

COMUNE DI PIOMBINO  
(PROVINCIA DI LIVORNO)  
Loc. Vignarca

**PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE E L'AMPLIAMENTO  
DELL'ATTIVITA' ESISTENTE DI ITTICOLTURA**

**VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE**

art. 23 e seguenti Dlgs.152/2006 e art. 52 LRT 10/2010

RICHIEDENTE:

**IGF Società Agricola s.r.l.**

Loc. Vignarca, n.24 - 57025 Piombino (LI)

sede legale: Via E. Fermi, n.7 -00012 Guidonia Montecelio (RM)

P.Iva - C.F.: 01653590537



OGGETTO:

**Pozzi geotermici**

DATA

Nov. 2023

TAV.

**R11**

GRUPPO DI LAVORO:

Progettazione:

Arch. Cristina Guerrieri

Geol. Luca Finucci

Arch. Francesca Guerriero

Biol. Paolo De Marzi

Biol. Diogo Nunes Rosado

Dott. Marco Caramelli acustico

Studio d'Impatto Ambientale:

Geol. Simona Petrucci

Valutazione Appropriata:

Biol. Piera Lisa Di Felice

REV0

**22/11//2023**

REV1

NOME del FILE  
Integrazione VIA\_

SCALA:

--

# PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE E L'AMPLIAMENTO DELL'ATTIVITA' ESISTENTE DI ITTICOLTURA

## **Valutazione d'Impatto Ambientale**

**art. 23 e seguenti D.Lgs. 152/06 e art. 52 LRT 10/2010**

-----  
**Relazione integrativa in risposta alle «richiesta di integrazioni e  
chiarimenti» pervenuta al proponente in data 21 settembre 2023  
in merito alla tipologia e consistenza dei pozzi geotermici**

Proponente: IGF Societa Agricola S.r.l.

Consulente: Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini – O.G.T. n. 709

Data: 22 novembre 2023

## Indice generale

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. GEOTERMIA.....</b>	<b>4</b>
2.1 CENNI GENERALI.....	4
<b>3. FUNZIONAMENTO E COMPONENTI DI UN IMPIANTO GEOTERMICO A BASSA ENTALPIA.....</b>	<b>6</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>7</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>8</b>
5.1 CARATTERI STRATIGRAFICI ED IDROGEOLOGICI.....	8
<b>6. SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO APERTO.....</b>	<b>11</b>
6.1 PREDIMENSIONAMENTO POZZI.....	12
6.2 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE POZZO PILOTA.....	14
<b>7. CONCLUSIONI.....</b>	<b>16</b>

## 1. PREMESSA

Il presente contributo tecnico costituisce elaborato specialistico, in risposta alla richiesta di chiarimenti formulata da ARPAT – Area Vasta Costa – Piombino (sotto riportati), nell’ambito dello Studio preliminare ambientale di Verifica di Assoggettabilità a VIA al “Progetto per la riqualificazione e l’ampliamento dell’attività esistente di itticultura” ubicata in Località Vignarca nel territorio del Comune di Piombino (LI) e condotta dalla **IGF Azienda Agricola S.r.l.**, facente parte del Gruppo del Pesce con sede operativa in Piombino (LI).

In particolare è stato richiesto di:

*Aspetti impiantistici riconducibili alla presenza di una pompa di calore di tipo geotermico.*

Considerato che il Proponente indica che “La sorgente di tutte le centrali termiche saranno i pozzi geotermici”, in considerazione dei prevedibili effetti su intrusione salina e scarichi, si ritiene necessario acquisire informazioni aggiuntive.

*Aspetti impiantistici riconducibili alla presenza di una pompa di calore di tipo geotermico.*

Si chiede che il Proponente chiarisca se l’impianto geotermico proposto è di tipo a ciclo aperto o chiuso, se la sorgente di acqua prelevata è quella di falda, specificando in questo caso, caratteristiche dei pozzi previsti, oltre alle portate emunte e attese allo scarico (specificandone la relativa localizzazione).

Dovrà inoltre essere valutata (tecnicamente ed economicamente) l’alternativa di adottare come sorgente termica l’acqua di mare, con punto di prelievo e scarico a mare, in corrispondenza della costa.

In questo elaborato tecnico saranno descritte le caratteristiche dei pozzi per acqua utilizzati per il prelievo e re-immissione nel sottosuolo delle acque di falda utilizzate dalle pompe di calore per gli usi a servizio dell’attività d’allevamento ittico, così meglio descritti negli altri elaborati e relazioni specialistiche.

L’assetto geologico ed idrogeologico di riferimento per il pre-dimensionamento del suddetto impianto è stato estratto dalla relazione geologica (elaborato R3) redatta a supporto del progetto in parola a firma del geologo Dott. Luca Finucci, appositamente fornitaci dalla Committenza. Sono altresì stati consultati altre pubblicazioni o database pubblici disponibili in rete.

## 2. GEOTERMIA

### 2.1 CENNI GENERALI

La terra contiene una notevole quantità di calore. Secondo le conoscenze attuali, circa il 99% della sua massa si trova a temperature che superano i 1.000°C, con valori compresi tra i 6.000 e 6.500°C nel nucleo centrale. Questo calore ha due origini: una esterna, l'altra interna.

L'origine interna è invece dovuta al calore prodotto dal decadimento nucleare di sostanze radioattive presenti nelle rocce del sottosuolo: in pratica il solo calore che mantiene calda la terra a profondità che superano i 20 m. Ed è questo il solo calore che, a rigor di termini, può essere definito geotermico (dal greco: calore prodotto dalla terra).

Tuttavia, anche a livello internazionale, il termine geotermico è ormai generalmente utilizzato per individuare tutto il calore (d'origine interna ed esterna) immagazzinato nella terra. Così come il termine geotermia è generalmente utilizzato per individuare la disciplina e le tecniche varie che consentono di sfruttare tale calore.

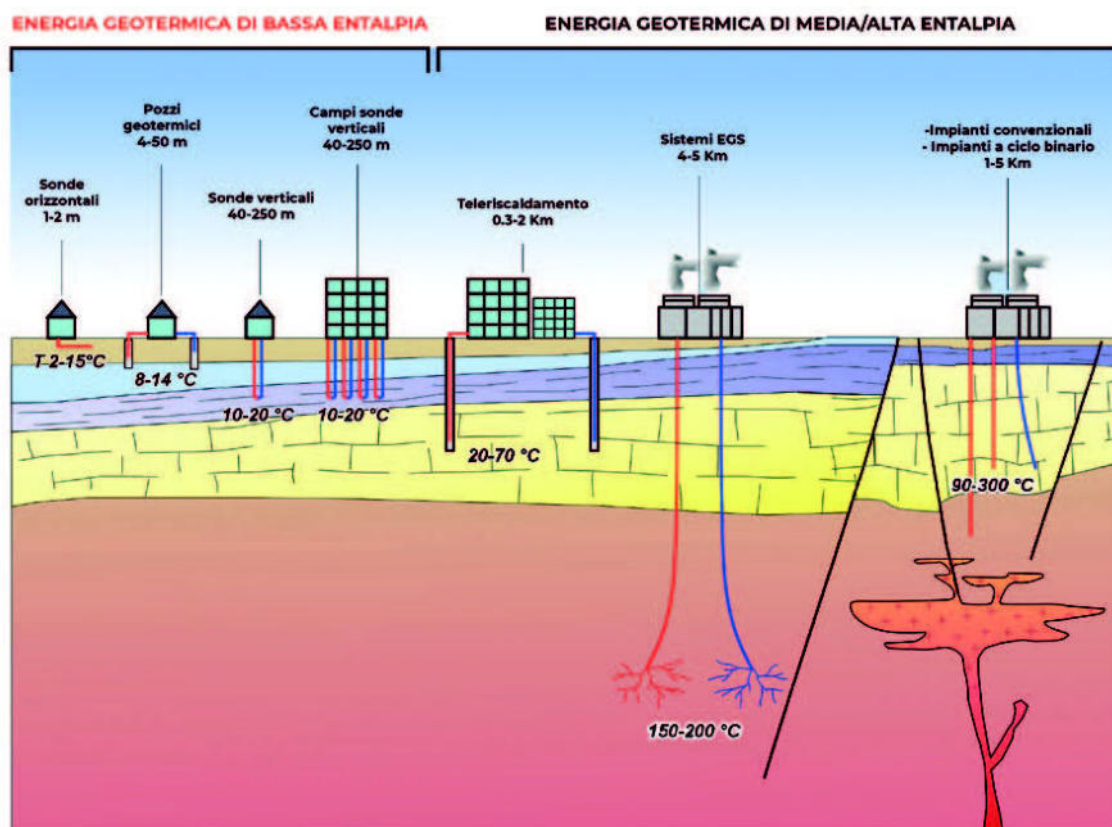


Fig. 1a – Sezione ideale semplificata dei diversi sistemi geotermici e loro profondità e temperatura

L'energia geotermica, rispetto ad altre energie, ha il vantaggio di non dipendere dalle condizioni atmosferiche (ad es. dal sole, vento o maree) e neppure dalle scorte di sostanze

combustibili (ad es. biomasse). È quindi un tipo di energia stabile e affidabile. In base alle temperature di possibile uso, l'energia geotermica è generalmente così suddivisa:

1. alta temperatura quando si usa acqua surriscaldata e vapori a più di 180°C;
2. media temperatura quando si usa acqua surriscaldata e vapori a temperature comprese fra 100 e 180°C;
3. bassa temperatura quando si usano fluidi a temperature comprese fra 30 e 100°C;
4. a temperatura molto bassa quando si usano fluidi a temperature inferiori a 30°C.

Nel caso specifico, l'impianto proposto rientra fra quelli che utilizzeranno fluidi con temperature inferiori a 30°C, in particolare saranno impiegate le acque di falda emunte da pozzi appositamente costruiti.

In questo specifico caso viene sfruttata la stabilità termica che si registra nel sottosuolo a partire da una certa profondità, stabilità che riguarda a maggior ragione le acque sotterranee per permeano gli strati acquiferi. In linea generale, alle nostre latitudini, oltre 15 metri di profondità, nel sottosuolo le temperature del terreno e delle acque in esso contenute si mantengono stabili nel corso di tutto l'anno.

Tale stabilità rende il sottosuolo una sorgente estremamente adatta per scambiarsi calore: il terreno risulta più caldo dell'aria durante l'inverno e più fresco dell'aria durante l'estate, e questo spiega la maggiore efficienza delle pompe di calore geotermiche rispetto a quelle aerotermiche.

In questo caso, l'energia termica a temperatura molto bassa è derivata dal terreno con appositi scambiatori di calore. È poi ceduta a macchine (le pompe di calore – PDC) in grado di innalzarne la temperatura fino a valori che rendono possibile sia riscaldare gli edifici sia per aumentare la temperatura di acque da utilizzare in agricoltura o in processi industriali (prelevando calore dalle acque di falda e reimmettendo acque di falda più fredde) o subordinatamente invertendo il processo nella PDC, effettuare il raffrescamento degli edifici e cedere calore alle acque di falda reimmesse.

### 3. FUNZIONAMENTO E COMPONENTI DI UN IMPIANTO GEOTERMICO A BASSA ENTALPIA

Un impianto geotermico a bassa entalpia è costituito da tre componenti principali: lo scambiatore geotermico, la pompa di calore ed il circuito di distribuzione (Fig. 2).

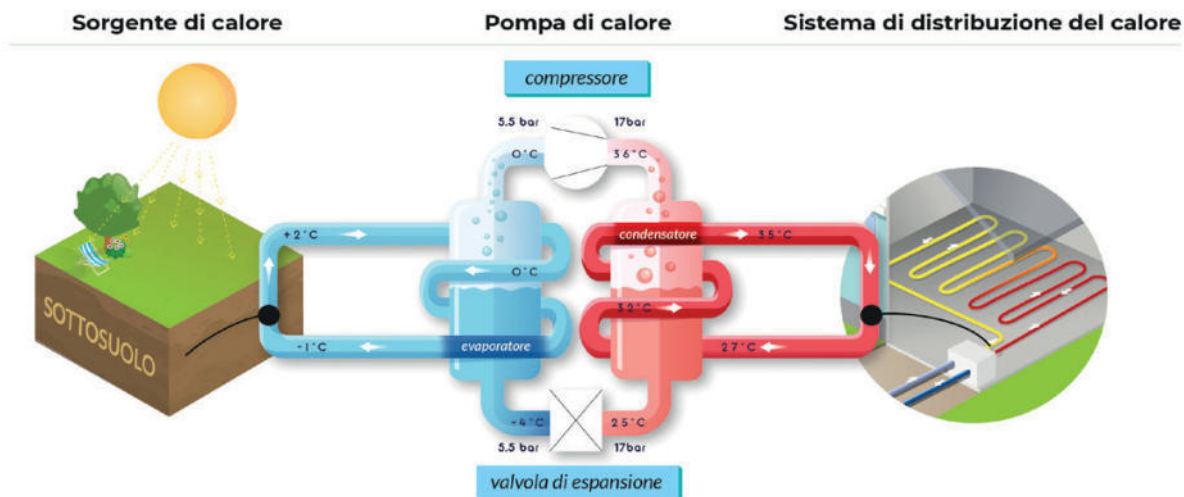


Fig. 2 – Schema di funzionamento della pompa di calore con scambiatore geotermico.

In questa relazione specialistica valuteremo gli aspetti che riguardano la sorgente di calore o scambiatore geotermico, ovvero il sottosuolo naturale e le acque in esso contenute.

Lo scambiatore geotermico è adibito a catturare (od a dissipare) il calore nel sottosuolo utilizzando l'acqua di falda (nel caso specifico), infatti, l'impianto geotermico previsto dalla Committenza appartiene alla categoria a circuito aperto. I sistemi a circuito aperto sfruttano l'acqua di falda per lo scambio termico con la pompa di calore e sono tipicamente costituiti da un doppietto di pozzi (presa e resa) o un maggior numero di pozzi negli impianti più grandi.

La pompa di calore è un dispositivo, alimentato da energia elettrica, in grado di trasferire calore da una sorgente a temperatura minore ad un ambiente a temperatura maggiore: un processo che, per il secondo principio della termodinamica, in natura non può avvenire spontaneamente. Il funzionamento della pompa di calore, come quello di un comune frigorifero domestico, è basato sulla circolazione di un fluido refrigerante che assorbe e cede calore nei passaggi di fase, rispettivamente, liquido-vapore e vapore-liquido, in un ciclo termodinamico illustrato in Fig. 2. In modalità riscaldamento, il refrigerante passa dapprima in un evaporatore sotto forma di liquido a bassa temperatura ed evapora, assorbendo calore dalla sorgente (acqua di falda) a bassa temperatura; il vapore passa in un compressore che provoca un notevole incremento della sua pressione e temperatura; il vapore caldo passa nel condensatore dove, trasformandosi in liquido, cede l'energia

termica ad una temperatura sufficientemente alta da potere essere usata per scaldare un edificio o per produrre acqua calda per le vasche ittiche; infine, il liquido caldo passa in una valvola di espansione riducendo la sua pressione e temperatura, per tornare un liquido freddo e riprendere il ciclo. In questo processo non vi è mai contatto fra le acque di falda ed il liquido refrigerante della pompa di calore.

Rispetto ai sistemi convenzionali per il riscaldamento dell'acqua (caldaia a metano/GPL, ect.), le pompe di calore geotermiche offrono una riduzione dei consumi di energia primaria variabile dal 30 al 70%.

In riscaldamento, infatti, la pompa di calore è in grado di estrarre dalla sorgente (aria, terreno o acqua) una quantità di energia molto maggiore (da 3 a 5 volte) dell'energia elettrica consumata: il rapporto tra l'energia termica fornita dall'impianto di distribuzione e l'energia elettrica consumata dalla pompa di calore è detto COP (Coefficient Of Performance). Se, ad esempio,  $COP=4$ , per fornire 4 kWh di energia all'edificio è sufficiente 1 kWh di energia elettrica (che aziona il compressore e infine si converte in calore), mentre gli altri 3 kWh termici sono estratti dal terreno. Mentre il COP di una pompa di calore aerotermica è generalmente intorno a 3, quello di una pompa di calore geotermica è attorno a 4 negli impianti a circuito chiuso e può arrivare a 5 in quelli a circuito aperto, come quello previsto nel sito IGF Srl.

#### **4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

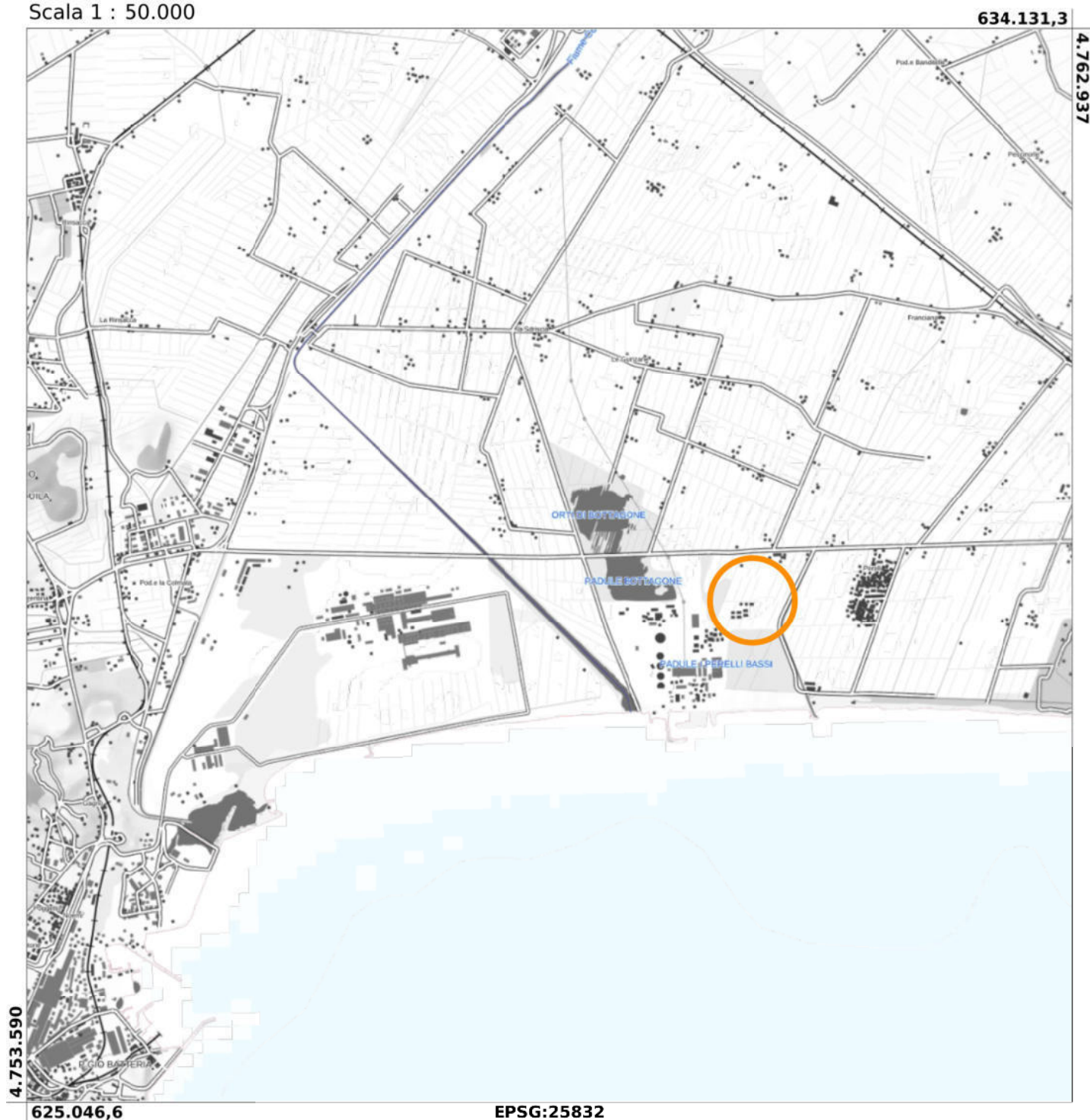
L'intervento in progetto è ubicato nel Comune di Piombino in loc. Vignarca, un'area agricola immediatamente a tergo della ex Centrale elettrica ENEL di Torre del Sale.

Quest'area è cartograficamente individuabile nel Foglio n° 317 I<sup>a</sup> Sezione "Piombino" della Carta Topografica d'Italia (1:25.000) e più in dettaglio nella Sezione n°317040 della Carta Tecnica Regionale (1:10.000) e nell'Elemento n°317043 "Torre del Sale" della Carta Tecnica Regionale (1:5.000).

# Corografia generale

Loc. Vignarca, Piombino (LI)

Scala 1 : 50.000



Ubicazione dell'impianto

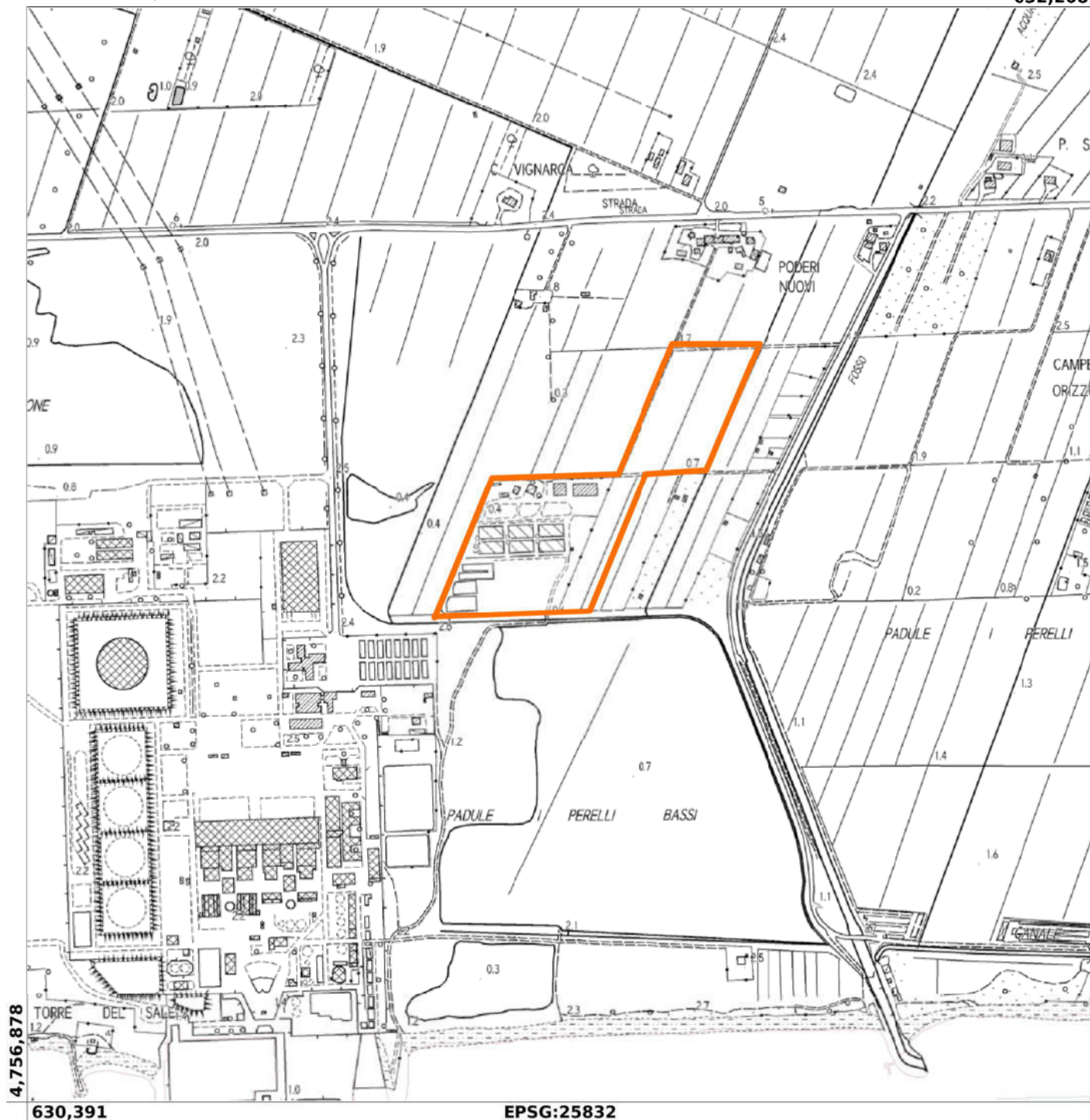
# Carta Tecnica Regionale

## Mappa di dettaglio aree di intervento

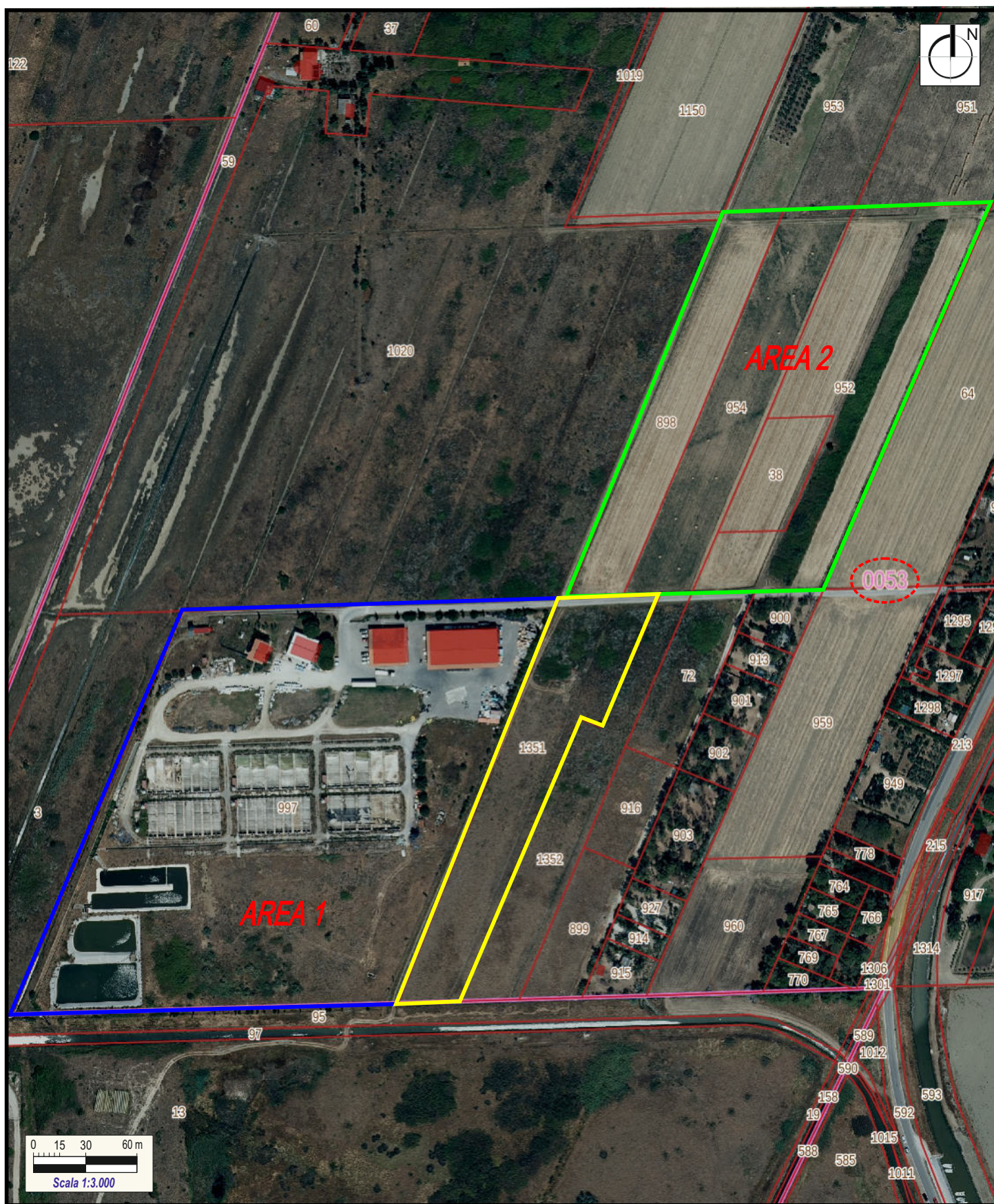
Scala 1 : 10,000

632,208

4,758,747



Ubicazione aree occupate dall'impianto ittico



Mappa catastale su foto area (2021) da Geoscopio. In evidenza le aree oggetto del progetto in parola.

## **5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

### **5.1 CARATTERI STRATIGRAFICI ED IDROGEOLOGICI**

Le caratteristiche geologiche del sito sono state estratte dalla documentazione ufficiale della Regione Toscana (CARG, 2004) ed in dettaglio dalla Sezione n°317040 del DB Geologico Regionale in scala 1:10.000, nonché da altre pubblicazioni e trattati geologici relativi al comprensorio; si è inoltre fatto riferimento per gli aspetti locali, alle indagini geognostiche ed altri dati di geologia regionale riportati nella Relazione geologica di supporto al progetto generale redatta dal Dott. Geol. Luca Finucci, incaricato dalla Committenza.

Per gli aspetti di carattere geologico generale si rimanda alla relazione geologica sopracitata, in questa sede si puntualizzeranno esclusivamente gli aspetti geologici ed idrogeologici che interessano la realizzazione delle opere di presa e resa delle acque di falda valutando qualitativa-mente gli effetti di tale attività.

Si evidenzia solo che il sito oggetto di intervento si colloca ai margini sud occidentali della Valle del Cornia coincide in buona parte con la Pianura di Piombino e costituisce un serbatoio naturale di acqua dolce, localizzato in un acquifero costituito da depositi alluvionali, alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche, dai deflussi di subalveo del Fiume Cornia e dei torrenti minori nonché, per gli strati più profondi, grazie all'interazione con il substrato roccioso antico affiorante sui rilievi dell'entroterra.

Concretamente, si andrà ad evidenziare l'assetto stratigrafico dei primi 100 metri di profondità con particolare attenzione all'individuazione dei corpi acquiferi presenti nel sottosuolo che potranno essere intercettati per il prelievo e la re-immissione delle acque di falda.

Il sottosuolo del sito è costituito, per la profondità d'interesse e di riferimento, da una successione di sedimenti di origine continentale e di transizione che poggiano presumibilmente, intorno a 90-100 m, sui depositi marini del Pliocene.

La successione stratigrafica è nel suo insieme desumibile dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici effettuati negli studi specialistici (in particolare S2 Area 1 e S1 Area 2) di questo progetto ed anche da quelle estratte dai database pubblici come <https://sgi2.isprambiente.it> (scheda pozzo acquedotto in allegato) e [SIRA - Toscana: Captazioni idriche per fini idropotabili \(arpat.toscana.it\)](https://sira.toscana.it).

Indicativamente, nei primi 30 metri di profondità si trova un'alternanza di sedimenti limosi, sabbiosi ed argillosi in strati metrici costituiti da miscele in varie proporzioni di quanto prima detto.

Più in profondità, la successione è sempre costituita dall'alternanza di sedimenti a grana medio-fine ma compaiono a varie profondità degli orizzonti ghiaioso-sabbiosi dello spessore da 1-2 m fino a 5-10 m, separati fra loro, per l'appunto, da potenti banchi di argille limose.

Come si può evincere dalla sezione geologica generale (Fig. 6), estratta dallo studio (Ghezzi, 1995), che attraversa la pianura dal mare fino all'entroterra e dalle stratigrafie dei pozzi esistenti, vi sono diversi orizzonti acquiferi, alcuni idraulicamente interconnessi fra loro sebbene contengano al loro interno orizzonti a grana fine poco permeabili, altri sono indipendenti ed isolati.

Come riscontrato nella maggior parte delle pianure costiere di una certa dimensione, toscane ed italiane, nella porzione di sottosuolo costituita dai sedimenti quaternari, si trova sempre un complesso idrogeologico costituito da diversi livelli acquiferi che compongono un sistema multifalda più o meno articolato

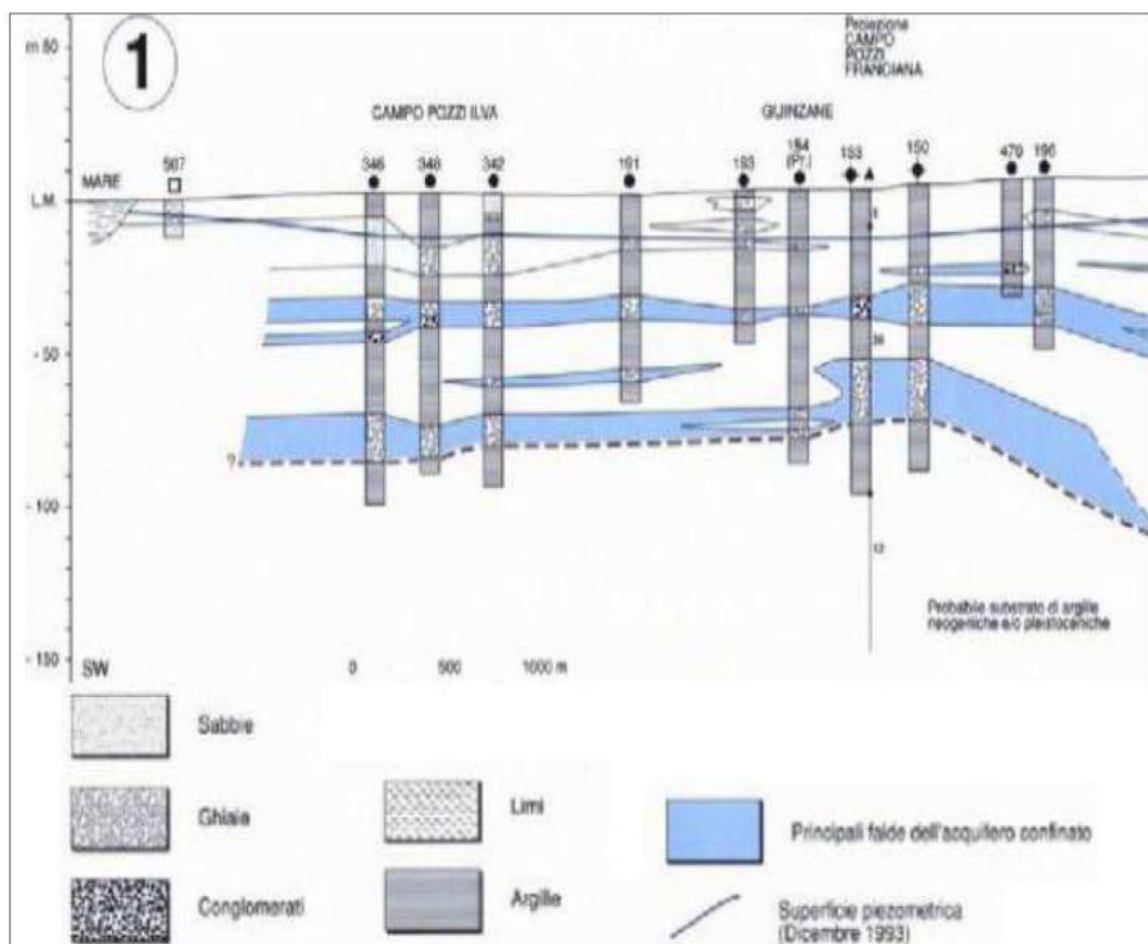


Fig. 6 – Sezione geologico-stratigrafica pianura di Piombino.

Il sistema di pozzi geotermici in progetto capterà esclusivamente gli stati acquiferi intermedi, escludendo i più superficiali e non raggiungendo i più profondi dove le acque mantengono una qualità migliore e possono essere utilizzati per scopi più pregiati.

A tal proposito, gli altri pozzi previsti nel progetto non capteranno l'acquifero utilizzato per scopi geotermici. Se richiesto potrà essere valutata la possibilità che una parte delle acque emunte per scopi geotermici possa essere utilizzata a valle della pompa di calore per altri usi in azienda e non essere re-immessa nel sottosuolo. Con la re-immissione a valle delle acque emunte ed un attento controllo degli emungimenti la perturbazione della falda sarà minimizzata e comunque non si incrementerà il fenomeno dell'intrusione delle acque salmastre, fenomeno possibile nelle aree prossime alle coste, in quanto la re-immissione avverrà fra i pozzi di emungimento e la costa, seguendo per quanto possibile le linee di flusso della falda (Fig. 7).

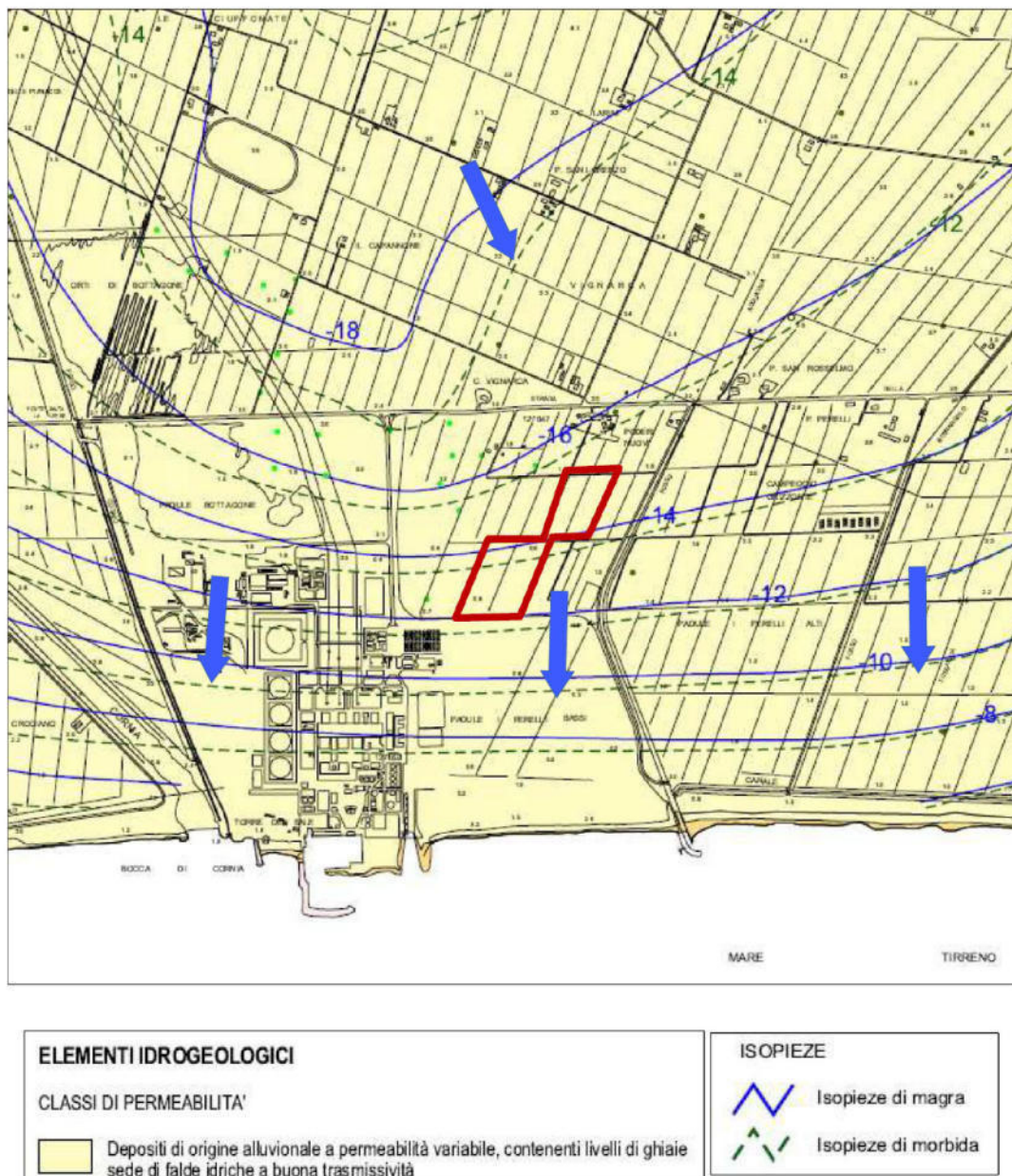


Fig. 7 – Stralcio della Carta idrogeologica della pianura di Piombino con iso-piezometrica e linee di flusso della sistema multifalda sotterraneo.

## **6. SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO APERTO**

Nei sistemi a circuito aperto (noti in letteratura come Groundwater Heat Pump – GWHP) lo scambio termico viene effettuato con l'acqua di falda circolante nel sottosuolo (Fig. 8): l'acqua sotterranea viene dapprima prelevata da un pozzo, inviata alla pompa di calore per lo scambio termico e successivamente scaricata ad una temperatura lievemente variata rispetto a quella originaria: più fredda in periodo invernale (quando il calore viene sottratto al sottosuolo), più calda in periodo estivo (quando il calore viene immagazzinato nel sottosuolo). L'acqua può essere sia reintrodotta nuovamente in falda tramite un pozzo di resa per non depauperare l'acquifero, oppure scaricata in un adiacente corpo idrico superficiale.

Gli impianti a circuito aperto sono spesso impiegati a servizio di edifici e aziende con fabbisogni termici importanti, questo perché questi impianti richiedono uno studio preliminare per l'installazione dei pozzi, un iter autorizzativo più articolato e costi di progettazione difficilmente ammortizzabili su impianti di piccola taglia. Al di sotto di una certa taglia (alcune decine di kW, a seconda della profondità della falda), la trivellazione dei pozzi e le successive operazioni di manutenzione periodica possono inoltre essere più costose rispetto alla trivellazione di sonde geotermiche.

Gli impianti a circuito aperto necessitano di ingenti portate – indicativamente 1 l/s ogni 20 kW - e devono essere installati in presenza di una falda potente e produttiva. Il pozzo di resa è uguale al pozzo di presa, ma senza pompa installata poiché la reiniezione viene effettuata a gravità. E' però importante che il tubo di reiniezione resti sotto battente d'acqua, per evitare che l'acqua prelevata incrementi il suo contenuto di ossigeno a contatto con l'aria, favorendo la crescita di ruggine e alghe.

Gli impianti a circuito aperto sono generalmente più energeticamente efficienti di quelli a circuito chiuso, poiché la temperatura della sorgente termica (acqua di falda) si mantiene stabile nel tempo mentre negli impianti a circuito chiuso il terreno si raffredda durante l'utilizzo per riscaldamento e si riscalda durante l'utilizzo per raffrescamento.

Tuttavia, in fase di progettazione dei pozzi, il distanziamento tra le opere va accuratamente dimensionato in modo da evitare che l'acqua re-iniettata in falda (a temperatura modificata) possa essere recuperata, anche solo in parte, dal pozzo di presa, nel qual caso si determinerebbe un cortocircuito termo-idraulico tra i due, a danno del rendimento energetico della pompa di calore.

Gli impianti a circuito aperto necessitano di portate idriche significative e devono essere installati in presenza di una falda capace e produttiva.

Il pozzo di resa è generalmente uguale al pozzo di presa, ma senza pompa installata poiché la reiniezione viene effettuata a gravità, è però importante che il tubo di reiniezione resti sempre sotto battente d'acqua, per evitare che l'acqua prelevata incrementi il suo contenuto di ossigeno a contatto con l'aria, favorendo la crescita di ruggine, microrganismi ed alghe.

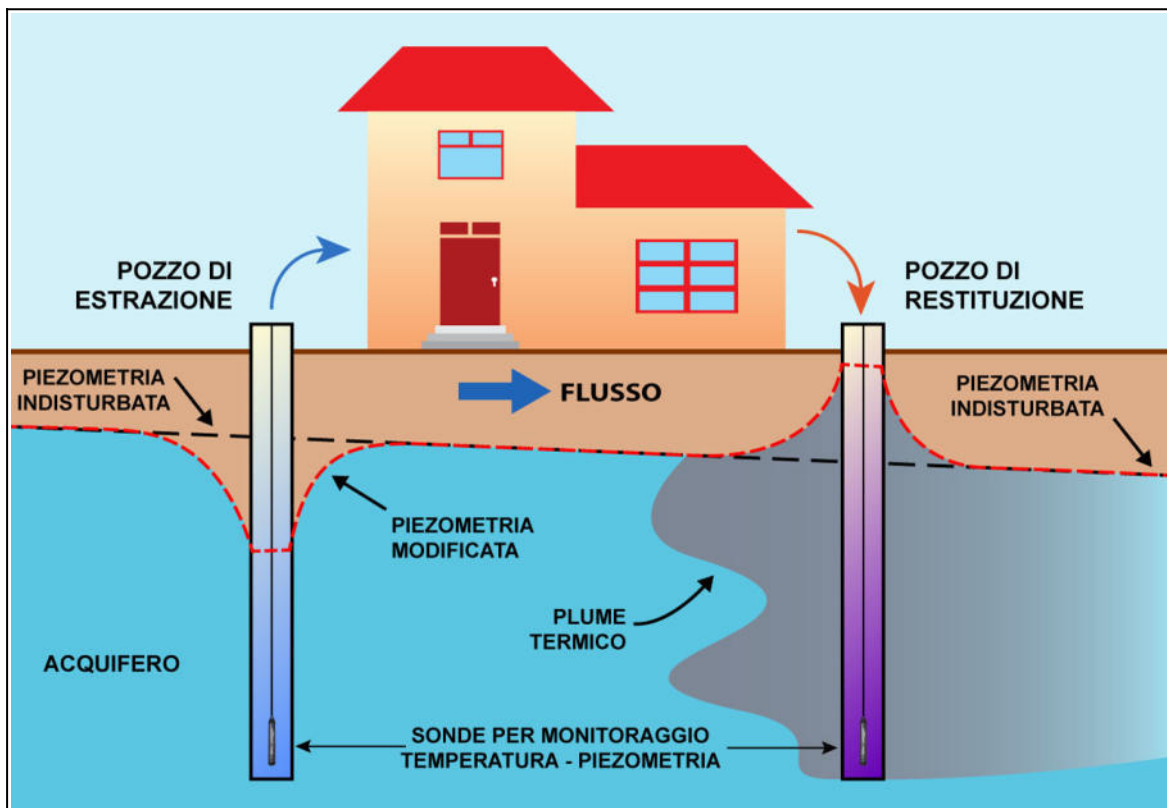


Fig. 8 – Schema impianto geotermico a circuito aperto: pompa di calore, pozzo di presa e pozzo di resa (le temperature sono puramente indicative).

## 6.1 PREDIMENSIONAMENTO POZZI

Nella progettazione e dimensionamento di un impianto geotermico di bassa temperatura sono da valutare congiuntamente sia i fattori ambientali intrinseci connessi all'utilizzo del sottosuolo o delle acque sotterranee, sia quelli termotecnici e costruttivi. Tra questi ultimi i principali sono:

1. il fabbisogno energetico totale e di picco richiesto dall'edificio;
2. la potenza della pompa di calore;
3. i materiali e caratteristiche dei pozzi.

Per gli impianti a circuito aperto, un fattore costruttivo importante dei pozzi di presa e di reimmissione è relativo alla granulometria e spessore del dreno, funzione della

granulometria dell'acquifero, e al diametro e lunghezza del tratto finestrato della tubazione, che dipendono dalla resa (portata per unità di lunghezza) ottenibile.

Tenuto conto quanto ad oggi valutato nel progetto di adeguamento dell'impianto ittico, il fabbisogno energetico da fonte geotermica necessario per il corretto funzionamento dello stesso è stato stimato in circa 160 KW (da considerare come potenza di picco).

In questa fase preliminare, indicativamente, ipotizzando una temperatura delle acque di falda oscillante fra 15-17° C e mantenendo il  $\Delta t$  entro 3-5° C, sulla base di dati bibliografici, si può stimare un prelievo di acque di falda pari a circa 1 litro/sec. ogni 20 KW e ciò si traduce in una portata idrica massima di 8 litri/sec..

Visto il contesto geologico-idrogeologico locale tale emungimento sarà ottenibile da due pozzi di presa che andranno a captare esclusivamente il 1° livello acquifero significativo, posto ad una profondità compresa fra circa -40 e -50 m dal p.c.. In questa fase si ipotizza di captare esclusivamente questo livello acquifero, escludendo sia gli strati più profondi qualitativamente migliori e sfruttati da alcuni pozzi acquedottistici (posti più nell'entroterra della pianura) sia quelli superficiali che magari hanno dei collegamenti diretti e più marcati con il reticolo idrografico e conseguentemente con l'ecosistema naturale esistente nell'intorno degli appezzamenti oggetto di intervento.

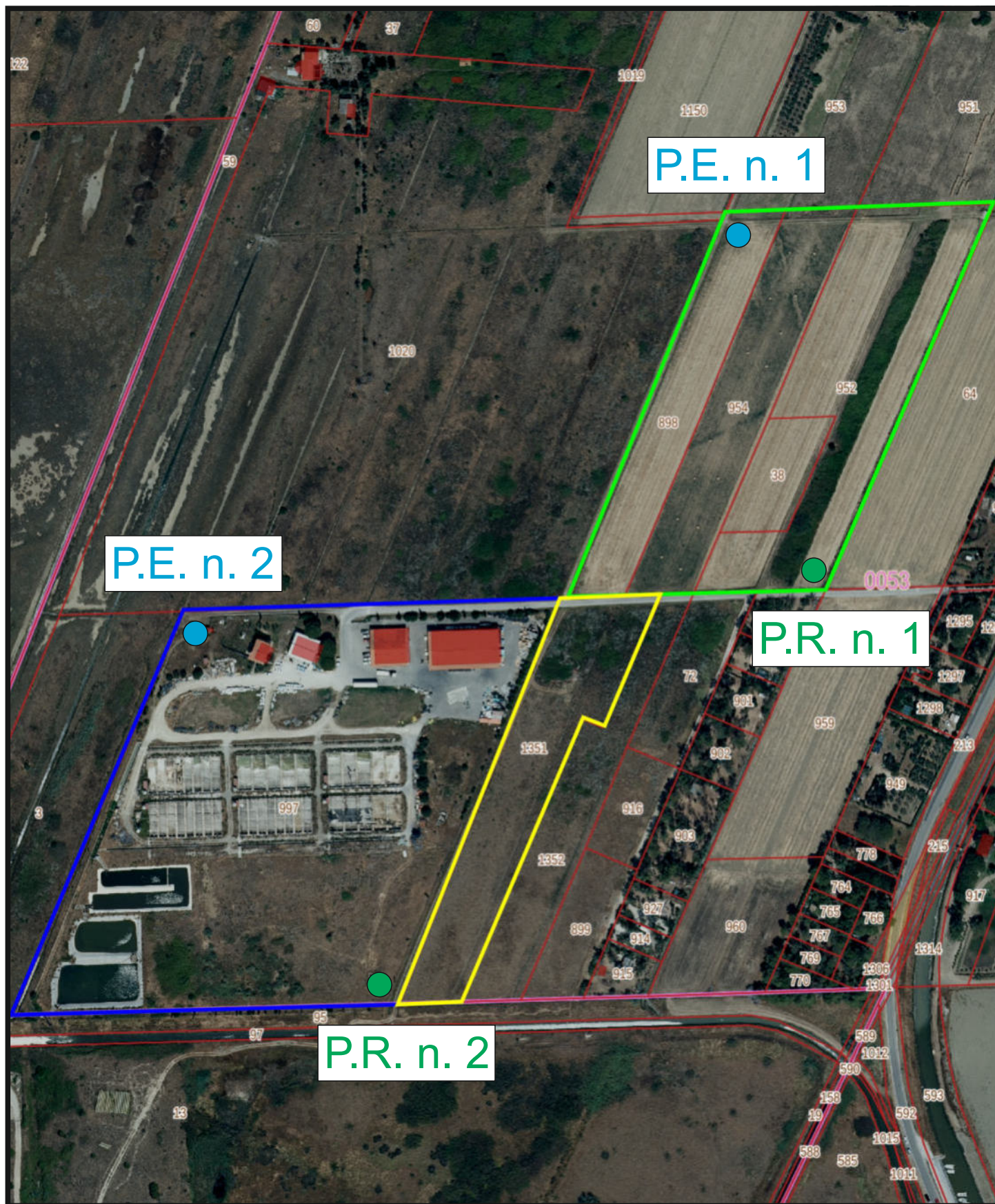
I pozzi di presa saranno posizionati in modo da ottimizzare i prelievi, distribuendo arealmente gli emungimenti in ragione degli spazi disponibili e più in particolare, distanziando quanto più possibile i pozzi di presa a monte da quelli di resa a valle, allineandoli con la direzione di flusso della falda.

L'acqua sarà reintrodotta nuovamente in falda (nello stesso livello acquifero) tramite dei pozzi di resa per non depauperare la falda captata, tenuto conto che ci troviamo in prossimità della costa in un contesto in passato molto sfruttato a causa della presenza di emungimenti di tipo industriale/agricolo.

Nei sistemi a circuito aperto, attorno al pozzo di resa si sviluppa un "pennacchio" (plume) termico ed anche in parte a monte (dove, per effetto dell'emungimento, può tornare al pozzo di presa, originando il fenomeno del cortocircuito termico).

La propagazione del pennacchio termico a valle rappresenta un aspetto importante quando vi sono altre captazioni preesistenti (anche non geotermici) ma anche e soprattutto per evitare il cortocircuito termico, che rappresenta una seria minaccia alla possibilità stessa dell'impianto di funzionare efficacemente.

# UBICAZIONE POZZO DI PRESA E DI RESA



## Legenda

P.E. n. 2



Pozzo di emungimento



P.R. n. 2

Pozzo di reimmissione

In via preliminare non si prevedono interferenze con l'esterno, infatti, a valle si sviluppa un'area naturale priva di insediamenti antropici, la ex centrale elettrica Enel è defilata rispetto alla direttrice di scorrimento della falda e comunque si tratta di una struttura non attiva in fase di completa dismissione.

In Fig. 9 è stata indicata l'ipotesi geometricamente più efficace tenendo conto gli spazi disponibili e la direzione di flusso della falda così come da Fig. 7.

In fase di messa in funzione, in ragione delle effettive portate di esercizio dei pozzi di presa e della taratura dell'impianto nel suo insieme, si potrà immaginare anche un uso alternato dei pozzi di presa o con portate differenziate grazie all'istallazione di pompe sommerse comandate da inverter che, in ragione della richiesta delle pompe di calore potranno variare in più o in meno l'emungimento (all'interno del range stabilito) al fine di una migliore gestione della risorsa idrica e del risparmio energetico complessivo.

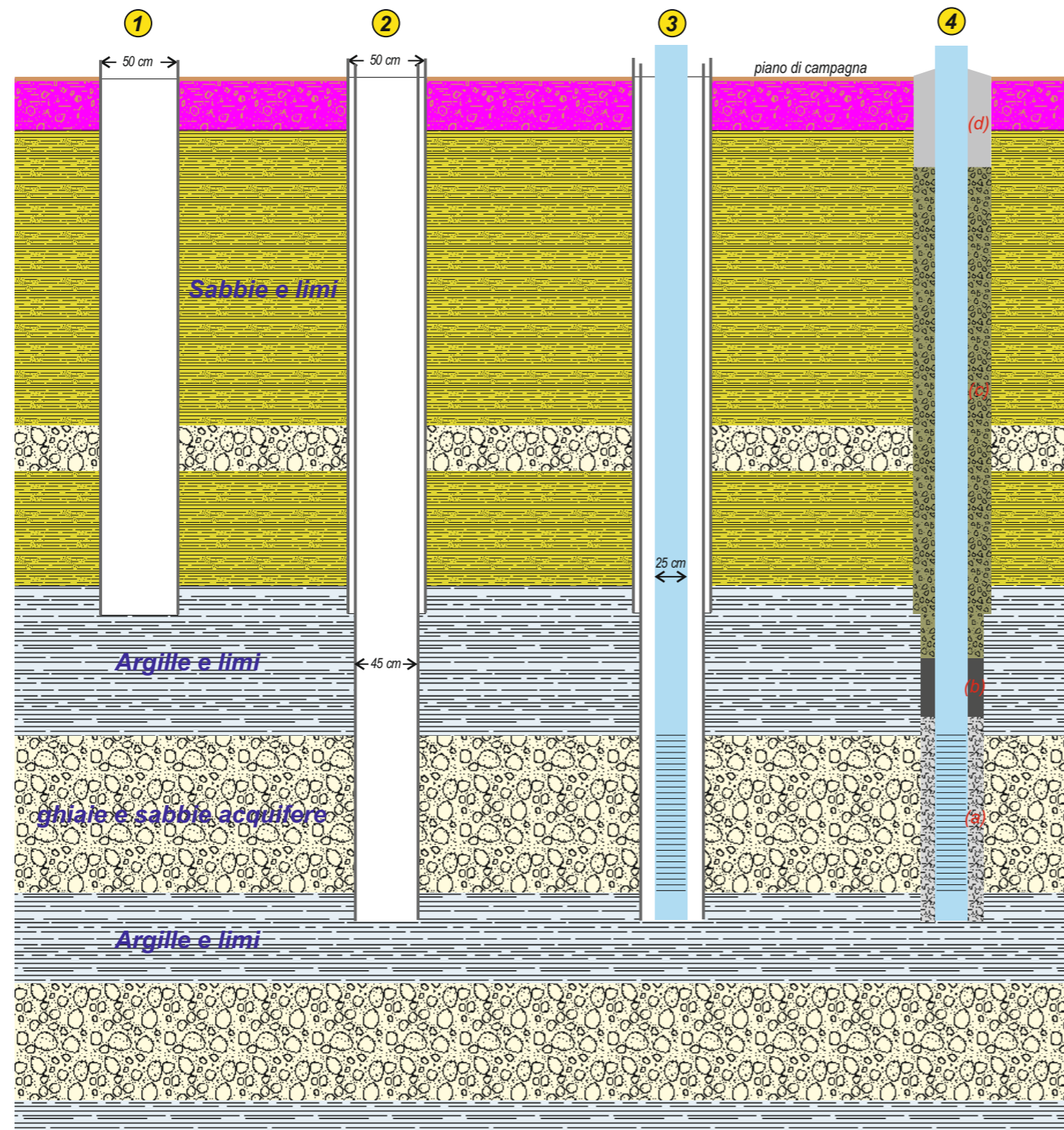
Il tutto sarà adeguatamente dimensionato a partire da un pozzo pilota, realizzato come lo schema di Fig. 10 e successivamente sottoposto a prove idrogeologiche di pozzo per definire in maniera sito specifica le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero e delle acque in esso contenute. In questo modo sarà possibile effettuare valutazioni sito-specifiche e calibrare adeguatamente gli emungimenti nonché dimensionare in modo definitivo il sistema geotermico ed effettuare le simulazioni sulla perturbazione indotta nella falda e verificare se l'ubicazione dei pozzi previsti (di presa e resa) è idonea o è necessario apportare delle modifiche.

## **6.2 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE POZZO PILOTA**

La costruzione del pozzo pilota (presumibilmente nella posizione del P.E. n. 2) è il primo *step* per giungere alla progettazione definitiva dell'impianto geotermico. Si tratta di un'attività propedeutica per la definizione dell'esatta stratigrafia locale ed individuazione degli orizzonti acquiferi da captare nonché delle relative proprietà idrogeologiche attraverso specifiche prove di pozzo.

I lavori di realizzazione saranno affidati ad una ditta specializzata di comprovata esperienza che, se possibile, adopererà un'attrezzatura per la perforazione a percussione o in alternativa a circolazione inversa. L'obiettivo è avere un foro di grande diametro (a fondo foro almeno 450mm) in cui installare una tubazione in PVC, PP o acciaio inox del diametro esterno di 250 mm.

# PROGETTO PRELIMINARE DI POZZO GEOTERMICO DI PRESA/RESA



**Schema costruttivo del pozzo con indicazione da sinistra a destra delle varie fasi costruttive.**

- 1)** Perforazione avampozzo con inserimento del rivestimento temporaneo diam. 500 mm a sostegno sedimenti sabbiosi e limosi (fino circa 25 m).
- 2)** Prosecuzione della perforazione con diam. 450 mm fino fondo foro.
- 3)** Inserimento tubazione definitiva pozzo in PVC atossico diam. 250 mm con tratti microfiltrati solo in corrispondenza dello strato acquifero da captare. La dimensione dei filtri e del massetto artificiale drenante sarà determinata in base alla granulometria dei sedimenti dello strato acquifero.
- 4)** Completamento del foro con:
  - a) inserimento nell'intercapedine foro-terreno del drenaggio (ghiaietto calibrato) fino a coprire il tratto filtrato
  - b) creazione del tampone impermeabile cemento-bentonitico
  - c) riempimento del tratto soprastante con stabilizzato a grana fine miscelato a secco con bentonite in polvere 10% fino a - 5 m p.c.
  - d) cementazione superficiale per almeno 5 m.

Dott. Geol.  
**Ferruccio Lorenzini**



*La successione stratigrafica nel disegno è schematica ma rappresentativa*

La tubazione definitiva del pozzo sarà realizzata mediante la giunzione di tubi filettati maschio/femmina con o-ring a tenuta (o altro idoneo sistema) per il perfetto isolamento fra esterno ed interno della tubazione.

Solo nel tratto che attraversa gli strati acquiferi da captare la tubazione sarà dotata di microfiltri con slot calibrato in ragione dell'effettiva granulometria della matrice acquifero, presumibilmente da 0,5 mm a 1 mm (nei pozzi di resa sarà valutato se inserire slot più ampi per aumentare la superficie filtrante ed aumentare l'efficienza di restituzione, che come detto, avverrà a gravità).

Nell'intercapedine terreno/tubazione definitiva pozzo, in corrispondenza dei filtri sarà messo in opera il massetto drenante costituito da ghiaietto di fiume calibrato a granulometria fine (presumibilmente 3-5 mm).

L'obiettivo è ottenere acque chiare e pulite prive di particelle solide; infatti, in caso contrario, queste potrebbero essere dannose per gli impianti e nel tempo minare la funzionalità del pozzo e creare indesiderati effetti di subsidenza in superficie.

Al di sopra del massetto drenante sarà creato un tampone cemento-bentonitico impereabile dello spessore di almeno 2 m per isolare gli strati acquiferi captati da tutto ciò che sta sopra.

La restante parte sarà riempita con materiale inerte a grana fine mescolato con bentonite (10%) ed eventualmente anche cemento per la creazione di un insieme a bassa permeabilità a ristabilire i naturali equilibri.

In superficie si effettuerà la completa cementazione dell'intercapedine per almeno 5 m.

Le terre e rocce di scavo, eventuali fanghi ed acque di spurgo saranno opportunamente analizzate e classificate in ragione delle vigenti norme sui rifiuti e conseguentemente smaltite o riutilizzate in loco.

## 7. CONCLUSIONI

L'impianto geotermico in progetto dovrà soddisfare le molteplici esigenze previste nel progetto di riqualificazione ed ampliamento dell'impianto di itticoltura in parola.

Vista la dimensione e le stime energivore, valutate in una potenza di picco di circa 160 KW, si ritiene che l'impianto geotermico a circuito aperto rappresenti la scelta tecnicamente più idonea sia dal punto di vista dei costi di costruzione, sia dei rendimenti (grazie alla sostanziale stabilità delle temperature delle acque di falda nel corso di tutto l'anno) e conseguenzialmente del rapporto costi-benefici.

L'utilizzo delle acque sotterranee nei sistemi aperti comporta una loro variazione esclusivamente termica (solitamente dell'ordine dei 3-5°C) e non chimica; come detto, tale variazione termica può essere adeguatamente prevista e modellizzata a priori (se necessario per la presenza di altri captazioni a valle), inoltre essa può essere inoltre monitorata sperimentalmente in corso d'esercizio dell'impianto mediante appositi piezometri ubicati a valle (rispetto alla direzione principale di deflusso della falda) dell'impianto.

Non essendoci uno scadimento chimico dell'acqua utilizzata, la reimmissione in falda non rappresenta in linea di principio una problematica ambientale di rilievo, anzi rappresenta un'azione virtuosa che va a compensare dal punto di vista quantitativo i volumi estratti, condizione che in questo caso eviterebbe impatti sul fenomeno dell'ingressione del cuneo salino. Va tuttavia considerato che un'eventuale torbidità o alte concentrazioni di Ferro o Manganese nelle acque sotterranee potrebbero instaurare fenomeni di incrostazione o proliferazione batterica nel pozzo di reimmissione. A tale proposito, nel piano di conduzione e manutenzione dell'impianto saranno previste periodiche operazioni di manutenzione dei pozzi (ad esempio: pistonaggio dei filtri e/o air-lift).

L'invio delle acque marine allo scambiatore della pompa di calore è una soluzione tecnica alternativa possibile ma non altrettanto performante, infatti, guardando l'oscillazione delle temperature delle acque marine nel golfo di Piombino/Follonica si rileva una variazione stagionale di oltre 12°C, con valori medi nei mesi freddi compresi fra 13-14°C e 25-26°C in quelli più caldi. Questa variabilità delle temperature, sebbene avvenga progressivamente con cicli periodici annuali costituisce un limite al funzionamento dell'impianto geotermico, con una più difficile gestione dello stesso e rendimenti mediamente più bassi.

PRO	CONTRO
<p><b>Sostenibilità ambientale:</b> nessuna emissione diretta in atmosfera (né CO<sub>2</sub> né altri inquinanti). Riduzione delle emissioni globali rispetto ai combustibili fossili.</p>	<p><b>Costo iniziale di investimento:</b> perforazione e installazione degli scambiatori geotermici o dei pozzi. Inoltre, a parità di potenza una pompa di calore è più cara di una caldaia.</p>
<p><b>Alta efficienza (riscaldamento):</b> anche se buona parte dell'energia elettrica è tuttora prodotta con combustibili fossili, le pompe di calore permettono di utilizzare l'energia primaria in modo più efficiente rispetto ai combustibili fossili.</p> <p><b>Alta efficienza (raffrescamento):</b> rispetto ai chiller con condensazione ad aria o evaporativi, si raggiungono valori di EER più elevati e quindi si riduce il consumo elettrico.</p>	<p><b>Costi di progettazione:</b> a differenza dei sistemi classici di riscaldamento/raffrescamento, le installazioni geotermiche richiedono valutazioni geologiche.</p> <p><b>Limitazioni:</b> l'installazione può essere difficoltosa o impossibile in determinate condizioni logistiche (es. sito inaccessibile alla perforazione per mancanza di spazio, presenza di sottoservizi...) o in particolari condizioni geologico geomorfologiche (es. aree di frana, presenza di rocce rigonfianti...)</p>
PRO	CONTRO
<p><b>Riscaldamento &amp; raffrescamento:</b> entrambi garantiti da un'unica pompa di calore. Molte pompe di calore prevedono inoltre la produzione di acqua calda sanitaria.</p>	<p><b>Interferenze reciproche:</b> impianti contigui potrebbero creare un sovrasfruttamento della risorsa geotermica, causando una minore efficienza sino a un malfunzionamento del sistema. Tale aspetto richiede una progettazione accurata, specie nel caso di grandi impianti.</p>
<p><b>No stoccaggi combustibile:</b> per le aree non metanizzate, rispetto alle caldaie a gasolio, GPL o biomasse, si evita di stoccare grandi quantità di combustibile, con conseguente occupazione di spazi e rischi di incendio e scoppio.</p> <p><b>Applicazioni in aree remote</b> poiché si evita il trasporto di combustibili. E' però necessaria la fornitura di elettricità.</p> <p><b>Bassi costi di esercizio:</b> si consuma dal 25% al 50% in meno di elettricità rispetto ai sistemi convenzionali.</p> <p><b>Silenziosità:</b> a differenza della tipologia aerotermica, la pompa di calore geotermica può essere installata in un locale chiuso e isolato acusticamente.</p>	<p><b>Scarso adattamento per vecchi edifici:</b> la presenza di terminali di riscaldamento ad alta temperatura (radiatori) può rendere impossibile l'utilizzo di pompe di calore.</p> <p><b>Regolamentazione frammentaria:</b> le differenze a livello di regolamentazione locale possono rappresentare, in modo più o meno significativo, perdite di tempo e soldi per i professionisti chiamati ad ottemperare alle autorizzazioni.</p> <p><b>Applicazioni in alta montagna:</b> in climi molto freddi la progettazione deve essere particolarmente accurata, per il rischio di congelamento del fluido termovettore all'interno della geosonda.</p>
<p><b>Integrazione con altre energie rinnovabili:</b> possibile accoppiamento con fotovoltaico o solare.</p>	

L'impianto geotermico in progetto contando su una coppia di pozzi di presa/resa permetterà all'attività proponente di gestire un impianto di allevamento ittico in modo moderno ed efficiente, sfruttando in modo responsabile una risorsa rinnovabile come il calore delle acque di falda. La re-immissione delle acque, senza alcuna alterazione chimica ma solo con una perdita di temperatura di 3-5°C, nel sottosuolo non determinerà il



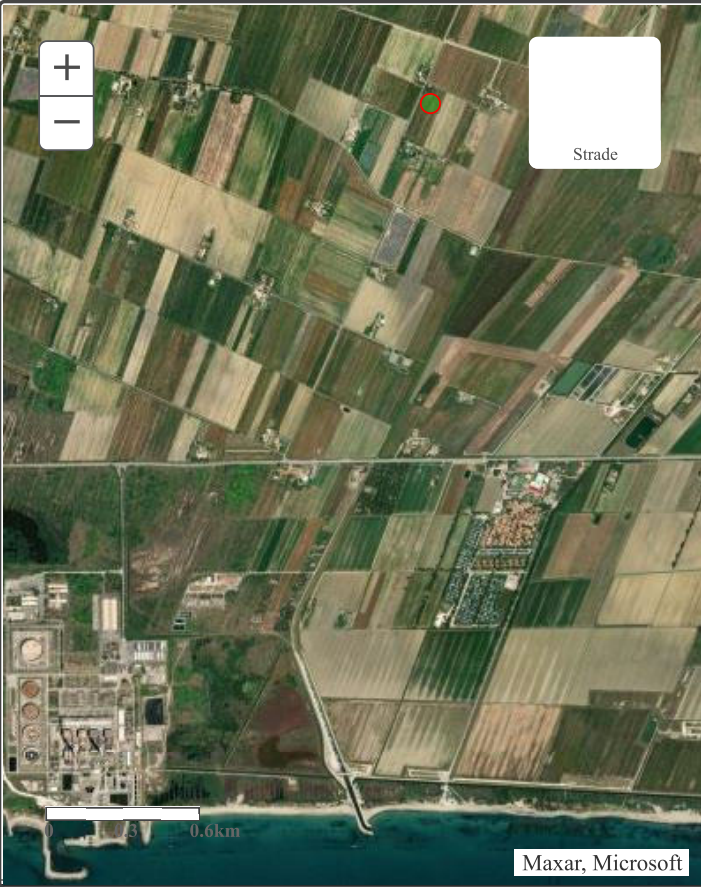
depauperamento delle risorse idriche sotterranee. Risulta altresì remota la possibilità di interferenze con altre captazioni in quanto, nel territorio aperto circostante vi è un'ampia fascia a bassa antropizzazione.

Grosseto, lì 22/11/2023

Dott. Geol. Ferruccio Lorenzini



# **APPENDICE**

<div><div>ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</div></div> <div><div>Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente</div></div>		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale																																										
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)																																												
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine																																										
<div>Codice: 190332 Regione: TOSCANA Provincia: LIVORNO Comune: PIOMBINO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO IDROPOTABILE (ACQUEDOTTISTICO) Profondità (m): 91,00 Quota pc slm (m): 5,00 Anno realizzazione: ND Numero diametri: 3 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 11,667 Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 0 Numero filtri: 7 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 22 Longitudine WGS84 (dd): 10,620169 Latitudine WGS84 (dd): 42,979561 Longitudine WGS84 (dms): 10° 37' 12.62" E Latitudine WGS84 (dms): 42° 58' 46.42" N  (*Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</div>		<div></div>																																										
DIAMETRI PERFORAZIONE																																												
<table><tr><th>Progr</th><th>Da profondità (m)</th><th>A profondità (m)</th><th>Lunghezza (m)</th><th>Diametro (mm)</th></tr><tr><td>1</td><td>0,00</td><td>31,00</td><td>31,00</td><td>700</td></tr><tr><td>2</td><td>31,00</td><td>55,00</td><td>24,00</td><td>630</td></tr><tr><td>3</td><td>55,00</td><td>91,00</td><td>36,00</td><td>530</td></tr></table>					Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	0,00	31,00	31,00	700	2	31,00	55,00	24,00	630	3	55,00	91,00	36,00	530																				
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																								
1	0,00	31,00	31,00	700																																								
2	31,00	55,00	24,00	630																																								
3	55,00	91,00	36,00	530																																								
POSIZIONE FILTRI																																												
<table><tr><th>Progr</th><th>Da profondità (m)</th><th>A profondità (m)</th><th>Lunghezza (m)</th><th>Diametro (mm)</th></tr><tr><td>1</td><td>24,00</td><td>28,00</td><td>4,00</td><td>323</td></tr><tr><td>2</td><td>30,00</td><td>31,00</td><td>1,00</td><td>323</td></tr><tr><td>3</td><td>32,00</td><td>34,00</td><td>2,00</td><td>323</td></tr><tr><td>4</td><td>49,00</td><td>53,00</td><td>4,00</td><td>323</td></tr><tr><td>5</td><td>55,00</td><td>59,50</td><td>4,50</td><td>323</td></tr><tr><td>6</td><td>63,00</td><td>78,00</td><td>15,00</td><td>323</td></tr><tr><td>7</td><td>81,00</td><td>89,00</td><td>8,00</td><td>323</td></tr></table>					Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	1	24,00	28,00	4,00	323	2	30,00	31,00	1,00	323	3	32,00	34,00	2,00	323	4	49,00	53,00	4,00	323	5	55,00	59,50	4,50	323	6	63,00	78,00	15,00	323	7	81,00	89,00	8,00	323
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)																																								
1	24,00	28,00	4,00	323																																								
2	30,00	31,00	1,00	323																																								
3	32,00	34,00	2,00	323																																								
4	49,00	53,00	4,00	323																																								
5	55,00	59,50	4,50	323																																								
6	63,00	78,00	15,00	323																																								
7	81,00	89,00	8,00	323																																								
MISURE PIEZOMETRICHE																																												
<table><tr><th>Data rilevamento</th><th>Livello statico (m)</th><th>Livello dinamico (m)</th><th>Abbassamento (m)</th><th>Portata (l/s)</th></tr></table>					Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)																																			
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)																																								

ago/1985		12,00	14,00	2,00	16,667
<b>STRATIGRAFIA</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Spessore (m)</b>	<b>Età geologica</b>	<b>Descrizione litologica</b>
1	0,00	1,50	1,50		TERRENO VEGETALE
2	1,50	7,00	5,50		ARGILLA AZZURRA MISTA
3	7,00	13,00	6,00		ARGILLA AZZURRA PURA
4	13,00	16,00	3,00		ARGILLA GIALLA SABBIOSA
5	16,00	17,00	1,00		SABBIONE ARGILLOSO
6	17,00	24,00	7,00		SABBIONE COMPATTO
7	24,00	28,00	4,00		GHIAIA CON ACQUA
8	28,00	30,00	2,00		ARGILLA ROSSA SABBIOSA
9	30,00	31,00	1,00		GHIAIA CON ACQUA
10	31,00	34,00	3,00		ARGILLA ROSSASTRA COMPATTA
11	34,00	35,00	1,00		GHIAIA CON ACQUA
12	35,00	49,00	14,00		ARGILLA GIALLA CON GHIAIA BIANCA
13	49,00	53,00	4,00		GHIAIA CON ACQUA
14	53,00	55,00	2,00		ARGILLA ROSSA COMPATTA
15	55,00	59,50	4,50		GHIAIA CON ACQUA
16	59,50	63,00	3,50		ARGILLA GIALLA
17	63,00	75,00	12,00		GHIAIA CON ACQUA
18	75,00	78,00	3,00		ARGILLA GIALLA MISTA A SABBIA
19	78,00	81,00	3,00		GHIAIA CON ACQUA
20	81,00	82,00	1,00		CONGLOMERATO
21	82,00	89,00	7,00		ARGILLA DURA
22	89,00	91,00	2,00		ARGILLA AZZURRA SABBIOSA