



PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE

08 APRILE 2026

## PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

### PROGETTO GEOTERMICO OSTELLATO

# PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE – (PAUR)



Piano di Monitoraggio Ambientale	Documento	Data	Preparato	Controllato	Approvato
REG. 01 Dottore Stefano Baroni N. Iscrizione ERM/A01227	RELVIA-04	8 APR 2026	BARONI DI LURO	TORRI	MARCHETTI – FANTINATO – SCHEUBER



	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

## Sommario

1. Obiettivi .....	4
2. Definizioni .....	4
3. Quadro temporale degli interventi .....	5
4. Componenti ambientali interessate .....	7
5. Ante-operam - definizione dello stato di fatto.....	8
6. In corso d’opera - monitoraggio delle azioni.....	10
7. Post-operam - verifica dei parametri .....	11
8.1. Modalità di esecuzione delle attività di monitoraggio dei sistemi acquiferi A1 e A2 .....	16
9. Caratterizzazione acque pozzi “ATES” .....	18
9.1 Sensori a fibra ottica DTS per il monitoraggio della temperatura.....	18
10 Considerazioni sull’area pozzi San Giovanni.....	21
11 Caratterizzazione acque superficiali .....	22
12 Criteri di caratterizzazione dei terreni .....	26
13 Modalità di comunicazione agli Enti .....	27

## Indice delle figure

Figura 1: quadro di unione con l’ubicazione dei piezometri di monitoraggio, dei Pozzi ATES e dei Pozzi Geotermici (tratto da REL-A.GEN.2 Relazione Tecnica di Progetto Pozzi ATES). Planimetria CTR “205052” e “205063” alla scala 1:10.000.....	13
Figura 2: punti di campionamento <b>nell’area pozzi SG</b> – Planimetria CTR alla scala 1:10.000 .....	23
Figura 3: <b>Area ATES</b> punto di campionamento sul Canale Navigabile .....	24
Figura 4: punti di campionamento acque superficiali <b>nell’area ATES</b> : Canale Navigabile e nei canali della bonifica .....	25

## Indice delle tabelle

Tabella 1: azioni per il monitoraggio in corso d’opera .....	10
Tabella 2: azioni per il monitoraggio post operam.....	11
Tabella 3: parametri monitoraggio idrochimico dei sistemi acquiferi superficiali A1 e A2 .....	17
Tabella 4: parametri monitoraggio idrochimico acque superficiali .....	22

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

## 1. Obiettivi

Il PMA persegue i seguenti obiettivi:

- a) Definire lo stato ambientale ante-operam.
- b) Verificare in corso d'opera la congruenza degli impatti misurati con quelli previsti
- c) Verificare l'efficacia delle misure di mitigazione.
- d) Correlare i parametri post-operam con quelli ante-operam.

## 2. Definizioni

Ante-operam	stato di fatto prima dell'inizio delle attività di cantierizzazione
Corso d'opera fase di costruzione	preparazione della postazione, Installazione del cantiere e rig-up. Perforazione – Prove di produzione
Corso d'opera fase di esercizio	Coltivazione della risorsa
Corso d'opera fase di ripristino	Ripristino territoriale in caso di pozzo sterile
Post-operam	Stato di fatto al termine del ripristino territoriale

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

### 3. Quadro temporale degli interventi

#### SG1

Corso d'opera fase di costruzione

Installazione del cantiere e rig-up	gg	21
perforazione	gg	66
prove di produzione	gg	15
	TOTALE	102

#### SG2

Corso d'opera fase di costruzione

Viene riutilizzata la piattaforma esistente

Movimentazione del rig (skid)	gg	1
perforazione	gg	66
prove di produzione	gg	15
	TOTALE	82

#### GH1

Corso d'opera fase di costruzione

Preparazione della postazione	gg	120
Installazione del cantiere e rig-up	gg	15
Perforazione	gg	70
Prove di produzione	gg	15

#### GH2

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

Corso d'opera fase di costruzione

Movimentazione del rig (skid)	gg	5
perforazione	gg	70
prove di produzione	gg	15
	TOTALE	90

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

#### 4. Componenti ambientali interessate

Dalla tabella che pone in relazione le azioni di progetto alle componenti ambientali si evidenziano i seguenti elementi di possibili impatti:

##### Atmosfera

1. Immissione di gas di scarico
2. Emissioni acustiche
3. Illuminazione artificiale
4. Immissione polveri

##### Suolo

###### Monitoraggio della subsidenza

5. Monitoraggio degli aspetti sismici
6. Impianti di trattamento e stoccaggio rifiuti

##### Paesaggio

7. Aumento del traffico
8. Aumento estrazioni inerti

##### Acqua

9. Monitoraggio acque superficiali
10. Monitoraggio acque sotterranee

Per la componente Acque superficiali non sono previsti impatti **poiché per come è strutturato il cantiere sono** previsti scarichi di acque meteoriche in corpi idrici superficiali, previa depurazione di quelle di prima pioggia.

Le attività di perforazione inoltre isolano il foro dalle falde mediante il fango bentonitico e gli orizzonti con acquiferi di acque dolci sono poi isolati definitivamente da rivestimenti in acciaio e dalle relative cementazioni.

Definita questa premessa si procederà al monitoraggio anche di questa componente per completezza del quadro ambientale.

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

## 5. Ante-operam - definizione dello stato di fatto

La descrizione dello stato di fatto ante-operam si basa principalmente sui contenuti dello studio “Studio Prel Amb” redatto per conto della Committenza in occasione del rilascio del Permesso di ricerca di fluidi geotermici denominato “San Giovanni” nei Comuni di Ostellato, Comacchio e Fiscaglia (Fe) a cura dei Dott. Geol. Antognazzi e Castagnetti.

Sono inoltre stati utilizzati i dati provenienti dagli Enti competenti quali Provincia di Ferrara, ARPAE e Regione Emilia-Romagna.

In particolare, si prevede la realizzazione di studi specifici:

- I. **Polveri:** studio per la valutazione delle concentrazioni di polveri attese nell’atmosfera;
- II. **Acque sotterranee:** al fine di dettagliare il quadro idrostratigrafico e idrochimico nei primi 150-170 metri di profondità sono stati realizzati, nel 2022, in prossimità del sito di perforazione del pozzo “San Giovanni 1”, due sondaggi denominati PS1 e PS2 in cui sono stati rilevati anche dei profili log: gamma ray, conducibilità idraulica e temperatura. Inoltre, gli stessi sondaggi sono stati completati a piezometro al fine di essere attrezzati per il monitoraggio in continuo tramite sonda multiparametrica dei sistemi acquiferi A1 e A2 relativamente a temperatura, conducibilità elettrica e pressione/livello idraulico (vedi REL-MON-02\_Monitoraggio Piezometri\_Platea SG).

Per i medesimi scopi di monitoraggio, nel settore dei pozzi G.H.1 e G.H.2, saranno realizzati altri 2 piezometri: PS3 e PS4, che fungeranno da sistema di monitoraggio per i sistemi acquiferi superficiali A1 e A2 sia per la fase ante-operam che in-opera.

I piezometri PS3 e PS4 avranno lo scopo di dettagliare l’assetto idrostratigrafico e idrochimico nei primi 150-170 metri di profondità e, anche in questo caso come i piezometri PS1 e PS2, saranno attrezzati per il monitoraggio in continuo dei sistemi acquiferi A1 e A2

Nel settore dei pozzi G.H.1 e G.H.2 saranno realizzati anche i pozzi per lo stoccaggio termico denominati ATES 1 e ATES 2. I piezometri PS3 e PS4 sopradescritti saranno quindi funzionali anche al monitoraggio, ante-operam ed in opera, relativamente ai pozzi ATES1 e ATES 2.

Inoltre tramite l'utilizzo del sistema Distributed Temperature Sensing (DTS) sarà possibile avere il controllo delle variazioni di temperatura stagionali del reservoir di stoccaggio dovute ai cicli di carico e scarico, monitorare la migrazione di calore verso gli acquiferi più superficiali, e confermare il completo isolamento termico del reservoir, possibile grazie ad un layer impermeabile al di sopra di esso, rispetto agli acquiferi superficiali. Il Distributed Temperature Sensing (DTS) prevede l’installazione di una fibra ottica lungo l’intera profondità del pozzo, permettendo la misura continua della temperatura e la ricostruzione del relativo profilo termico distribuito. I sistemi DTS presentano un’elevata accuratezza nella misura della temperatura, raggiungendo spesso una precisione nell’ordine di  $\pm 1$  °C con una risoluzione fino a 0,01 °C, una risoluzione spaziale di 0,5–3 m e coprendo distanze di misura di diversi chilometri. Il sistema DTS comprende una fibra ottica, una sorgente laser, uno splitter ottico, un’unità optoelettronica di elaborazione del segnale e un’unità di visualizzazione. Il nucleo della fibra presenta dimensioni estremamente ridotte, con un diametro compreso tra 5 e 50  $\mu\text{m}$ , ed è rivestito da uno strato protettivo in silice, denominato cladding, caratterizzato da un indice di rifrazione differente rispetto al nucleo.

I piezometri saranno realizzati dopo l’ottenimento delle relative autorizzazioni.

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

III. Emissioni acustiche:

- a. redazione di apposita relazione di valutazione di impatto acustico in sede di eventuale richiesta di deroga ai limiti della Zonizzazione acustica comunale;
- b. campagna di monitoraggio acustico di verifica delle previsioni mirata all'avvio dell'attività di perforazione per ciascun sito;
- c. campagna di monitoraggio acustico mirata alle fasi di cantere più critiche (es.: sovrapposizione di attività di perforazione nel medesimo sito, in particolare Green House)

IV. Emissioni luminose

- a. Studio illuminotecnico, con particolare riferimento alle sorgenti di illuminazione notturna per torri di perforazione in base alle norme tecniche riportate nella DGR 1732/2015;
- b. Verifica in fase notturna di cantiere di perforazione dei valori di luminanza (cd/mq) presso l'area illuminata e/o di brillantezza del cielo notturno entro un determinato cono visuale, appurando la compatibilità con le zone di protezione stabilite dalla normativa regionale (LR 19/2003; DGR 1732/2015).

V. Analisi di sito

- a. Caratterizzazione dei terreni: si prevede un'indagine ambientale delle aree interessate dalle perforazioni;
- b. Acque superficiali: si prevede la realizzazione di una campagna di campionamento da avviarsi nel reticolo superficiale minore prossimale alle aree di perforazione;
- c. Subsidenza: piano di monitoraggio secondo la progettazione della rete di monitoraggio sismico e delle deformazioni del suolo a cura di ISAMGEO (vedi relativo elaborato, REL-MON-01\_Progettazione della rete di monitoraggio sismico e delle deformazioni del suolo);
- d. Aspetti sismici: piano di monitoraggio secondo la progettazione della rete di monitoraggio sismico e delle deformazioni del suolo a cura di ISAMGEO (vedi relativo elaborato, REL-MON-01\_Progettazione della rete di monitoraggio sismico e delle deformazioni del suolo);

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

#### 6. In corso d'opera - monitoraggio delle azioni

Nella seguente tabella vengono illustrate le azioni da eseguirsi in corso d'opera in relazione agli aspetti ambientali più sensibili:

<b>Aspetto ambientale</b>	<b>Azione</b>
Traffico (emissioni)	Monitoraggio degli accessi al cantiere durante le varie fasi
Emissioni acustiche	Campagna di monitoraggio sui recettori individuati per verificare la previsione non appena iniziate le fasi di perforazione Monitoraggio di controllo su eventuali fasi di criticità (sovrapposizione attività nel medesimo sito)
Illuminazione artificiale	Verifica della corrispondenza impiantistica rispetto alla proposta di progetto illuminotecnico e in funzione dei parametri applicabili presso le zone di protezione normate (LR 19/2003; DGR 1732/2015)
Acque superficiali	Campagna di monitoraggio da avviarsi nel reticolo minore superficiale prossimale alle aree di perforazione in almeno due punti a monte e a valle del cantiere
Acque sotterranee	Durante la fase ante-operam che in opera sarà effettuata la caratterizzazione chimica e dei principali parametri fisici: temperatura e pressione/livello idraulico, sia per i pozzi ATES 1 e ATES 2 che per i pozzi geotermici S.G.1-S.T.2, S.G.2, G.H.1 e G.H.2. Inoltre, sarà effettuata la caratterizzazione chimica ed il monitoraggio in continuo di temperatura, conducibilità elettrica e pressione/livello idraulico dei sistemi acquiferi A1 e A2 attraverso la rete di monitoraggio composta dai piezometri: PS1, PS2, PS3 e PS4. Monitoraggio in continuo di temperatura, conducibilità elettrica e pressione/livello idraulico del sistema acquifero profondo (Gruppo Acquifero B) che fungerà da serbatoio per lo stoccaggio termico nel sottosuolo nei pozzi ATES 1 e ATES 2.
Subsidenza	Campagna di monitoraggio: inizio dell'attività di monitoraggio a partire da un anno prima dell'inizio della messa in esercizio dell'impianto complessivo. Produzione di un report semestrale per tutta la durata delle operazioni. Il termine delle operazioni segna anche la fine del periodo di monitoraggio. Per la progettazione della rete di monitoraggio sismico e delle deformazioni del suolo si fa riferimento all'elaborato prodotto a cura di ISAMGEO
Aspetti sismici	

Tabella 1: azioni per il monitoraggio in corso d'opera

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

### 7. Post-operam - verifica dei parametri

Nella seguente tabella vengono illustrate le azioni da eseguirsi nella fase di post operam in relazione agli aspetti ambientali più sensibili:

Aspetto ambientale	Azione
Traffico (emissioni)	Consuntivo del monitoraggio
Suolo	Dopo la rimozione del rilevato e delle geomembrane: <ul style="list-style-type: none"> <li>• campagna di caratterizzazione del suolo per verificarne lo stato di non-contaminazione prima del ripristino morfologico;</li> <li>• campagna di campionamento e caratterizzazione del terreno scoticato ed accumulato nei terrapieni e nel deposito temporaneo</li> </ul>
Acque superficiali	Campagna di campionamento nel reticolo idrografico superficiale minore in due punti a monte e a valle del cantiere, un mese dopo il termine dei lavori di ripristino.
Acque sotterranee Sistemi Acquiferi Superficiali: A1 e A2	Proseguimento della campagna di monitoraggio e campionamento dei sistemi acquiferi superficiali A1 e A2 per tre mesi dopo il termine dei lavori di ripristino

Tabella 2: azioni per il monitoraggio post operam

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

#### **8.-Modalità di caratterizzazione dei sistemi acquiferi superficiali A1 e A2**

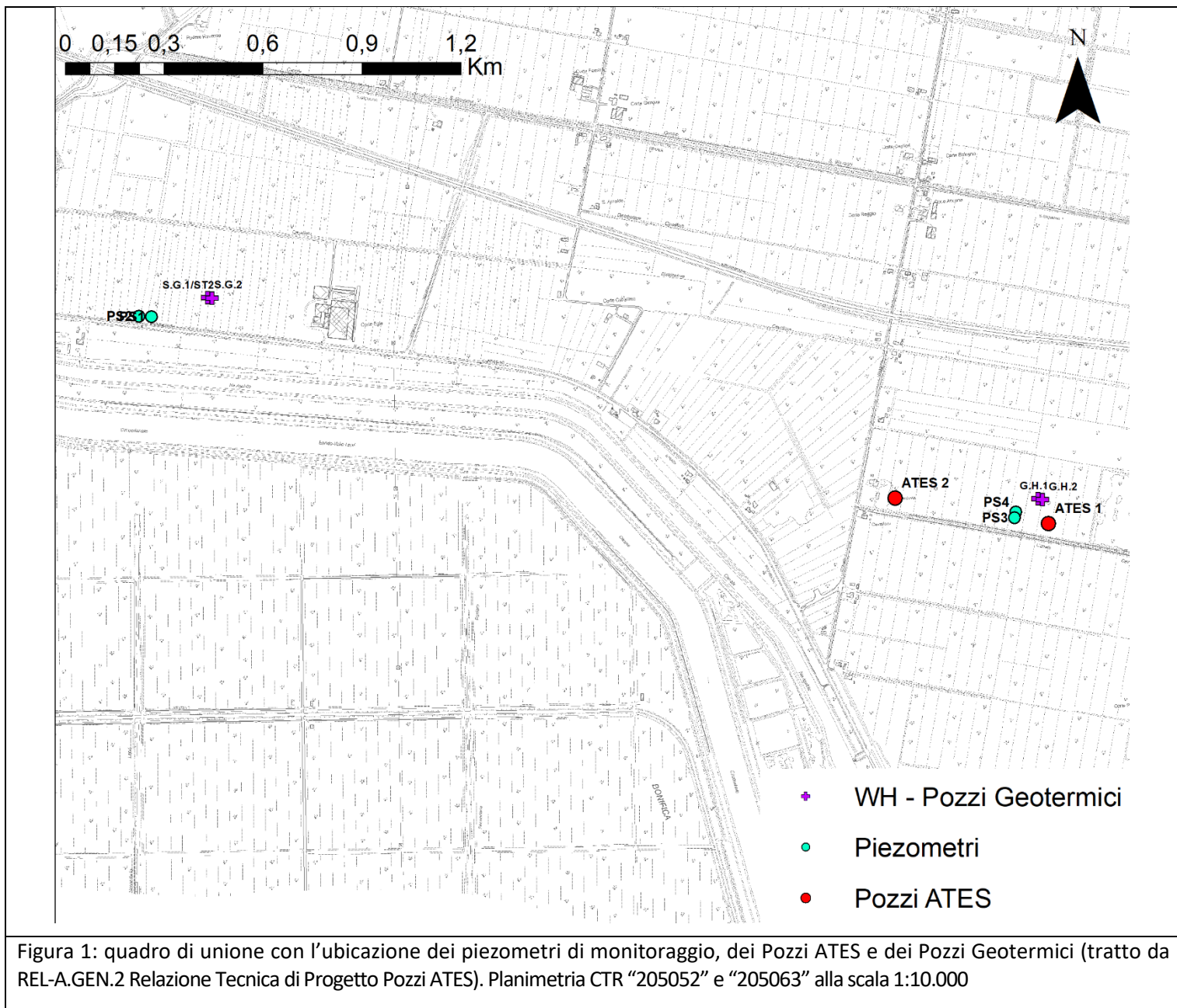
Al fine di monitorare l’impatto sui sistemi acquiferi superficiali, si prevede di utilizzare la rete di piezometri PS1, PS2, PS3 e PS4 presenti sia nel settore dei pozzi G.H.1, G.H.2, ATES 1 e ATES 2 che nel settore dei pozzi S.G.1/S.T.2, S.G.2.

Si evidenzia come il sistema di monitoraggio dei piezometri PS1 e PS2 sia stata messa in funzione nell’anno 2022 mentre i piezometri PS3 e PS4 verranno realizzati ad hoc nel settore dei pozzi G.H.1, G.H.2, ATES 1 e ATES 2.

Relativamente alle modalità di completamento e ai dati di monitoraggio dei piezometri PS1 e PS2 si faccia riferimento all’elaborato “REL-MON 02 Monitoraggio Piezometri Platea SG”.

Mentre per i piezometri in progetto PS3 e PS4 si faccia riferimento all’elaborato “REL-A.GEN.2 Relazione Tecnica di Progetto Pozzi ATES”.

Nella figura sottostante si riporta l’ubicazione dei piezometri, dei pozzi geotermici e dei pozzi ATES.



	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

Nella citata relazione viene dettagliatamente descritto lo schema realizzativo e di condizionamento degli strumenti. Di seguito un riassunto:

#### **Piezometro PS3**

- sarà realizzato mediante tecnica di perforazione a circolazione diretta a distruzione di nucleo del  $\varnothing = 311$  mm fino a circa m 75 di profondità;
- La tubazione sarà in PVC o PPHM del  $\varnothing = 6''$  o al massimo  $\varnothing = 7''$  con filtri microfresati da m 44 a m 72, compresa la formazione del manto drenante, del tappo bentonitico e la cementazione del tratto sommitale e tappo di fondo
- Lo strumento avrà lo scopo di caratterizzare il chimismo del sistema acquifero A1, oggetto del monitoraggio, e di acquisire in continuo mediante sonda multi-parametrica i dati di temperatura, conducibilità elettrica e livello idraulico

#### **Piezometro PS4**

- sarà realizzato mediante tecnica di perforazione a circolazione diretta a distruzione di nucleo del  $\varnothing = 311$  mm fino a circa m 160 di profondità
- tubazione in PVC o PPHM del  $\varnothing = 6''$  o al massimo  $\varnothing = 7''$  con filtri microfresati da m 128 a m 154, compresa la formazione del manto drenante, del tappo bentonitico e la cementazione del tratto sommitale e tappo di fondo
- Lo strumento avrà lo scopo di caratterizzare il chimismo del sistema acquifero A2, oggetto del monitoraggio, e di acquisire in continuo mediante sonda multi-parametrica i dati di temperatura, conducibilità elettrica e livello idraulico

Ogni piezometro sarà munito di testata in PVC  $\varnothing 180$  a tenuta stagna posto a +40 cm sul p.c. e identificato con propria sigla.

La testa dei piezometri sarà invece corredata di foro di passaggio da 3" con tappo predisposto per installazione pompa di campionamento e foro con pressacavo per transito cavo di alimentazione; inoltre sarà corredata di un foro  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " e/o  $\varnothing 2$ " (filettato e munito di relativo tappo svitabile: il foro sarà dedicato per il transito della sonda multiparametrica di monitoraggio).

Entrambe le due testate dei piezometri saranno contenute nei tubi  $\varnothing 660$  mm x 12 mm sp. annegati e cementati per un metro sotto il p.c. e fuoriuscenti a quota 0,50 mt sopra il p.c. e munite di coperchio amovibile e lucchettato.

Entrambi saranno idonei ad alloggiare il Q.E. di controllo/comando, reggere saldamente il palo porta pannello solare di alimentazione strumentazione, e l'antenna trasmissione dati da remoto della sonda multiparametrica. Detto palo sarà in acciaio  $\varnothing 3$  " alto 6 mt e saldato/staffato al citato pozzetto di contenimento e protezione in acciaio  $\varnothing 660$ .

Inoltre, i piezometri dovranno essere provvisti di sonda multiparametrica per rilevare Temperatura, conducibilità elettrica, pressione e livello e sarà dotato di datalogger a batterie e modem 2G/4G, per la trasmissione diretta in centrale dei dati rilevati.

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

La strumentazione di monitoraggio ha come scopo principale, attraverso la mole di dati acquisita durante sia la fase ante-operam che di esercizio dei pozzi, di valutare e analizzare l'andamento nel tempo del livello idraulico/pressione che soprattutto di eventuali variazioni di temperatura che, se ritenuti significativi, consentano di pianificare controlli più specifici quali campionamenti ad hoc per le analisi chimiche relativamente ai sistemi acquiferi monitorati A1 e A2.

### **Piezometri PS1 e PS2**

Come sopradescritto relativamente alle modalità di completamento dei piezometri PS1 e PS2 e al monitoraggio dei dati di temperatura, conducibilità elettrica e pressione/livello idraulico si faccia riferimento all'elaborato "REL-MON 02 Monitoraggio Piezometri Platea SG".

Per la frequenza di monitoraggio si rispetterà la prescrizione ARPAE che prevede la redazione di un report annuale dove è illustrato l'andamento di conducibilità elettrica, salinità, temperatura e livello della falda

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

### 8.1. Modalità di esecuzione delle attività di monitoraggio dei sistemi acquiferi A1 e A2

Le attività di monitoraggio previste relative alla rete piezometrica (PS1,PS2,PS3 e PS4) sono le seguenti:

➤ **Acquisizione in continuo della Pressione-Livello Idraulico**

Il controllo piezometrico dei sistemi acquiferi A1 e A2 verrà eseguito attraverso il monitoraggio in continuo con sonda multiparametrica e con lo scopo di acquisire in continuo i dati di pressione/livello idraulico. Il datalogger trasmetterà i dati in real-time ad un server FTP presente nella centrale di monitoraggio Fri-El Geopower.

Le misure mediante il trasduttore automatico di pressione (datalogger, impostato per effettuare la misura in continuo del battente d'acqua sovrastante lo strumento) potranno essere rilevate con una cadenza minima di pochi minuti.

Dalle misure di pressione (p) è possibile ricavare il corrispondente livello della falda (h), attraverso la formula:

$$h = p / \gamma$$

dove  $\gamma$  è il peso specifico dell'acqua pari a circa 10 kN/m<sup>3</sup>; le caratteristiche delle sonde utilizzate consentono una precisione millimetrica.

L'obiettivo del monitoraggio è quello di valutare il trend piezometrico dei sistemi acquiferi A1 e A2, nelle diverse fasi "ante-operam -in opera - post operam" e di verificare che non vi siano variazioni piezometriche correlabili o direttamente imputabili all'attività in progetto.

➤ **Acquisizione in continuo della Conducibilità elettrica e della Temperatura**

Il controllo della conducibilità elettrica e della temperatura dei sistemi acquiferi A1 e A2 verrà eseguito attraverso il monitoraggio in continuo con sonda multiparametrica e con lo scopo di acquisire in continuo i dati di conducibilità elettrica e temperatura. Il datalogger trasmetterà i dati in real-time ad un server FTP presente nella centrale di monitoraggio di Fri-El Geopower.

➤ **Campionamento acque per analisi di laboratorio**

Il monitoraggio idrochimico delle acque potrà essere effettuato tramite campionamento una-tantum in relazione allo sviluppo delle attività in progetto e potrà prevedere il seguente set analitico.

Si chiarisce come il panel analitico proposto, da prendere a riferimento fin dalla fase ante-operam, sia da concordare con gli Enti preposti e quindi suscettibile di modifiche.

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ph</li> <li>• Conducibilità Elettrica Specifica A 20°C</li> <li>• Durezza Totale</li> <li>• Toc</li> <li>• Nitrati, Nitriti, Ammoniaca</li> <li>• Cloruri</li> <li>• Solfati</li> <li>• Idrocarburi Totali Come N-Esano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alluminio</li> <li>• Arsenico</li> <li>• Ferro</li> <li>• Manganese</li> <li>• Magnesio</li> <li>• Cromo Tot</li> <li>• Calcio</li> <li>• Sodio</li> <li>• Potassio</li> </ul>
---	---

Tabella 3: parametri monitoraggio idrochimico dei sistemi acquiferi superficiali A1 e A2

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

## 9. Caratterizzazione acque pozzi “ATES”

Per quanto riguarda il monitoraggio del sistema acquifero profondo utilizzato per lo stoccaggio termico, previsto tra i 328 e i 380 metri di profondità (Gruppo Acquifero B) (vedi elaborati A.GEO2 e A.GEN.2) sarà utilizzato il sistema **Distributed Temperature Sensing (DTS)**; con questo sistema sarà possibile avere il controllo delle variazioni di temperatura stagionali del reservoir di stoccaggio dovute ai cicli di carico e scarico termico, monitorare la migrazione di calore verso gli acquiferi più superficiali, e confermare il completo isolamento termico del reservoir, possibile grazie ad un layer impermeabile al di sopra di esso, rispetto agli acquiferi superficiali. In fase di progettazione, si prevede l’installazione di un cavo in fibra ottica per il monitoraggio continuo della temperatura all’interno di entrambi i pozzi ATES ed in uno dei due piezometri:PS3 o PS4.

Mentre per quanto riguarda i dispositivi di superficie la testa dei pozzi ATES sarà completata con n° 2 manicotti saldati  $\varnothing= 1"1/4$  per cavi e sonde e n° 1 manicotto saldato  $\varnothing= 2"$  per sonda multiparametrica.

Questi manicotti consentiranno, in caso di necessità, di effettuare delle misurazioni puntuali di livello/temperatura all’interno del pozzo e/o di installare una sonda multiparametrica nei pozzi per il monitoraggio in continuo della pressione/livello ma anche della temperatura e conducibilità elettrica.

Sulla testa dei pozzi ATES è prevista l’installazione di un misuratore di portata elettromagnetico per le misure in continuo dei volumi totali emunti e delle portate istantanee in uscita dal pozzo/i verso lo scambiatore di calore del circuito primario.

Nell’ambito della configurazione complessiva dei pozzi ATES è prevista la realizzazione di n. 2 piezometri di monitoraggio:PS3 e PS4 che avranno come scopo il monitoraggio dei sistemi acquiferi superficiali A1 e A2 (elaborato A.GEN.2).

**NOTA: I piezometri PS3 e PS4 fungeranno da sistema di monitoraggio completo dei sistemi acquiferi superficiali anche per quanto riguarda, sia la fase ante-operam che in-opera, dei pozzi geotermici: G.H.1 e G.H.2.**

### 9.1 Sensori a fibra ottica DTS per il monitoraggio della temperatura

Di seguito si riporta una descrizione maggiormente dettagliata dei sensori a fibra ottica “DTS” per il monitoraggio della temperatura.

L'obiettivo di questo sistema di strumentazione è quello di monitorare in continuo lo stato termico del sistema, sia prima che durante la fase produttiva permettendo una diagnostica predittiva e un controllo in tempo reale del comportamento termico e dell’integrità del reservoir, oltre che degli acquiferi superficiali. Tramite l'utilizzo del sistema Distributed Temperature Sensing (DTS) sarà possibile avere il

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

controllo delle variazioni di temperatura stagionali del reservoir di stoccaggio dovute ai cicli di carico e scarico.

Il Distributed Temperature Sensing (DTS) prevede l'installazione di una fibra ottica lungo l'intera profondità del pozzo, permettendo la misura continua della temperatura e la ricostruzione del relativo profilo termico distribuito. I sistemi DTS presentano un'elevata accuratezza nella misura della temperatura, raggiungendo spesso una precisione nell'ordine di  $\pm 1$  °C con una risoluzione fino a 0,01 °C, una risoluzione spaziale di 0,5–3 m e coprendo distanze di misura di diversi chilometri.

Il sistema DTS comprende una fibra ottica, una sorgente laser, uno splitter ottico, un'unità optoelettronica di elaborazione del segnale e un'unità di visualizzazione. Il nucleo della fibra presenta dimensioni estremamente ridotte, con un diametro compreso tra 5 e 50  $\mu\text{m}$ , ed è rivestito da uno strato protettivo in silice, denominato cladding, caratterizzato da un indice di rifrazione differente rispetto al nucleo.

Il funzionamento del sistema DTS si basa sull'analisi della luce retro-diffusa all'interno della fibra ottica, generata in seguito all'invio di impulsi laser. In particolare, la misura della temperatura sfrutta la diffusione Raman, che produce componenti spettrali Stokes e Anti-Stokes. Mentre la componente Stokes risulta indipendente dalla temperatura, l'intensità della componente Anti-Stokes varia in funzione di essa.

La temperatura lungo la fibra viene quindi determinata a partire dal rapporto tra le intensità delle due componenti.

Nelle applicazioni in pozzo, la fibra ottica si estende dalla sala di controllo attraverso la testa pozzo, scendendo lungo la tubazione, all'interno o all'esterno del casing, attraversando il tratto di reservoir e risalendo infine fino alla sala di controllo.

Allo stato attuale, in fase di progettazione, si prevede l'installazione di un cavo in fibra ottica per il monitoraggio continuo della temperatura all'interno di entrambi i pozzi ATES e in uno dei due pozzi piezometrici.

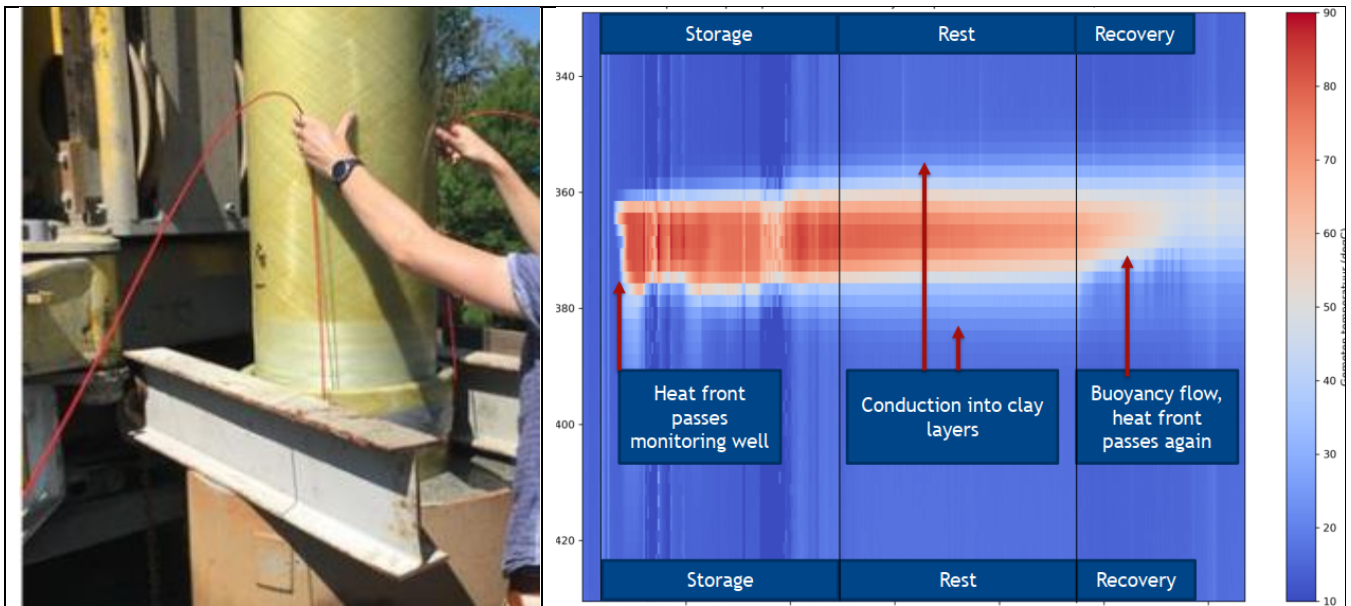


Figura 2a – Immagine rappresentativa di installazione della fibra ottica;  
Figura 2b – Presenza di calore nel sottosuolo durante un ciclo annuale

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

#### **10 Considerazioni sull'area pozzi San Giovanni**

L'esistente area pozzi San Giovanni è già oggetto di un monitoraggio che è iniziato in Ottobre del 2022.

Come citato nella REL-MON\_02 Monitoraggi Piezometri Platea SG, in prossimità del sito sono stati realizzati due piezometri PS1 e PS2 che indagano i sistemi acquiferi A1 e A2.

I piezometri sono attrezzati con sonda multiparametrica per il monitoraggio in continuo di temperatura, conducibilità elettrica, profondità della falda e salinità, come illustrato nel paragrafo 8.1

Il monitoraggio sarà in continuo sia durante la fase ante-operam sia in quella in-opera.



### 11 Caratterizzazione acque superficiali

Rispetto all'area di studio i punti di campionamento previsti sono:

➤ **Area pozzi SG**

Per l'area pozzi San Giovanni si prevedono due punti di campionamento a Sud e a Nord dell'area d'interesse. In particolare, troviamo:

- A Sud il Canale Navigabile
- a Nord il Canale Cavallara.

➤ **Area ATES**

- Canale Navigabile
- Canali della bonifica tra cui:
  - Canale Cavallara, posto a Sud;
  - Collettore Trebba posto a Est
  - Canale Distributore Cavallara posto a Nord

I parametri idrochimici utilizzati saranno i medesimi utilizzati per la caratterizzazione delle acque della falda superficiale in modo da avere una correlazione diretta:



<ul style="list-style-type: none"><li>• Ph</li><li>• Conducibilità Elettrica Specifica A 20°C</li><li>• Durezza Totale</li><li>• Toc</li><li>• Nitrati, Nitriti, Ammoniaci</li><li>• Cloruri</li><li>• Solfati</li><li>• Idrocarburi Totali Come N-Esano</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alluminio</li><li>• Arsenico</li><li>• Ferro</li><li>• Manganese</li><li>• Magnesio</li><li>• Cromo Tot</li><li>• Calcio</li><li>• Sodio</li><li>• Potassio</li></ul>
--	---

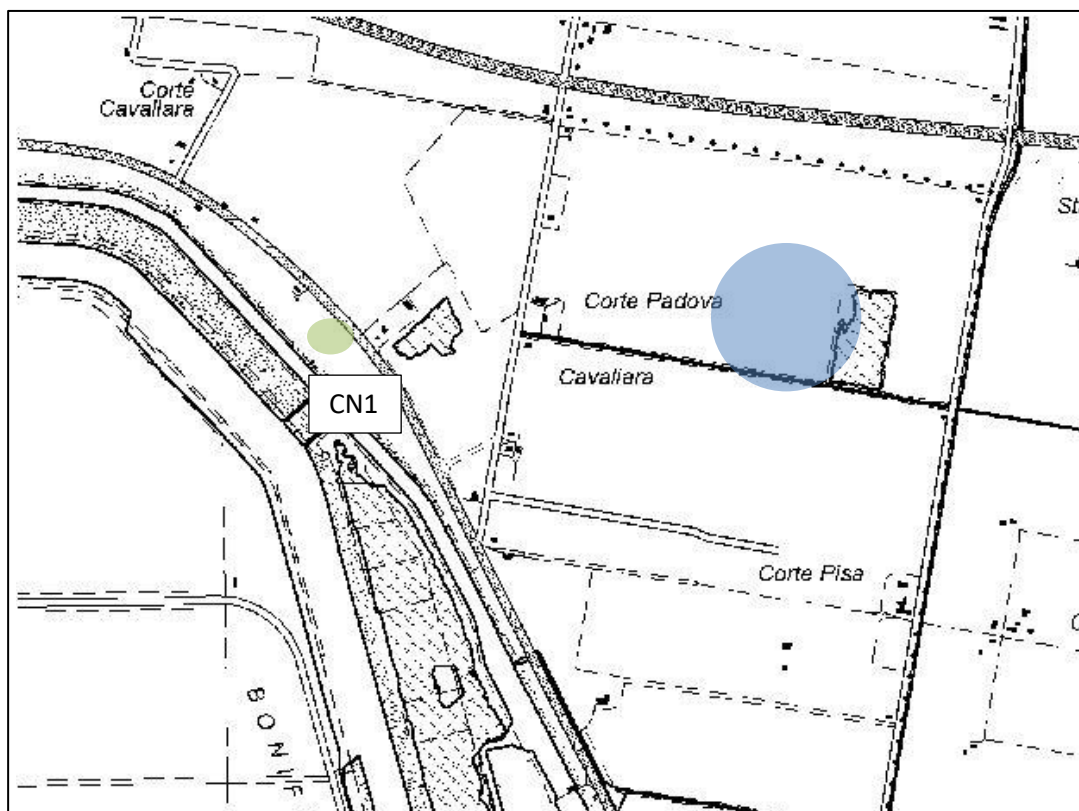
Tabella 4: parametri monitoraggio idrochimico acque superficiali

L'ubicazione dei punti di monitoraggio è illustrata nelle figure successive.



Figura 2: punti di campionamento nell'area pozzi SG – Planimetria CTR alla scala 1:10.000

-  Punto di campionamento sul Canale Navigabile
-  Punto di campionamento sul Canale Cavallara



● Area di interesse

● Punto di campionamento sul Canale Navigabile CN1

Figura 3: Area ATES punto di campionamento sul Canale Navigabile



Legenda





-  Area di perforazione
-  CDC1 Punto di campionamento sul Distributore Cavallara
-  CCC1 Punto di campionamento sul Canale Cavallara
-  CCT1 Punto di campionamento sul collettore Trebba

Figura 4: punti di campionamento acque superficiali nell'area ATES: Canale Navigabile e nei canali della bonifica

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

## 12 Criteri di caratterizzazione dei terreni

Per la caratterizzazione dei terreni saranno utilizzati gli stessi parametri analitici analizzati per la caratterizzazione in fase preliminare:

<u>Composti organici</u>	<u>Composti inorganici</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Idrocarburi pesanti (C&gt;12)</li> <li>• Idrocarburi leggeri (C&lt;12)</li> <li>• PCB</li> <li>• IPA : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzo (a) Antracene</li> <li>• Benzo (a) Pirene</li> <li>• Benzo (b) Fluorantene</li> <li>• Benzo (g,h,i) Perilcne</li> <li>• Benzo (k) Kluorantene</li> <li>• Crisene</li> <li>• Dibenzo (a,e) pirene</li> <li>• Dibenzo (a,h) pirene</li> <li>• Dibenzo (a.i) pirene</li> <li>• Dibenzo (a.l) pirene</li> <li>• Dibenzo (a.h) antracene</li> <li>• Indenopirene</li> <li>• Pirene</li> <li>• Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Arsenico</li> <li>• Cadmio</li> <li>• Cr tot</li> <li>• Cr VI</li> <li>• Mercurio</li> <li>• Nichel</li> <li>• Piombo</li> <li>• Rame</li> <li>• Zinco</li> </ul>

Il campionamento sarà effettuato in corrispondenza dei seguenti punti:

- solettone e delle aree confezionamento e stoccaggio fanghi;
- deposito oli;
- area alloggiamenti.

Verranno previsti un campionamento in fase ante operam, uno in fase di esercizio e uno post operam.

I campioni prelevati saranno a monte, a valle e al centro dei punti indicati sopra (n. 3 campioni per ciascun punto indicato).

	<b>PIANO MONITORAGGIO AMBIENTALE</b>	08 APRILE 2026
---	--------------------------------------	----------------

### 13 Modalità di comunicazione agli Enti

Una volta ottenuta l'autorizzazione saranno eseguiti i piezometri di monitoraggio e verrà realizzata la prima serie di campionamenti e analisi sulle acque sotterranee e superficiali. Si prevedono due campionamenti ripetuti a 15 giorni di distanza per determinare lo stato delle acque.

Dopo l'avvio dei lavori i dati dei monitoraggi saranno comunicati semestralmente ad ARPAE.

Le verifiche acustiche sui recettori eseguite dopo l'avvio della perforazione saranno inviate direttamente ad ARPAE; in caso di superamento del differenziale saranno immediatamente messi in opera pannelli fonoassorbenti mobili e sarà ripetuto il monitoraggio.

I dati di accessi reali al cantiere saranno comunicati al Comune di Ostellato con frequenza mensile.

I dati di monitoraggio al termine della fase di ripristino saranno inviati ad ARPAE insieme ad un rapporto finale di bilancio ambientale sui consumi idrici, sui reflui e rifiuti conferiti a smaltimento e sugli inerti conferiti a recupero, nonché una valutazione sintetica del quadro idrochimico e dello stato del suolo superficiale.

Parma 07/04/26



Dott. Geol. Antonio Di Lauro

Dott. Biol. Stefano Baroni

