedimento per determinare la **conducibilità termica efficace** e la **resistenza termica equivalente** del GHE è il seguente:

1. Calcolo della potenza termica per unità di lunghezza fornita dal fluido

$$q = \dot{m}c_p \cdot (T_{in} - T_{out})/L$$

2. Calcolo della temperatura media del fluido in funzione del tempo

$$T_{fm} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}$$

3. Interpolazione lineare delle serie temporali della temperatura media del fluido

$$T_{fm} = A \ln(t) + B$$

$$A = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \lambda_{eff}} \quad B = q \left[ R_b + \frac{1}{4\pi\lambda_{eff}} \left( \ln\left(\frac{4a}{r^2}\right) - \gamma \right) \right] + T_0$$

4. Calcolo della conducibilità termica mediante la formula

$$\lambda_{eff} = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot A}$$

5. Calcolo della diffusività termica equivalente del terreno

$$a = \frac{\lambda_{eff}}{C}$$

6. Calcolo della resistenza termica specifica della sonda geotermica

$$R_b = \frac{B - T_0}{q} - \frac{1}{4\pi\lambda_{eff}} \left[ \ln\left(\frac{4a}{r^2}\right) - \gamma \right]$$

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

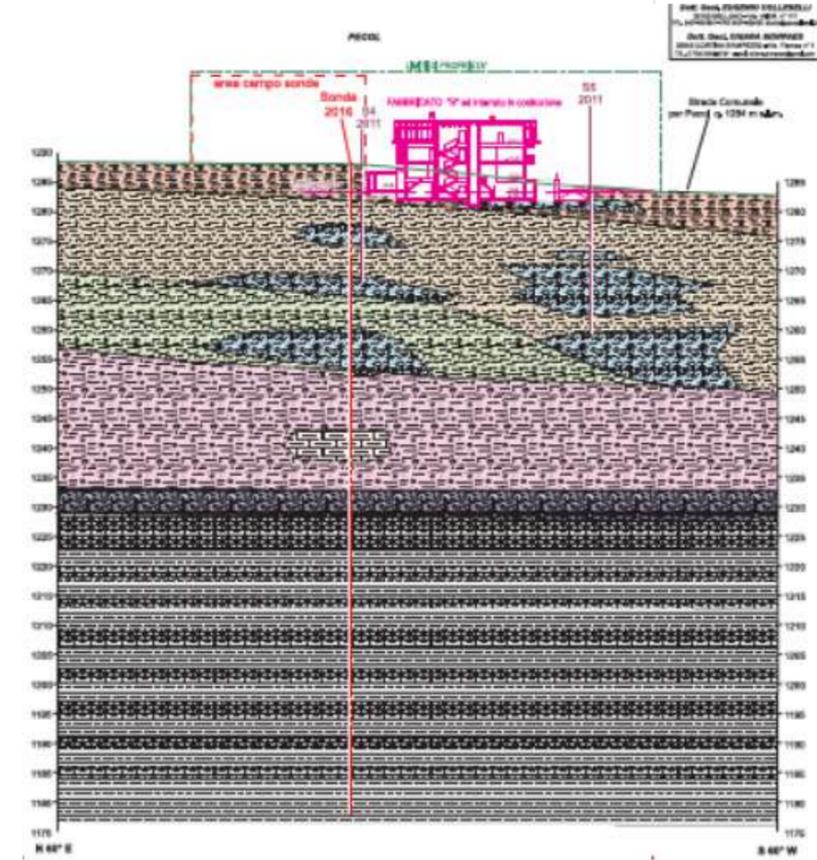
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - Cortina d'Ampezzo (BL)



5,00 m	Argilla limosa grigia con ghiaia	depositi coesivi poco consistenti
10,00 m	Argilla limosa grigia con ghiaia ed abbondanti resti vegetali e tronchi	depositi coesivi da poco a mediamente consistenti con abbondanti tronchi e con lenti e orizzonti di depositi granulari
14,00 m	Ghiaia e ciottoli con matrice nocciola	
19,00 m	Argilla limosa grigia con ghiaia e ciottoli ed abbondanti resti vegetali e tronchi	
24,00 m	Ghiaia, ciottoli e trovanti in abbondante matrice limosa argillosa	
28,00 m	Argilla limosa grigia scura con ghiaia, ciottoli e trovanti	depositi coesivi mediamente consistenti con lenti di depositi granulari
35,00 m	Ghiaia, ciottoli e trovanti in abbondante matrice limosa argillosa grigio nocciola	
36,00 m	Trovante calcareo mamoso rossastro	
45,00 m	Argilla limosa grigia con trovanti dolomitici e calcarei grigio	depositi coesivi da molto consistenti a compatti con abbondanti tronchi e lenti di depositi granulari e trovanti
50,00 m	Trovante calcareo mamoso nocciola	
55,00 m	Argilla limosa grigio scura con ghiaia ciottoli e trovanti di calcareniti nocciola e dolomia e tronchi	
60,00 m	Ghiaia e ciottoli di diversa natura in matrice limosa nocciola chiaro	Depositi glaciali???
60,00 m 110,00 m	Alternanze fino a plurimetrichi di argilliti scure, siltiti e marne nere	Substrato roccioso

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - Cortina d'Ampezzo (BL)

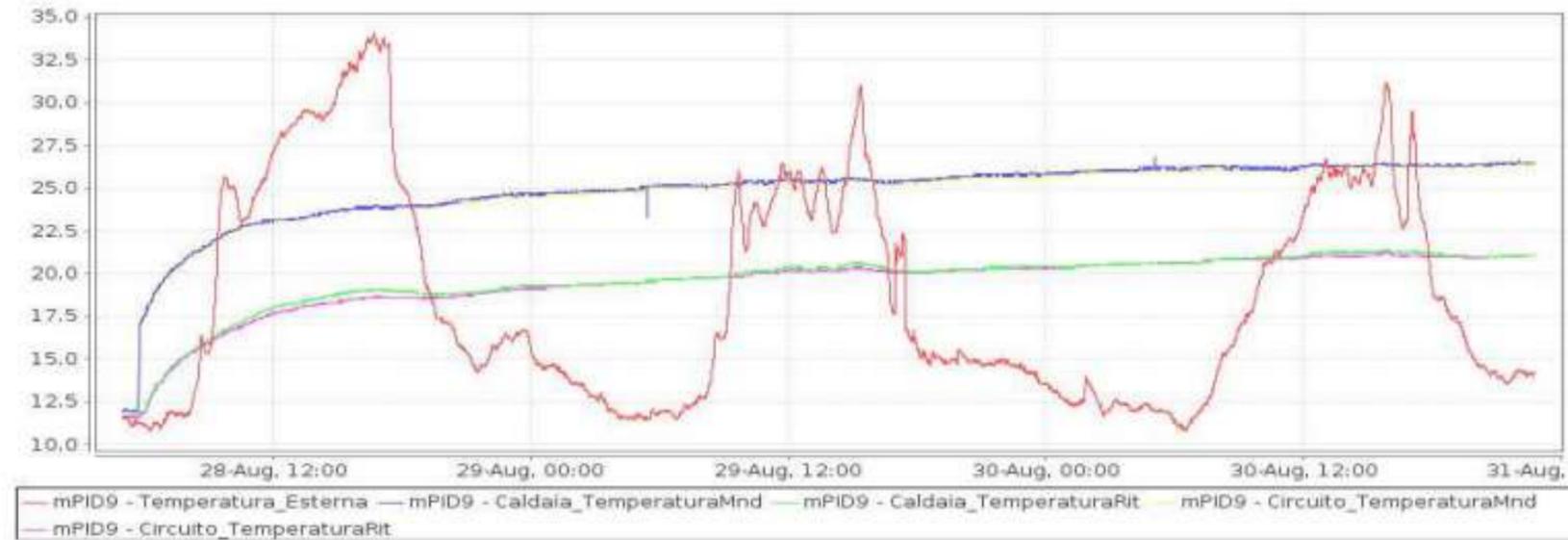


Grafico 1: Misure registrate dal datalogger durante il funzionamento in continuo del test

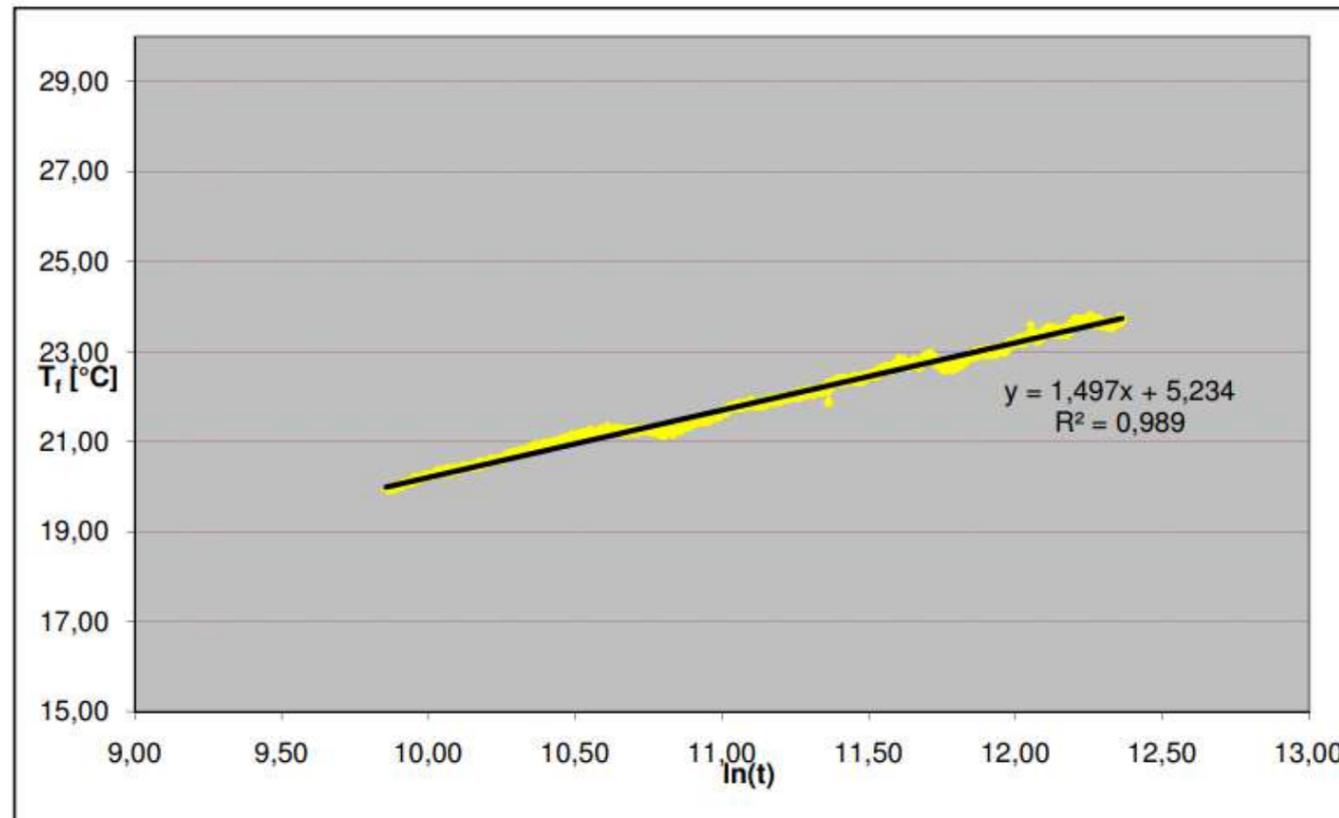
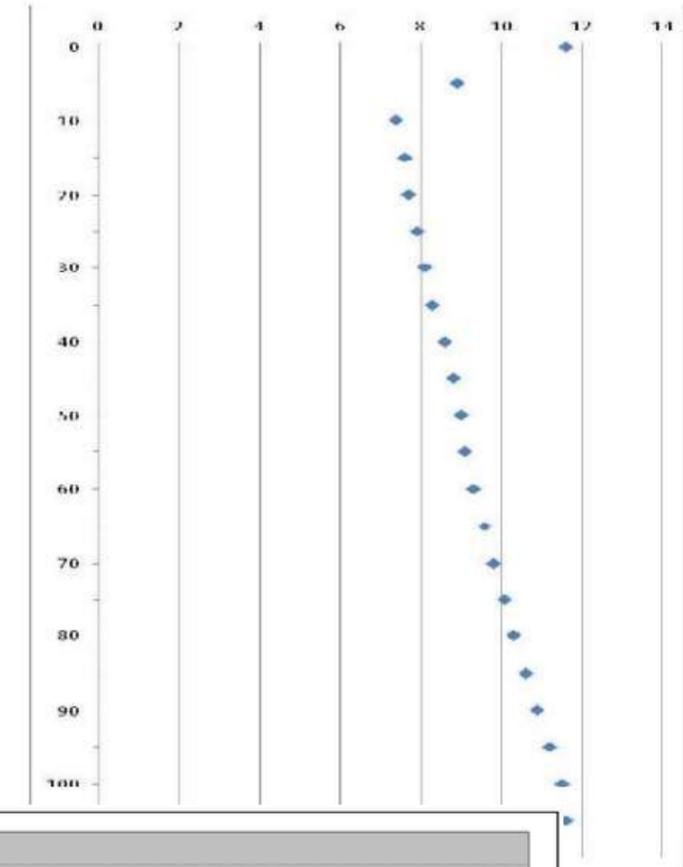
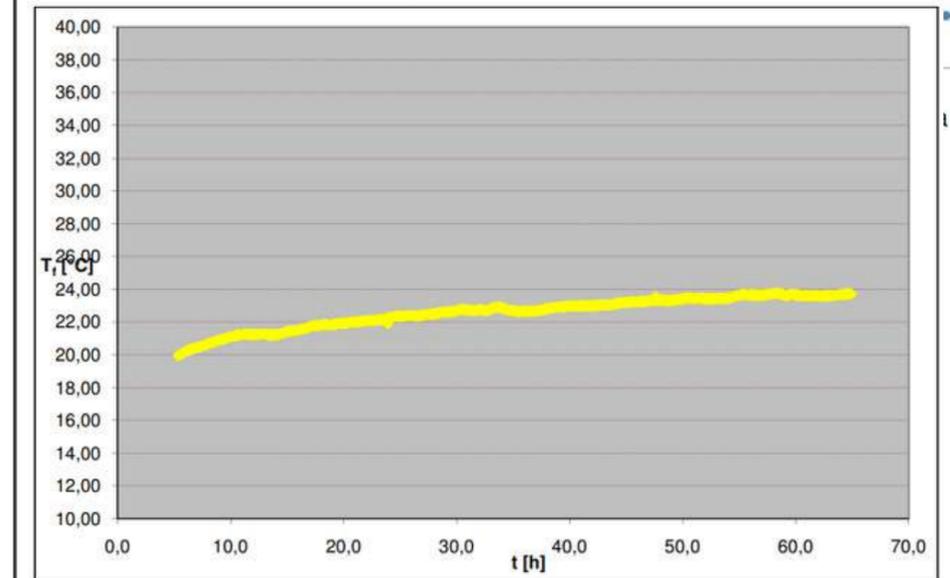


Grafico 3: andamento della temperatura media del fluido in funzione del logaritmo del tempo



AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

Ancona, 1 dicembre 2023

INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

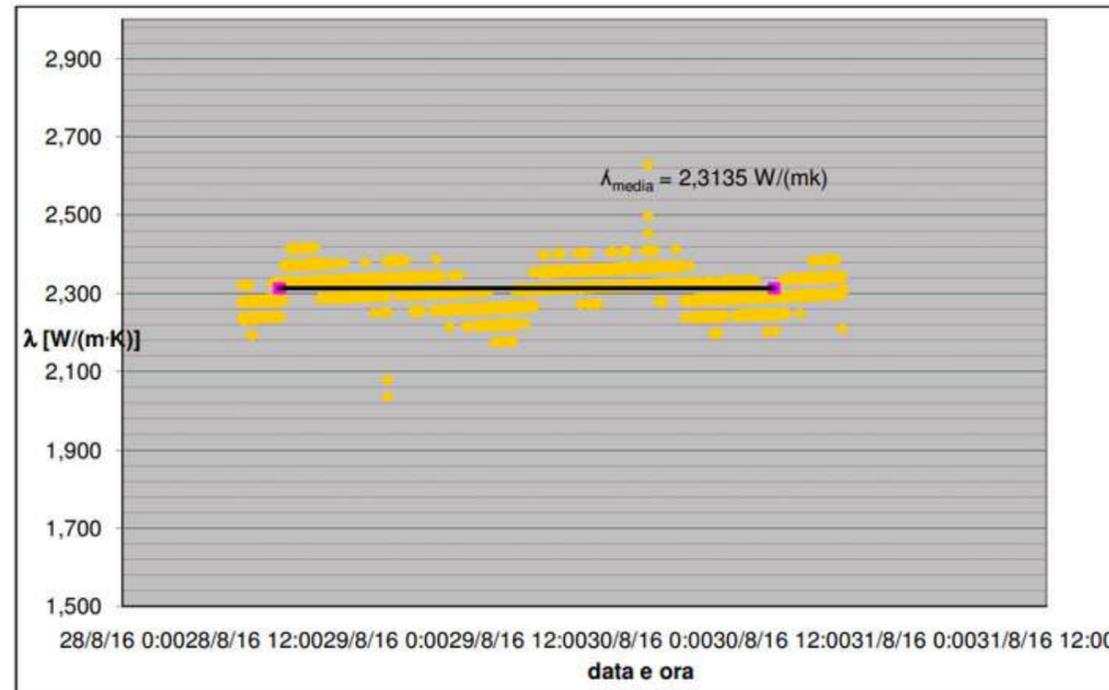
Dott. Geol. Gabriele Cesari



# GRT - Cortina d'Ampezzo (BL)

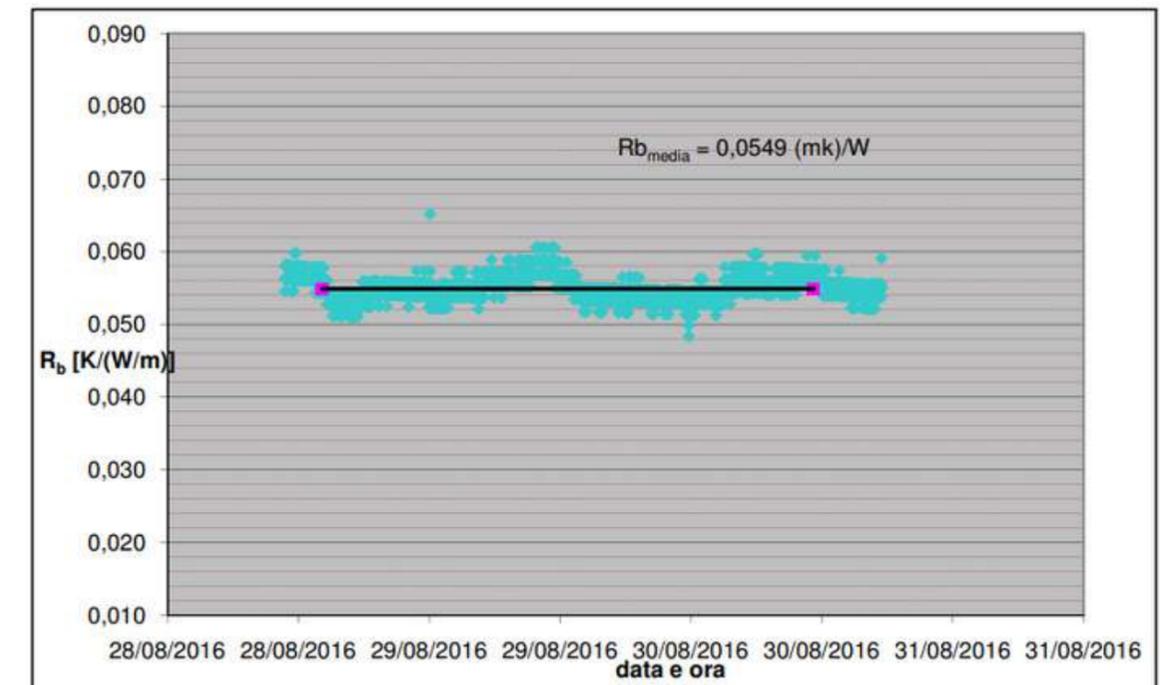
Conducibilità termica del terreno		
$\lambda_{\min}$ [W/(m·K)]	$\lambda_{\text{medio}}$ [W/(m·K)]	$\lambda_{\max}$ [W/(m·K)]
2,04	2,31	2,63

Tabella 3



Resistenza termica del foro		
$R_{b\min}$ [K/(W/m)]	$R_{b\text{medio}}$ [K/(W/m)]	$R_{b\max}$ [K/(W/m)]
0,05	0,055	0,07

Tabella 4



Sulla base delle rilevazioni del Test di Risposta Termica e delle procedure di calcolo sopra descritte, si hanno i seguenti risultati:

temperatura del terreno indisturbato:

$$T = 11,1^{\circ}\text{C};$$

conducibilità termica effettiva del terreno nell'intorno della sonda geotermica:

$$\lambda = 2,31\text{W}/(\text{mK});$$

resistenza termica del foro in esame:

$$R_b = 0,055(\text{mK})/\text{W};$$

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

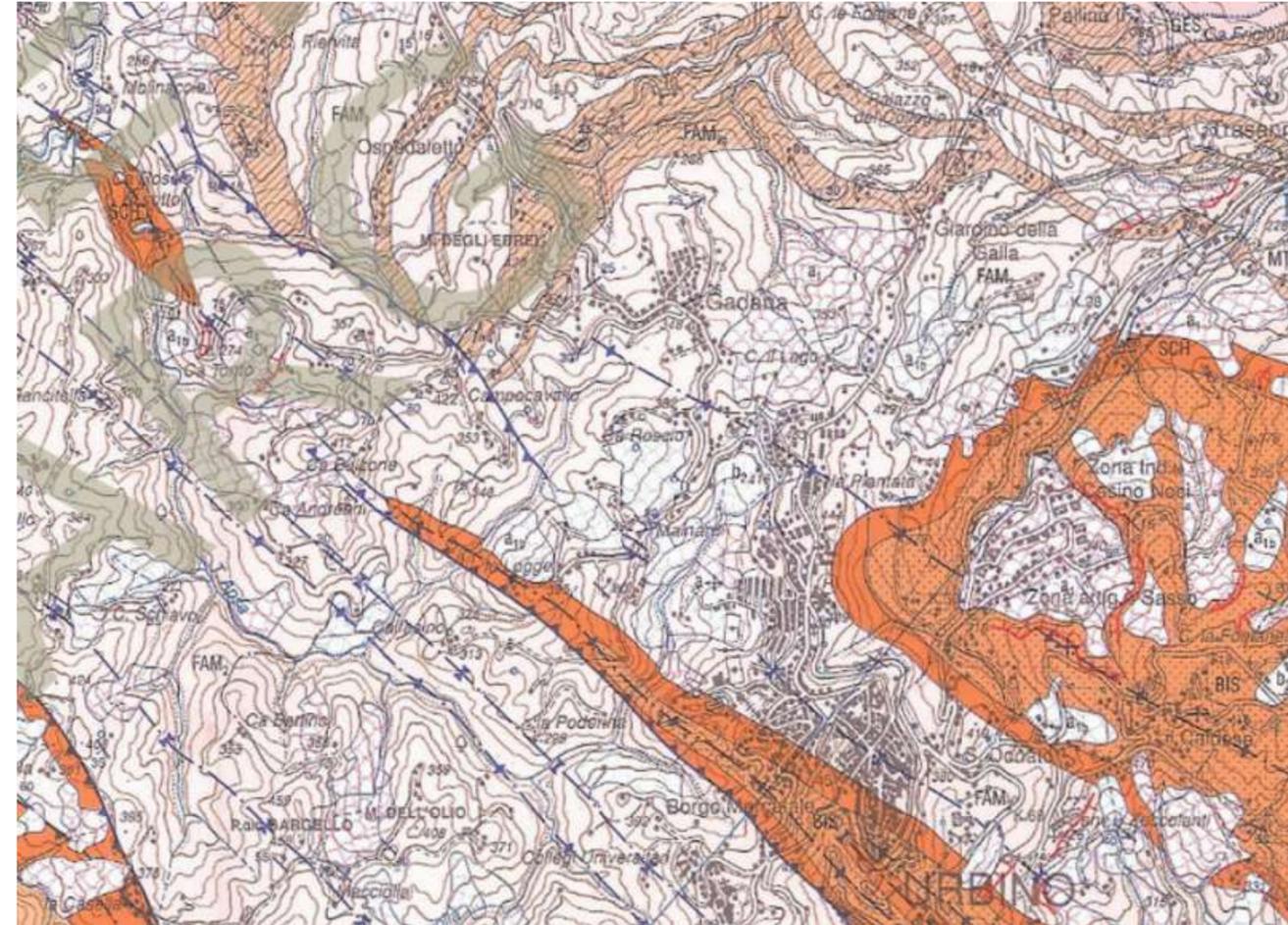
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - Cà Staccolo Urbino (PU)



**VIA CA' STOCOLO, COMUNE DI URBINO - STIMA RESA TERMICA - PROFONDITA'**

PROFONDITA' (m)		SPESSORE (m)	LITOTIPO	UMIDITA'	CONDUCIBILITA' TERMICA (W/m K)
inizio	fine	(m)			
0,0	8,0	8,0	Ripido	insaturo	0,40
8,0	28,0	20,0	Marna prevalenti	insaturo	2,00
28,0	38,0	10,0	Arenarie con intercalazioni marneuse	insaturo	2,10
38,0	46,0	8,0	Marna prevalenti	insaturo	2,00
46,0	66,0	20,0	Arenarie prevalenti	insaturo	2,10
66,0	82,0	16,0	Arenarie prevalenti	umide	2,3
82,0	90,0	8,0	Arenarie prevalenti	insaturo	2,1
90,0	106,0	16,0	Marna prevalenti	insaturo	2,0
106,0	110,0	4,0	Arenarie prevalenti	insaturo	2,1
110,0	118,0	8,0	Arenarie prevalenti	umide	2,3
118,0	126,0	8,0	Marna prevalenti	umide	2,1
126,0	134,0	8,0	Marna prevalenti	insaturo	2,0
134,0	150,0	16,0	Marna prevalenti	umide	2,1
150,0	154,0	4,0	Marna prevalenti	insaturo	2,0
154,0	158,0	4,0	Arenarie prevalenti	insaturo	2,1
158,0	164,0	6,0	Marna prevalenti	insaturo	2,0
164,0	200,0	36,0	Arenarie prevalenti	insaturo	2,1

**Conducibilità media  $\lambda$  (W/mK)** **2,03**

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - Cà Staccolo Urbino (PU)

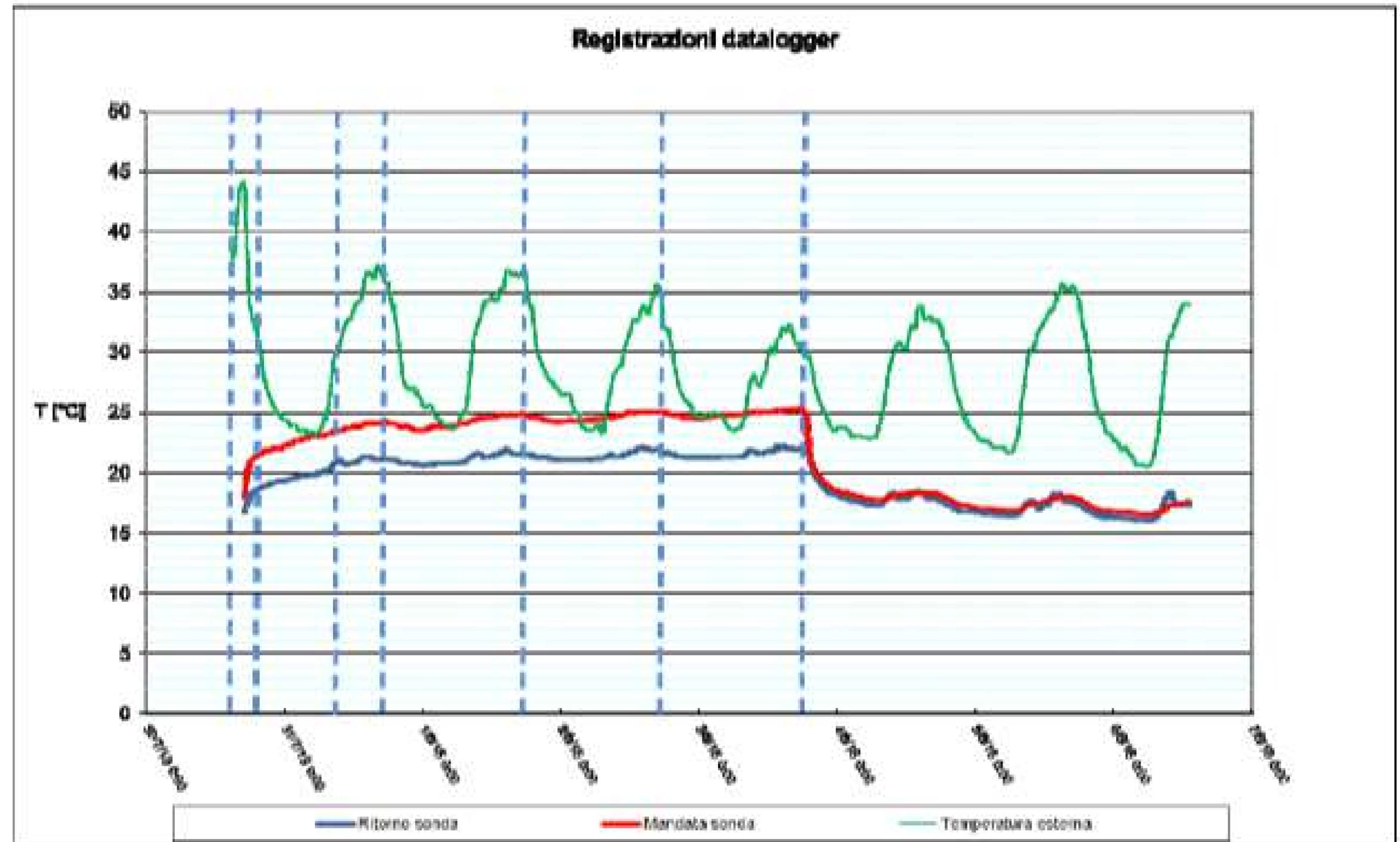


Grafico 1: Misure registrate dal datalogger durante il funzionamento in continuo del test

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# GRT - Cà Staccolo Urbino (PU)

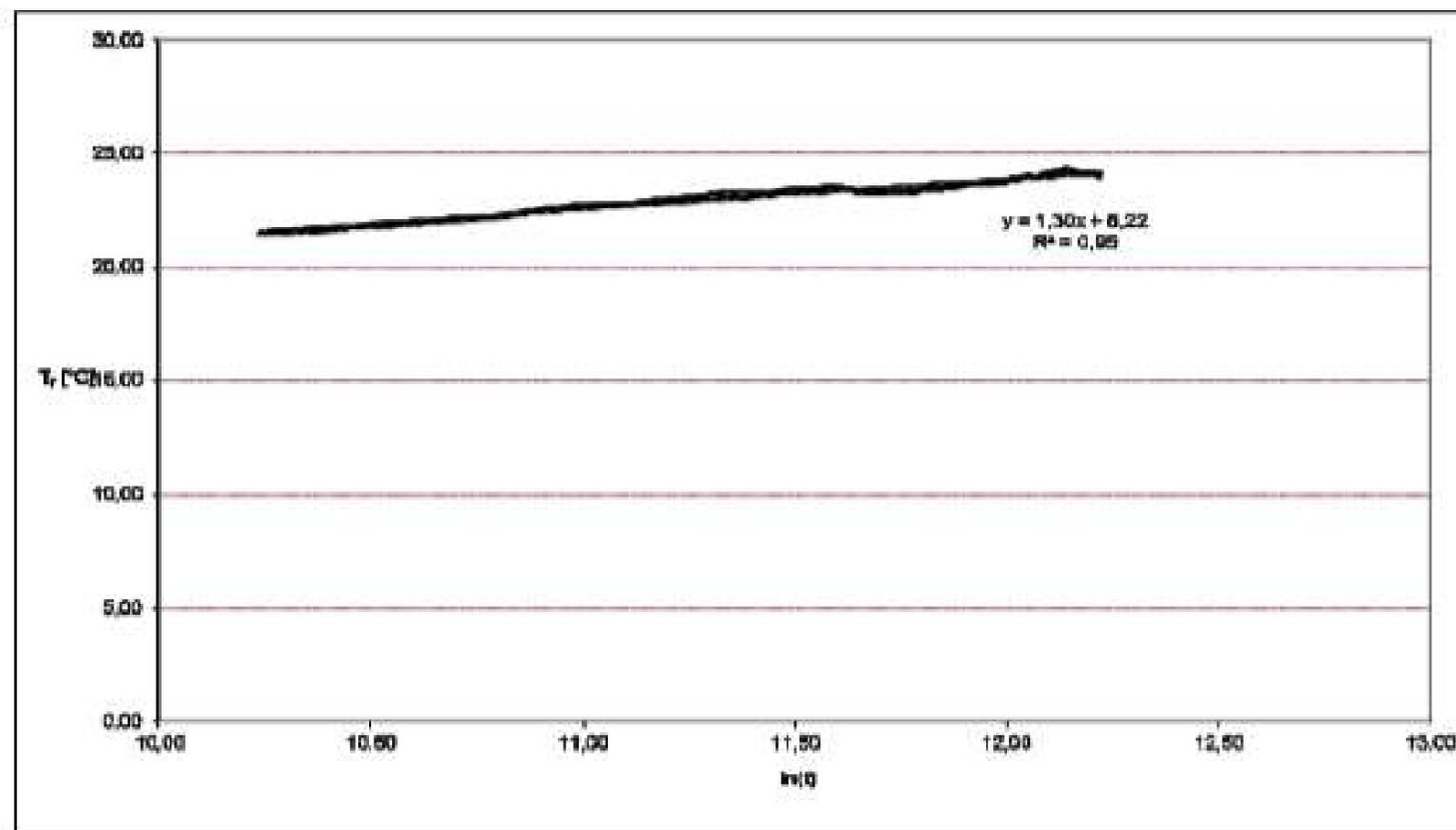


Grafico 6: andamento della temperatura media del fluido in funzione del logaritmo del tempo

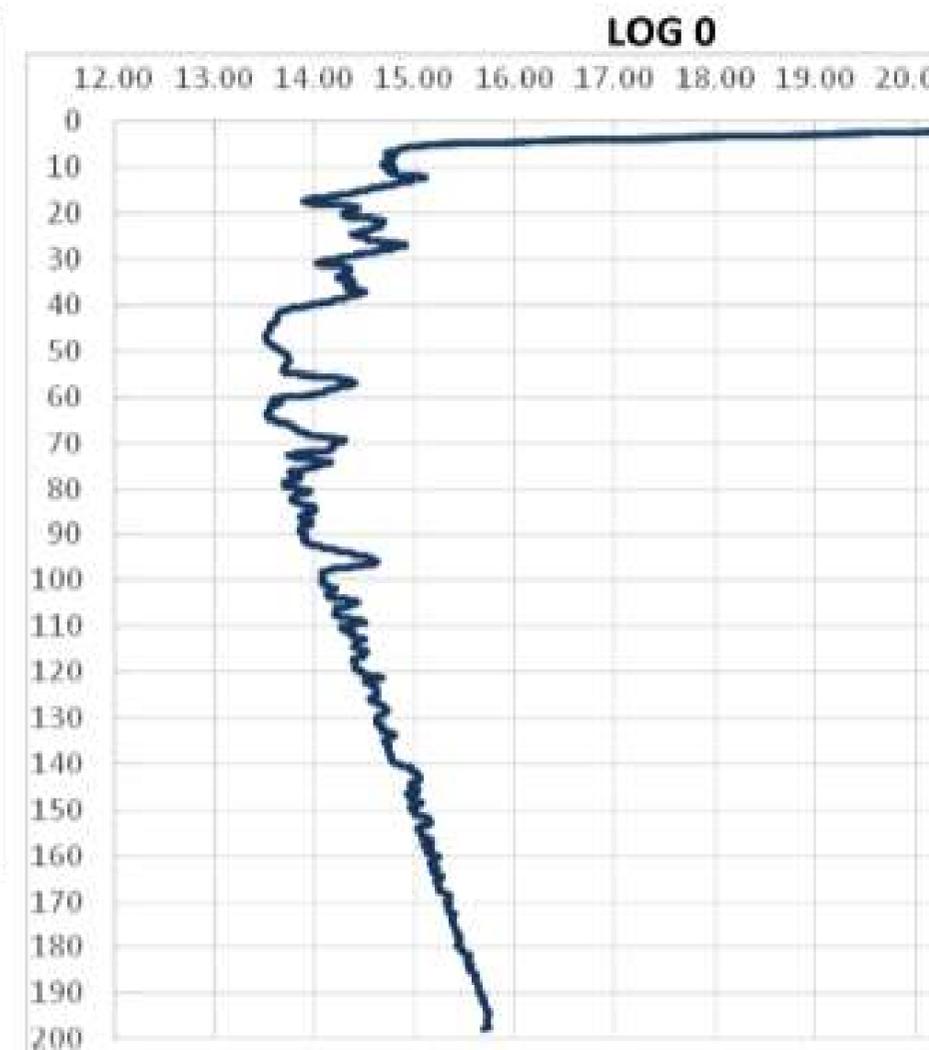


Grafico 3: Temperatura registrata dal GeoSniff

Sulla base delle rilevazioni del Test di Risposta Termica e delle procedure di calcolo sopra descritte, si determinano i seguenti risultati:

- temperatura del terreno indisturbato (misurato da GeoSniff):  $T_0 = 15,0 \text{ °C}$ ;
- conducibilità termica media del terreno attorno alla sonda  $\lambda$  compreso tra **1,8 e 1,9 W/(m.K)**;
- resistenza termica del foro in esame  $R_b = 0,09\text{-}0,11 \text{ K/(W/m)}$ ;

AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

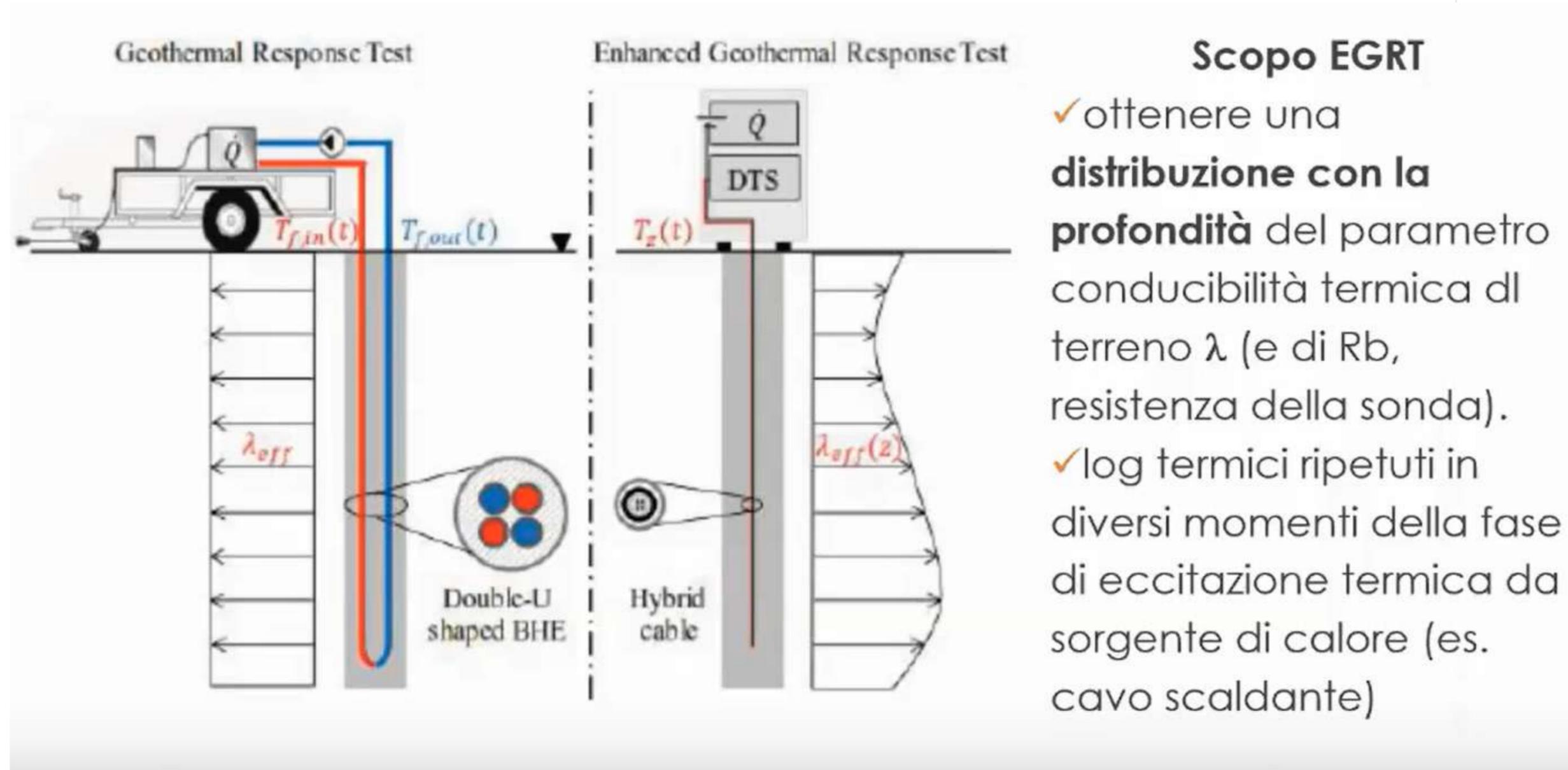
Ancona, 1 dicembre 2023

INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

Dott. Geol. Gabriele Cesari



# Indagini termiche - EGRT



L'immissione di calore è ottenuto tramite **cavo scaldante** in sonda che simula meglio la "sorgente lineare infinita". Si ottengono **informazioni molto più dettagliate** per la progettazione

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

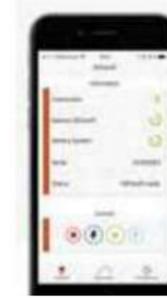
**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Geosniff

**EGRT – Enhanced Geothermal Response Test**  
*Tecnologia GEOsniff®*



1.7 kg/dm<sup>3</sup>  
1 Hz campionamento  
V = 0.2 m/s

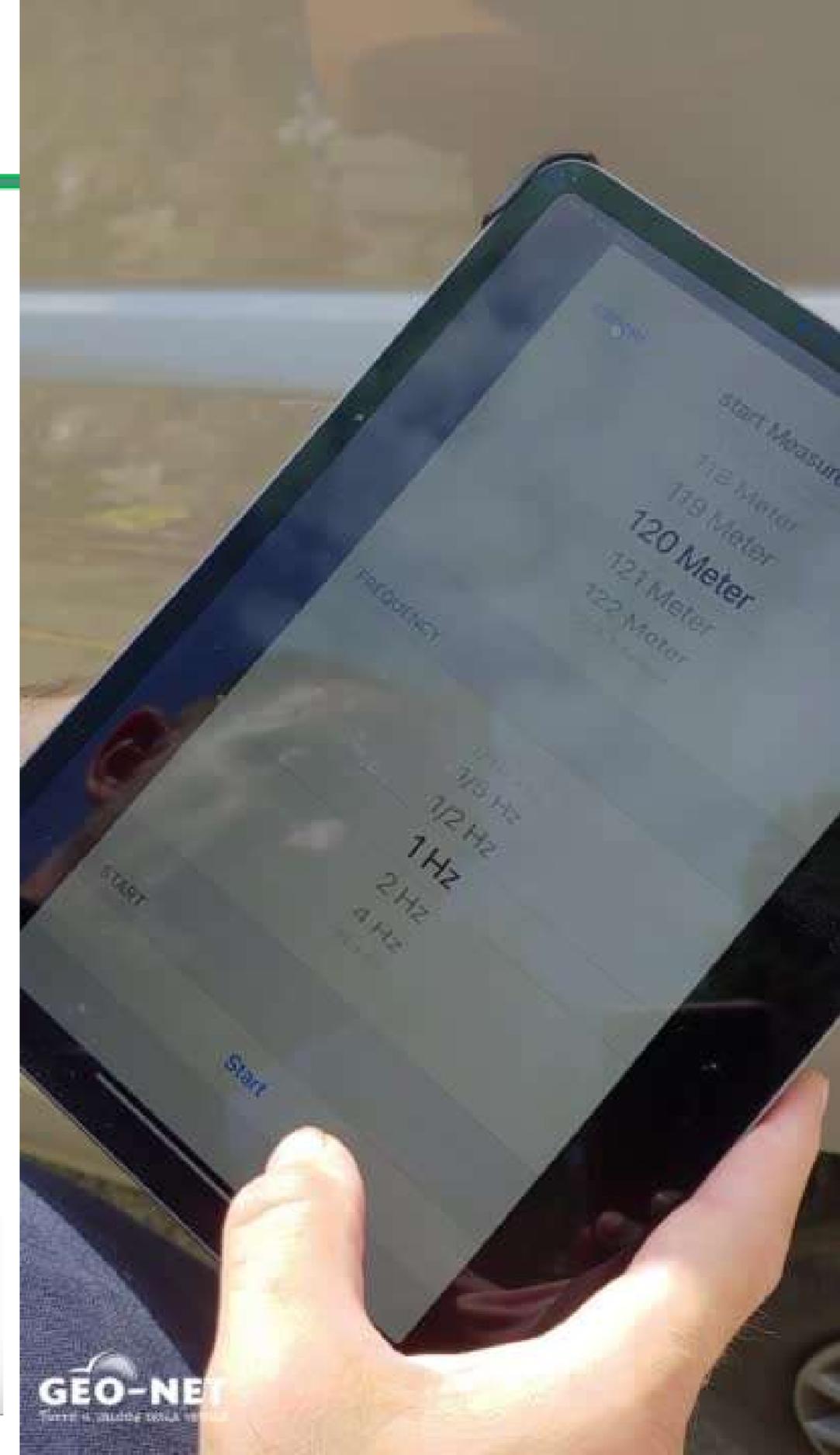


**Sensore temperatura** in un range tra -10°C e 30°C (risoluzione < 0.01K)

- ✓ Bassa densità 1,7 kg/dm<sup>3</sup>
- ✓ Velocità in H<sub>2</sub>O ca. 15 cm/s)
- ✓ Sensore temperatura e di pressione con risoluzione di 0,01 K e 1,0 mbar

**Sensore di pressione** fino a 30 bar con risoluzione 20 mbar a 100m di prof.

- ✓ Varie frequenze di campionamento (st. 1 HZ)
- ✓ Risalita mediante pompa nel ramo opposto



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Indagini termiche - EGRT

La prima misura che si ottiene attraverso un sensore wireless GEOsniff è il **profilo termico indisturbato del terreno**, fondamentale per conoscere il punto di partenza dello scambio termico tra fluido in sonda e terreno stesso

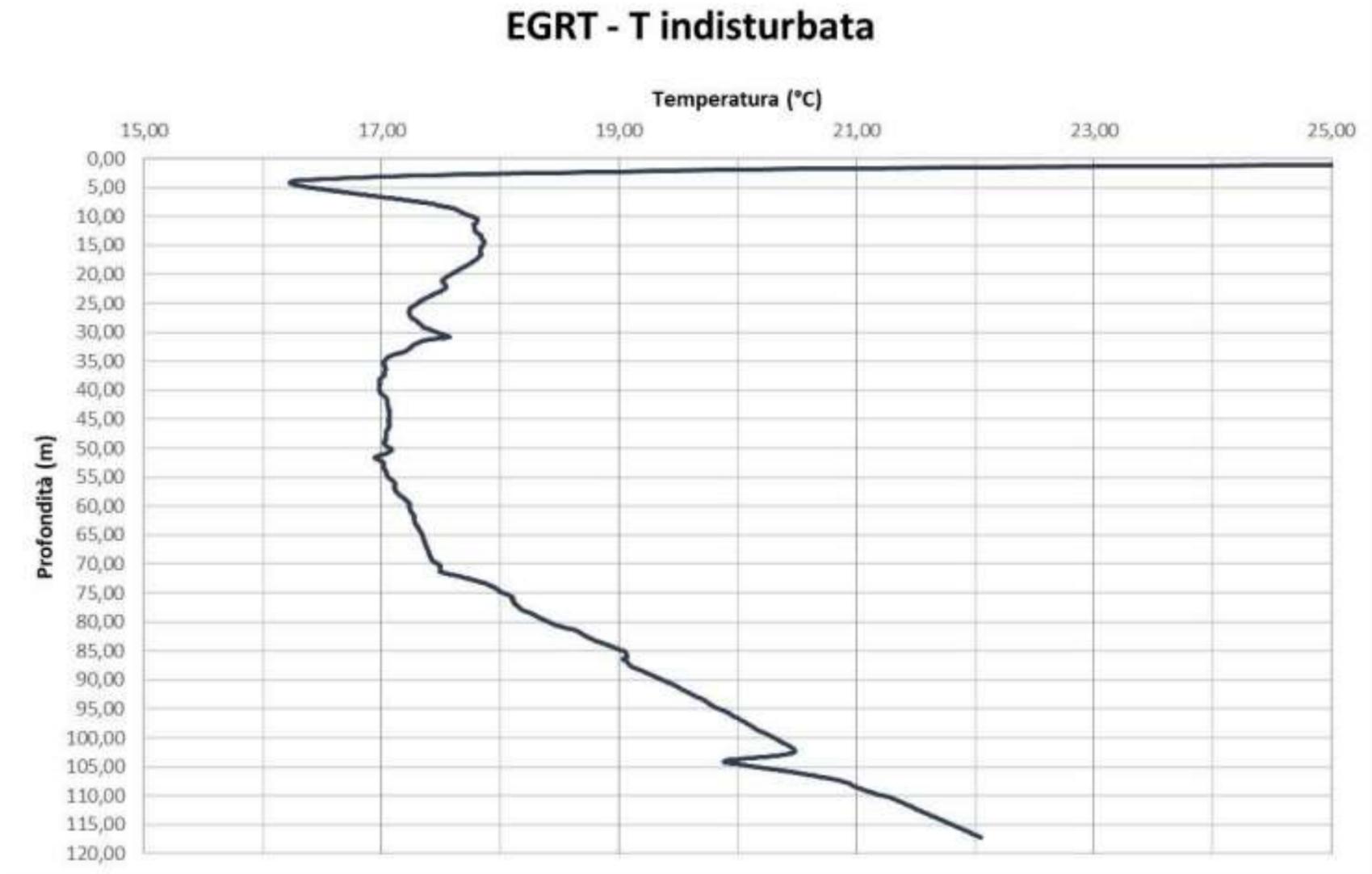


Figura 8. Andamento della temperatura indisturbata del terreno tramite sonda geotermica.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Indagini termiche - EGRT

Dopo l'avvio della fase di disturbo termico, tramite cavo scaldante, il sensore GEOsniff registra il **profilo termico del terreno** ad intervalli prestabiliti, evidenziando la risposta del terreno alla sollecitazione termica, tanto più sensibile quanto minore è la **conducibilità termica**

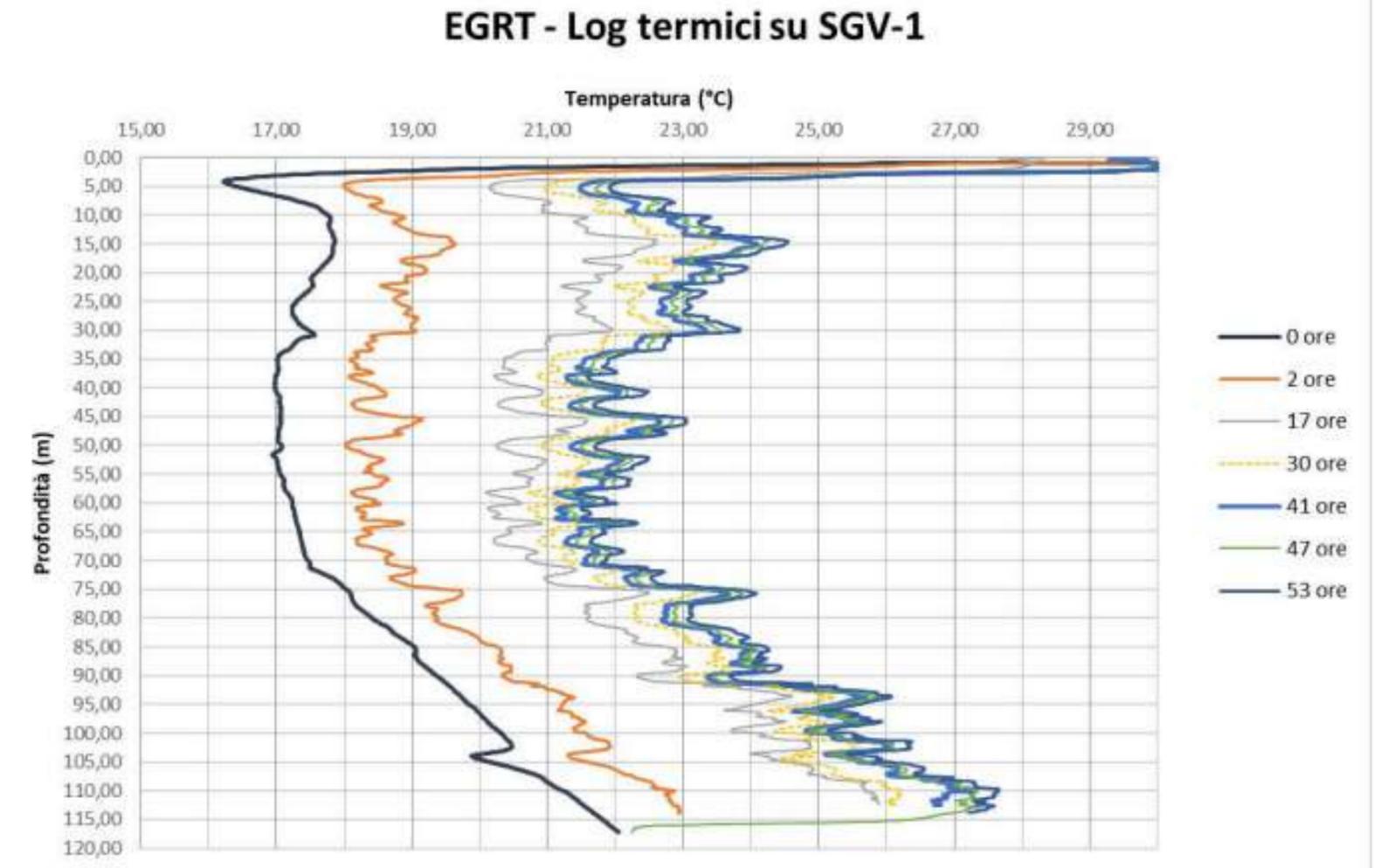


Figura 11. Log termici acquisiti durante esecuzione di EGRT.

Tramite analisi dei **profili termico del terreno** si ottiene il profilo di **conducibilità termica del terreno e di resistenza**, per tutto lo spessore di terreno indagato

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Indagini termiche - EGRT

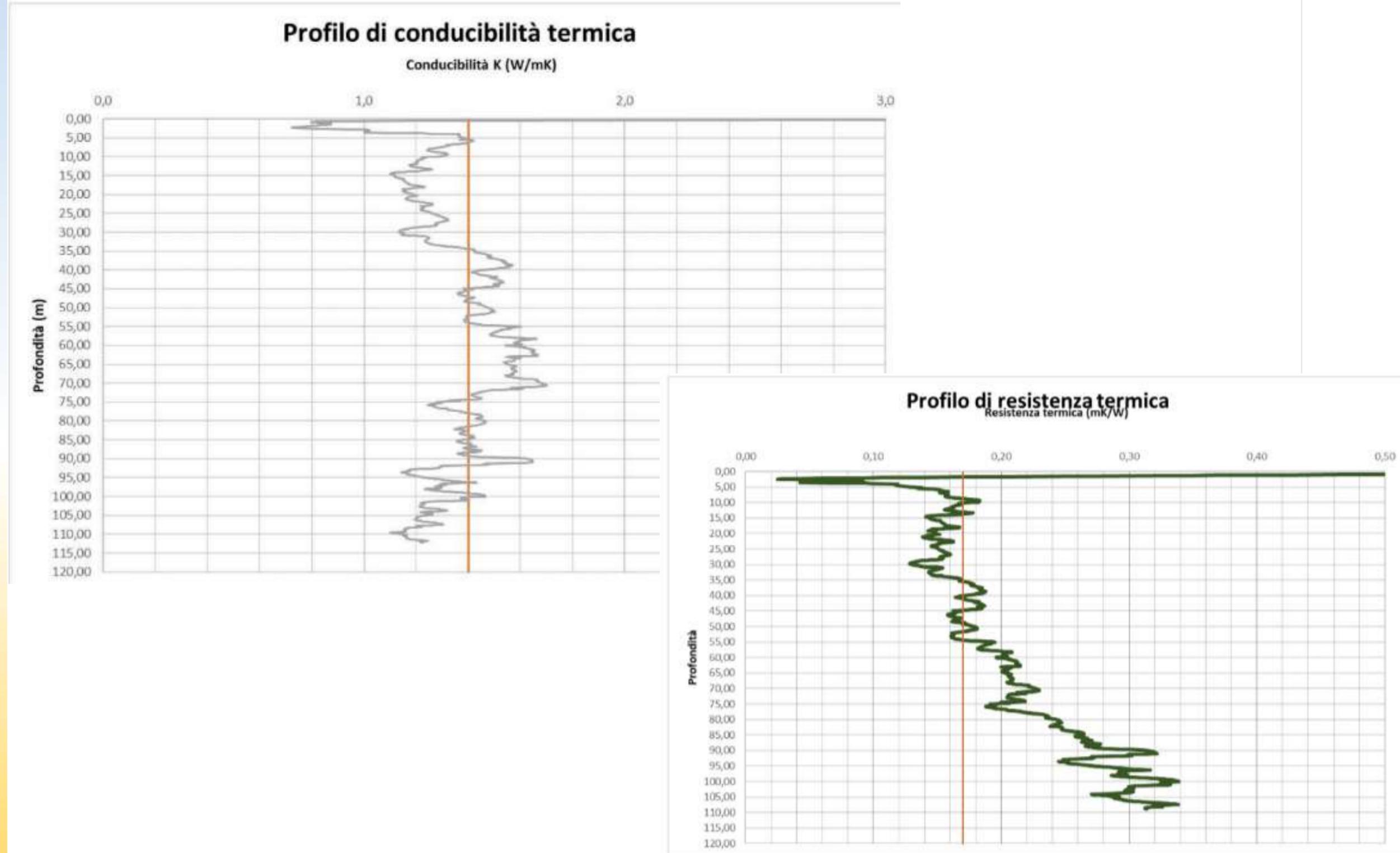


Figura 15. Profilo di resistenza termica.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Formello (Rm)

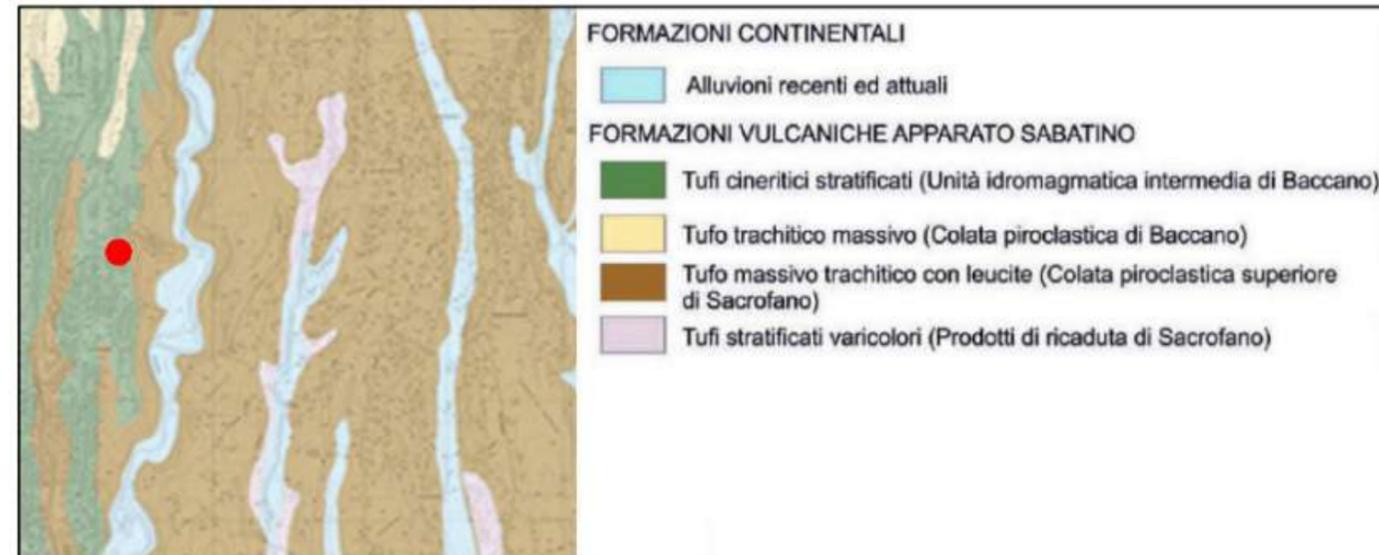
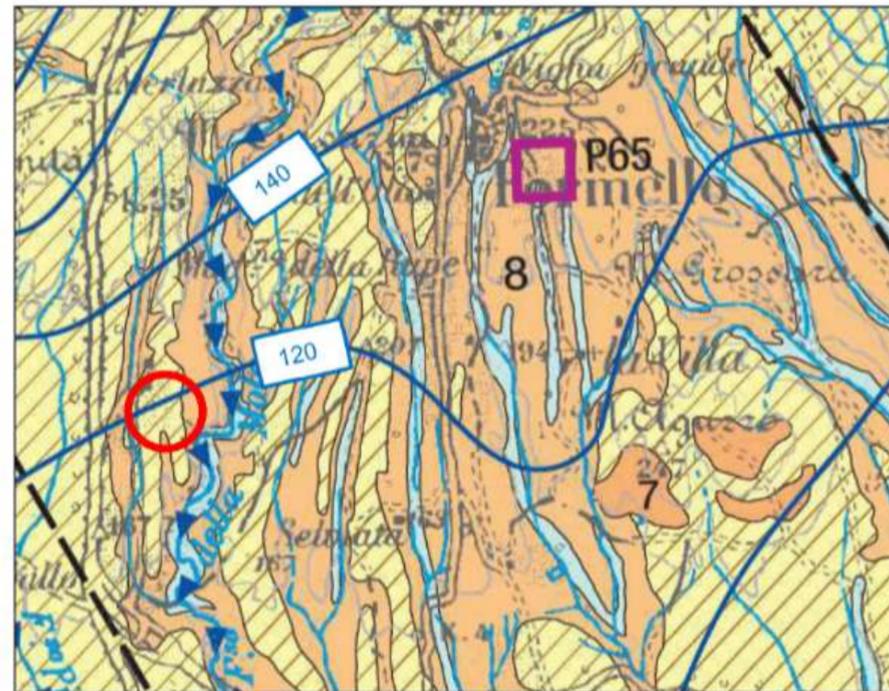


Figura 1. Carta geologica del PGR comune di Formello.



- 8** COMPLESSO DELLE POZZOLANE - *potenzialità acquifera media*  
Depositi da colata piroclastica, genericamente massivi e caotici, prevalentemente litici. Nel complesso sono comprese le ignimbrite e tufi (PLEISTOCENE). Spessore da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo complesso è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base dei grandi acquiferi vulcanici regionali.
- 9** COMPLESSO DEI TUFI STRATIFICATI E DELLE FACIES FREATOMAGMATICHE - *potenzialità acquifera bassa*  
Tufi stratificati, tufi terrosi, breccie piroclastiche, pomice, lapilli e blocchi lavici in matrice cineritica (PLEISTOCENE). I termini del complesso si presentano interdigerati tra gli altri complessi vulcanici per cui risulta difficile definirne lo spessore totale. Il complesso ha una rilevanza idrogeologica limitata anche se localmente può condizionare la circolazione idrica sotterranea, assumendo localmente il ruolo di limite di flusso e sostenendo esigue falde superficiali.



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

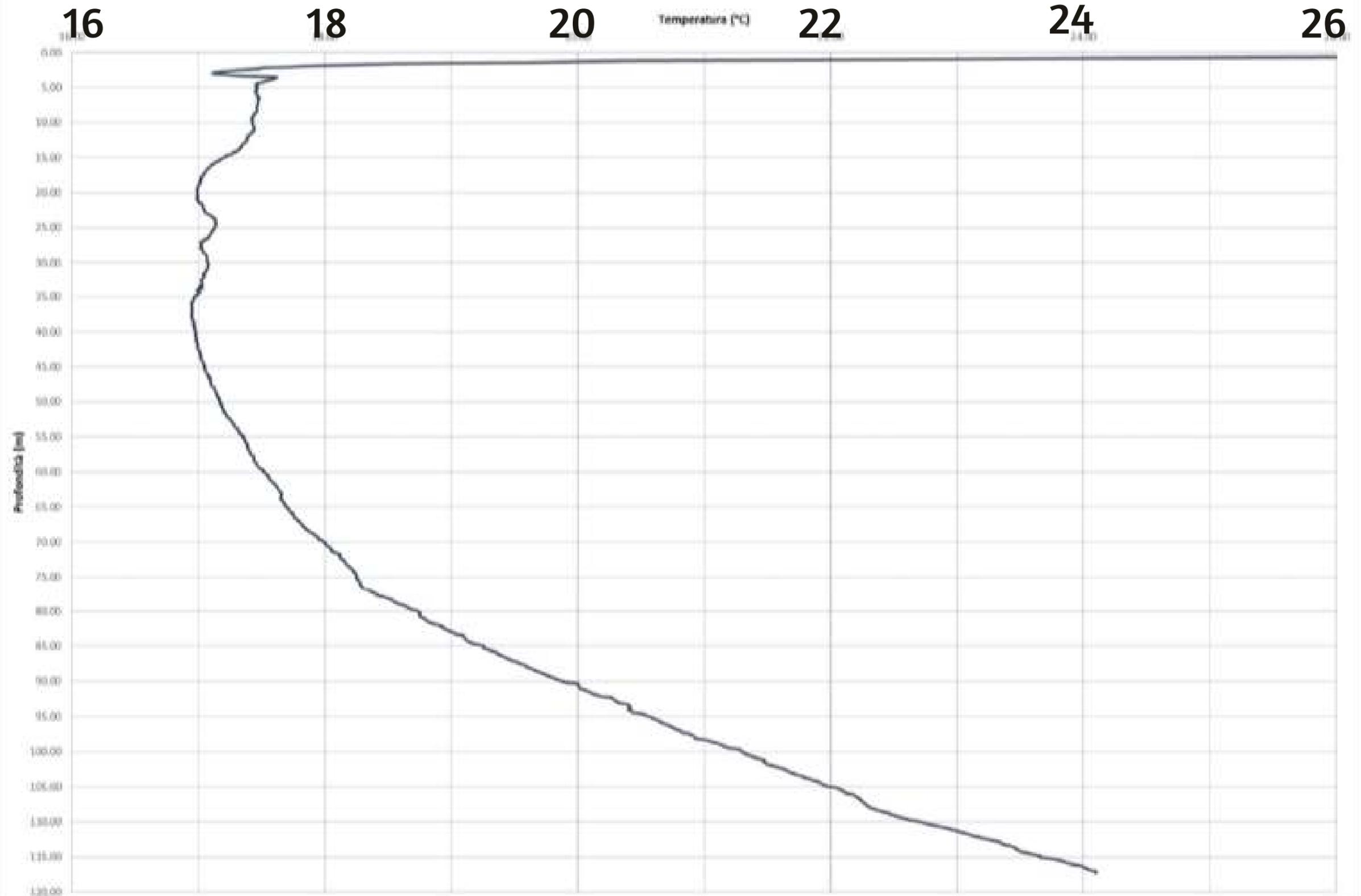
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Formello (Rm)



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

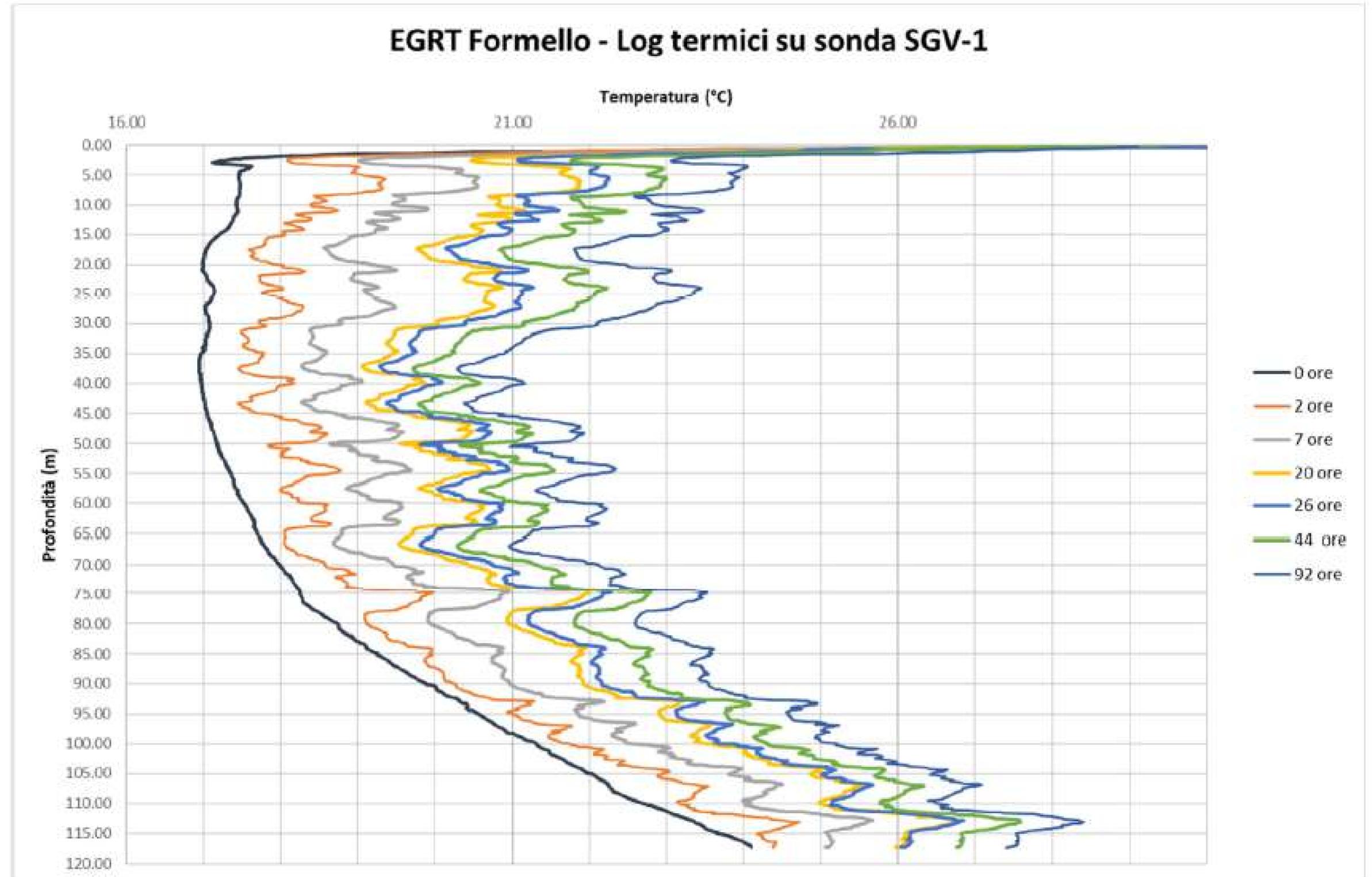
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Formello (Rm)



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

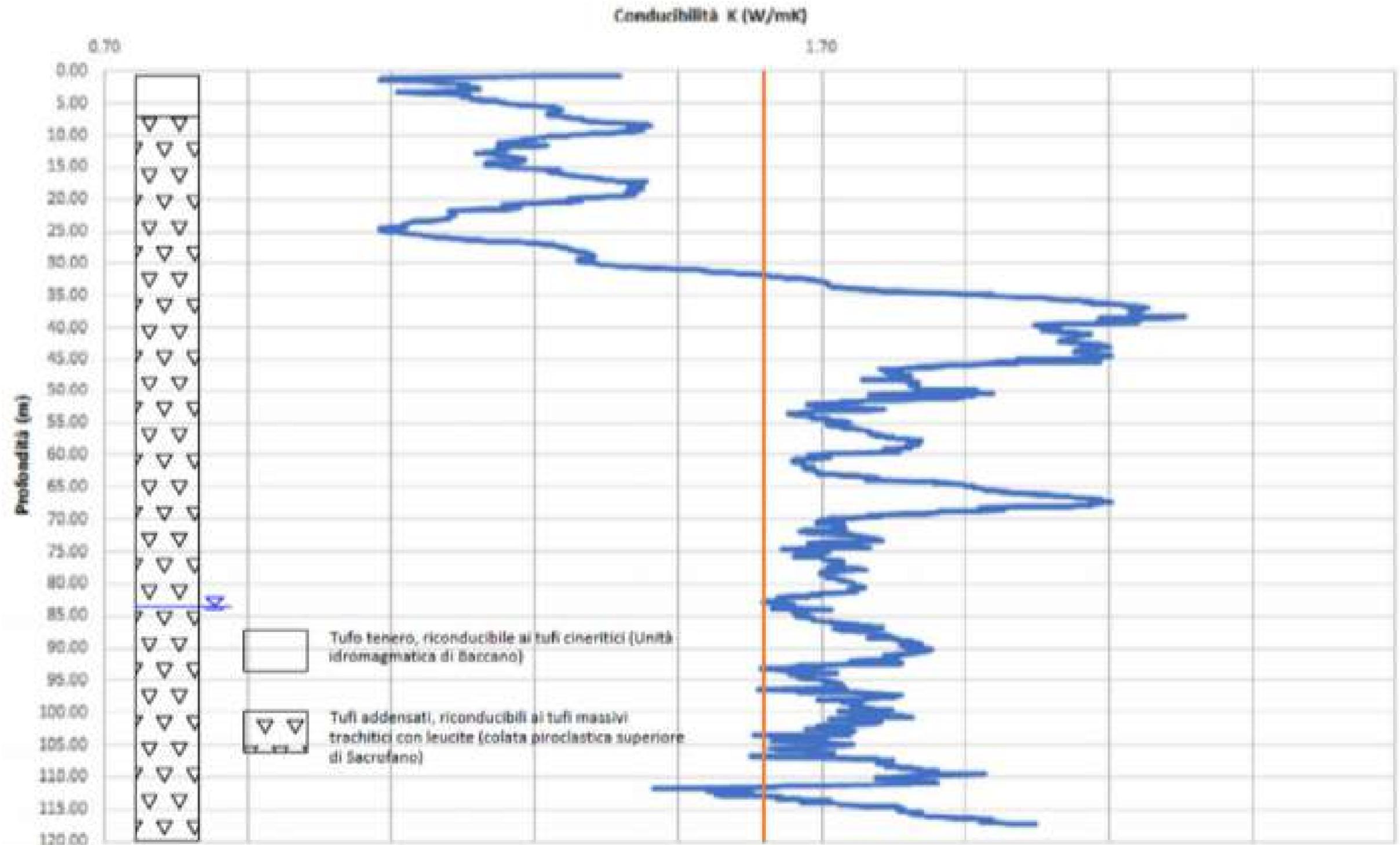
**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Formello (Rm)

**Profilo di conducibilità termica**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

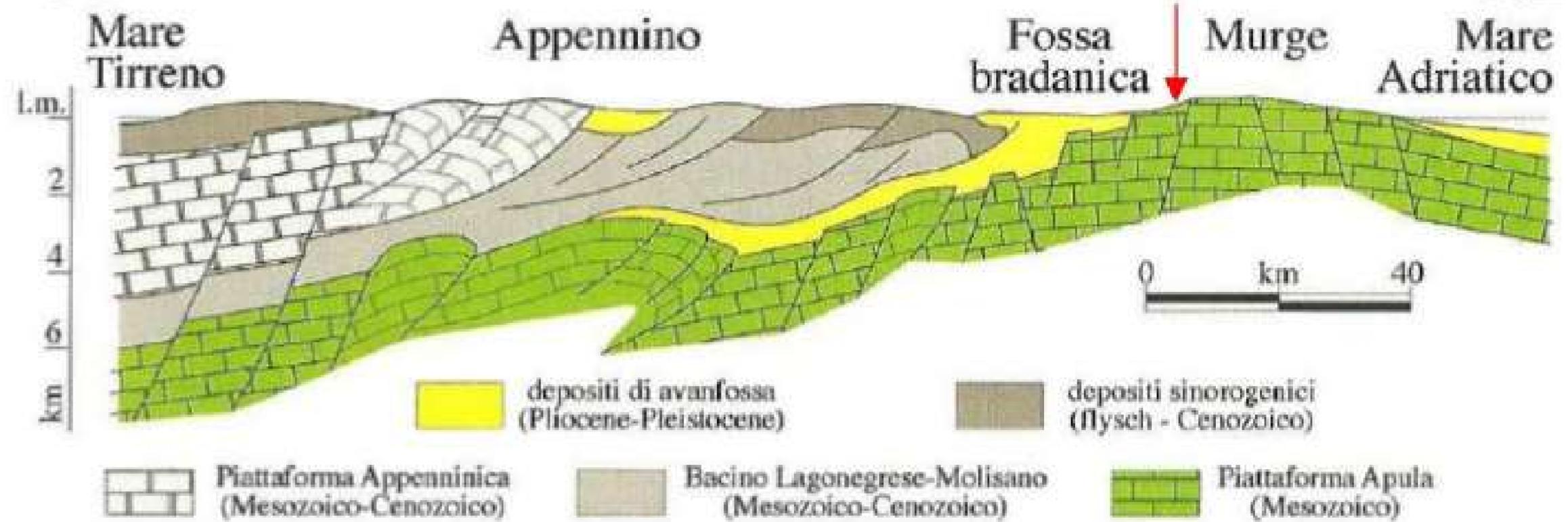
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Matera



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

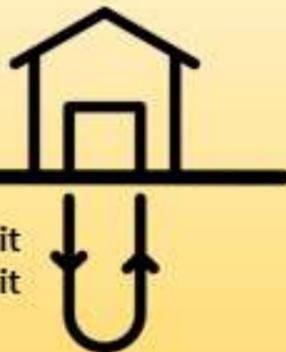
**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

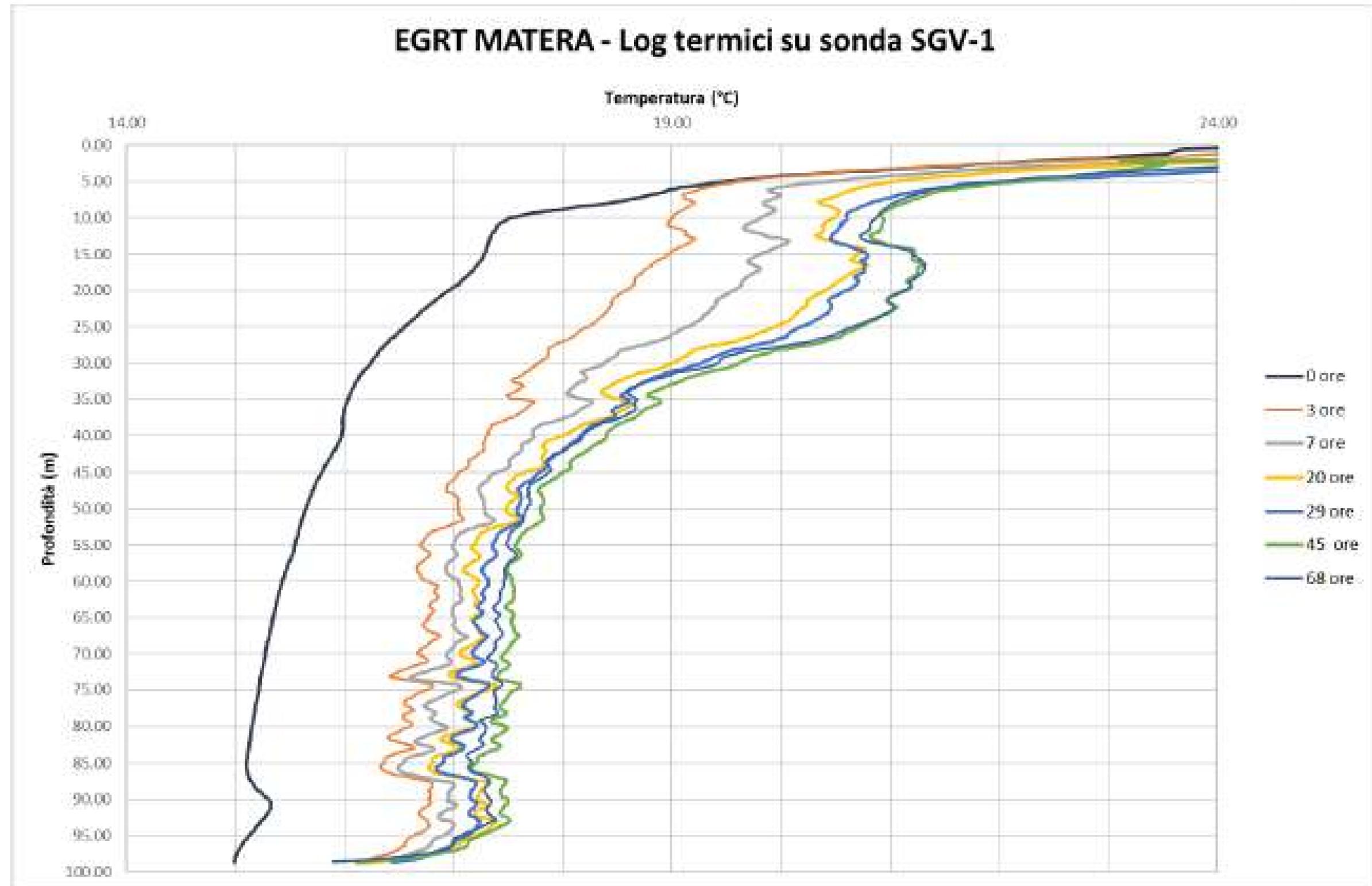
**Dott. Geol. Gabriele Cesari**

**ORDINE  
geologi  
MARCHE**



[ordine@geologimarche.it](mailto:ordine@geologimarche.it)  
[geologimarche@pec.epap.it](mailto:geologimarche@pec.epap.it)

# EGRT - Matera



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

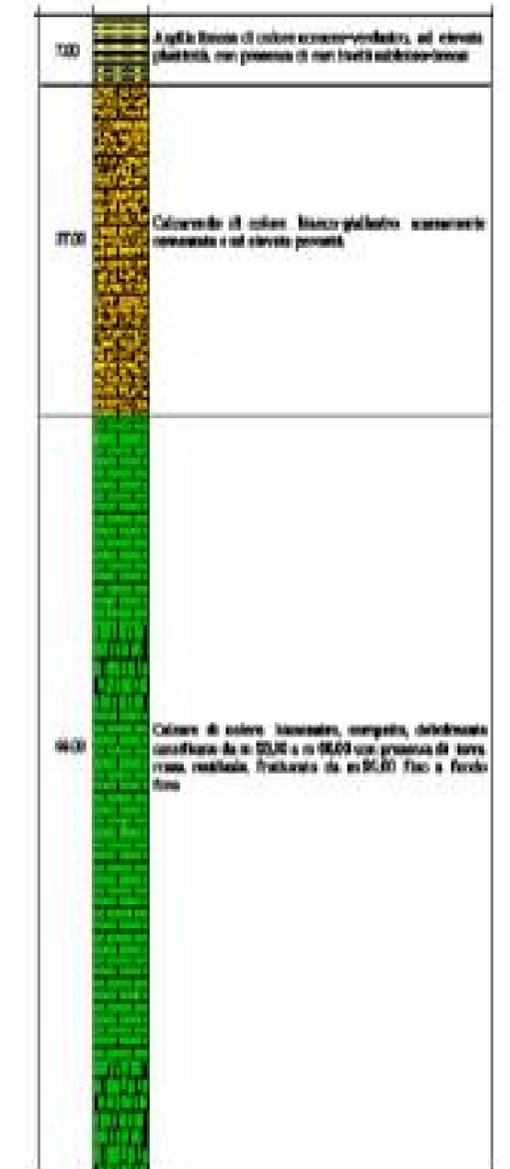
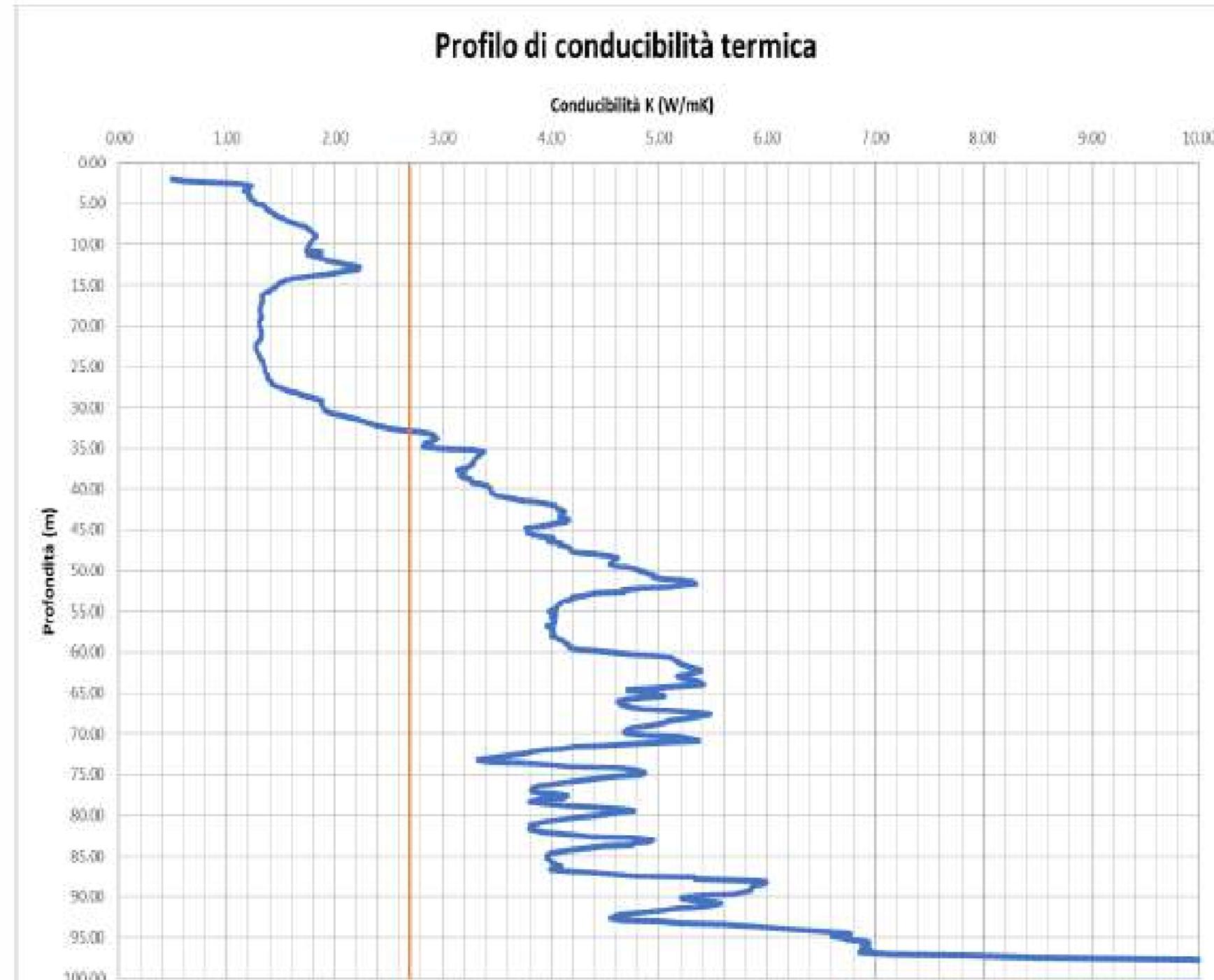
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Matera



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Tor Vergata Roma



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Tor Vergata Roma

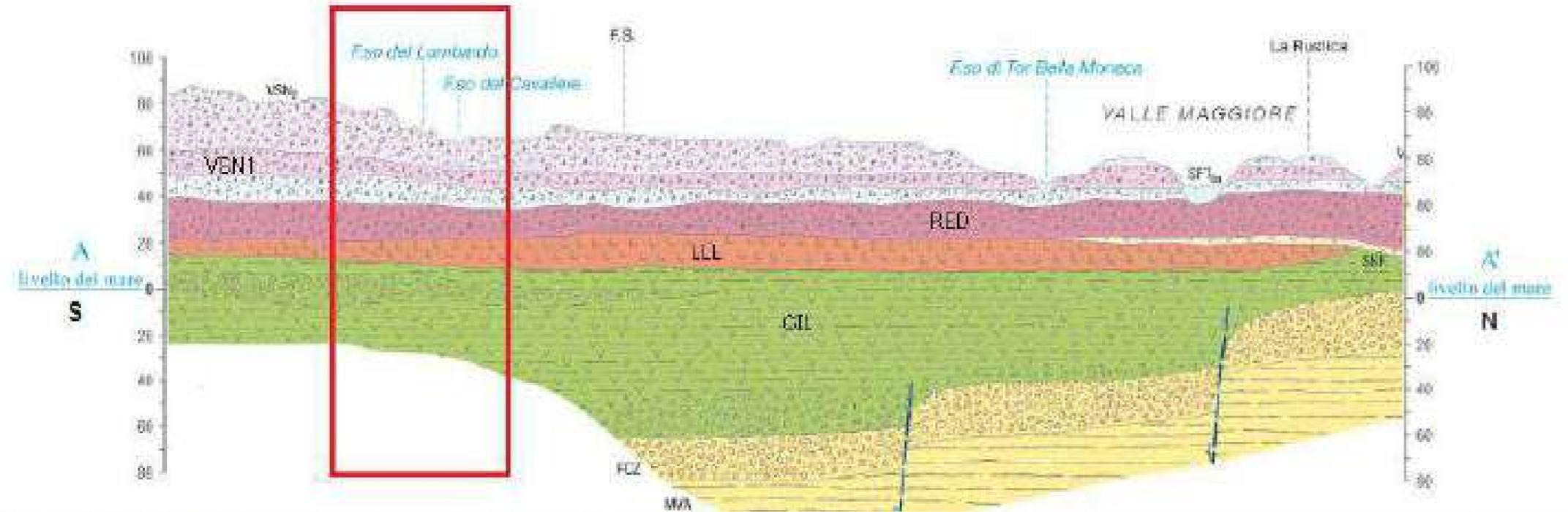


Figura 1 – Estratto carta geologica dell'area in oggetto (Ispra)

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Tor Vergata Roma

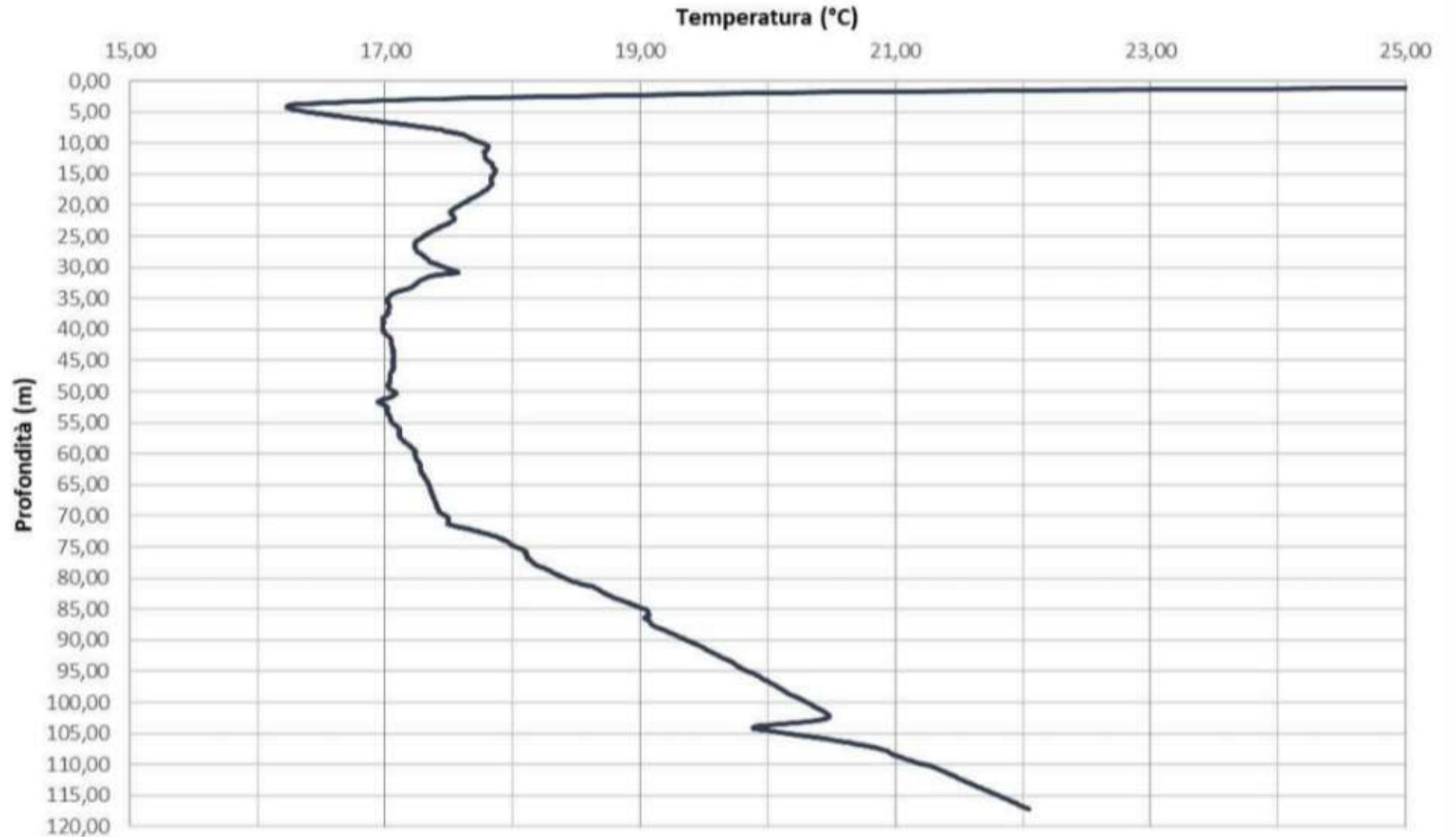


Figura 8. Andamento della temperatura indisturbata del terreno tramite sonda geotermica.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

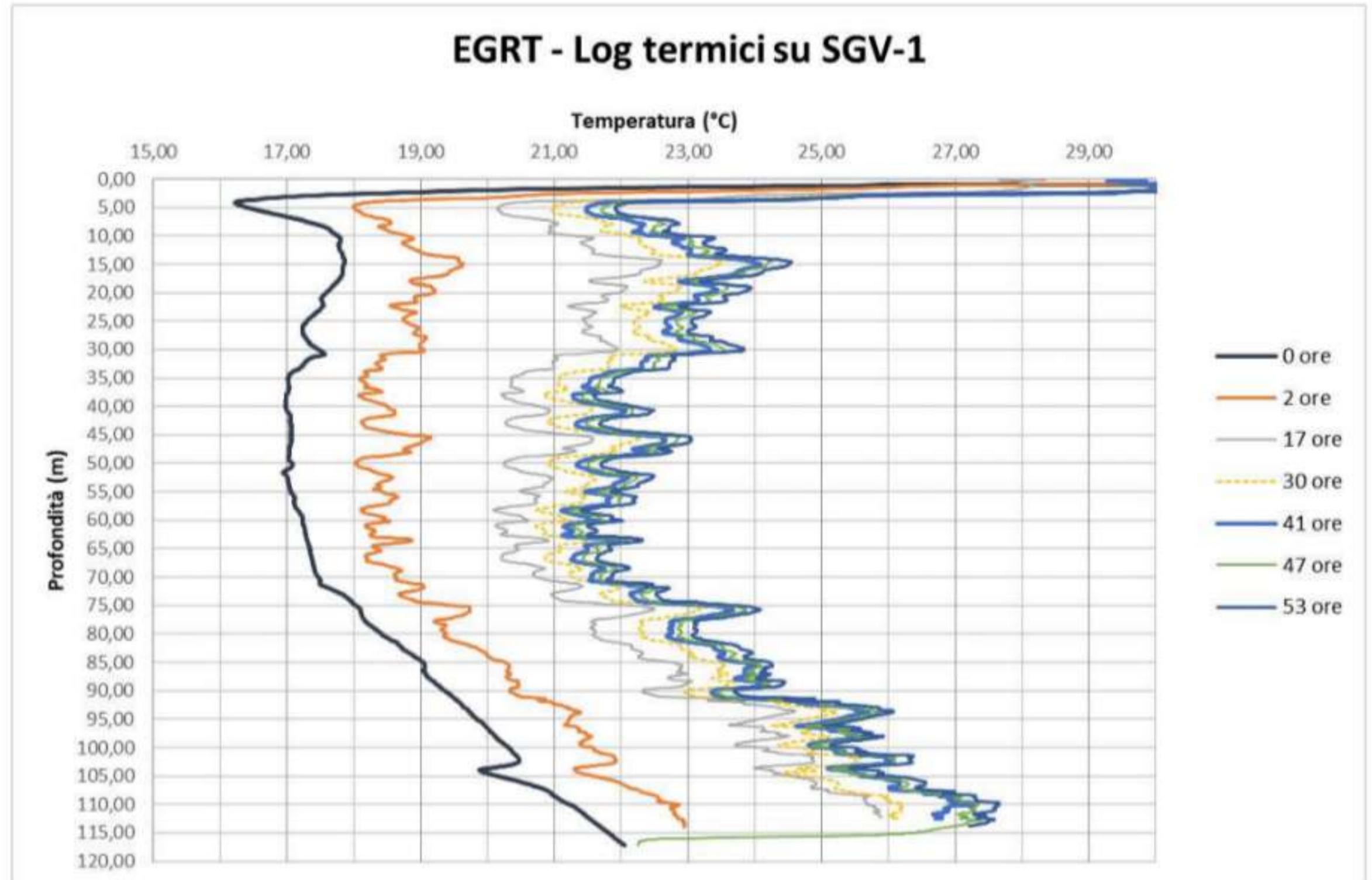
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Tor Vergata Roma



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Ambasciata Svizzera Roma



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

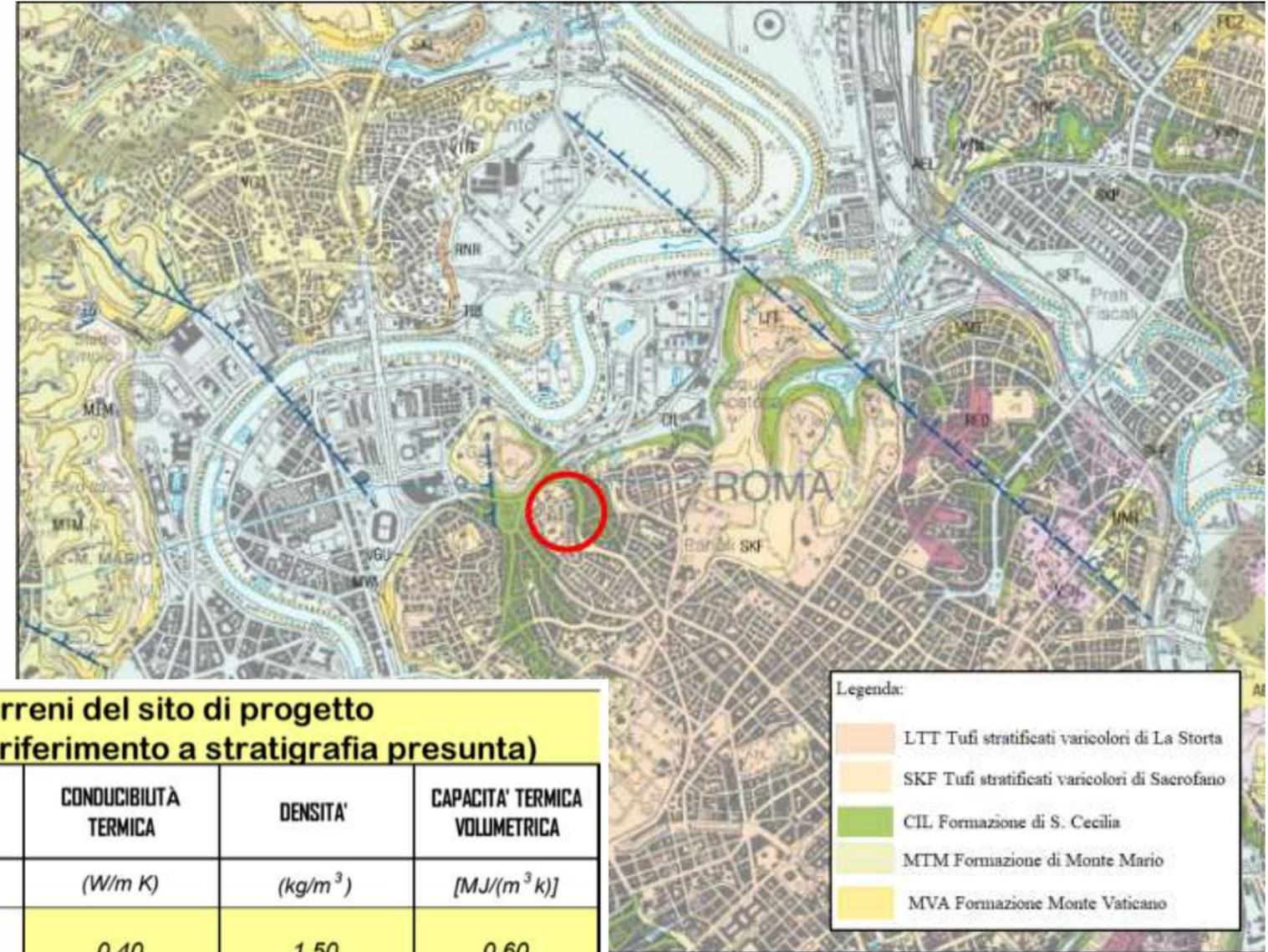
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Ambasciata Svizzera Roma



**Caratteristiche termo-fisiche dei terreni del sito di progetto  
(valutazioni preliminari su basi tabellari e con riferimento a stratigrafia presunta)**

PROFONDITA' (m)		SPESSORE	LITOTIPO	UMIDITA'	CONDUCIBILITÀ TERMICA	DENSITA'	CAPACITÀ TERMICA VOLUMETRICA
inizio	fine	(m)			(W/m K)	(kg/m <sup>3</sup> )	[MJ/(m <sup>3</sup> k)]
0.0	1.1	1.1	Terreno di riporto	secco	0.40	1.50	0.60
1.1	5.3	4.2	Tufo	secco	1.60	2.00	1.90
5.3	15.3	10.0	Piroclastiti tufacee	secco	1.60	2.00	1.90
15.3	43.0	27.7	Argilla limosa e limo argilloso/sabbioso	secco	1.60	1.95	1.90
43.0	47.0	4.0	Ghiaia	secco	1.80	2.10	2.30
47.0	220.0	173.0	Argilla limosa/ Marna calcarea	secco	2.10	2.00	2.20

<b>Valor medio su 190 metri</b>	<b>1.99</b>	<b>1.99</b>	<b>2.14</b>
---------------------------------	-------------	-------------	-------------

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Ambasciata Svizzera Roma

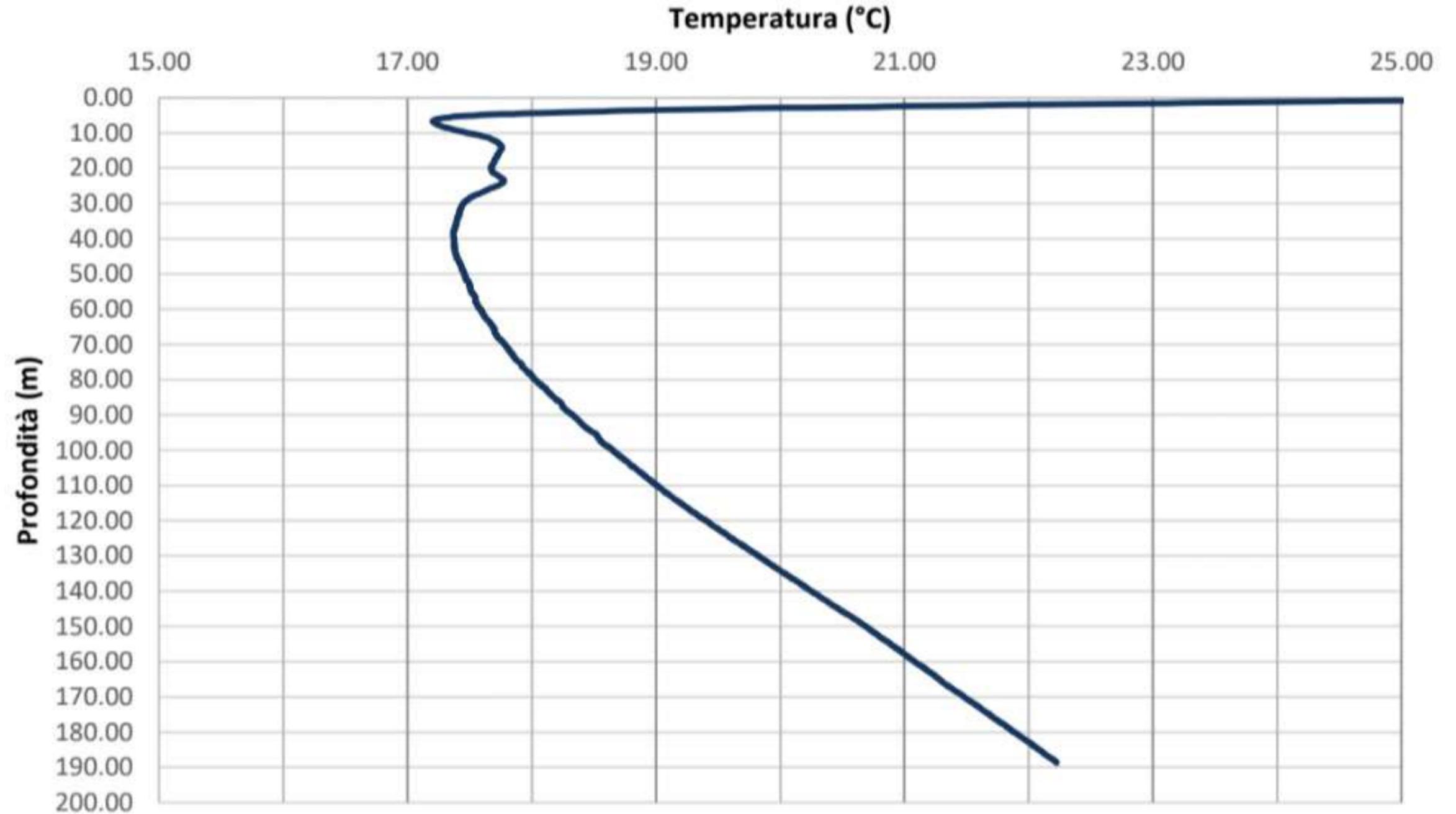


Figura 5. Andamento della temperatura indisturbata del terreno tramite sonda geotermica.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

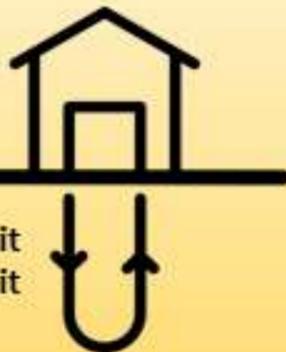
**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

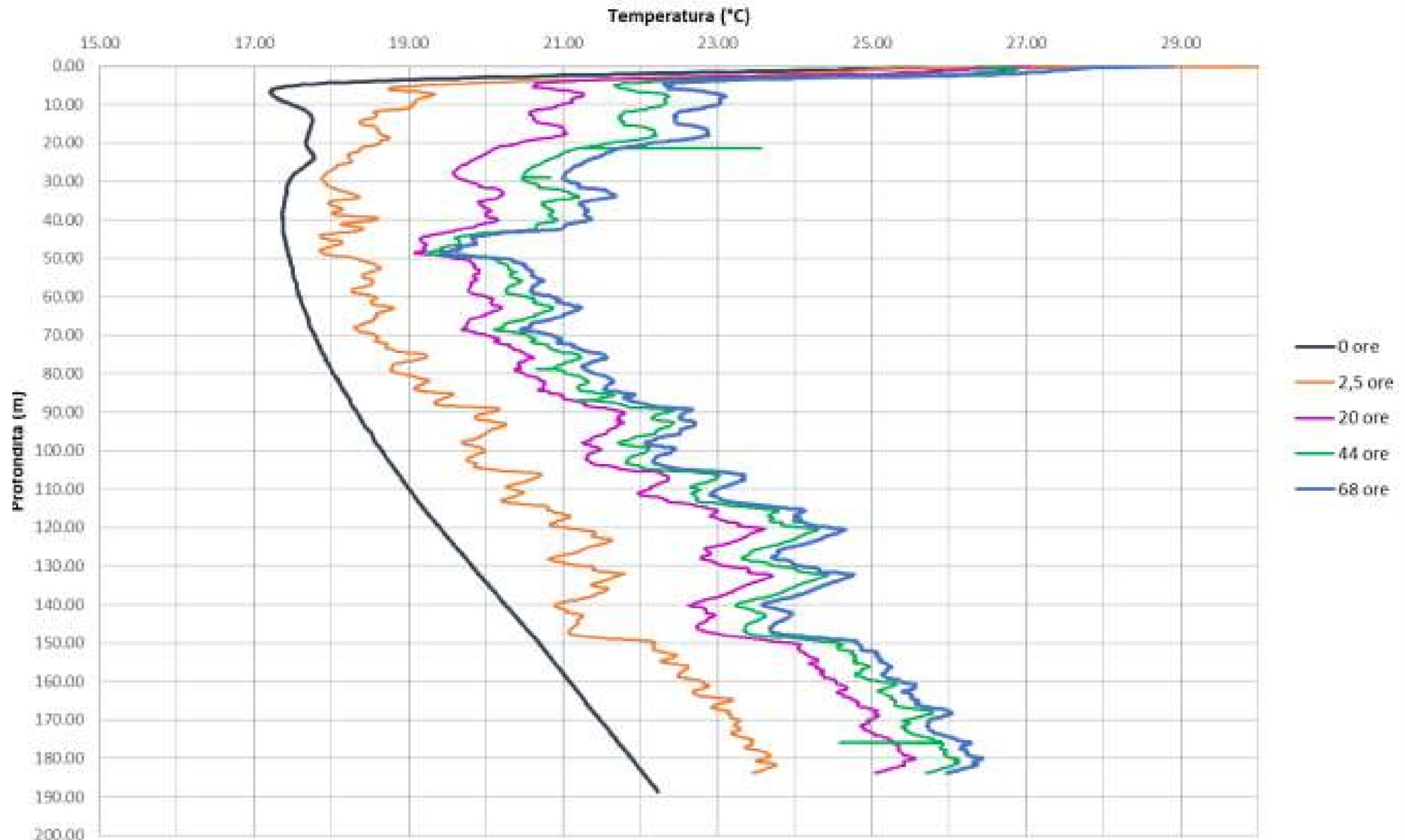
**Dott. Geol. Gabriele Cesari**

**ORDINE  
geologi  
MARCHE**



[ordine@geologimarche.it](mailto:ordine@geologimarche.it)  
[geologimarche@pec.epap.it](mailto:geologimarche@pec.epap.it)

# EGRT - Ambasciata Svizzera Roma



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

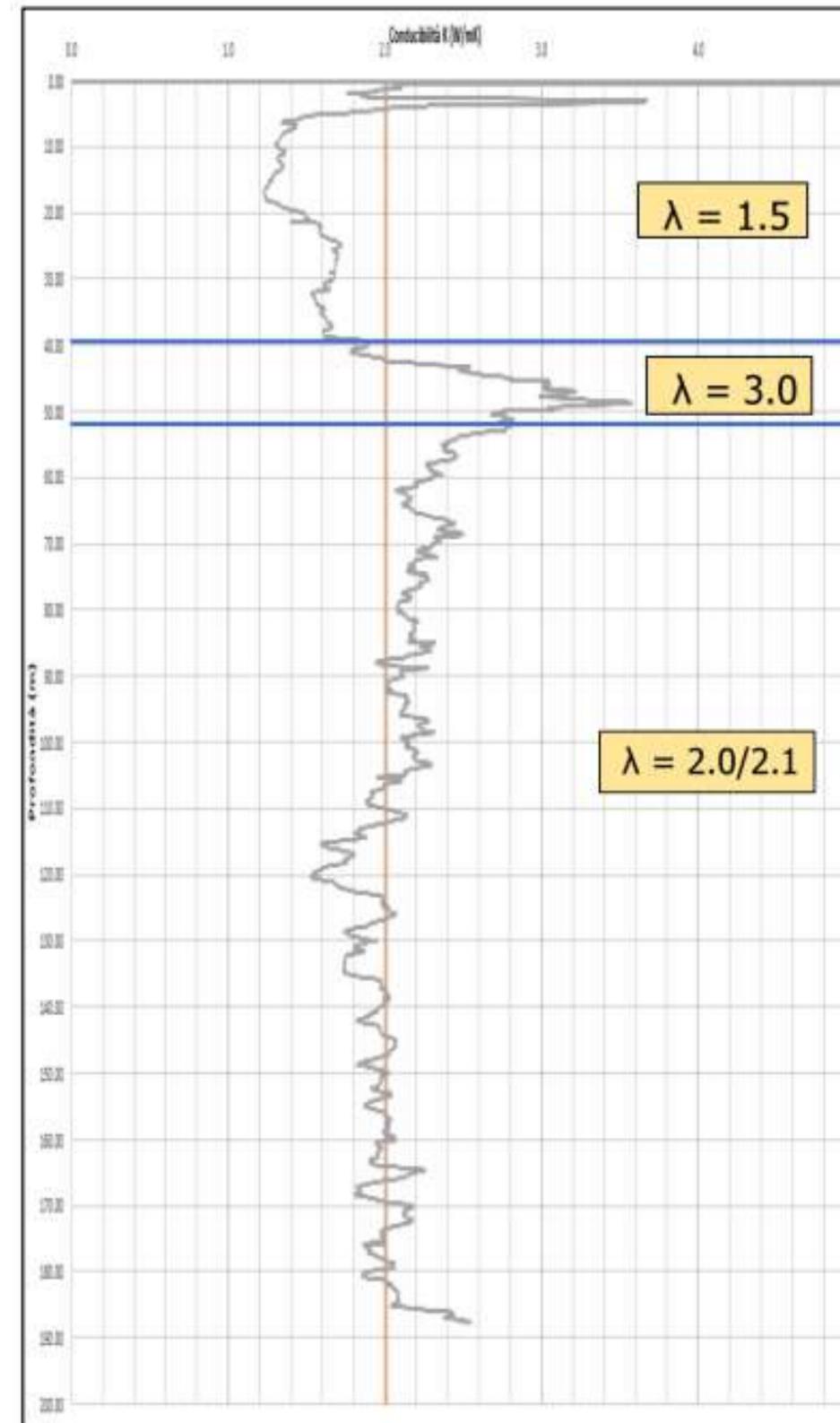
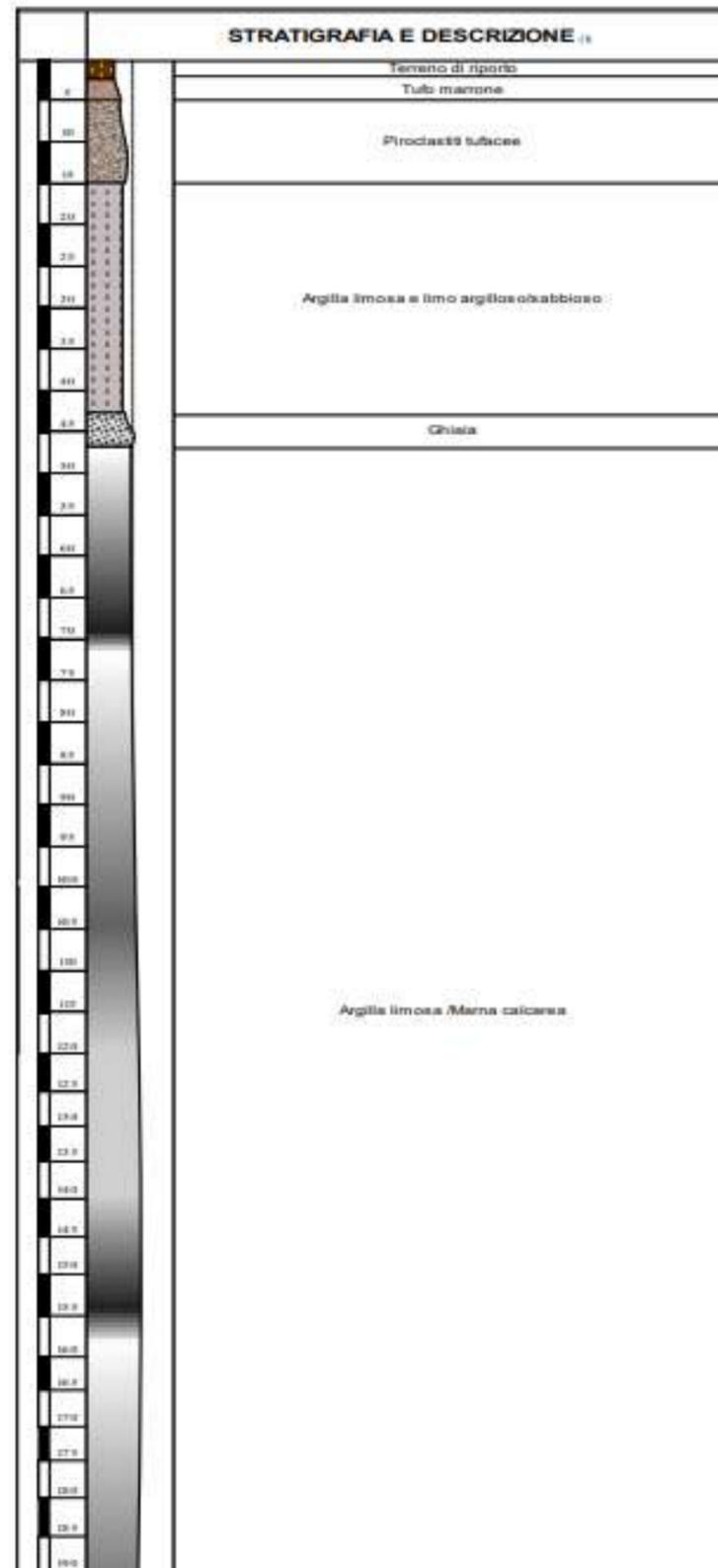
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Ambasciata Svizzera Roma



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Lido di Venezia



Figura 1 – Estratto carta geologica dell'area in oggetto (Ispra)

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

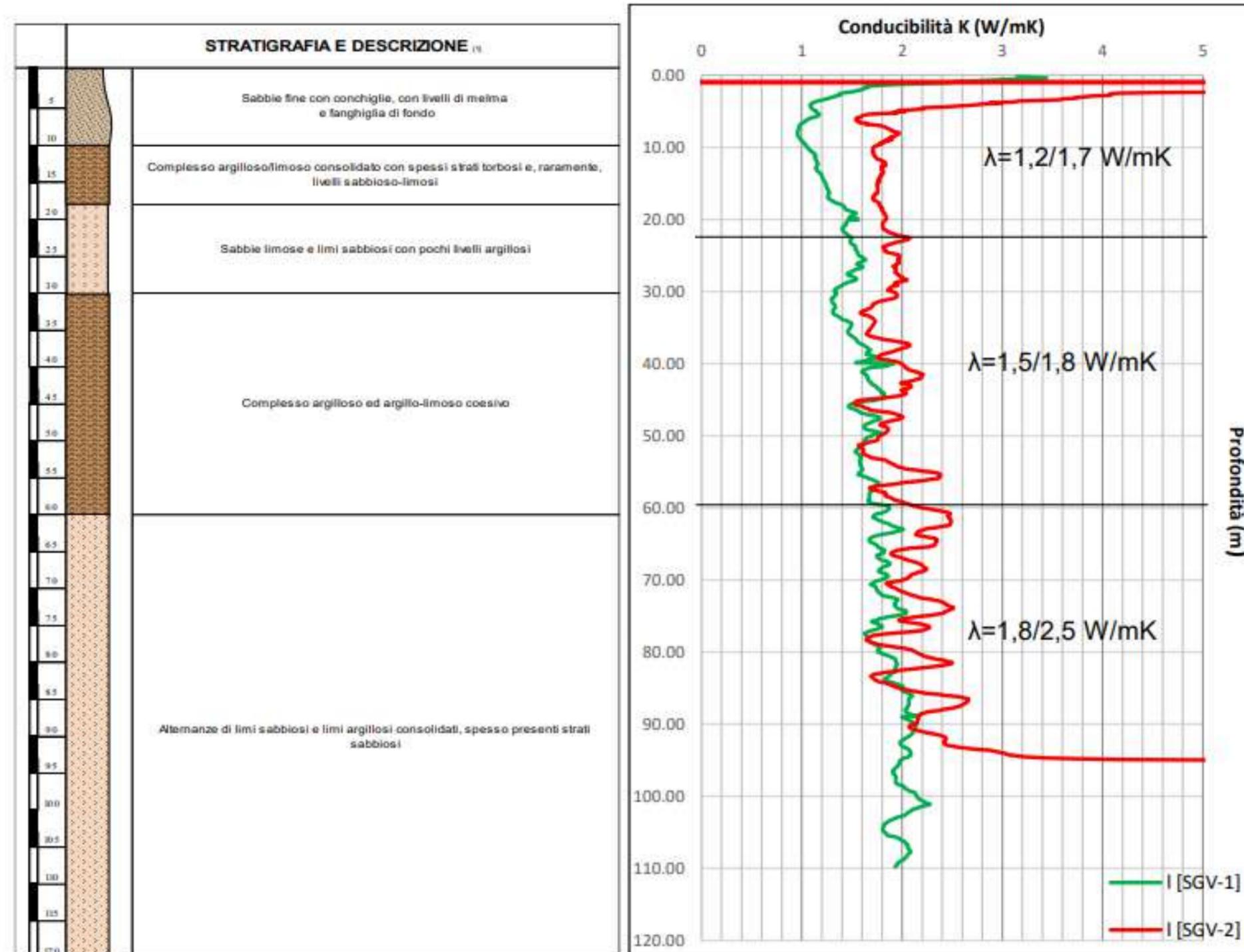
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Lido di Venezia



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

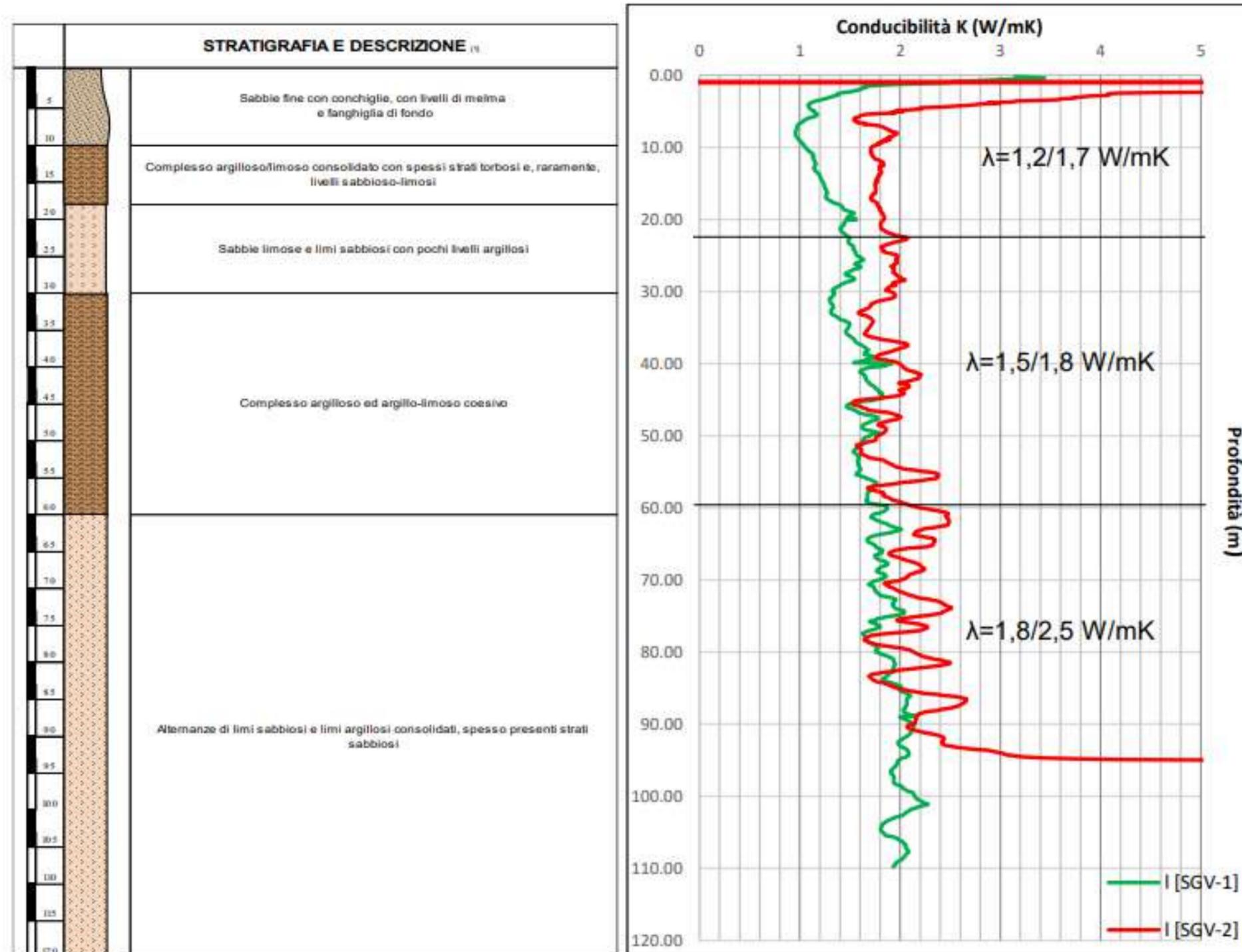
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Lido di Venezia



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Stazione RFI Fano (PU)

Committente:	Tecnodril	Tipol. sonda:	Doppia U				
Località:	Stazione di Fano (PU)	Cementazione:	Termoplast				
Comune:	Fano (PU)	SGV N°	1				
<b>S.G.V. N° 1</b>							
STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE (1)	Prof. (m)	FALDA (2)		Diam. (mm)	Metodo perforaz. (3)	Metodo Stab. (4)	Schema sonda
		prof. statica	Temp.				
Deposito alluvionale (ghiaia, sabbia e limi argillosi)	35						
Argille azzurre plioceniche con possibili lenti di sabbia	80						

Figura 2 - Ricostruzione stratigrafica dei terreni

Caratteristiche termo-fisiche dei terreni del sito di progetto (valutazioni preliminari su basi tabellari e con riferimento a stratigrafia rilevata)							
PROFONDITA' (m)		SPESORE	LITOTIPO	UMIDITA'	CONDUCEBILITÀ TERMICA	DENSITA'	CAPACITÀ TERMICA VOLUMETRICA
inizio	fine	(m)			(W/m K)	(kg/m <sup>3</sup> )	[MJ/(m <sup>3</sup> K)]
0.0	35.0	35.0	Depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, intercalati a terreni a granulometria più fine	saturo	2.10	1.95	2.10
35.0	80.0	45.0	Argilla azzurra con lenti di sabbia	saturo	1.90	2.40	2.20
<b>Valor medio su 80 metri</b>					<b>1.99</b>	<b>2.20</b>	<b>2.16</b>

Tabella 2. Valori dei principali parametri termici del terreno desunti sulla base della stratigrafia della sonda di prova.

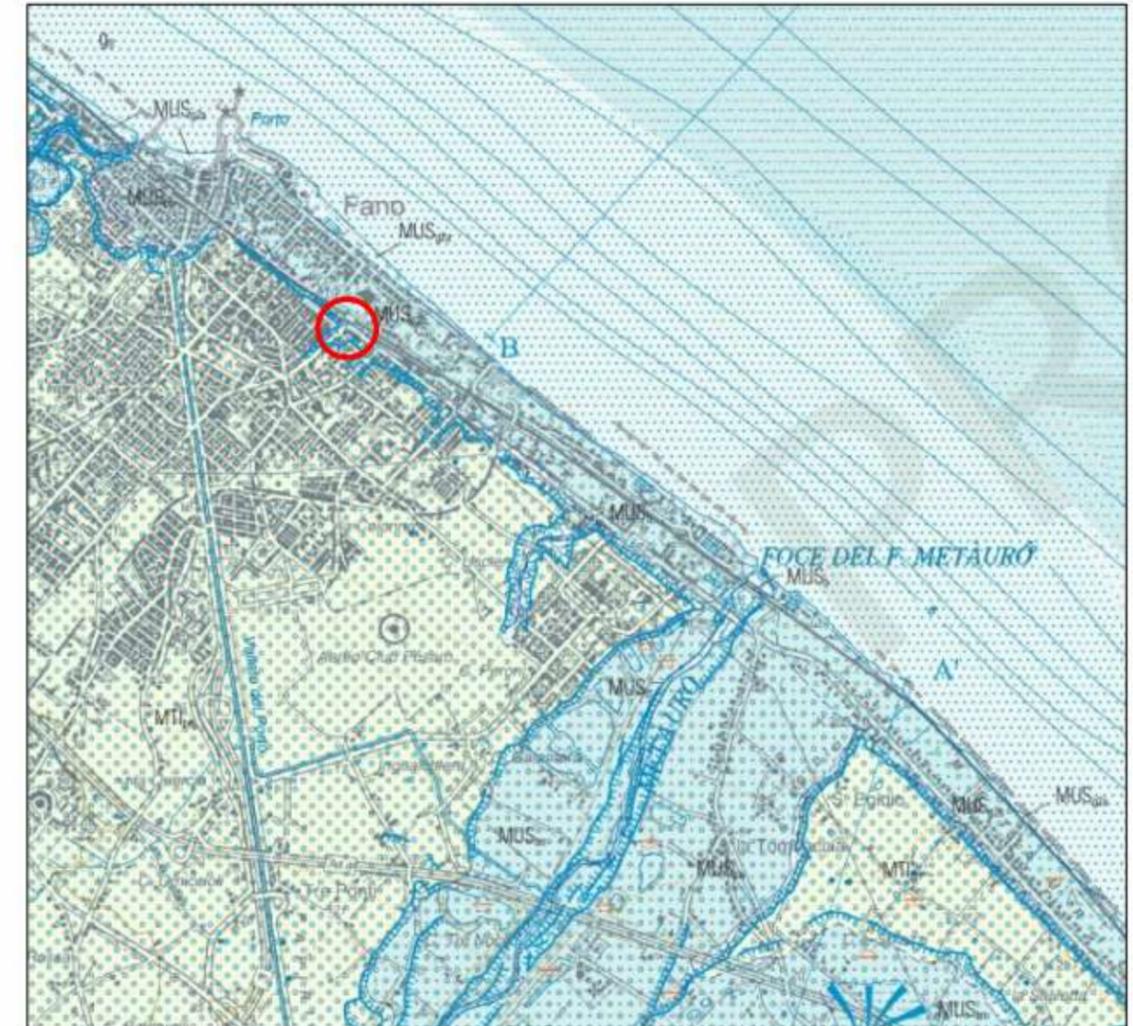


Figura 1 – Estratto carta geologica dell'area in oggetto (Ispra)

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Stazione RFI Fano (PU)

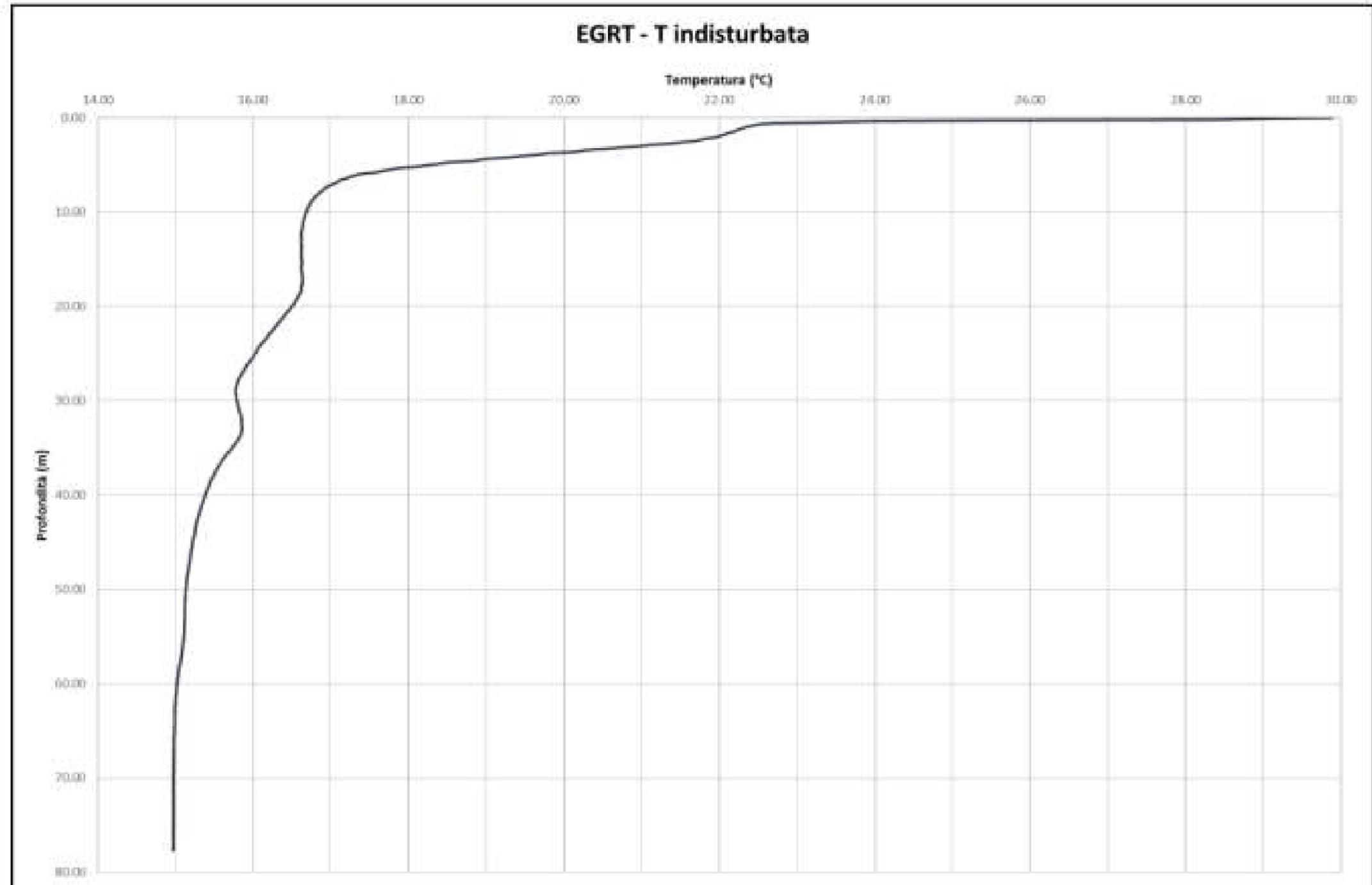


Figura 5. Andamento della temperatura indisturbata del terreno tramite sonda geotermica.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Stazione RFI Fano (PU)

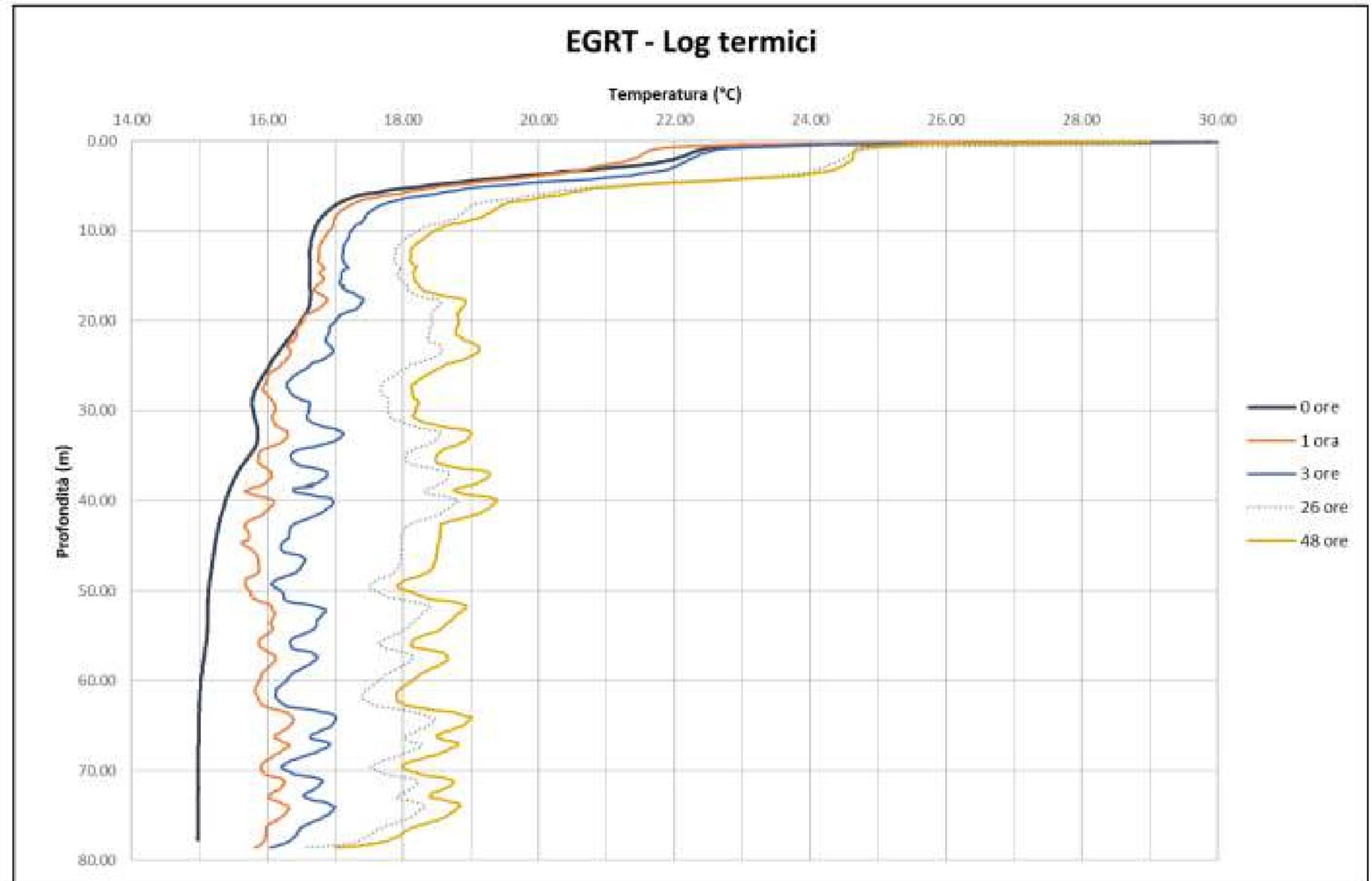


Figura 8. Log termici acquisiti durante esecuzione di EGRT.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Stazione RFI Fano (PU)

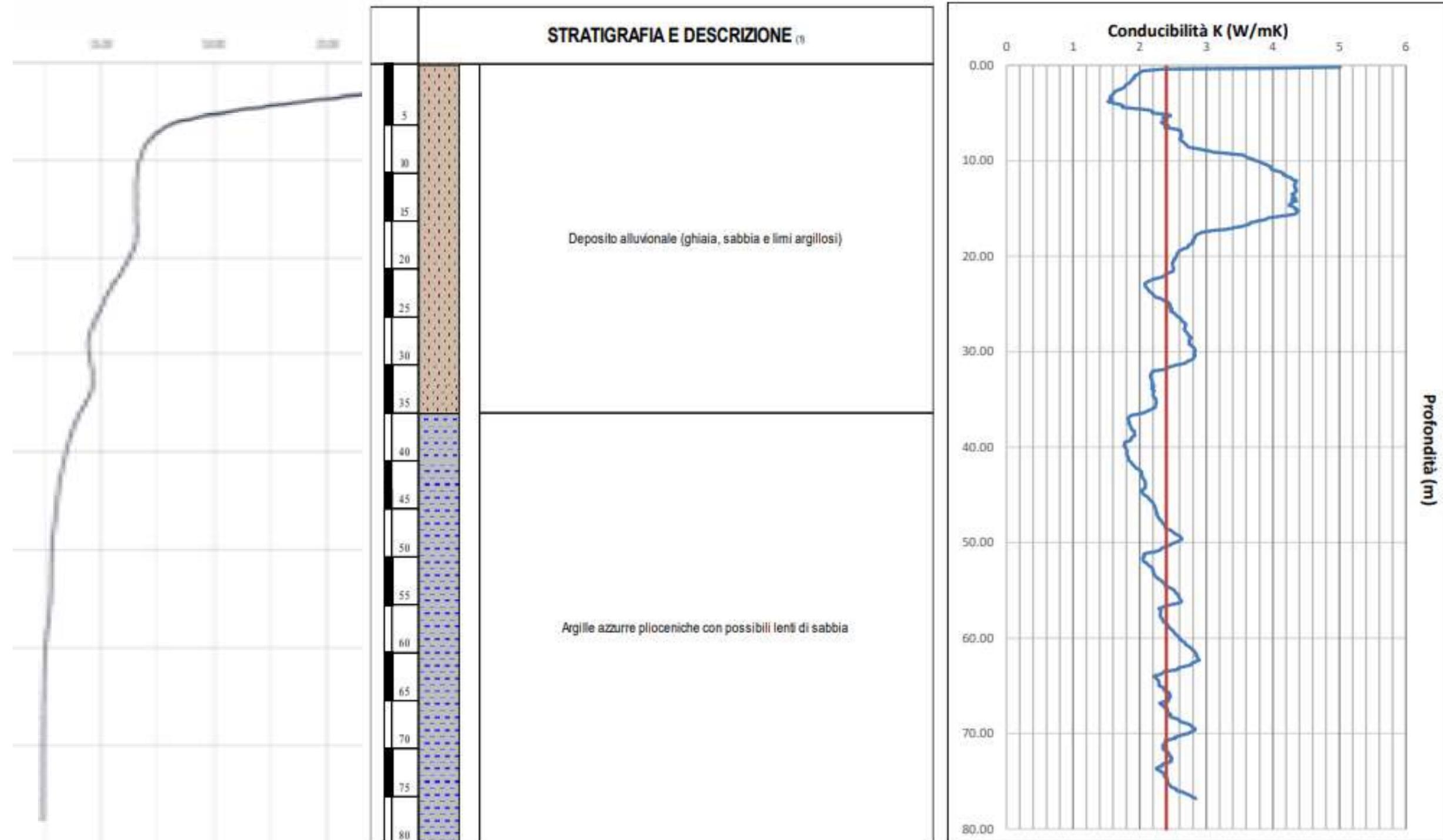


Figura 10. Confronto tra stratigrafia e valori di conducibilità termica misurata.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# EGRT - Considerazioni

- ✓ EGRT (depth orientated) consente di avere informazione sulle caratteristiche di **conducibilità termica  $\lambda$**  dei singoli orizzonti geologici e «capire» da dove viene il valore medio calcolato normalmente con l'approccio standard (time resolved);
- ✓ EGRT consente di valutare la **presenza di moti di filtrazione** o comunque la presenza di **falde acquifere** in movimento;
- ✓ EGRT consente di **ottimizzare la lunghezza dei GHE** identificando il valore «migliore» in termini di conducibilità media;
- ✓ Il valore medio di **conducibilità termica  $\lambda$**  e di **resistenza termica  $R_b$**  sono in linea con quelli calcolati con approccio «standard» (time resolved);
- ✓ Si ricavano **importanti informazioni sull'andamento della temperatura** e sul **gradiente geotermico** importanti per il calcolo del campo GHE.



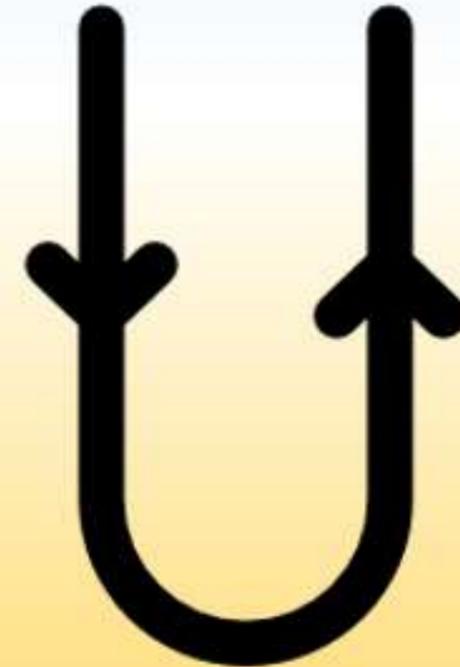
ORDINE

**geologi**

MARCHE



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



**Gabriele geol. Cesari**

[g.cesari@geo-net.it](mailto:g.cesari@geo-net.it)

[g.cesari@egeoitatia.com](mailto:g.cesari@egeoitatia.com)

Ancona, 1 dicembre 2023



ORDINE

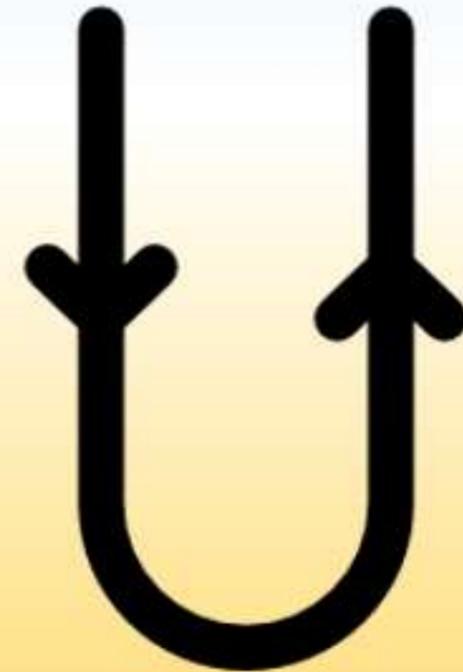
**geologi**

MARCHE



**1. INDAGINI TERMICHE**

**2. Test e verifiche in fase esecutiva**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Direzione lavori - perforazioni



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Direzione lavori - test di tenuta



- ▶ Norme di riferimento SIA 384/6, DIN V 4279-7, UNI 11467
- ▶ Necessaria per la verifica della tenuta delle sonde in pressione.
- ▶ effettuato tramite GEOrec: pressostato con registratore in continuo
- ▶ Realizzato con due gradini di pressione, il primo (minimo 3,5/4 bar) per vincere le dilatazioni del polietilene, il secondo (generalmente 2 bar) per verificare che le perdite di carico siano inferiori ad un valore ammissibile (< 15%)

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Log termici e verifica profondità

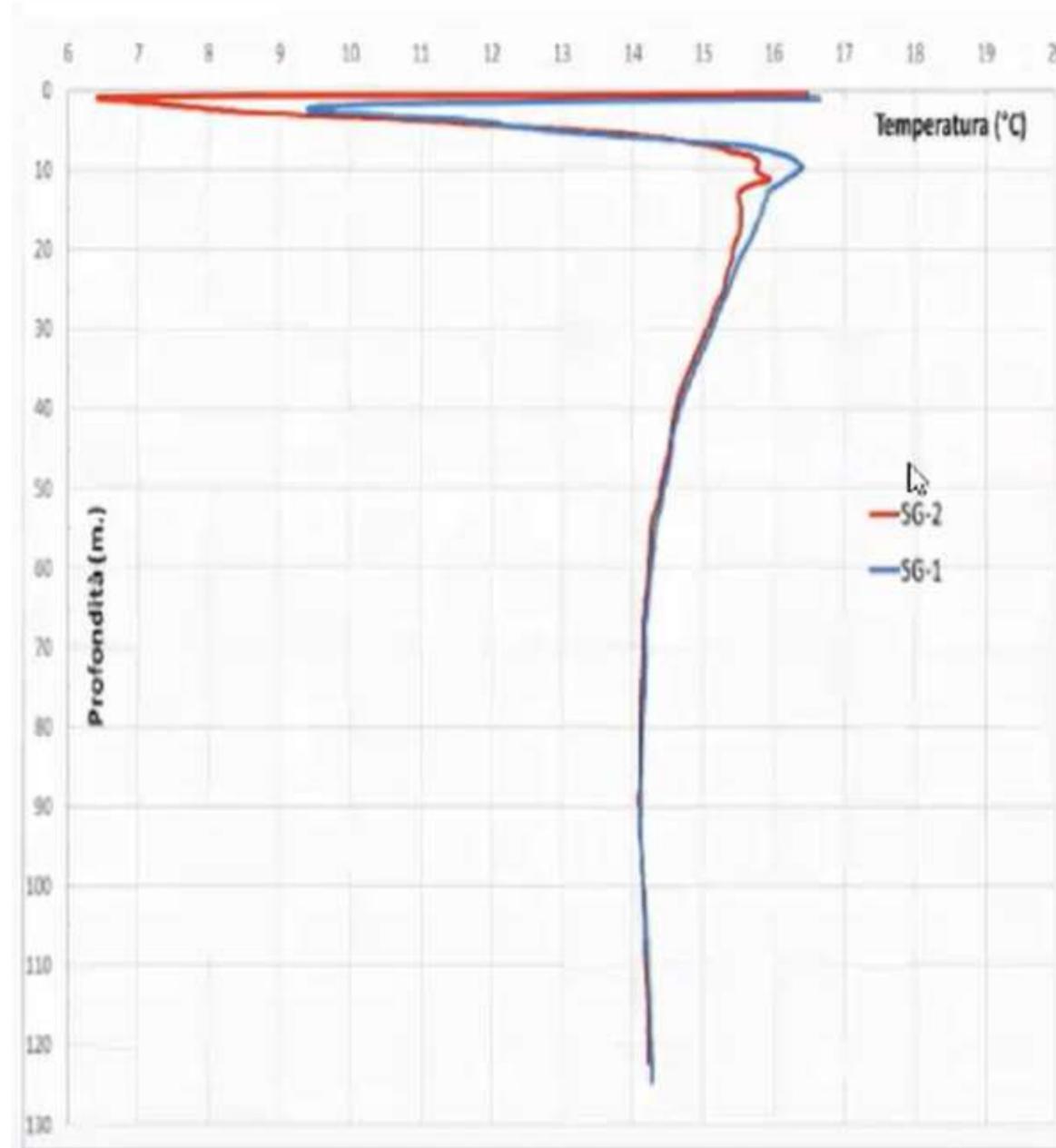


Grafico. 1 – Grafico comparativo fra i Log Termici

- ▶ Le **verifiche di profondità** delle sonde geotermiche sono il primo controllo da eseguire per verificare la rispondenza tra il progetto ed il campo sonde
- ▶ I **log termici** sono molto utili per fornire al progettista il parametro «temperatura indisturbata» del terreno che influisce in modo rilevante sullo scambio termico con il terreno
- ▶ Eseguendo le verifiche di profondità con **sensori Geosniff** si ottengono entrambe le misure contemporaneamente

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

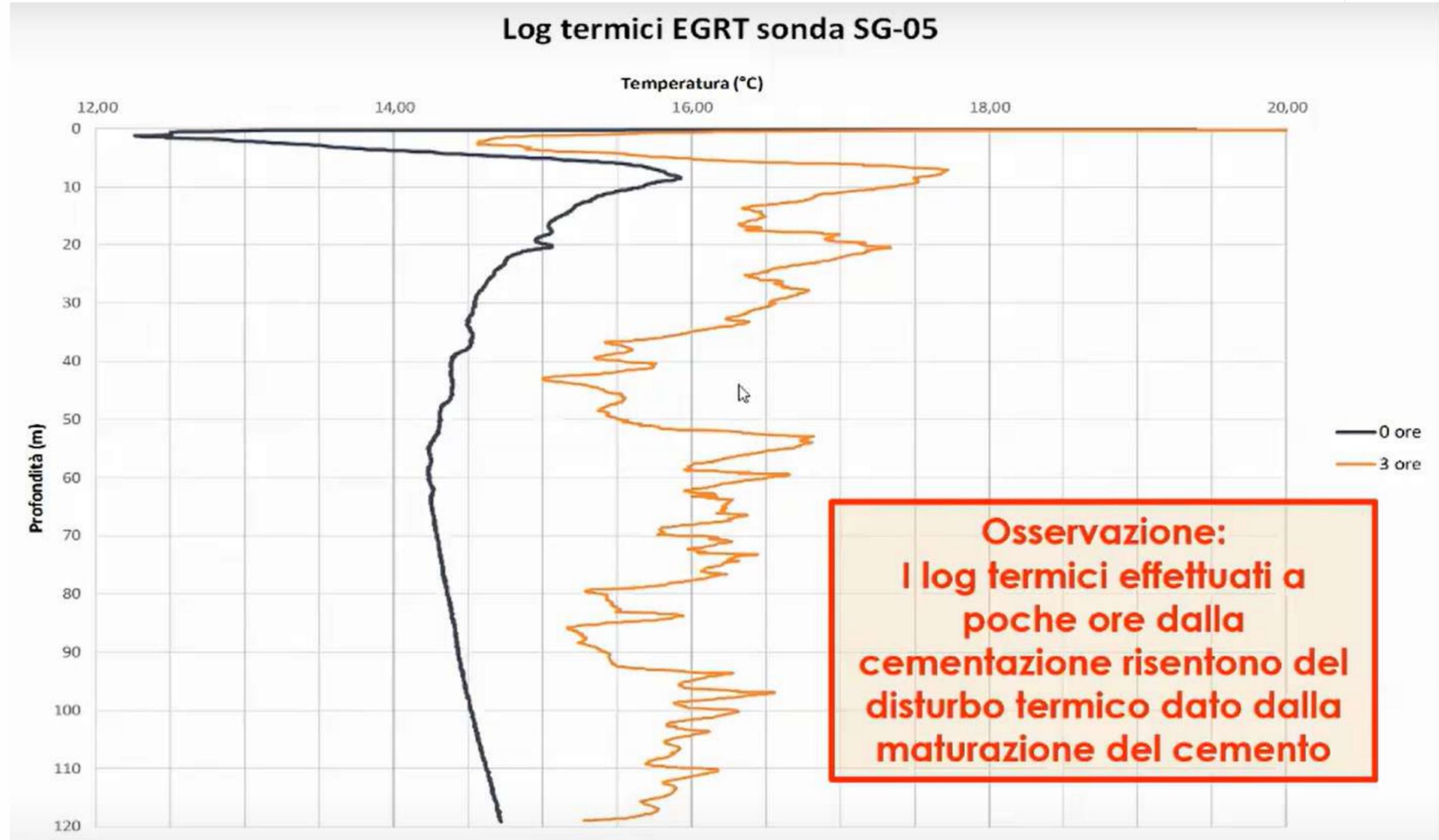
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI**  
per la progettazione  
degli impianti

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Verifica corretta cementazione



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

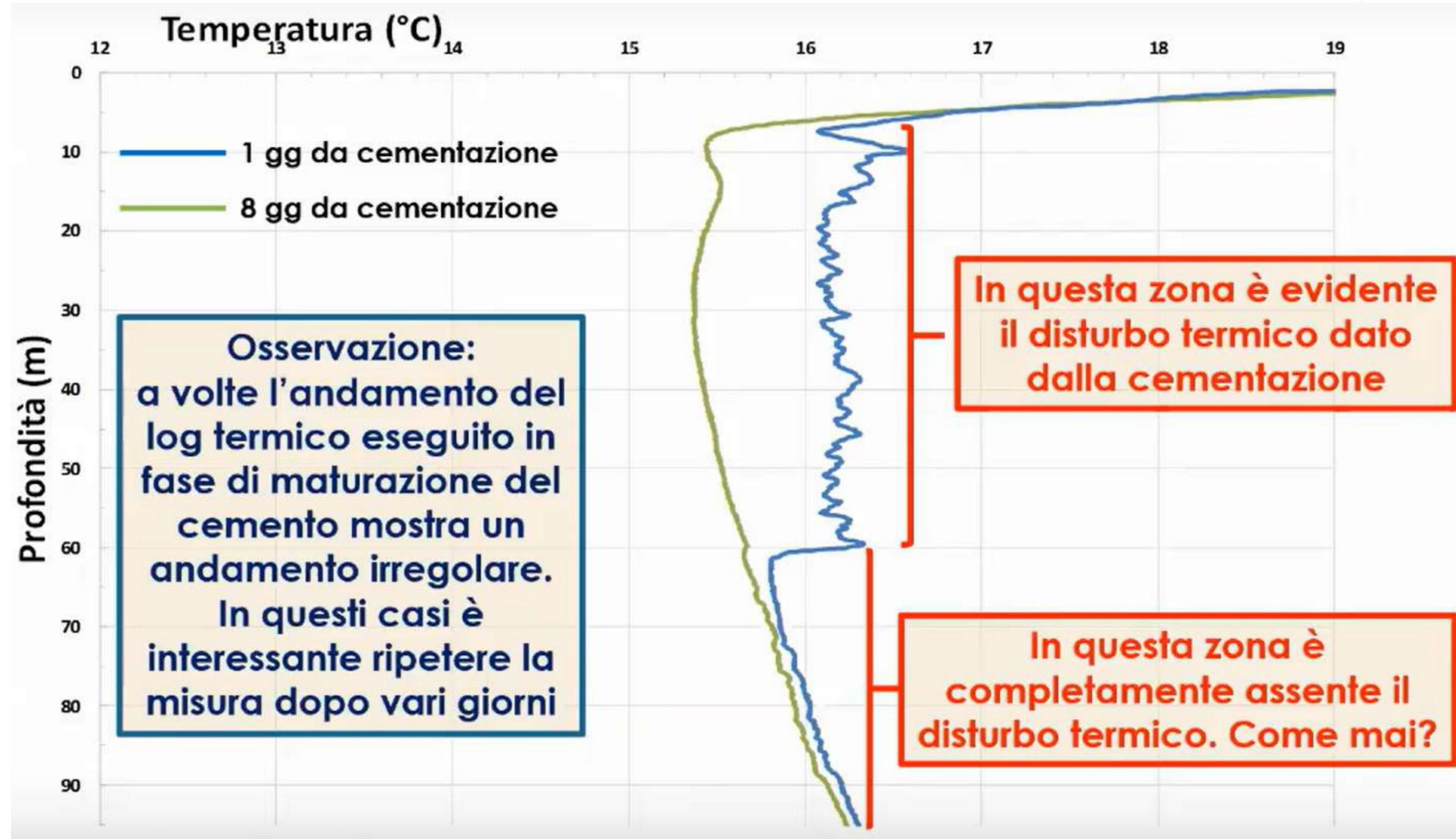
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Verifica corretta cementazione



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

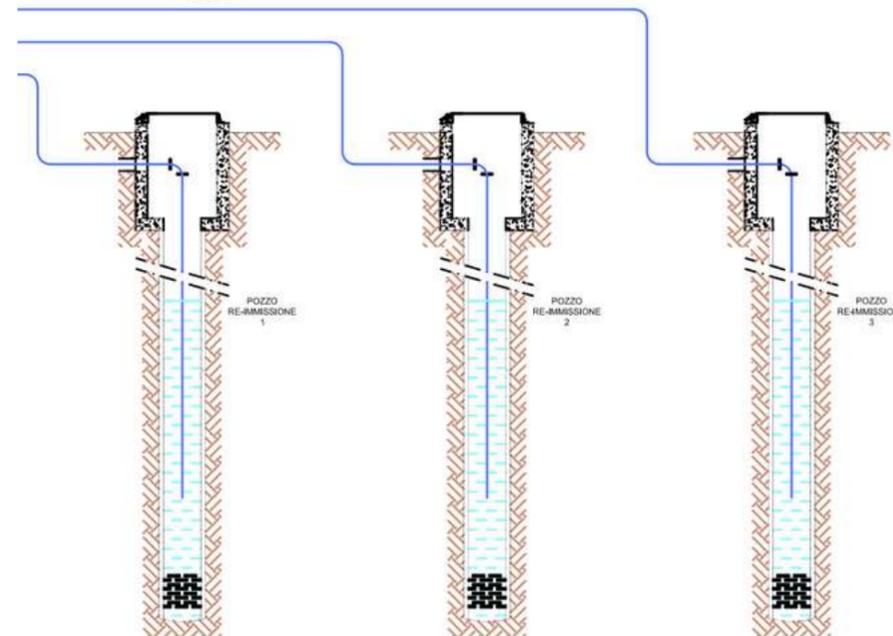
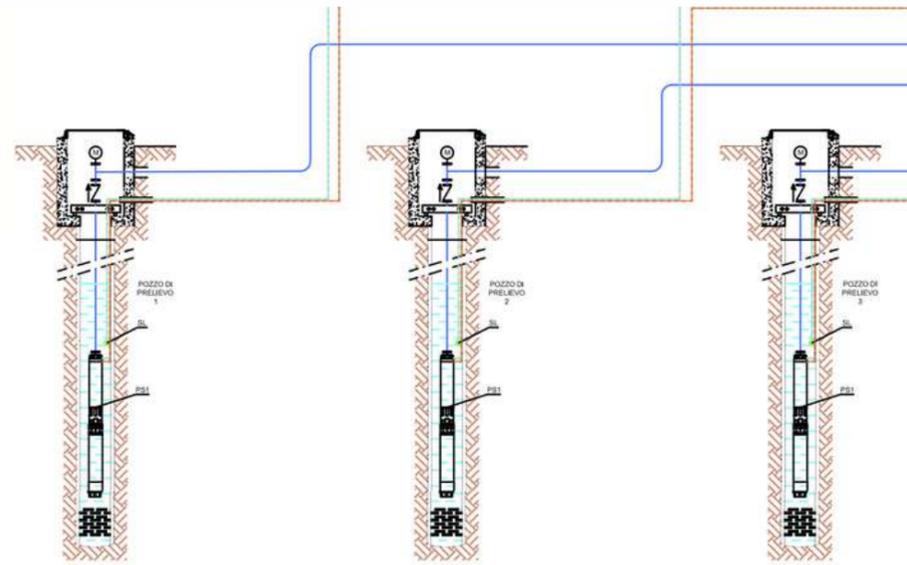
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**

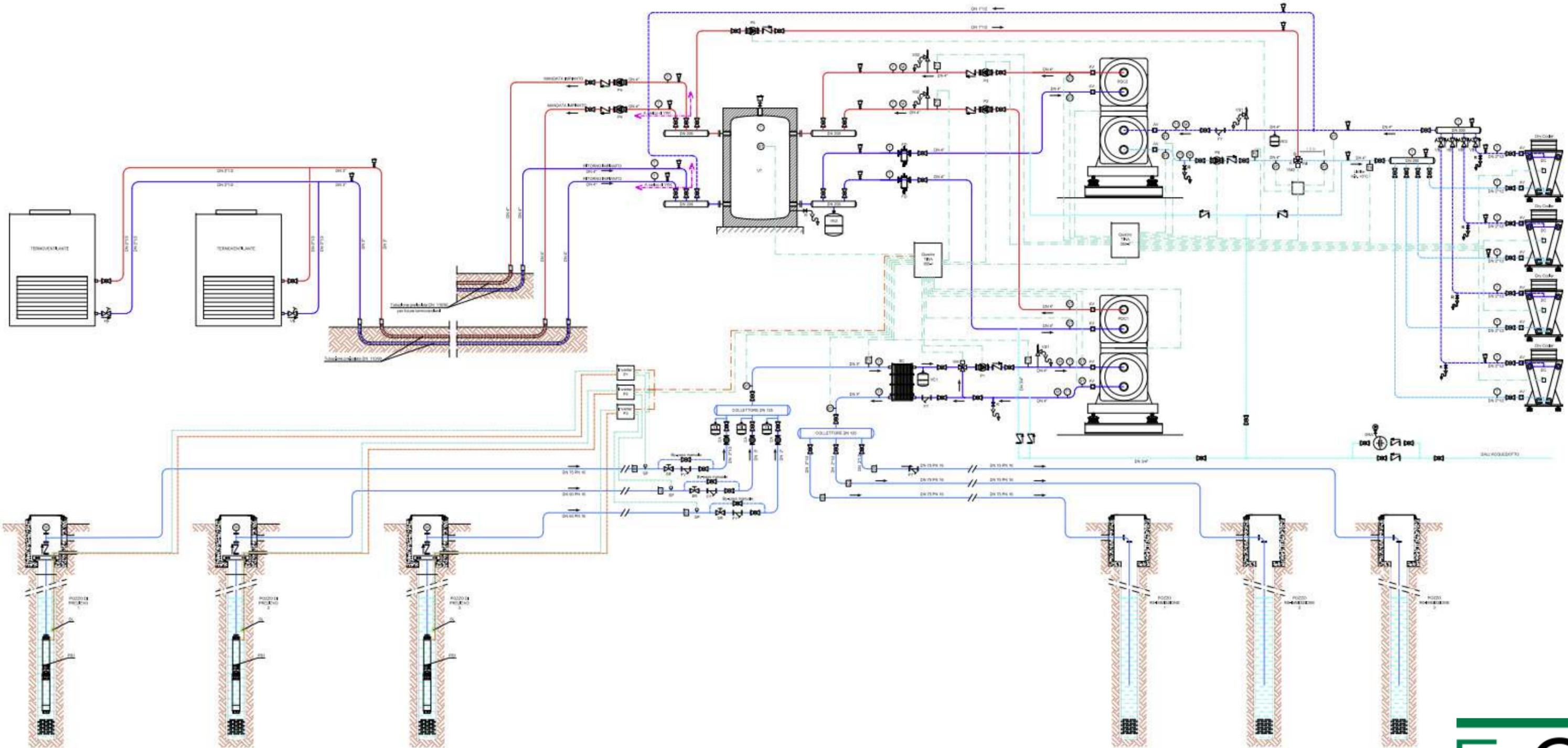


# YKK Ascoli - Geoscambio multisorgente



- Tipologia impianto:  
**A servizio di stabilimento produttivo**
- Località:  
**ASCOLI PICENO (AP) Zona climatica E**
- Potenza termica di picco:  
**700 kW**
- Servizi:  
**Riscaldamento, Raffrescamento**
- Tipologia pompa di calore:  
**Alta temperatura - A parzializzazione**
- **Sistema open loop:**  
n° 3 pozzi di presa e n°3 pozzi di resa  
Portata complessiva disponibile fino a 11 l/s  
Potenza termica di scambio 300 kW

# YKK Ascoli - Geoscambio multisorgente



AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE

CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA

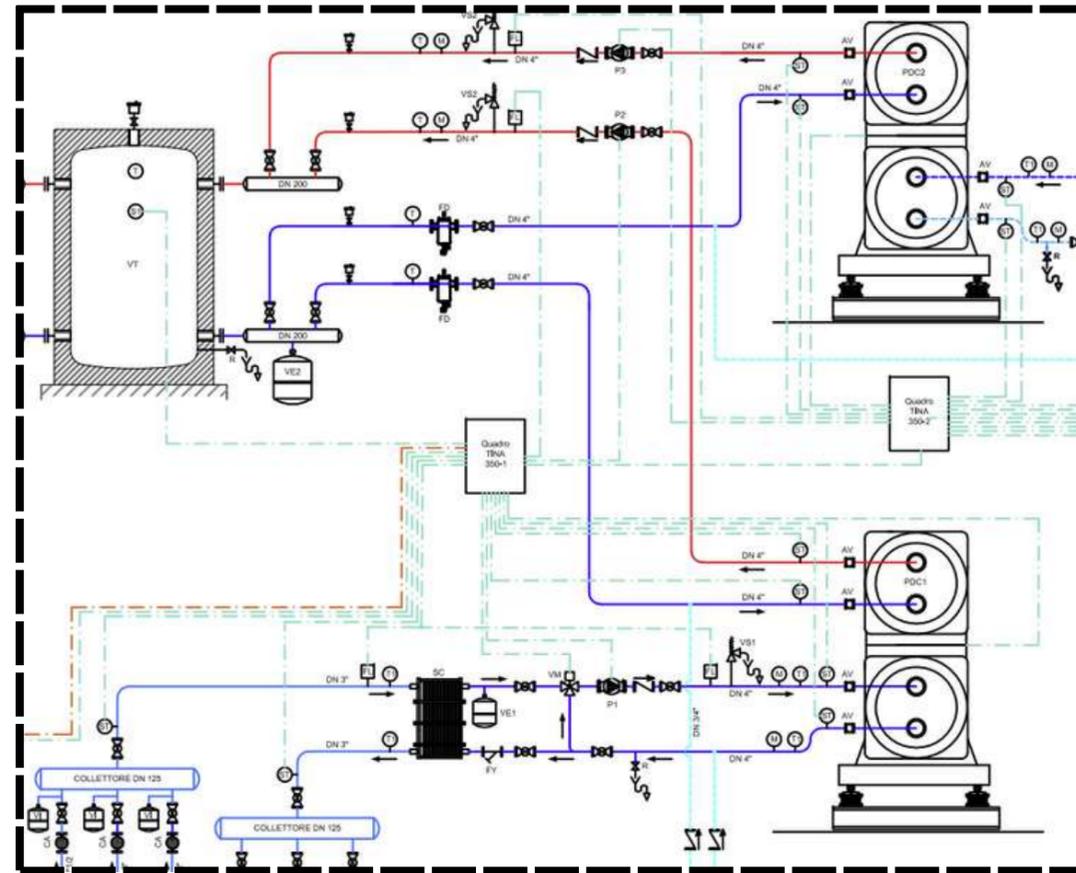
Ancona, 1 dicembre 2023

INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti

Dott. Geol. Gabriele Cesari



# YKK Ascoli - Geoscambio multisorgente



- In questo caso vi sono due pompe di calore, ciascuna con il **proprio circuito di captazione.**
- Questi sono controllati e favoriti secondo **T più conveniente.**
- Quando la singola pompa di calore e relativa sorgente non è in sufficiente a coprire la richiesta, funzionano **entrambe.**

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente

**CASO REALE - RESID. 14 kW**

- Tipologia impianto:

**Residenziale**

- Località:

**IMOLA (BO) - Zona climatica E**

- Potenza termica di picco:

**14 kW**

- Servizi:

**Riscaldamento, Raffresc., ACS**

- Tipologia pompa di calore:

**Bassa temperatura - Full inverter**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

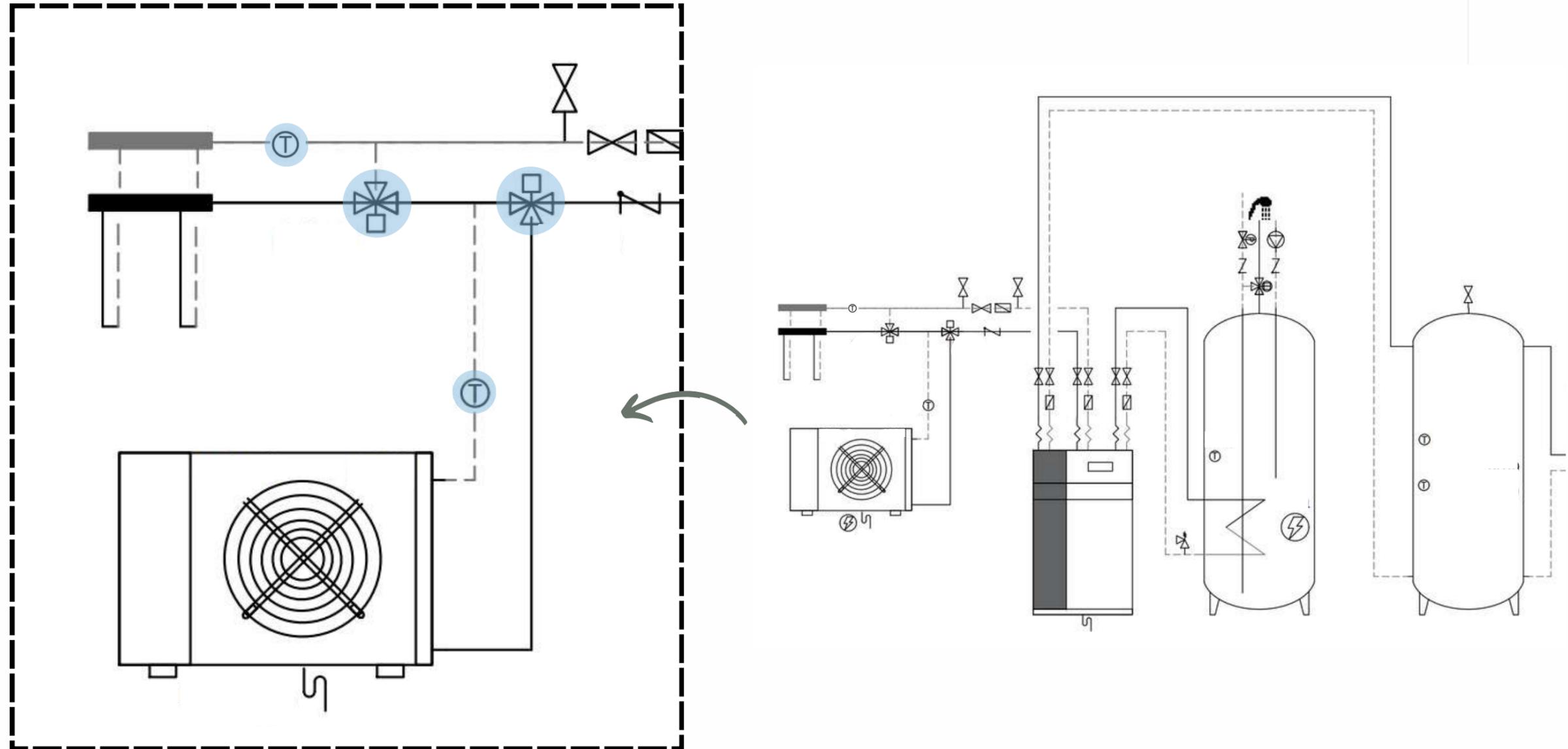
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

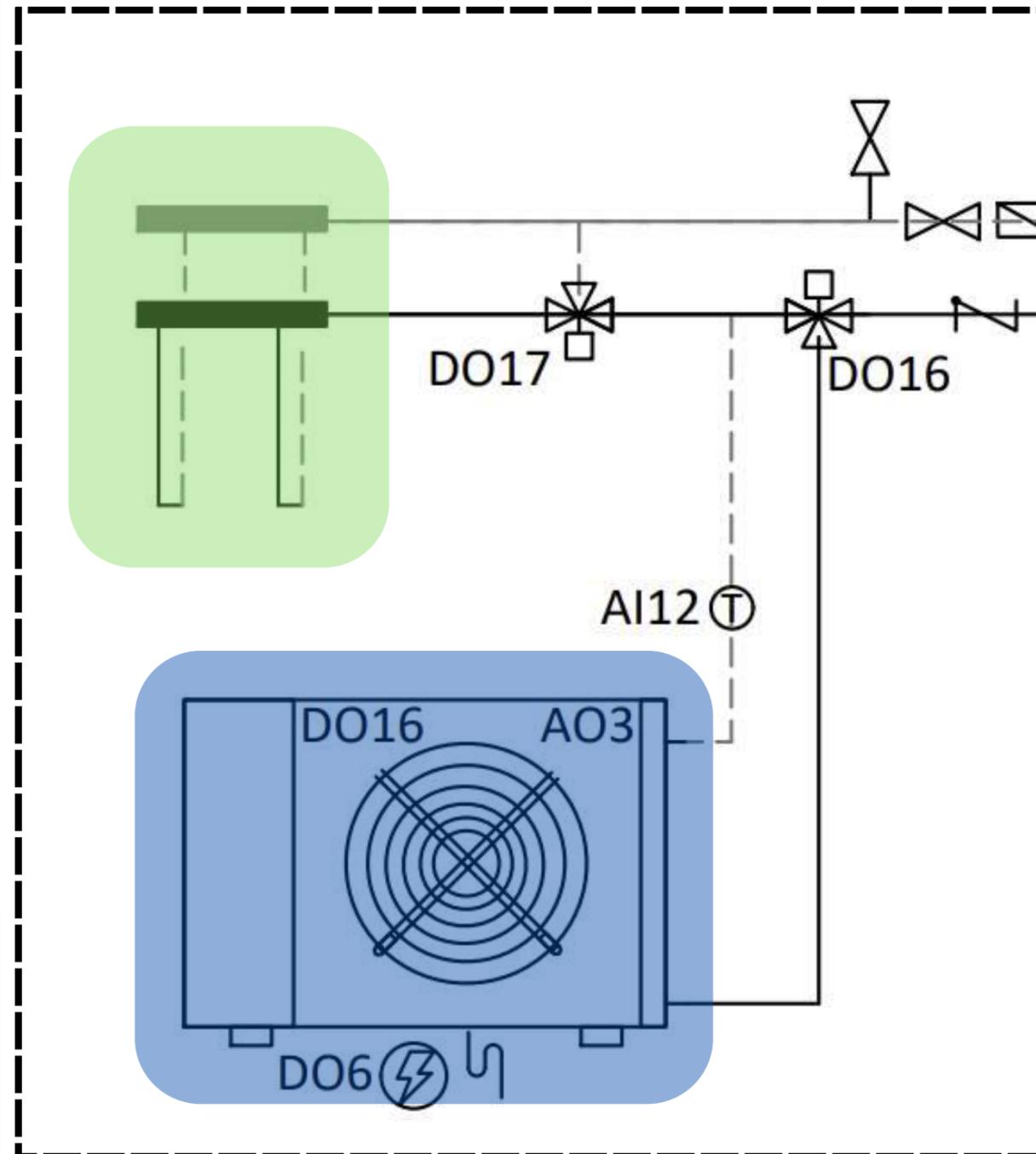
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente



- **SONDA GEOTERMICA**

a doppia "U" in Polietilene  
DA TEST EGRT:

Profondità: **90 mt**

T media terreno: 15,7 °C

Potenza massima dissipata:

Richieste fino a **6 kW** termici.

- **UNITA' AD ARIA**

Scambiatore ad aria **12 kW**  
termici.

**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

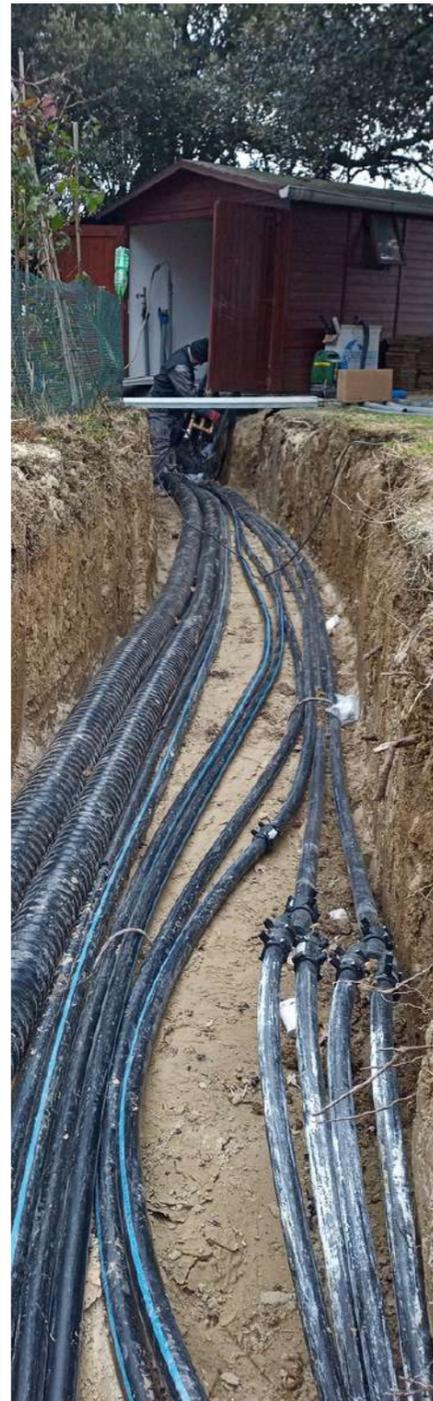
**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

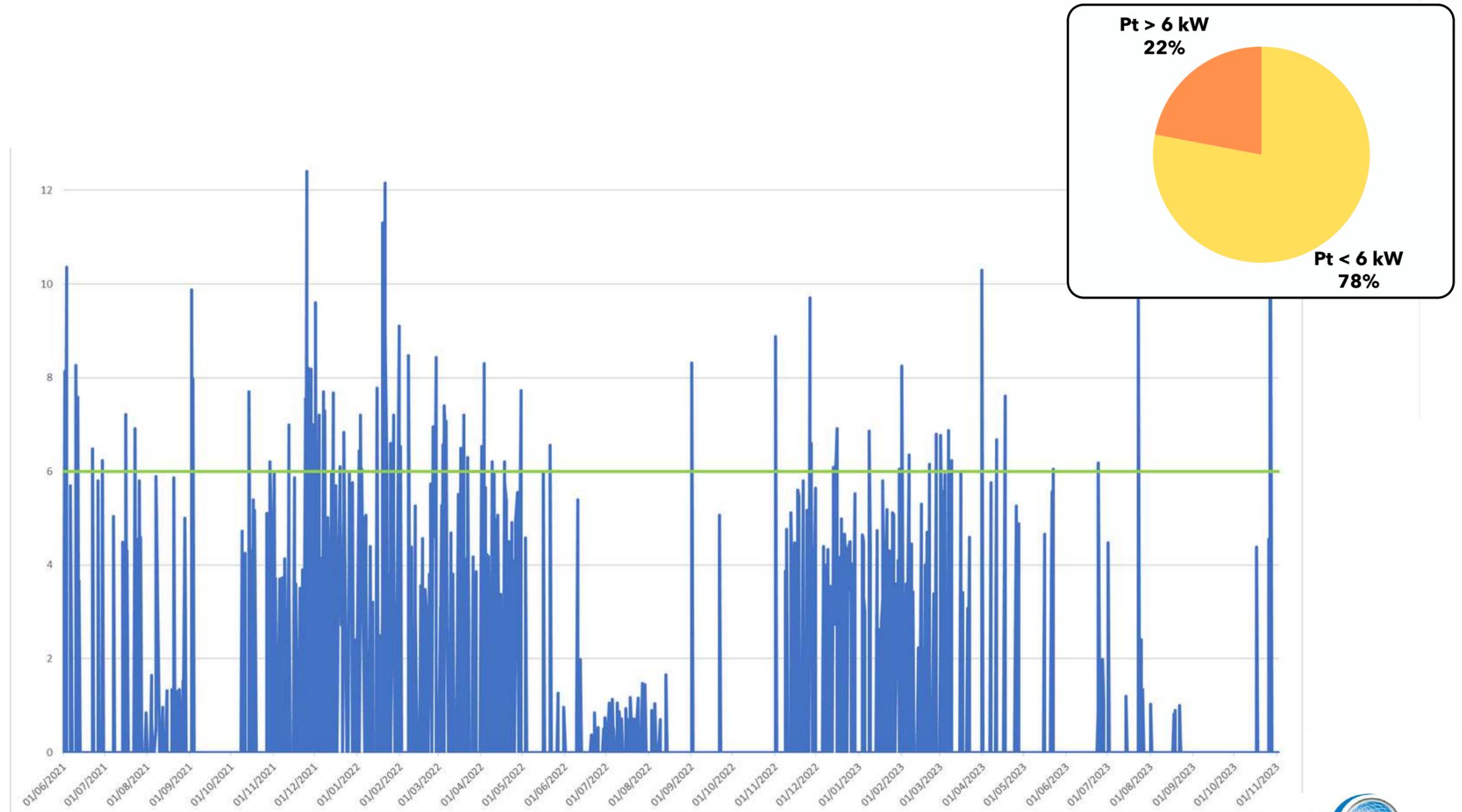
**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente

**GRAFICI DI MONITORAGGIO giu2021-nov2023**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

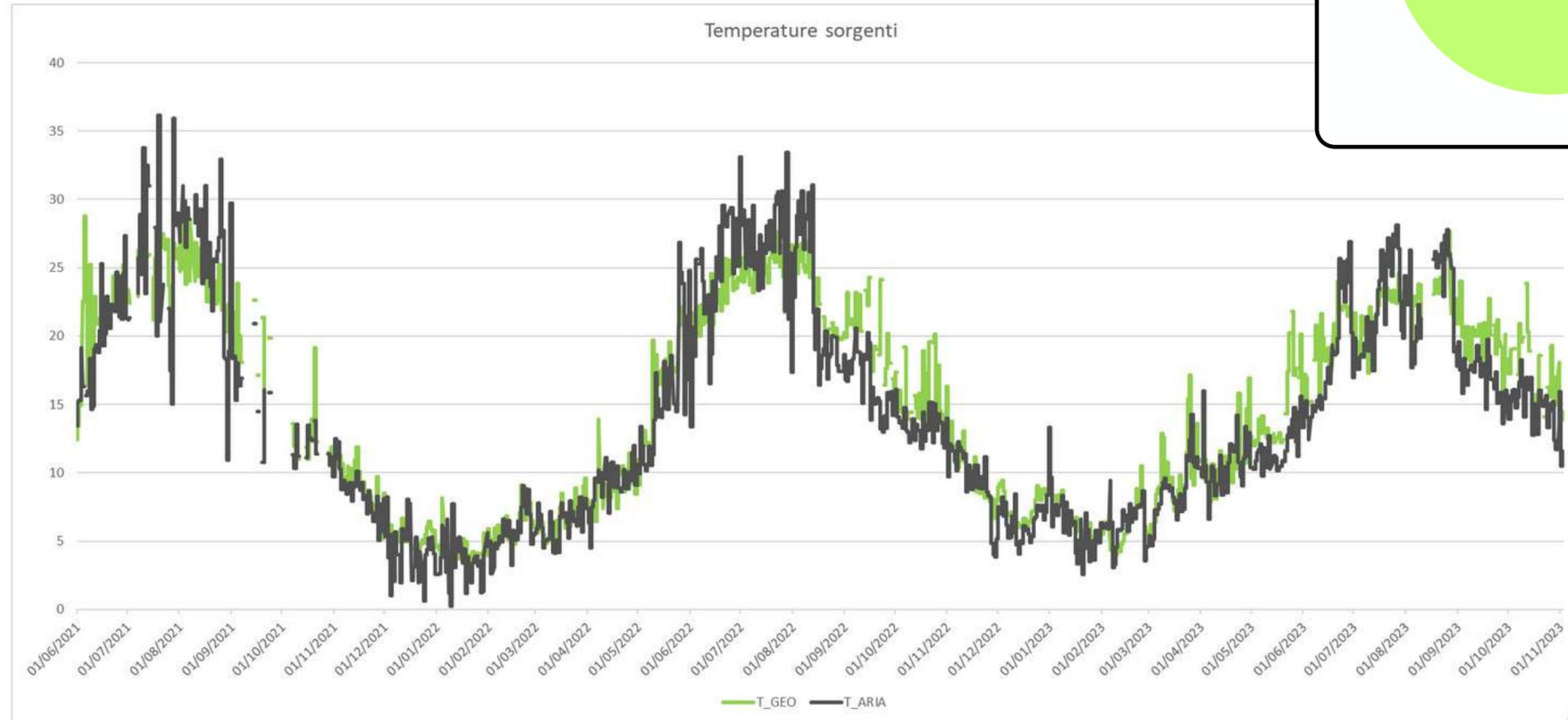
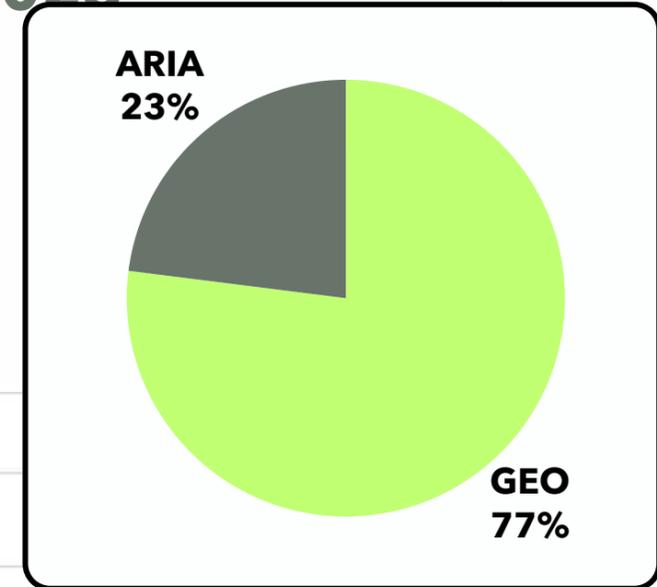
**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente

GRAFICI DI MONITORAGGIO giu2021-nov2023



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

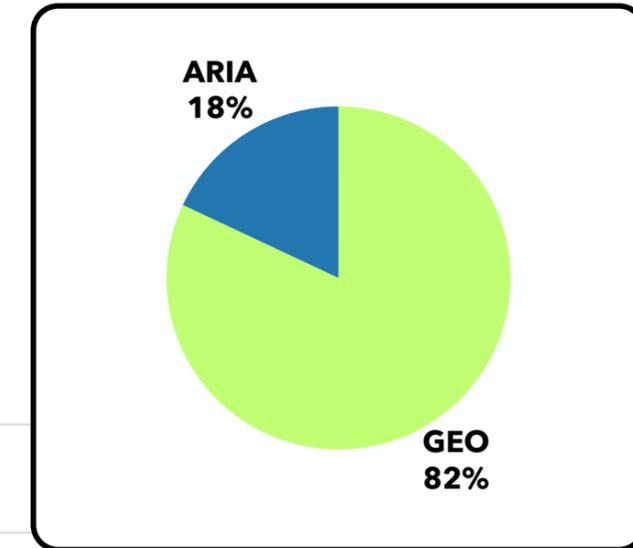
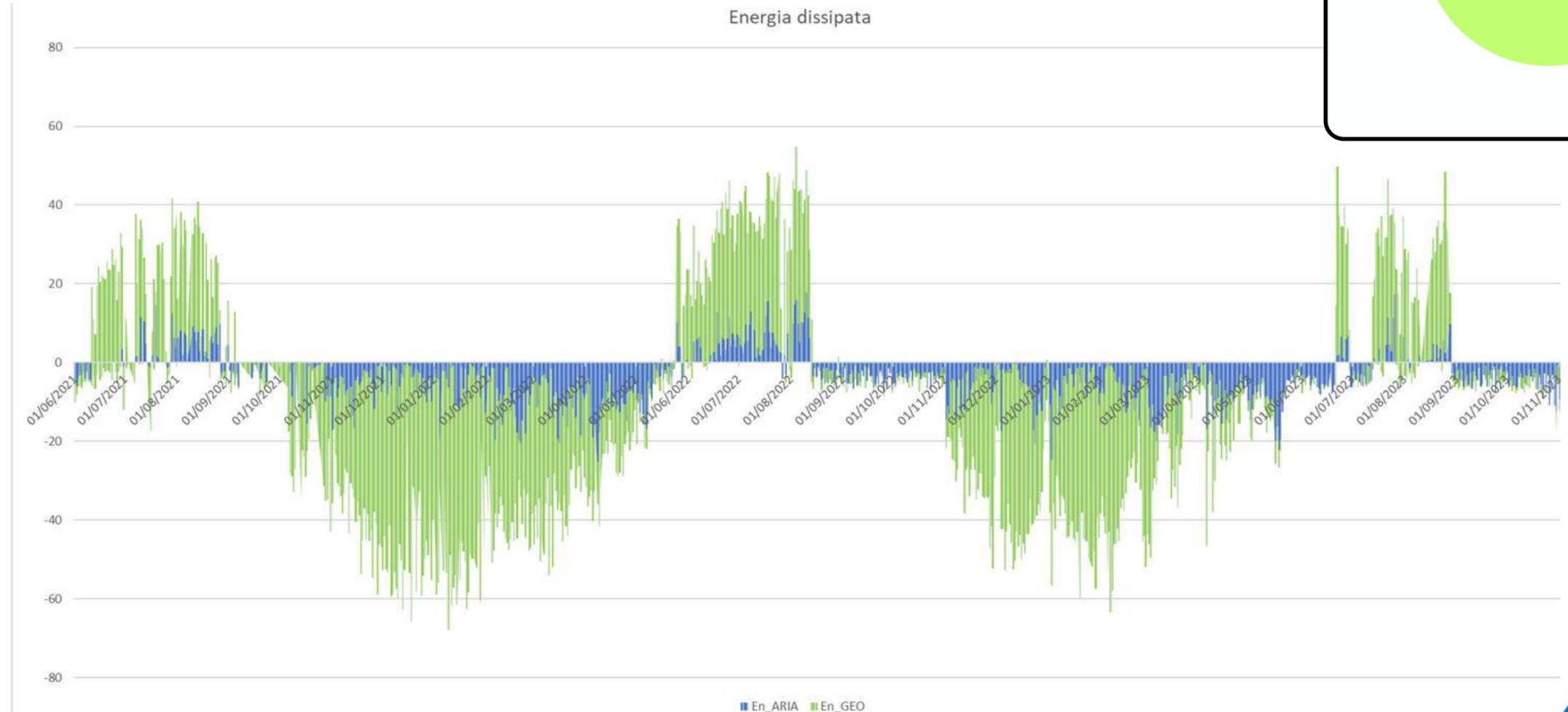
**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente

**GRAFICI DI MONITORAGGIO giu2021-nov2023**



**AGGIORNAMENTO  
PROFESSIONALE**

**CORSO APPLICATIVO DI  
PROGETTAZIONE  
GEOTERMICA**

**Ancona, 1 dicembre 2023**

**INDAGINI TERMICHE  
SUI TERRENI  
per la progettazione  
degli impianti**

**Dott. Geol. Gabriele Cesari**



# Imola - Geoscambio multisorgente

- RIDUZIONE COSTI di INVESTIMENTO (€) = **- 20% circa** (- € **12.000,00**)
- **SPF** MEDIO 2021-2023 = **5,04**
- SUDDIVISIONE POTENZA DI PICCO SULLE SORGENTI: **50% GEO - 50% ARIA**
- ENERGIA SMALTITA SULLE SORGENTI: **82% GEO - 18% ARIA**

La "bontà" della risorsa ARIA è determinante nell'ottenere un impianto con prestazioni paragonabili a quelle della sola geotermia. **La soluzione è particolarmente efficace nelle zone climatiche in cui NON vi sono temperature esterne estreme durante la stagione di raffrescamento o di riscaldamento.**

An aerial photograph of a residential complex. The image shows a central courtyard with a paved walkway and several trees. To the right, there are multi-story apartment buildings with balconies. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

# IMPIANTO GEOTERMICO

COMPLESSO RESIDENZIALE VIA BUSI 22, ROMA



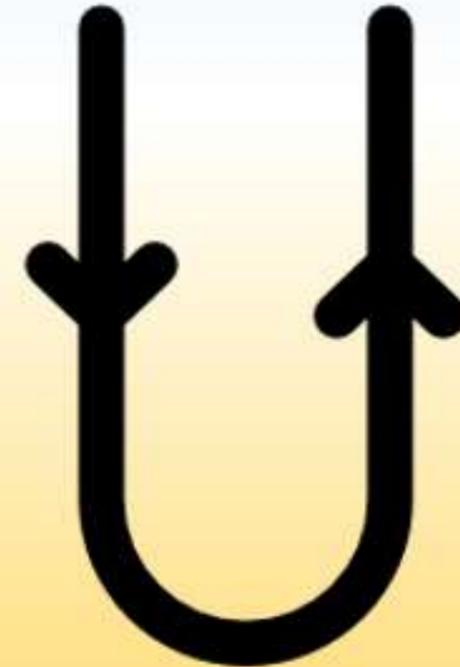
ORDINE

**geologi**

MARCHE



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



**Gabriele geol. Cesari**

[g.cesari@geo-net.it](mailto:g.cesari@geo-net.it)

[g.cesari@egeoitatia.com](mailto:g.cesari@egeoitatia.com)

Ancona, 1 dicembre 2023