



## **WORKSHOP**

# **GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA** **ESPERIENZE A CONFRONTO**

**Dall'individuazione delle aree alla scelta delle soluzioni impiantistiche per gli usi diretti**

**Casi di studio**



## *Contenuti ed obiettivi*

- **Descrizione dell'impianto**
- **Contesto geologico e idrogeologico della zona in cui è stato realizzato**
- **Criteri per le scelte progettuali**
- **Stima del fabbisogno termico**
- **Dimensionamento della pompa di calore e del campo sonde**
- **Caratteristiche tecniche**
- **Descrizione delle fasi di realizzazione del campo sonde e dell'impianto**



# *Contenuti ed obiettivi*

## **OBIETTIVI**

Illustrare le fasi progettuali preliminari degli impianti geotermici realizzati

Evidenziare l'importante ruolo della conoscenza della geologia e della idrogeologia dell'area nella fase di valutazione primaria delle potenze estraibili dal sottosuolo

Illustrare le fasi realizzative di un campo sonde geotermico

Con adeguati criteri ed accorgimenti progettuali e realizzativi  
È possibile realizzare impianti di geotermia a bassa entalpia nella maggior parte dei contesti geologici



## *Elenco dei casi di studio*

- **Immobilе denominato “Palazzo Agricoltura”  
Sede dell’Assessorato all’Agricoltura – Bari**
- **Immobilе sede di uffici della Regione Puglia  
Via Corigliano (Ex Ciapi) – Bari**
- **Immobilе sede di uffici della Regione Puglia  
Via Tirrenia - Taranto**
- **Immobilе denominato “Masseria Le Cesine”  
Oasi WWF Le Cesine - Vernole (Lecce)**
- **Residence Babylon - Bitonto**





## *Ubicazione degli impianti*



Bitonto – Edificio ECO HI-TECH Babylon

Bari – Palazzo Agricoltura  
Sede Assessorato Agricoltura Regione Puglia

Modugno – Ex Ciapi  
Uffici Regionali

Taranto – via Tirrenia  
Uffici Regionali

Vernole (Le) – Masseria Le Cesine  
Oasi WWF

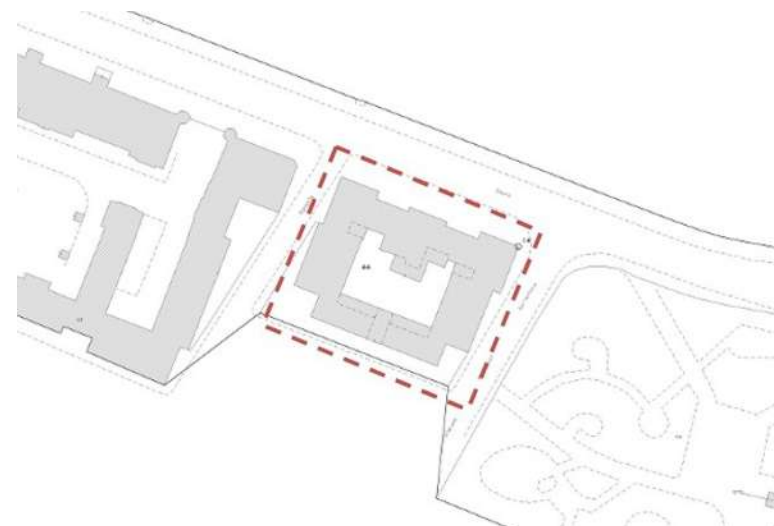


# Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura

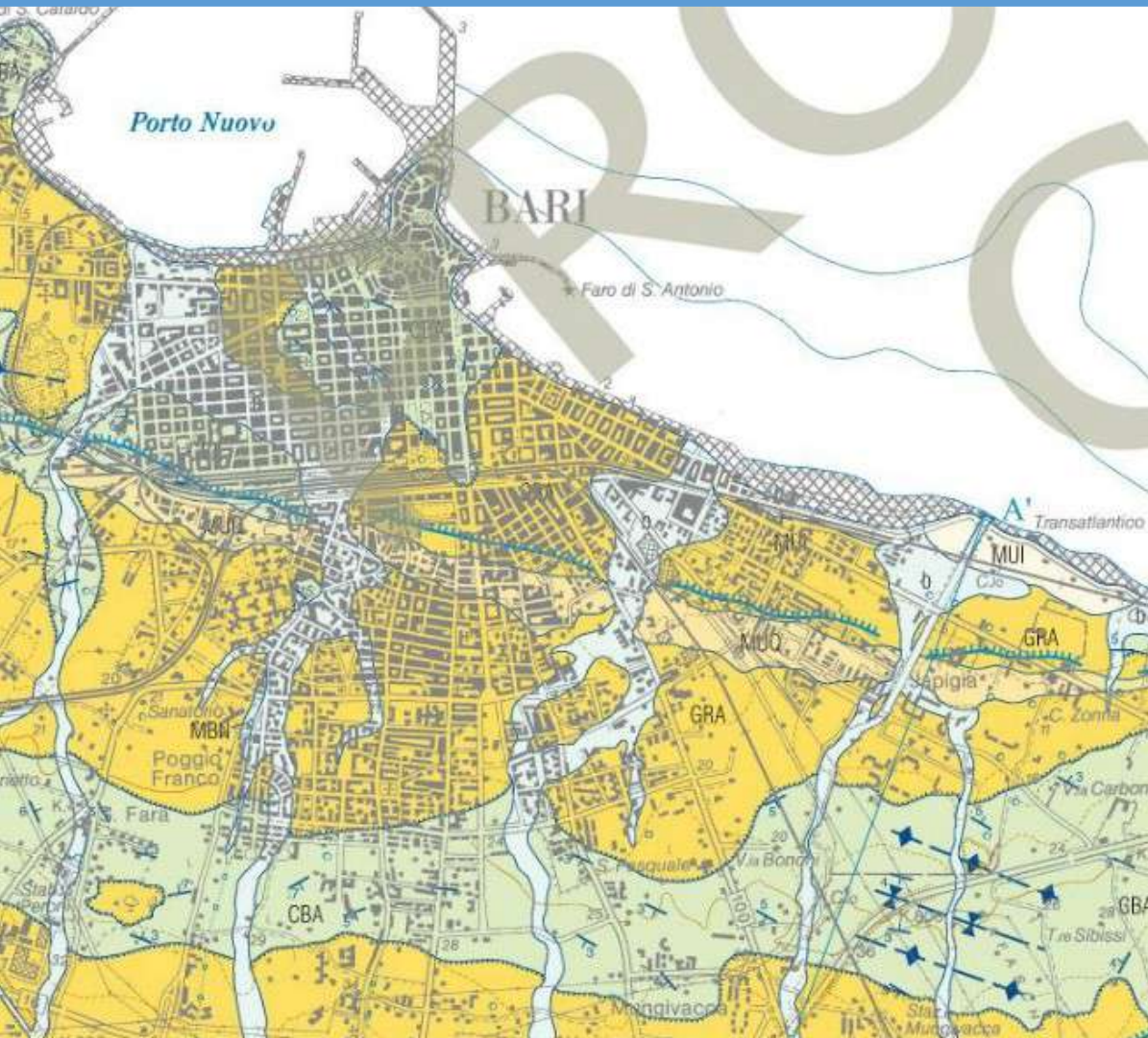
## Descrizione dell'impianto

**Progetti esemplari in relazione alla linea di attività 1.3 “Interventi a sostegno della produzione di energia da fonti rinnovabili nell’ambito dell’efficientamento energetico degli edifici e utenze energetiche pubbliche o ad uso pubblico” del Programma Operativo Interregionale (POI) “Energie Rinnovabili e risparmio energetico” 2007-2013.**

Si tratta di un impianto che ha sostituito il classico sistema di riscaldamento esistente nell’edificio, formato dai tradizionali radiatori per il riscaldamento invernale e ventilconvettori per il raffrescamento estivo con consumi di gas ci circa 70000€/anno.



## Contesto geologico e idrogeologico



L'impianto è posizionato nel settore nord-orientale del lungomare Nazario Sauro, in corrispondenza della zona marginale adriatica delle Murge.

In affioramento è presente materiale di riporto antropico, spessore di circa 1 metro. Coperti dal materiale di riporto sono presenti sedimenti siltoso-argillosi grigiastri di origine alluvionale, che poggiano a loro volta sulla Formazione del Calcarea di Bari costituito da calcari micritici in strati e banchi di spessore variabile, talvolta laminati, di colore variabile dal bianco al nocciola chiaro. Subordinatamente si rinvengono calcari dolomitici.

La verticale stratigrafica è così composta:

- tra il p.c. e la profondità di 1 m terreno di riporto;
- Tra 1 e 4 metri di profondità sedimenti siltoso-argillosi grigiastri di origine alluvionale;
- Tra 4 metri e fino a fondo foro alternanza di calcare debolmente fratturato con presenza di terra rossa, calcare molto fratturato e carsificato, con abbondante presenza di terra rossa e calcari più compatti color avana.

**Dalle indagini realizzate il livello statico nell'area è posizionato a circa 2 metri dal piano campagna**



### ***Stima del fabbisogno termico e scelte progettuali***

**La stima del fabbisogno termico dell'impianto è pari a 350 kW di potenza termica**

L'impianto utilizza un sistema geotermico a circuito chiuso a bassa entalpia con pompe di calore ad assorbimento.

Le pompe di calore utilizzate sono quelle ad assorbimento ad alta efficienza e con ciclo termodinamico acqua ammoniacale che utilizza come fonte energetica rinnovabile la geotermia

In questo impianto sono state utilizzate le pompe di calore ad assorbimento per i seguenti motivi:

- Minore lunghezza di perforazione poiché rispetto a quelle elettriche le pdc ad assorbimento consentono una riduzione del 60 % della lunghezza della perforazione, con costi minori e possibilità di installare impianti anche in zone prive di spazio a sufficienza per l'installazione di un campo sonde;
- Elevata efficienza energetica;
- Ridotti consumi di energia elettrica poiché viene utilizzata la fonte primaria del gas metano.





Sono stati eseguiti 2 test di risposta termica interessando la prima sonda realizzata.

Sulla geosonda n.1 sono state condotte 2 prove immettendo calore nel sottosuolo, in condizioni di foro libero e dopo il completamento della stessa

Per l'esecuzione delle prove è stata impiegata un'apparecchiatura costituita da:

- una pompa di calore in grado di produrre caldo e freddo;
- un circuito idraulico di collegamento tra la pompa di calore e la geosonda opportunamente coibentato e di lunghezza limitata per ridurre le dispersioni termiche;
- un sistema di misura e controllo dei parametri: portata istantanea, volumi circolati, temperature mandata e ritorno dalla sonda, potenza istantanea scambiata, energia scambiata;
- un sistema di misura e acquisizione della portata circolata, e delle temperature di mandata e di ritorno.





### Test di risposta geotermica (GRT) - SONDA 1 - (foro libero IN CALDO)

Q media (m <sup>3</sup> /h) =	1.03		$\Delta T$ medio (°C) =	8.4		lunghezza sonda (m) =	120
tempo osserv. (h) =	161		potenza media (KW) =	9.9		potenza sonda (W/m) =	83

### Test di risposta geotermica (GRT) - SONDA 1 - (dopo cementazione IN CALDO)

Q media (m <sup>3</sup> /h) =	1.04		$\Delta T$ medio (°C) =	8.5		lunghezza sonda (m) =	120
tempo osserv. (h) =	99		potenza media (KW) =	10.0		potenza sonda (W/m) =	84



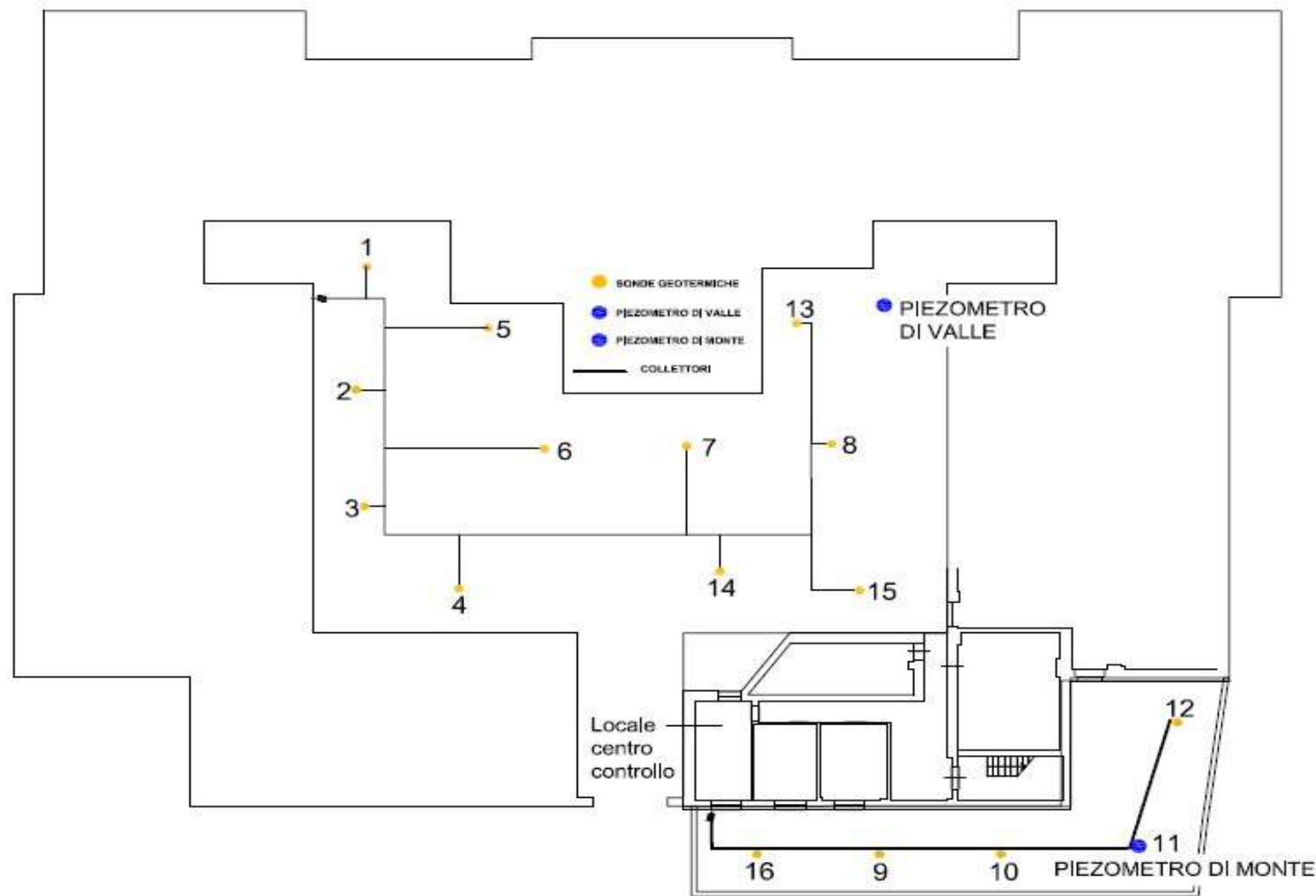
## Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura

### Dimensionamento del campo sonde

Il campo sonde geotermico a servizio delle pompe di calore ad assorbimento dell'impianto realizzato è costituito da n.16 sonde geotermiche verticali alloggiare in fori del diametro di 130 mm e profondi da 126.5 a 127.0 metri

Nel cortile interno dell'immobile sede dell'intervento sono posizionate n. 11 sonde sigla: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 13; 14; 15)

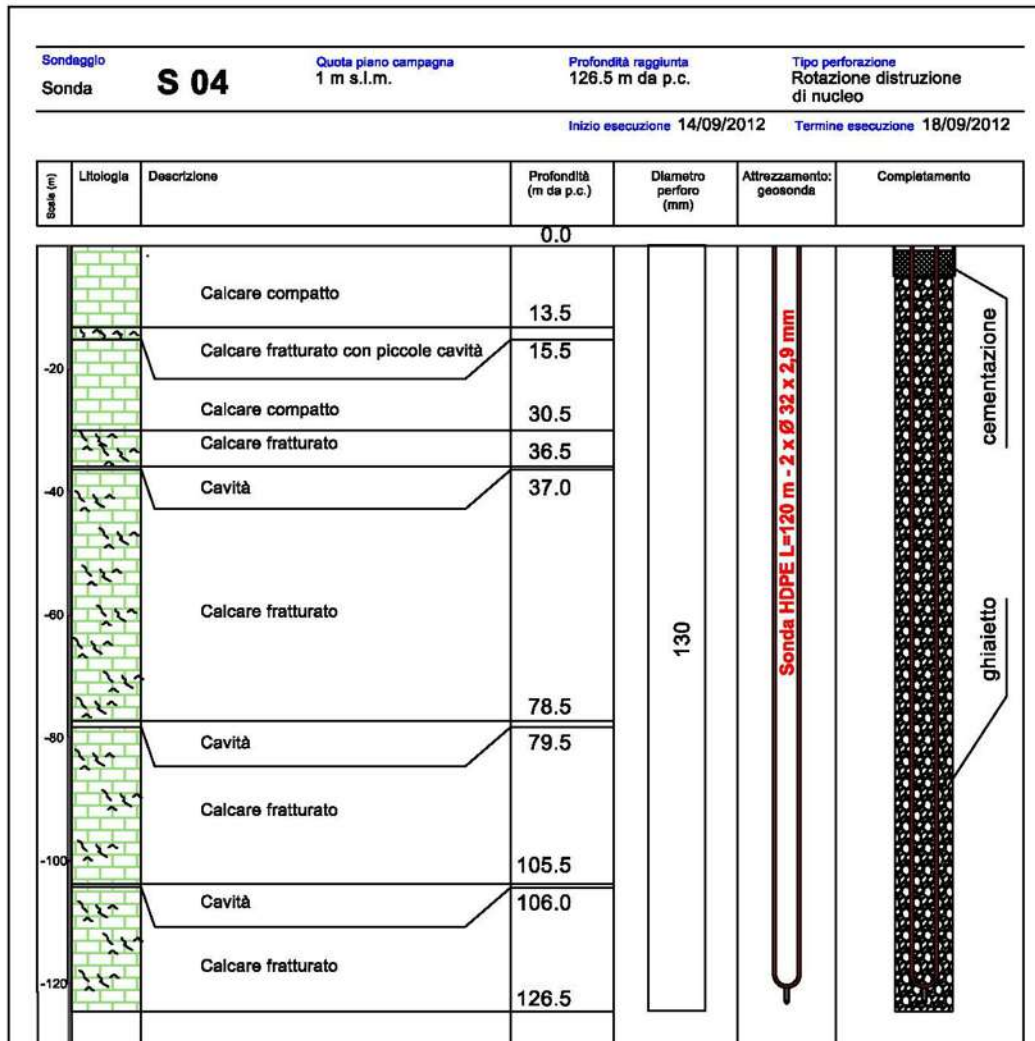
nel cortile esterno sono presenti n.5 sonde (sigla: 9; 10; 11; 12; 16).





# Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura

## Completamento delle sonde



Cementazione nel tratto 0-5 metri di profondità

Ghiaietto siliceo nel tratto 5-125 metri di profondità



# *Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura*

## *Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto*





## ***Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura***

### ***Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto***





# *Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura*

## *Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto*





## *Caso studio n.1 – Palazzo Agricoltura*

### *Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto*







## *Caso studio n.2 – Ex Ciapi*

### *Descrizione sintetica dell'impianto*

L'impianto della sede degli Uffici Regionali di via Corigliano, Ex Ciapi, della potenza nominale totale di circa 400kWt ha sostituito il vecchio sistema di riscaldamento a radiatori/aeratori alimentato a gas metano.

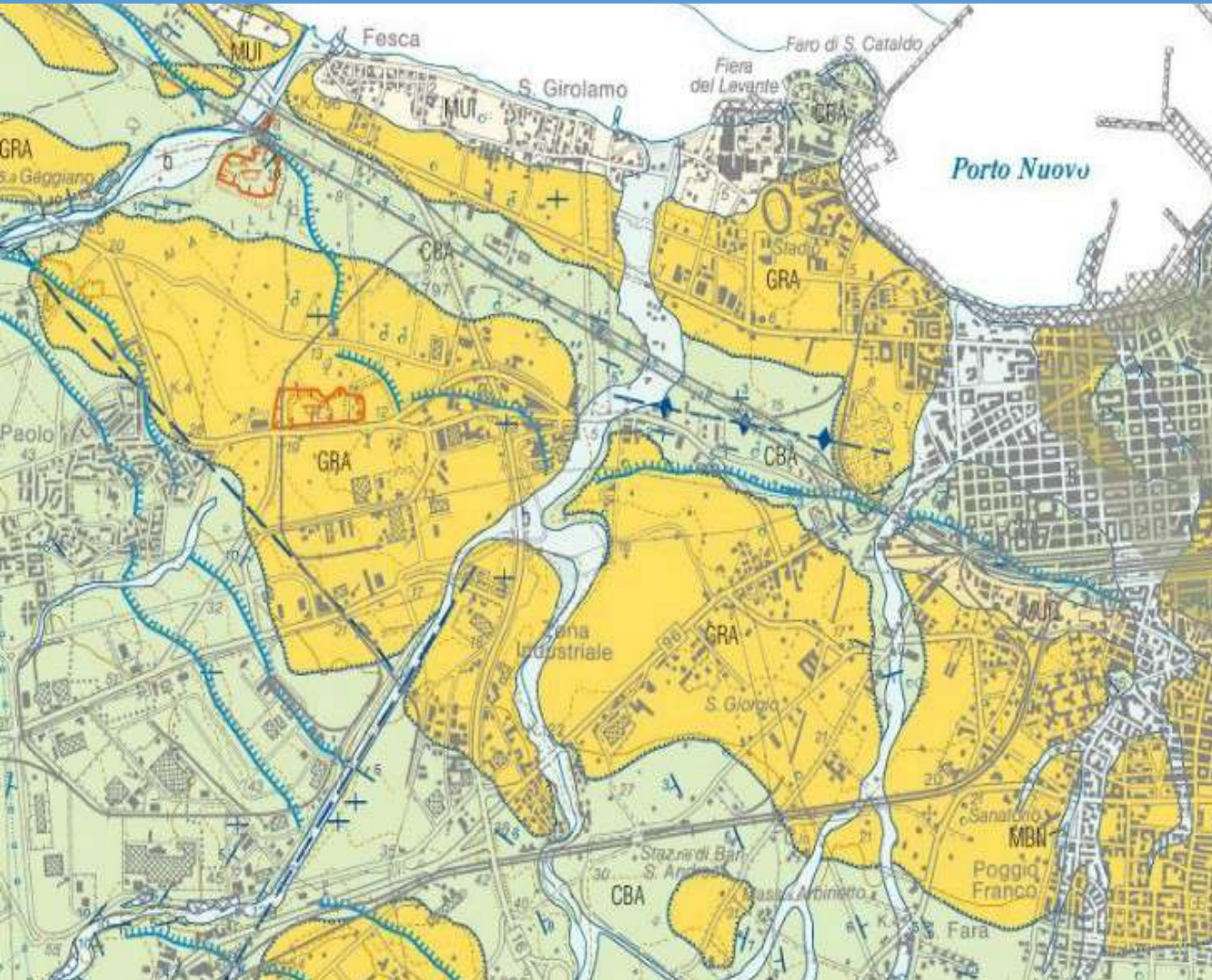
E' un impianto molto complesso in cui si tre tipologie di impianti: geotermico, solare termico, fotovoltaico





## Caso studio n.2 – Ex Ciapi

### Contesto geologico e idrogeologico



L'impianto è posizionato nella zona industriale di Bari

In superficie è presente materiale di riporto antropico, spessore di circa 1 metro. Coperti dal materiale di riporto si ritrovano calcareniti e calciruditi litobioclastiche riferibili alla Calcarenite di Gravina, spessa circa 4-5 metri, che poggia a sua volta sulla Formazione del Calcare di Bari costituita da calcari micritici in strati e banchi di spessore variabile, talvolta laminati, di colore variabile dal bianco al nocciola chiaro. Subordinatamente si rinvencono calcari dolomitici.

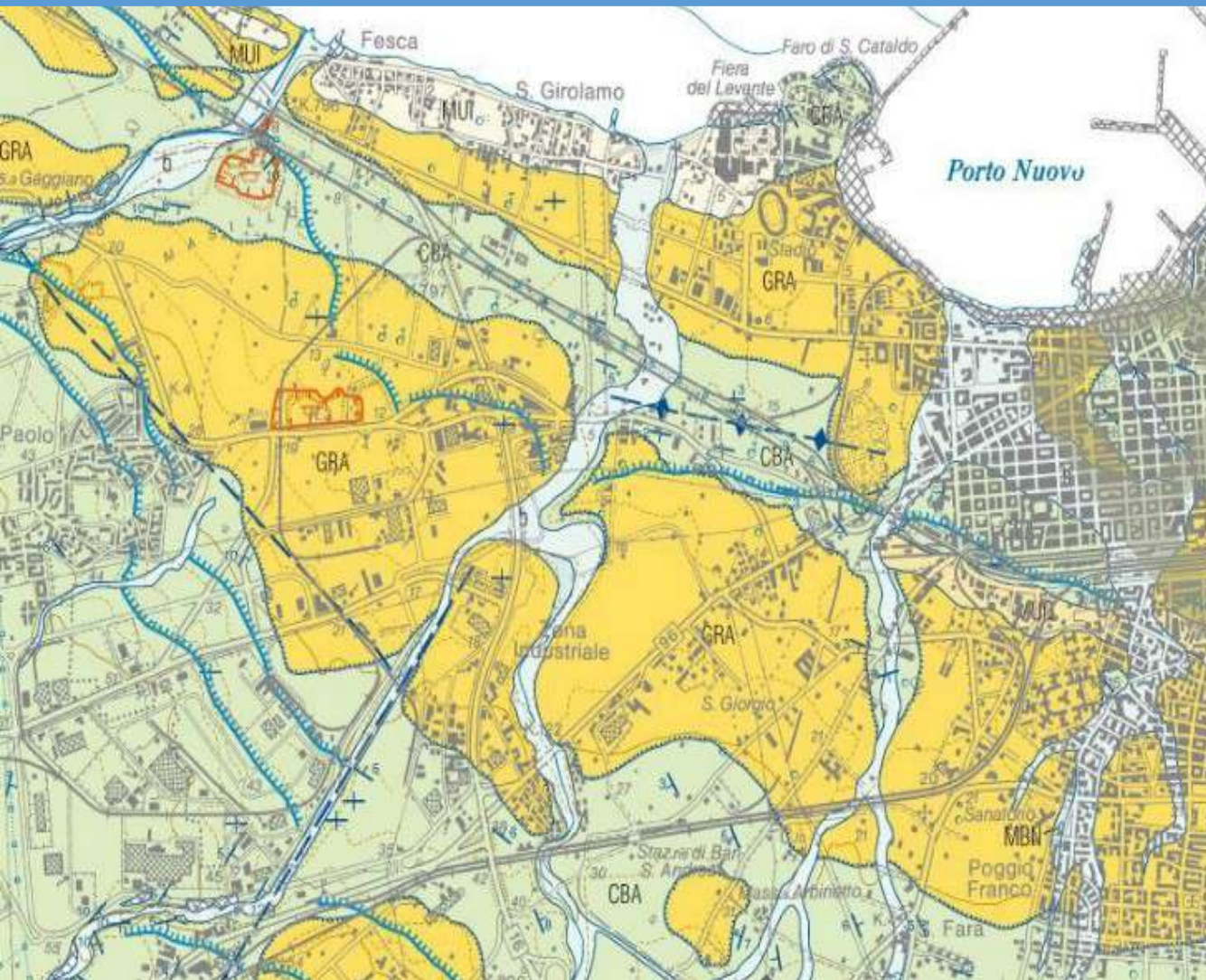
La verticale stratigrafica è così composta:

- tra il p.c. e la profondità di 1 m terreno di riporto;
- Tra 1 e 5 calcareniti e calciruditi lito bioclastiche;
- Tra 5 metri e fino a fondo alternanza di calcare debolmente fratturato con presenza di terra rossa, calcare molto fratturato e carsificato, con abbondante presenza di terra rossa e calcari più compatti color avana.



## Caso studio n.2 – Ex Ciapi

### Contesto geologico e idrogeologico



i primi livelli idrici sono stati rinvenuti a circa 20 metri di profondità dal piano campagna, ed il livello statico si è attestato in seguito al completamento della perforazione ad una profondità di circa 10 metri, con una risalita di circa 10 metri.

La presenza di acque di falda fin dagli strati più superficiali del sottosuolo risulta positivo in ambito geotermico in quanto incrementa significativamente l'entità dello scambio termico terreno-sonda



Per la determinazione della potenza estraibile dal campo sonde sono state condotte n.2 prove GRT sulla sonda S03, simulando la modalità di funzionamento estivo ed invernale dell'impianto.

Per l'esecuzione delle prove è stata impiegata un'apparecchiatura costituita da:

- pompa di calore in grado di produrre caldo e freddo;
- circuito idraulico di collegamento tra la pompa di calore e la geosonda opportunamente coibentato e di lunghezza limitata per ridurre le dispersioni termiche;
- sistema di misura e controllo dei parametri: portata istantanea, volumi circolati, temperature mandata e ritorno dalla sonda, potenza istantanea scambiata, energia scambiata;
- sistema di misura e acquisizione della portata circolata, e delle temperature di mandata e di ritorno.



**Uffici Regione Puglia Via Corigliano - Bari - Test di risposta geotermica (GRT) - SONDA 3**

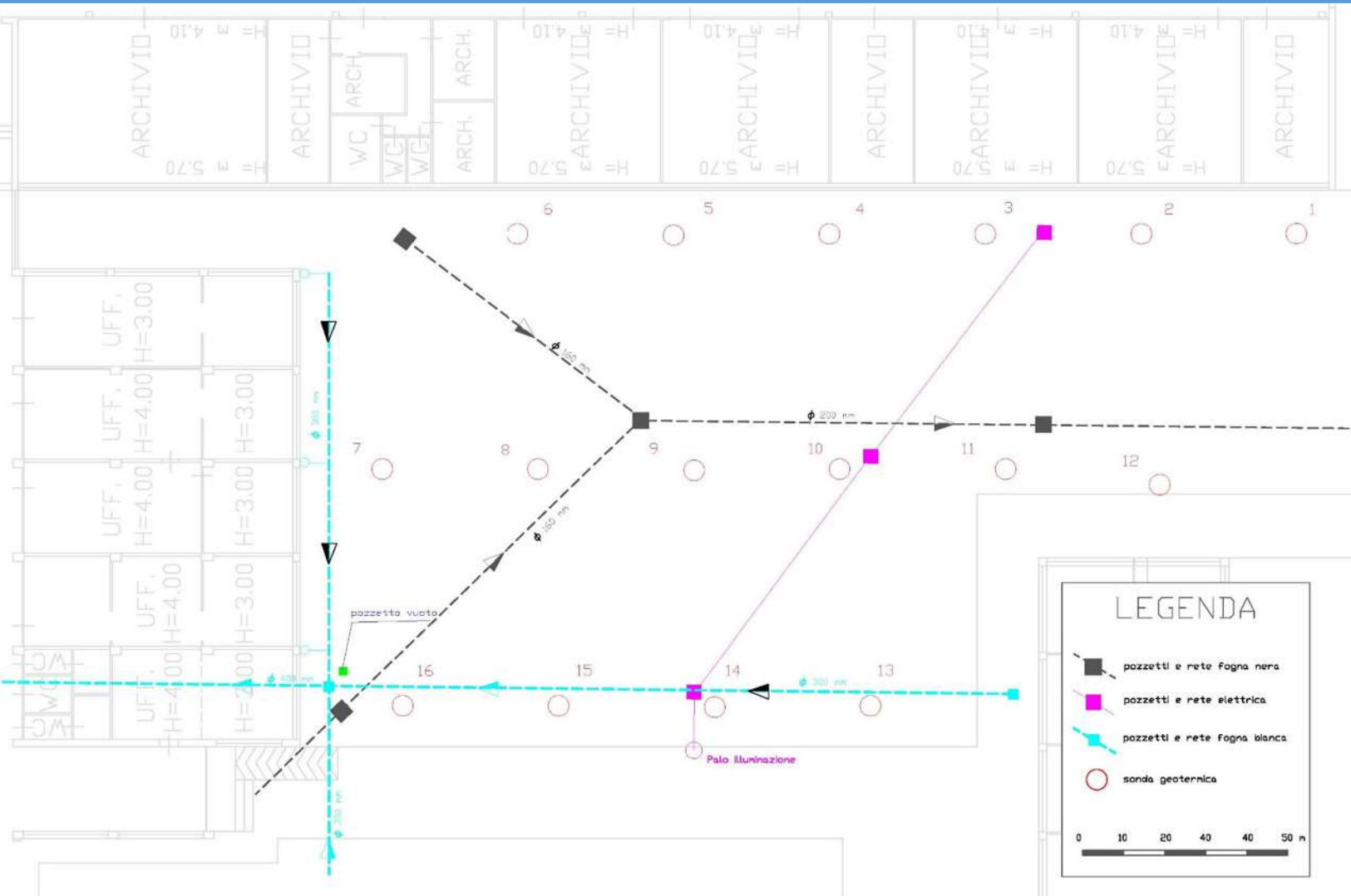
Q media (m <sup>3</sup> /h)= <b>1.04</b>	$\Delta T$ medio (°C)= <b>7.5</b>	lunghezza sonda (m) = <b>120</b>	$\lambda_{eff}$ (W/m/K)= <b>3.4</b>
tempo osserv. (h) = <b>99</b>	potenza media (KW)= <b>9.0</b>	potenza sonda (W/m)= <b>75</b>	R b (K /w/m)= <b>0.013</b>
Q media (m <sup>3</sup> /h)= <b>1.04</b>	$\Delta T$ medio (°C)= <b>-3.9</b>	lunghezza sonda (m) = <b>120</b>	$\lambda_{eff}$ (W/m/K)= <b>4.2</b>
tempo osserv. (h) = <b>115</b>	potenza media (KW)= <b>-4.7</b>	potenza sonda (W/m)= <b>-39</b>	R b (K /w/m)= <b>0.021</b>

Considerando la potenza di una sonda avente lunghezza di 120 metri pari a 9 kW ne consegue che il campo sonde contribuisce per un totale di 154 kW.



## Caso studio n.2 – Ex Ciapi

### Layout del campo sonde



A servizio dell'impianto geotermico sono state realizzate 16 sonde geotermiche, della profondità utile di 120 m, interessando un'area a verde interna al comprensorio

Le perforazioni sono state eseguite a rotazione e distruzione di nucleo utilizzando come fluido di perforazione sola acqua.

Primo tratto di perforazione: 3-5 m con  $\varnothing$  168 mm, successivamente rivestito con tubazioni in acciaio  $\varnothing$  168 mm e spessore 3 mm.

Tratto fino a 125 metri con  $\varnothing$  156 mm, al fine di poter posizionare al piede delle geosonde la zavorra costituita da una tubazione in acciaio, della lunghezza di circa 1 m



## Modalità di completamento delle sonde

Committente Regione Puglia	Lavoro Impianto geotermico Bari - Via Corigliano	Operatore CO.GEO S.r.l.	Responsabile Nicola Tangorra
Bondaggio Sonda <b>13</b>	S_01 Quota piano campagna (m da p.c.)	Profondità raggiunta 124.0 m da p.c.	Tipo perforazione Rotazione distruzione di nucleo
		Inizio esecuzione 16/04/2015	Termina esecuzione 08/06/2015

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Profondità (m da p.c.)	Diametro perforo (mm)	Attrezzamento: geosonda	Completamento
			0.0			
		terreno vegetale	0.5			
		Calcarenite	4.0			
		Calcarea fratturato	11.0			
		Calcarea compatto	18.0			
		Calcarea fratturato	26.0			
		Calcarea compatto	34.0			
		Calcarea fratturato con terra rossa	38.0			
		Alternanze di livelli di calcarea compatto e fratturato				
			75.0			
		Calcarea fratturato con terra rossa	78.0			
		Calcarea compatto	91.0			
		Calcarea fratturato con terra rossa	118.0			
		Calcarea fratturato	124.0			

l'intercapedine tra la geosonda e la parete del perforo è stata riempita con un ghiaietto calibrato, al fine di stabilizzare il foro ed evitare possibili danneggiamenti delle geosonde, dal fondo foro fino a circa 12 m da p.c.

In seguito, attesa la stabilizzazione del ghiaietto, e dopo averne ripristinato, ove necessario, il livello, si è proceduto ad una cementazione del tratto iniziale del perforo.



***Alcune immagini durante le fasi di realizzazione del campo sonde***







## *Caso studio n.2 – Ex Ciapi*

*Alcune immagini durante le fasi di realizzazione del campo sonde*





L'impianto climatizza un edificio per uffici sfruttando come fonte primaria l'energia geotermica e integrando gas metano ed energia elettrica.

Il fabbisogno termico è stimato in 260 kW di potenza termica

per soddisfare la richiesta è stato realizzato un impianto che utilizza un sistema geotermico a bassa entalpia con pompa di calore ad assorbimento, combinato con un sistema ad energia rinnovabile aerotermica a pompa di calore elettrica ad alta efficienza

Il campo sonde è formato da n.10 sonde a 200 metri a singola U



# Caso studio n.3 – Uffici Via Tirrenia Taranto

## Contesto geologico e idrogeologico



L'impianto è posizionato nella zona centro-meridionale di Taranto, nel lembo di terra che separa il Mar Piccolo dal Mar Grande.

Stratigrafia lungo la verticale del pozzo:

Tratto 0-1 m: terreno di riporto antropico;

Tratto 1-7 m: calcareniti e calciruditi di terrazzo marino;

Tratto 7 – 83 m: argille marnose e siltose e marne argillose di colore grigio azzurro riferibili all'unità delle argille subappennine

Tratto 83-90 m: calcareniti e calciruditi;

Tratto 90-250m: alternanza di calcari, calcari dolomitici e dolomie in vario grado fratturati e carsificati riferibili all'unità del calcare di Altamura e che si spingono per centinaia di metri nel sottosuolo.



## Caso studio n.3 – Uffici Via Tirrenia Taranto

### Contesto geologico e idrogeologico



la circolazione idrica sotterranea è caratterizzata dalla presenza di due distinte falde;  
la prima più profonda, è rappresentata dalla falda carsica circolante nelle rocce carbonatiche del substrato mesozoico, variamente fratturato e carsificato;

la seconda è rappresentata da una falda superficiale che si rinviene a piccola profondità dal piano campagna, la cui esistenza è dovuta alla presenza di livelli di sedimenti impermeabili al letto della formazione che funge da acquifero.



### Uffici Regione Puglia Via Tirrenia - TARANTO - Test di risposta geotermica (GRT)

Q media (m <sup>3</sup> /h)= <b>1.14</b>	$\Delta T$ medio (°C)= <b>9.1</b>	lunghezza sonda (m) = <b>220</b>	$\lambda_{eff}$ (W/m/K)= <b>2.6</b>
tempo osserv. (h) = <b>77</b>	potenza media (KW)= <b>12.2</b>	potenza sonda (W/m)= <b>55</b>	Rb (K/w/m)= <b>0.061</b>

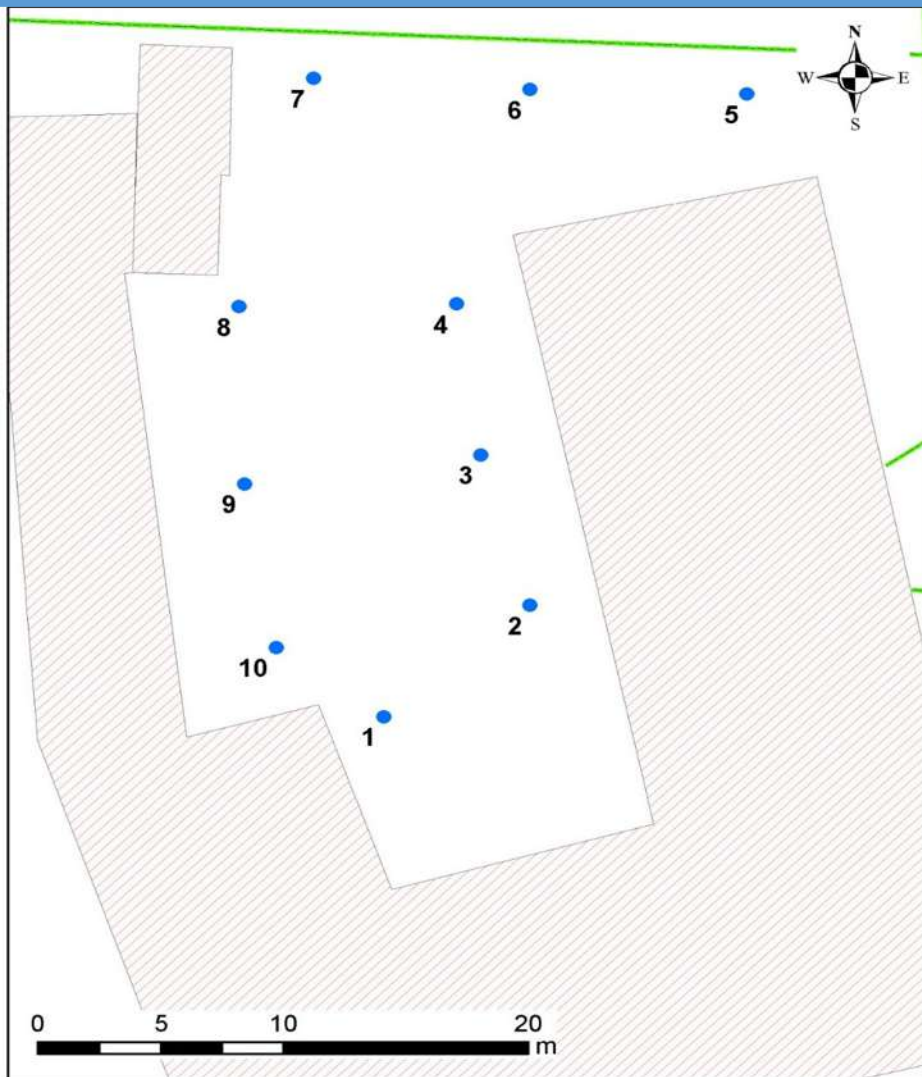
Q media (m <sup>3</sup> /h)= <b>1.16</b>	$\Delta T$ medio (°C)= <b>-4.5</b>	lunghezza sonda (m) = <b>220</b>	$\lambda_{eff}$ (W/m/K)= <b>2.6</b>
tempo osserv. (h) = <b>94</b>	potenza media (KW)= <b>-6.0</b>	potenza sonda (W/m)= <b>-27</b>	Rb (K/w/m)= <b>0.052</b>

Considerando la potenza di una sonda avente lunghezza di 220 metri pari a 12,2 kW ne consegue che il campo sonde contribuisce per un totale di 122 kW.



## Caso studio n.3 – Uffici Via Tirrenia Taranto

### *campo sonde*



I 10 fori in cui sono state alloggiate le sonde geotermiche verticali sono stati realizzati a distruzione di nucleo a circolazione diretta dei fluidi. Il fluido utilizzato nella fase di perforazione è stato l'acqua, priva di qualsiasi tipologia di additivo.

Il primo tratto di perforazione stato realizzato con  $\varnothing$  200 mm, fino alla profondità di rinvenimento del substrato calcareo (variabile tra 82 ed 85 m dal p.c.), successivamente rivestito con tubazioni in acciaio  $\varnothing$  152 mm e spessore 3 mm.

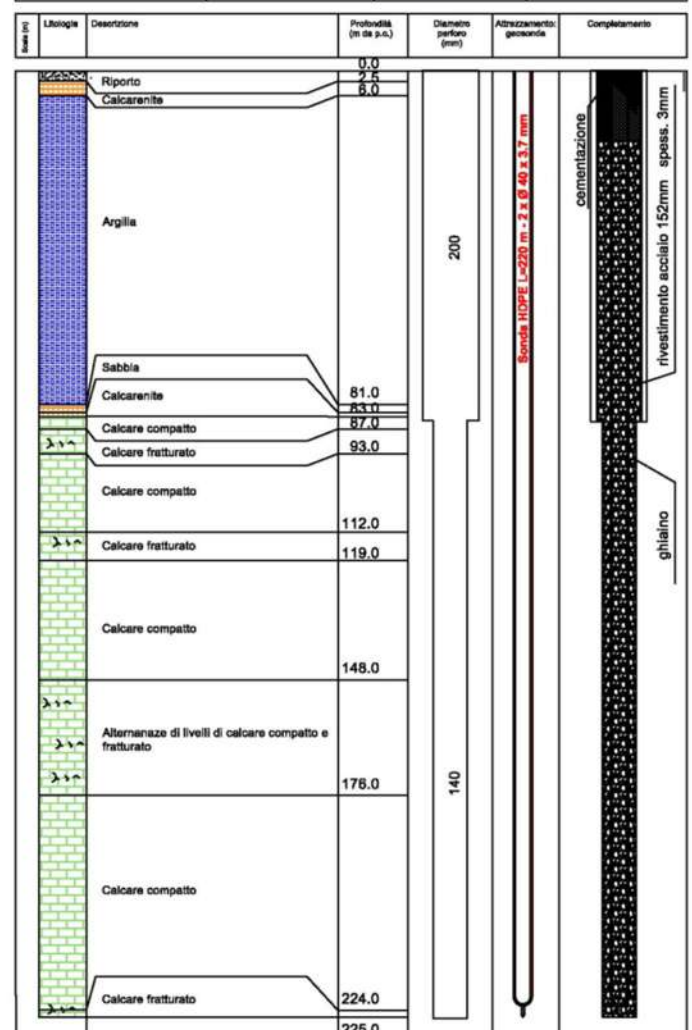
La perforazione stata quindi approfondita, con diametro 141 mm, fino a alla profondità di 224-225 m, ciò al fine di poter posizionare al piede delle geosonde la zavorra costituita da un tondo pieno in acciaio, della lunghezza di circa 1.5 m, con l'estremità a punta per facilitare l'installazione delle geosonde.



# Caso studio n.3 – Uffici Via Tirrenia Taranto

## Completamento delle sonde

Comunità Regione Puglia	Lavoro Impianto geotermico Taranto - Via Tirrenia	Operatore CO.GEO S.r.l.	Risponabile Nicola Tangorra
Sondaggio Sonda <b>S 01</b>	Quota piano campagna (m da p.c.)	Profondità aggiunta 225 m da p.c.	Tipo perforazione Rotazione distruzione di nucleo
		Inizio esecuzione 28/06/2015	Termina esecuzione 13/07/2015



Geosonde realizzate con 2 tubi ad U, saldati in fabbrica, Ø 40 x 3.7 mm (GEROtherm®) in polietilene PE 100, dotate di zavorra per facilitare la posa nel perforo e distanziatori, posti ad intervalli di circa 10 m, per mantenere la distanza fra i singoli tubi della sonda geotermica.

Successivamente alla posa in opera delle geosonde, l'intercapedine tra la geosonda e la parete del perforo è stata riempita con ghialino dal fondo foro fino a ~ 17 m da p.c..

Il restante tratto di perforo, fino al p.c., è stato riempito con malta cementizia, al fine di garantire la continuità fisica tra le tubazioni della geosonda e l'ammasso roccioso.



## *Caso studio n.3 – Uffici Via Tirrenia Taranto*

*Alcune foto durante le fasi di realizzazione dell'impianto*







#### **Programma di cooperazione Transfrontaliera IPA ADRIATIC CBC - Progetto “Legend” (Low Enthalpy GEothermal ENERGY Demonstration cases for energy efficient public building in Adriatic area)**

L'impianto è destinato alla climatizzazione e produzione di ACS a servizio di un edificio dedicato ad uffici e foresteria sfruttando come fonte primaria l'energia geotermica oltre ad una porzione di energia fotovoltaica e solare termica

Saranno dunque dismessi in tutto o in parte gli attuali sistemi di riscaldamento o raffrescamento attualmente presenti valutando l'eventuale residuale permanenza di alcuni dispositivi per esigenze di emergenza

Le sonde geotermiche saranno allocate in un'area pertinenziale dell'edificio, in una zona già adibita ai servizi, dove è presente ubicato un vano tecnico che alloggia una delle caldaie ed il serbatoio per il gas. I pannelli fotovoltaici e solari termici, saranno posizionati sul tetto dei locali uffici e della foresteria, completamente integrati sullo stesso con impatto visivo ridottissimo sulla struttura. Le attuali caldaie a gas, sono ubicate in diversi vani tecnici vari addossati agli edifici del costituente la struttura.



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico



### Riserva Naturale dello Stato Le Cesine



**Le Cesine costituiscono un'area umida costiera separata dal mare da cordoni dunari ed in cui sono presenti specie floristiche e faunistica di particolare interesse ecologico**

**Riserva di Stato dal 1980**

**Oasi WWF**





# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico

**L'area oggetto di studio è ubicata lungo la fascia costiera adriatica a quote di circa 3 m s.l.m.**

### **PUTT/p:**

- ATE "A" - Valore eccezionale;
- Serie 1 - Vincolo ex Legge 1497;
- Serie 2 - Decreto Galasso;
- Serie 4 - Biotopo e sito di interesse naturalistico Area delle Cesine;
- Serie 5 - Segnalazione architettonica Masseria Le Cesine;
- Serie 6 - Zone Umide;
- Serie 9 - vincoli faunistici dell'area Le Cesine

### **PPTR: Ambito - Tavoliere salentino**

Componenti Geomorfologiche:

UCP\_Cordoni dunari;

Componenti Botanico-vegetazionali:

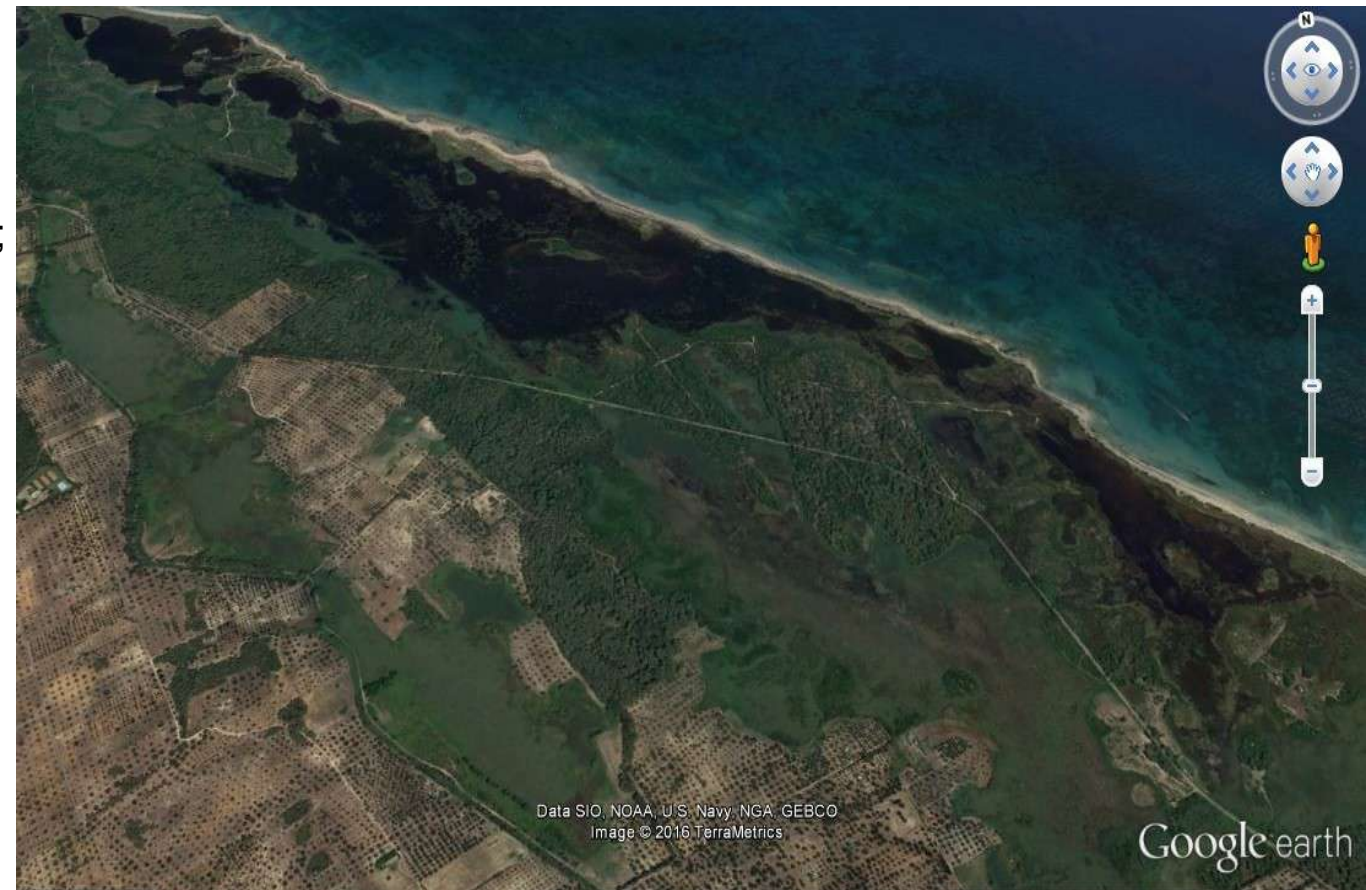
BP 142 I - UCP\_rispetto boschi 100 m;

Componenti aree protette:

BP 142 F; UCP\_rilevanza naturalistica;

Componenti Culturali:

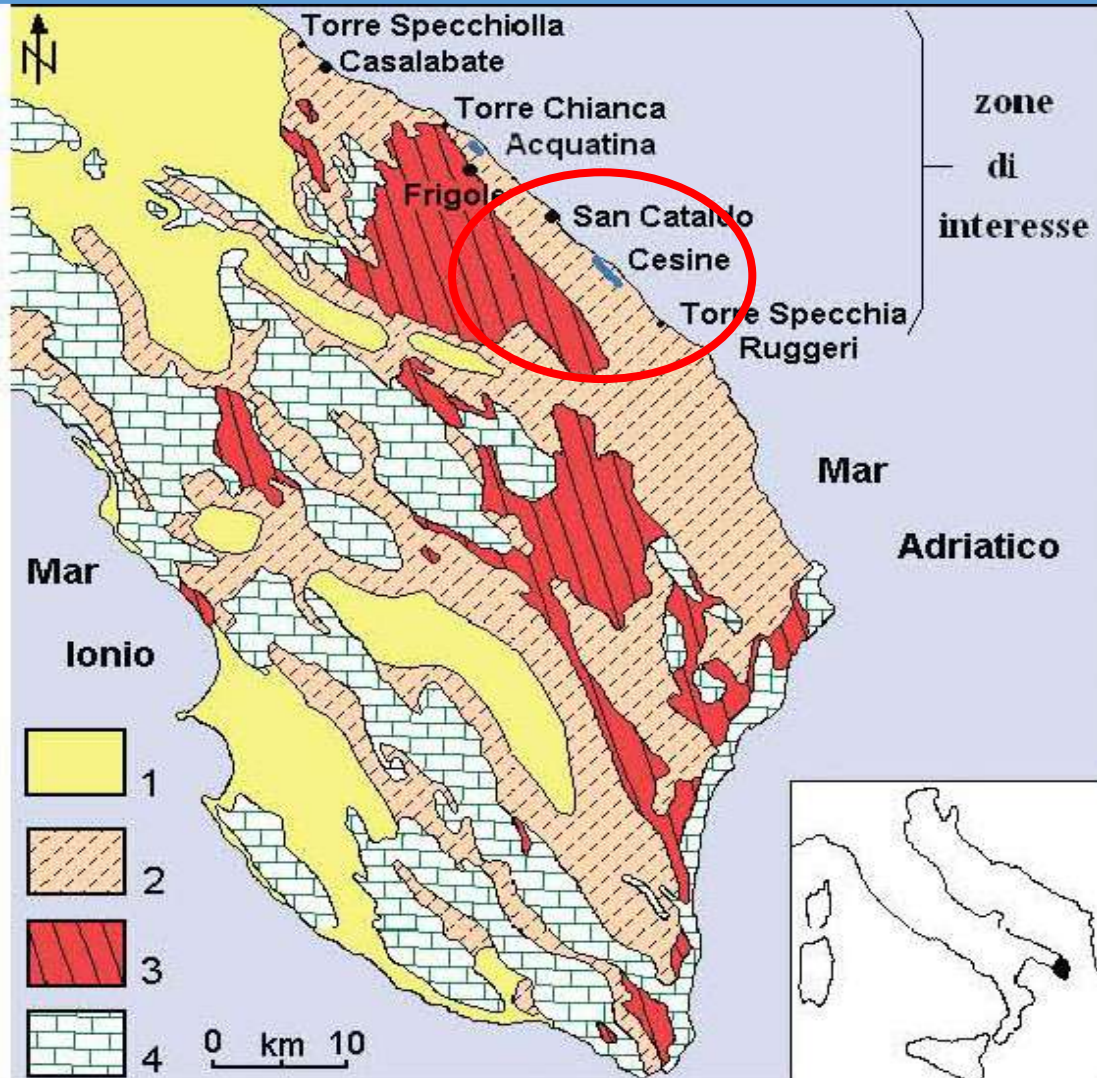
UCP\_stratificazione insediativa siti storico-culturali.





# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico



In affioramento si ritrova l'unità pliocenica della "Formazione di Uggiano la Chiesa" costituita da calcareniti organogene a granulometria da medio-grossolana a medio-fine, di colore biancastro, grigio chiaro;

Al di sotto si ritrovano i depositi miocenici attribuibili alle Calcareniti di Andrano, costituite da calcareniti più o meno marnose, di colore grigio chiaro con sfumature giallastre e biancastre, a volte leggermente glauconitiche;

Alle Calcareniti di Andrano soggiace uno spessore di circa 50-60 metri di Pietra leccese costituita da una calcarenite a grana fine;

Al di sotto delle calcareniti mioceniche risultano assenti i termini oligocenici e si passa ai termini mesozoici rappresentati da calcari, calcari dolomitici e dolomie del Cretaceo



## Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

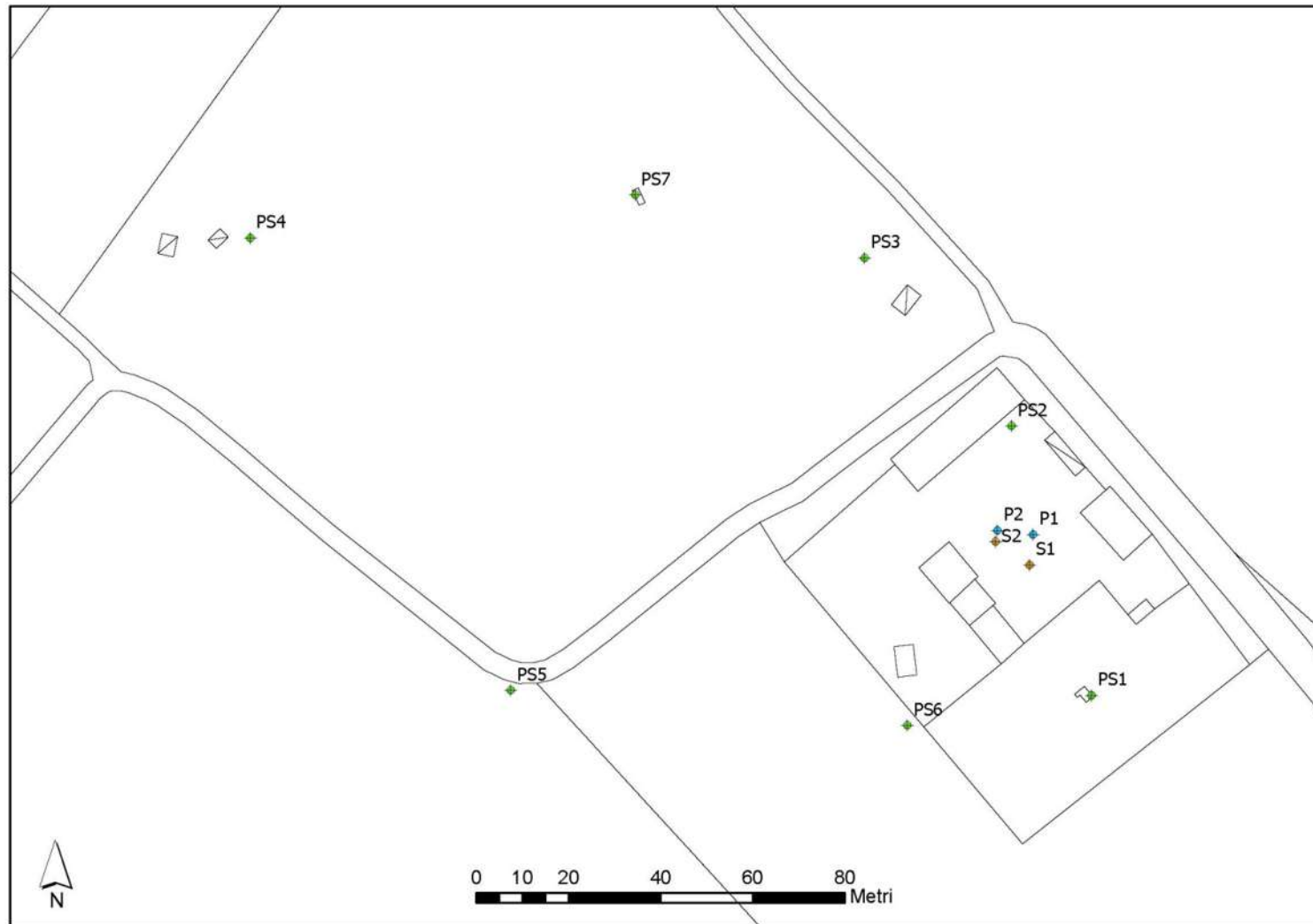
### Contesto geologico e idrogeologico

<b>0 - 1</b>	Terreno vegetale brunastro costituito da sabbie limose di colore marroncino. Nella parte bassa sono presenti ciottoli calcarenitici giallo chiaro
<b>1 - 92</b>	Alternanza di calcareniti biodetritiche di colore giallastro e giallo-chiaro, grossolane, con abbondanti frammenti di guscio di lamellibranchi, molluschi ed alghe e di sabbie e sabbie-limose giallo chiaro e grigiastre sciolte o poco coese. I livelli calcarenitici presenti lungo la verticale sono caratterizzati da grado di cementazione variabile mentre i livelli sabbiosi evidenziano differenze cromatiche legate principalmente al differente quantitativo di frazione fine limosa. Lì dove risulta maggiormente abbandonante infatti, la colorazione delle sabbie tende al grigiastro.
<b>92 - 116,5</b>	Alternanza di calcari molto carsificati di colore biancastro e nocciola-violaceo, di sabbie limose e limi sabbiosi grigiastri con variabile grado di coesione e di calcari biancastri compatti e tenaci di colore biancastro. Il grado di carsificazione maggiore è presente in corrispondenza dell'intervallo 92-95 m.
<b>116,5 - 120</b>	Argillite verdastra compatta e coesa con abbondante contenuto fossilifero formato da sottili gusci biancastri, interi ed in frammenti, di lammelibranchi, gasteropodi ed echinodermi
<b>120 - 157</b>	Calcareniti fini di colore verde chiaro o più scuro a causa dell'elevato contenuto in glauconite con frequenti resti di sottili gusci di echinidi e lamellibranchi. In alcuni livelli si presentano leggermente bioturbate. Nella parte bassa sono presenti discontinuità sub-verticali lungo cui sono presenti sottili film di materiale nerastro
<b>157 - 162</b>	Argillite marrone scura con frustoli e livelli carboniosi
<b>162</b>	Calcari biancastri a grana fine con frammenti e gusci di rudiste



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico





## **CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA**

La situazione idrogeologica ricostruita in corrispondenza della Masseria dove ha sede l'impianto geotermico da bibliografia e indagini di campo è la seguente:

Falda freatica superficiale, sostenuta dal livello a bassa permeabilità di sabbie fini e limi argillosi giallo chiaro tra 23 e 27,50 m di profondità.

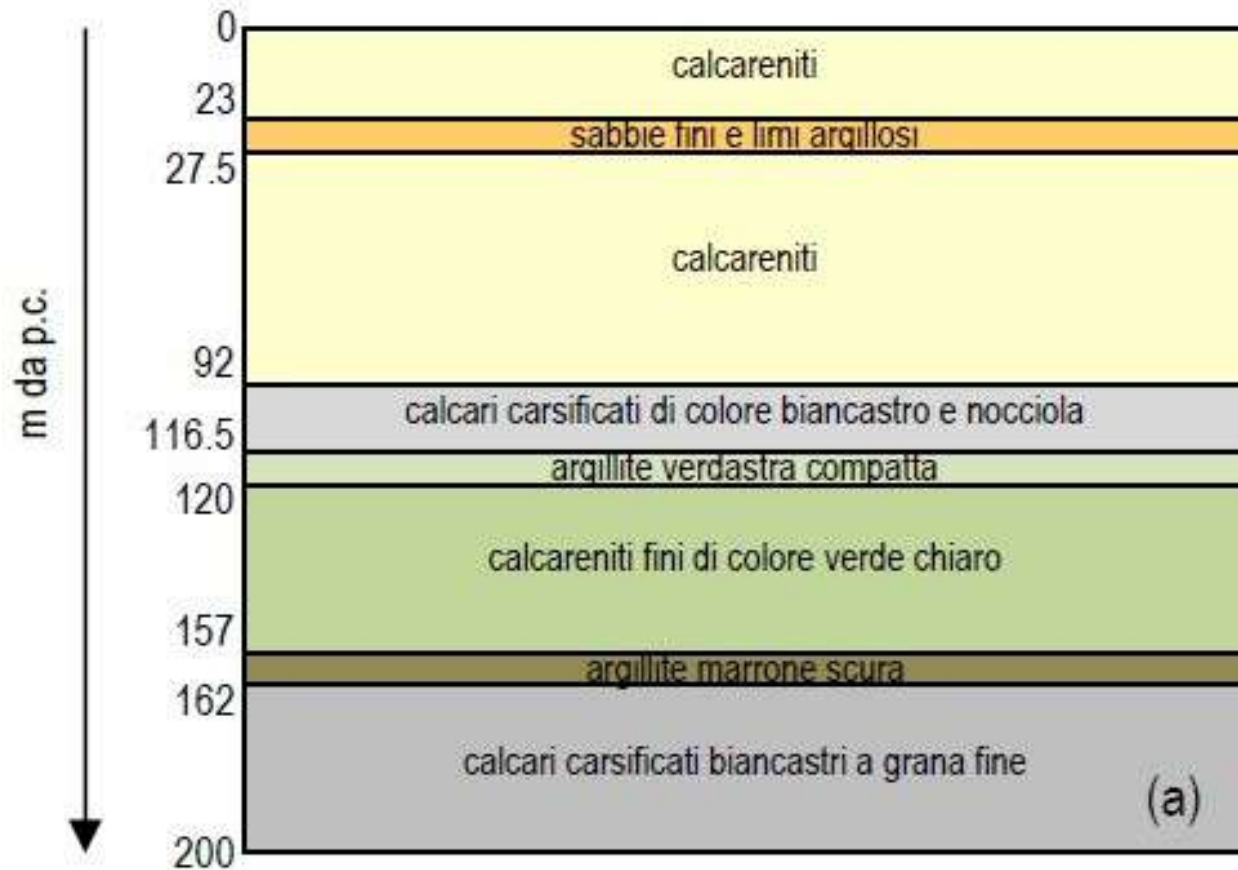
Falda intermedia, confinata tra la base del livello a bassa permeabilità di sabbie fini e limi argillosi posta a 27,50 m di profondità e le calcareniti fini verdastri mioceniche presenti a 120 metri di profondità.

Falda carsica, in pressione a 162,5 metri di profondità, ospitata nei calcari mesozoici permeabili per fratturazione e carsismo.



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico

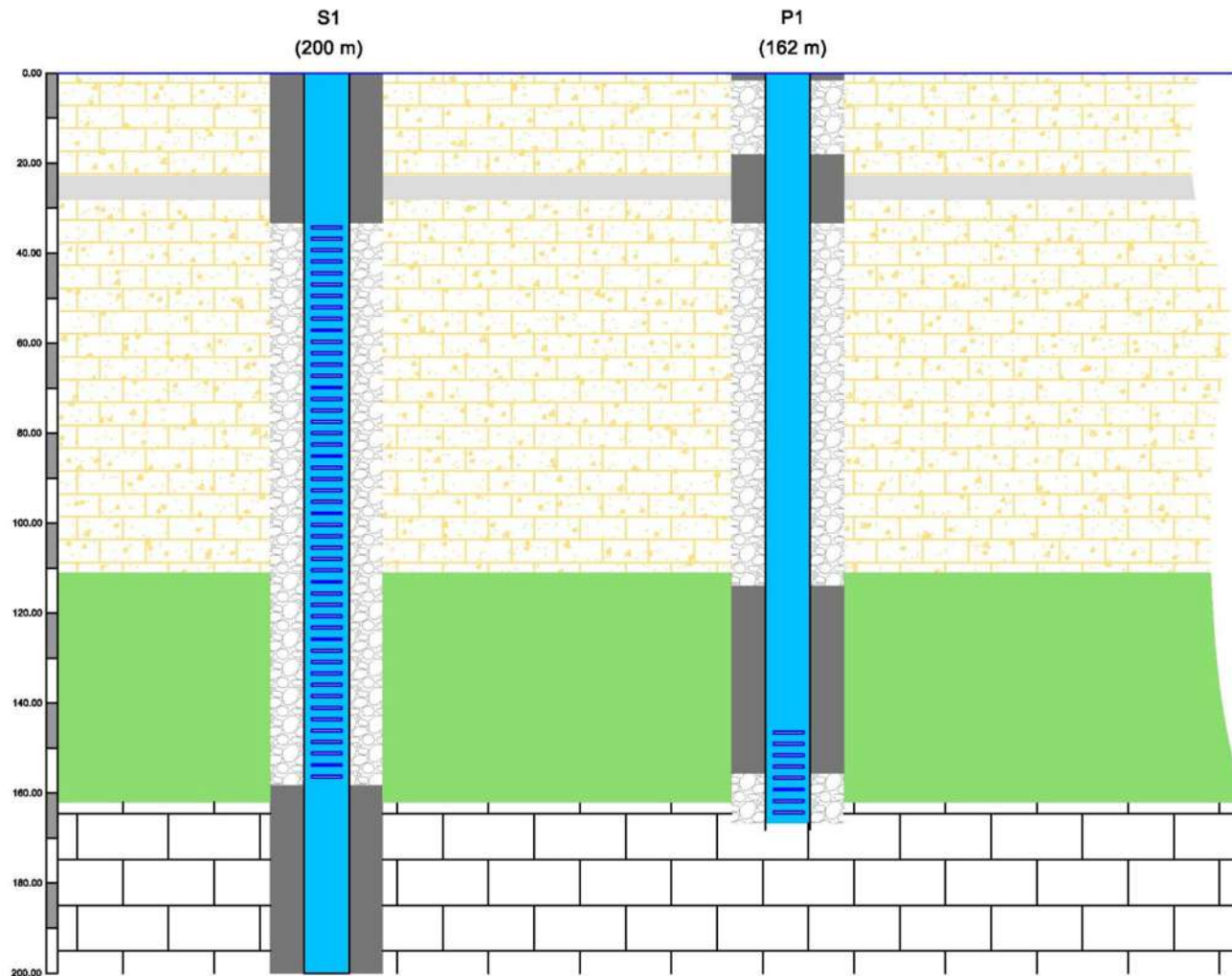






# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico



### Schema di completamento delle sonde e dei piezometri

Poiché si stava operando in una zona di eccezionale valore ambientale, particolare cura è stata rivolta alla modalità di completamento dei fori

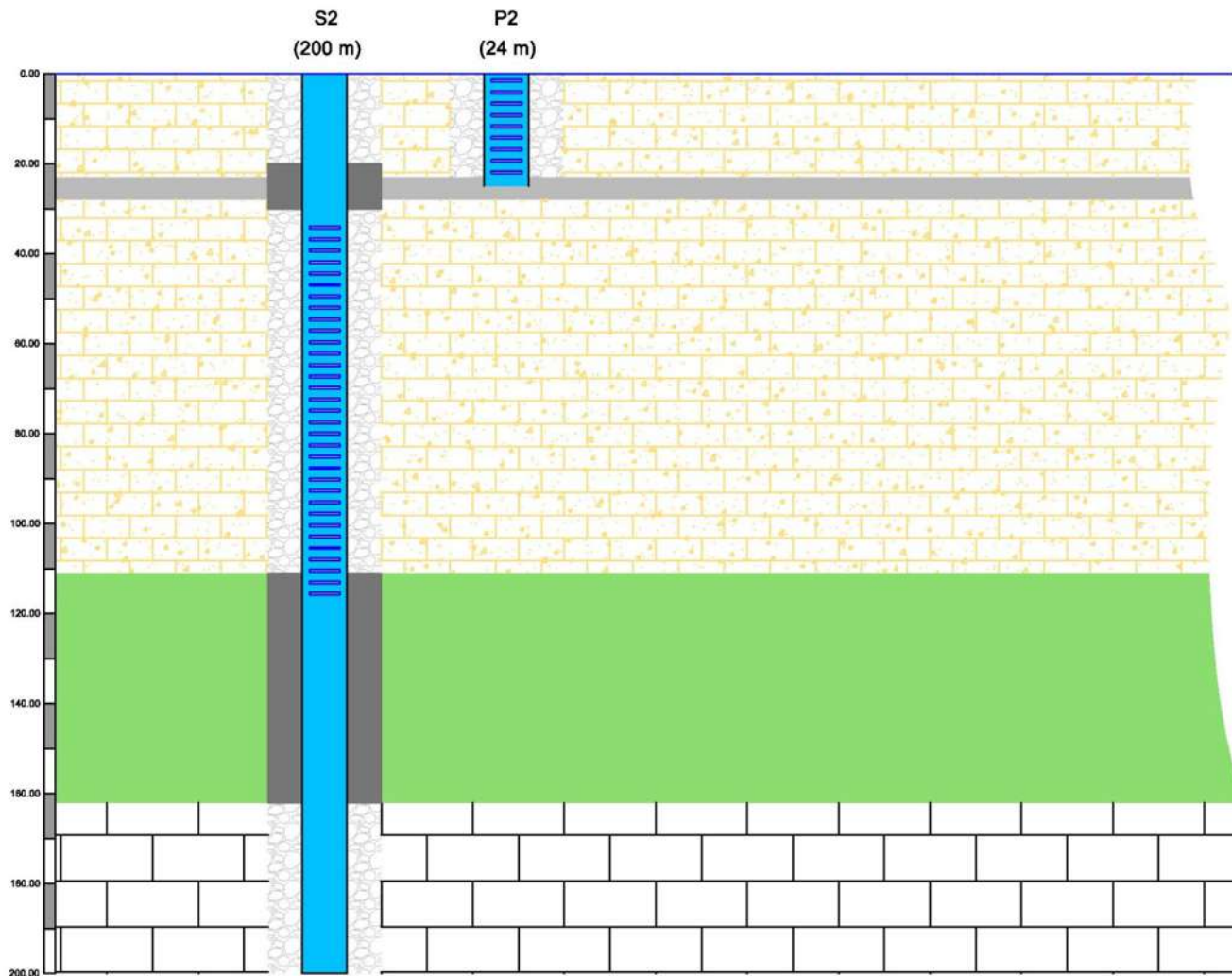
L'utilizzo di cemento e ghiaia quindi ha seguito queste linee:

- I. non mettere in comunicazione le tre falde presenti
- II. non diminuire inibire lo scambio termico e sfruttare il più possibile gli intervalli rocciosi acquiferi



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Contesto geologico e idrogeologico



### Schema di completamento delle sonde e dei piezometri

Poiché si stava operando in una zona di eccezionale valore ambientale, particolare cura è stata rivolta alla modalità di completamento dei fori

L'utilizzo di cemento e ghiaia quindi ha seguito queste linee:

- I. non mettere in comunicazione le tre falde presenti
- II. non diminuire inibire lo scambio termico e sfruttare il più possibile gli intervalli rocciosi acquiferi



## **Il fabbisogno termico dell'impianto stimato è di circa 30kWt**

- a) L'impianto in progetto ha quindi previsto l'utilizzo della fonte geotermica con una pompa di calore elettrica per la cui alimentazione è stato realizzato un impianto fotovoltaico della potenza di circa 8 Kwp commisurato alle esigenze della pdc elettrica
- b) nei periodi estivi, di maggiore frequentazione e producibilità inoltre, è in grado di soddisfare anche le esigenze di illuminazione ed eventualmente di mobilità elettrica per la fruizione della riserva.
- c) Un impianto solare termico copre i picchi di esigenza termica per riscaldamento e acqua calda sanitaria
- d) Gli impianti sono completamente integrati nelle strutture e le perforazioni sono state effettuate nel cortile a servizio dell'area ripristinando a fine lavori lo stato preesistente.



## **Il fabbisogno termico dell'impianto stimato è di circa 30kWt**

- a) L'impianto in progetto ha quindi previsto l'utilizzo della fonte geotermica con una pompa di calore elettrica per la cui alimentazione è stato realizzato un impianto fotovoltaico della potenza di circa 8 Kwp commisurato alle esigenze della pdc elettrica
- b) nei periodi estivi, di maggiore frequentazione e producibilità inoltre, è in grado di soddisfare anche le esigenze di illuminazione ed eventualmente di mobilità elettrica per la fruizione della riserva.
- c) Un impianto solare termico copre i picchi di esigenza termica per riscaldamento e acqua calda sanitaria
- d) Gli impianti sono completamente integrati nelle strutture e le perforazioni sono state effettuate nel cortile a servizio dell'area ripristinando a fine lavori lo stato preesistente.



**GRT n.1**

**con immissione di calore per il raffrescamento**

**Durata: 72 h**

**Resa termica: 37 W/m**

**Potenza sonda: 7,4 kW**

---

**GRT n.2**

**con estrazione di calore per il riscaldamento**

**Durata: 72 h**

**Resa termica: 27 W/m**

**Potenza sonda: 5,4 kW**



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Risultati del GRT

GRT con immissione di calore per la fase di raffreddamento

$$Q \text{ media (mc/h)} = 1,54$$

$$\Delta T \text{ medio (}^\circ\text{C)} = 6,3$$

$$\text{Lunghezza sonda (m)} = 200$$

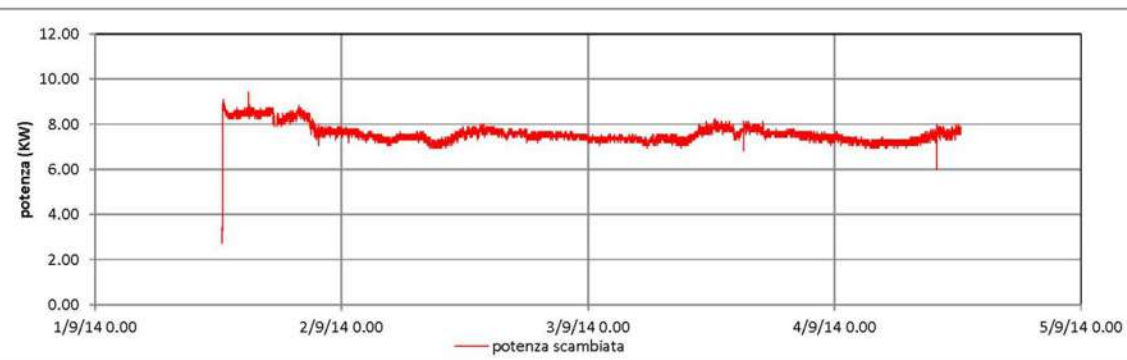
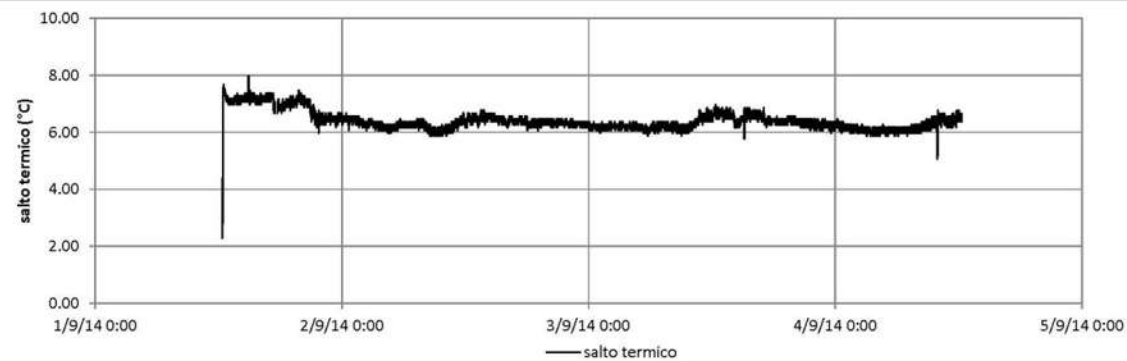
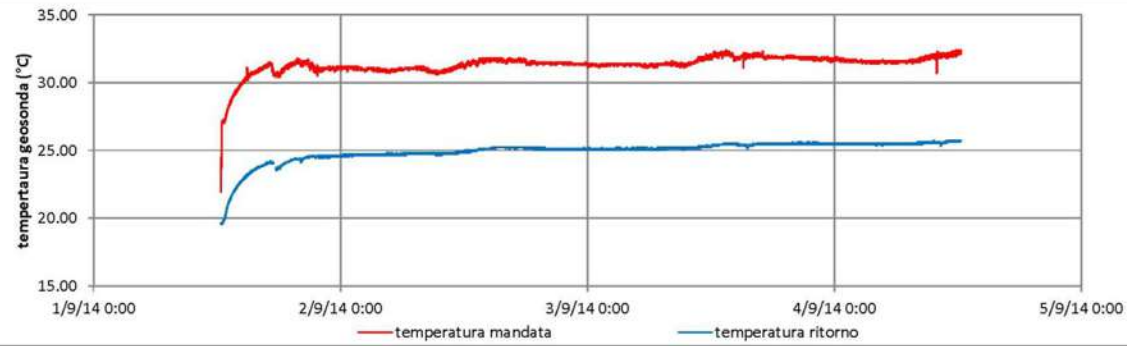
$$\text{Durata prova (h)} = 72$$

$$\text{Potenza media (kW)} = 7,5$$

$$\text{Potenza sonda (W/m)} = 37$$

$$\lambda_{\text{eff}} \text{ (W/m/k)} = 5,4$$

$$R_b \text{ (k/w/m)} = 0,108$$



Q media (m <sup>3</sup> /h)= <b>1.54</b>	Δ T medio (°C)= <b>6.3</b>	lunghezza sonda (m) = <b>200</b>	λ <sub>eff</sub> (W/m/K)= <b>5.4</b>
tempo osserv. (h) = <b>72</b>	potenza media (KW)= <b>7.5</b>	potenza sonda (W/m)= <b>37</b>	R <sub>b</sub> (K/w/m)= <b>0.108</b>



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

## Risultati del GRT

GRT con estrazione di calore per la fase di riscaldamento

$Q$  media (mc/h) = 1,55

$\Delta T$  medio ( $^{\circ}\text{C}$ ) = - 4,5

Lunghezza sonda (m) = 200

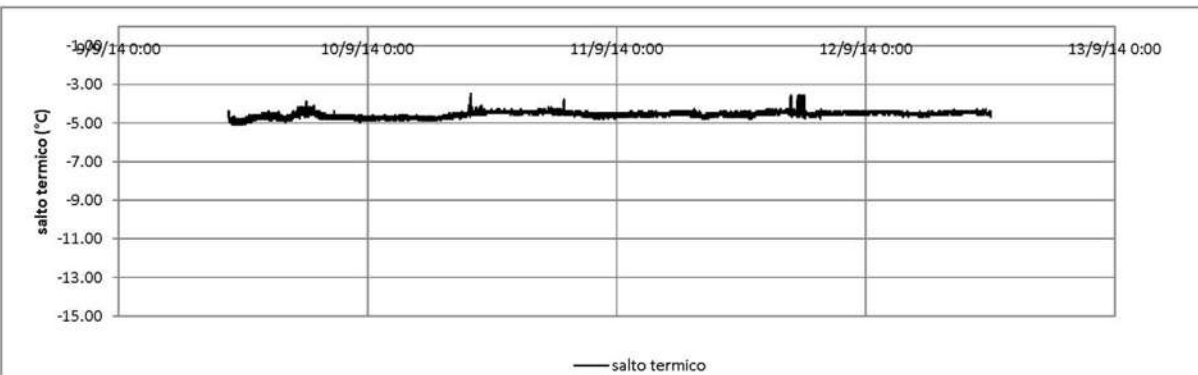
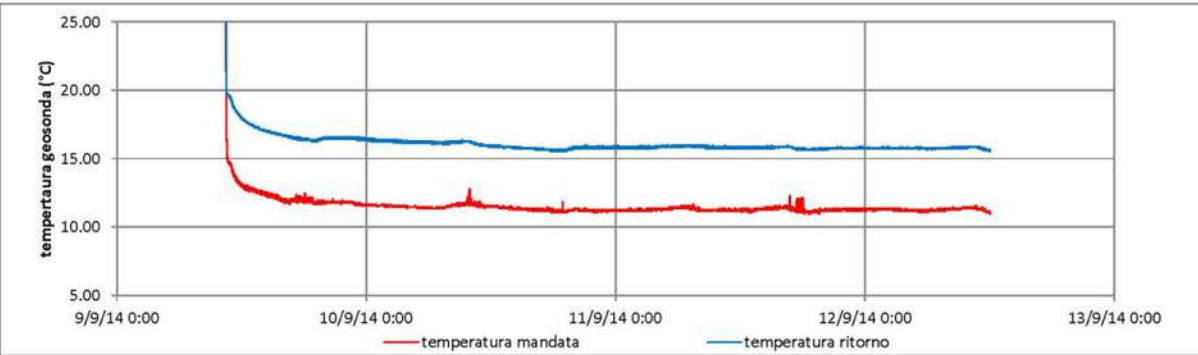
Durata prova (h) = 74

Potenza media (kW) = - 5,4

Potenza sonda (W/m) = 27

$\lambda_{\text{eff}}$  (W/m/k) = 8,4

$R_b$  (k/w/m) = 0,126

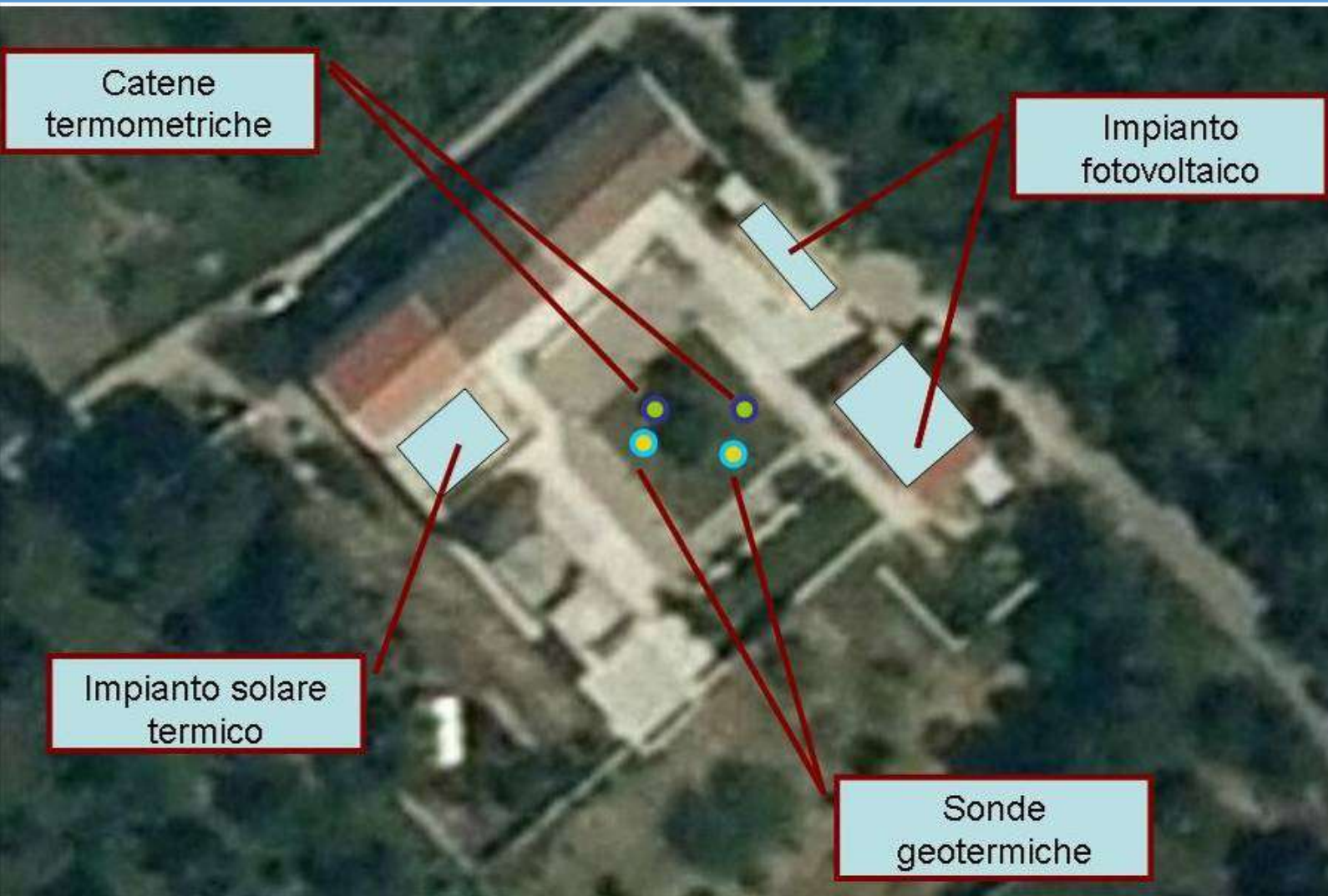


$Q$ media (m <sup>3</sup> /h)= <b>1.55</b>	$\Delta T$ medio ( $^{\circ}\text{C}$ )= <b>-4.5</b>	lunghezza sonda (m) = <b>200</b>	$\lambda_{\text{eff}}$ (W/m/K)= <b>8.4</b>
tempo osserv. (h) = <b>74</b>	potenza media (KW)= <b>-5.4</b>	potenza sonda (W/m)= <b>-27</b>	$R_b$ (K/w/m)= <b>0.126</b>



## Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

### campo sonde



Sono state installate due sonde geotermiche a doppia U ognuna delle quali lunga 200 m.

Nella direzione del flusso di falda sono stati realizzati due piezometri.

Il piezometro P1, posizionato lungo la direttrice di flusso delle acque della S1, ha una lunghezza di 167 metri e si attesta nei calcari cretacei.

Il piezometro P2, posizionato lungo la direttrice di flusso delle acque della S2, ha una lunghezza di 24 metri e si attesta nelle calcareniti che ospitano la falda superficiale, le cui acque dolci alimentano i bacini della area umida





## ***Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine***

### ***Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto***

#### **Fase 1**

Realizzazione S 1 – profondità 200 m (DN)

Realizzazione S 2 – profondità 200 m (DN)

Inserimento delle sonde geotermiche a doppia U, del tubo piezometrico e del tubo di iniezione del S 1

Log multiparametrico in S 1

#### **Fase 2**

Realizzazione P 1 – profondità 167 m (CC)

#### **Fase 3**

Realizzazione P 2 – profondità 24 m (DN)

Inserimento delle sonde geotermiche a doppia U, del tubo piezometrico e del tubo di iniezione del S 2

Completamento dei fori P1 e P2

#### **Fase 4**

GRT in S1 in “caldo”

GRT in S1 in “freddo”

Log termici durante la prova GRT



# Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine

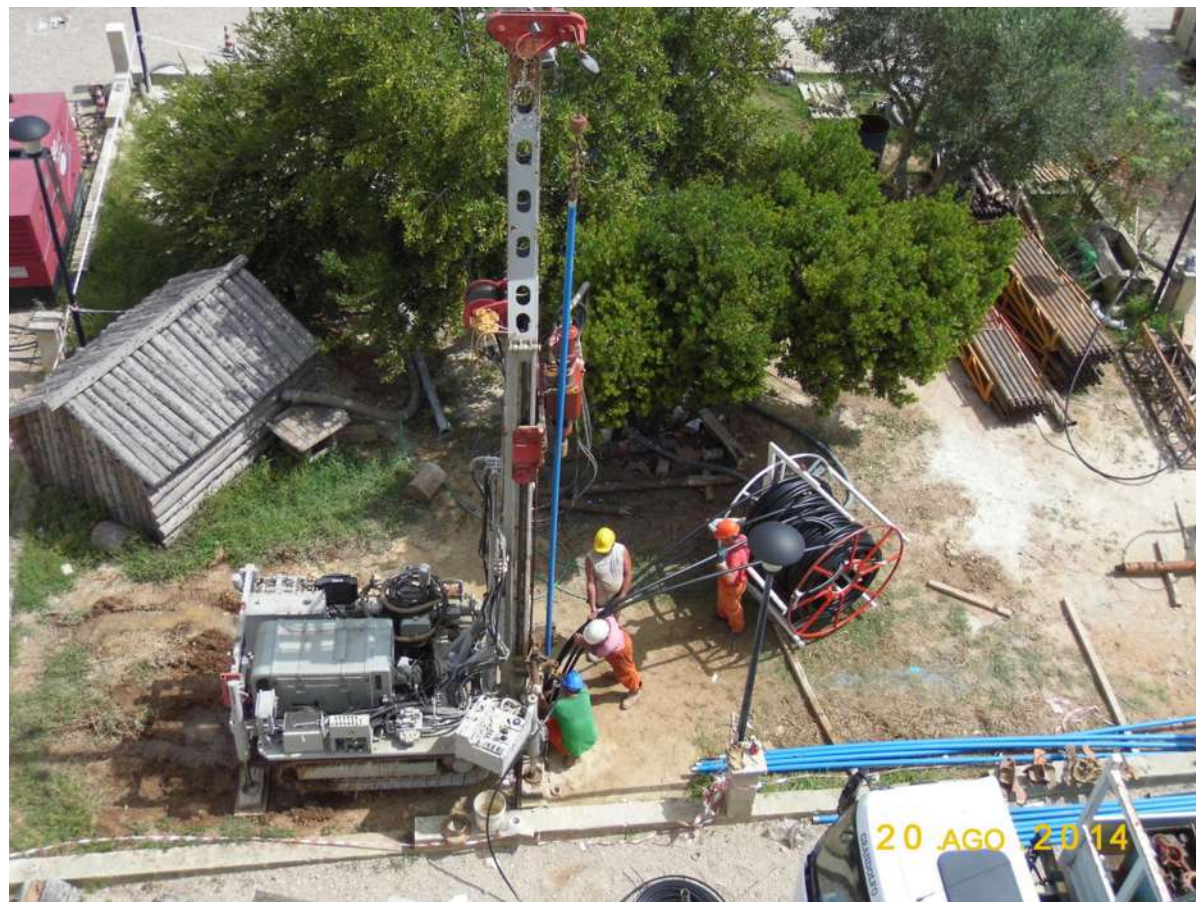
## Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto





## *Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine*

### *Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto*





# *Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine*

## *Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto*





## ***Caso studio n.4 – Masseria Le Cesine***

### ***Descrizione delle fasi di realizzazione dell'impianto***





## **Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon**

*Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara*

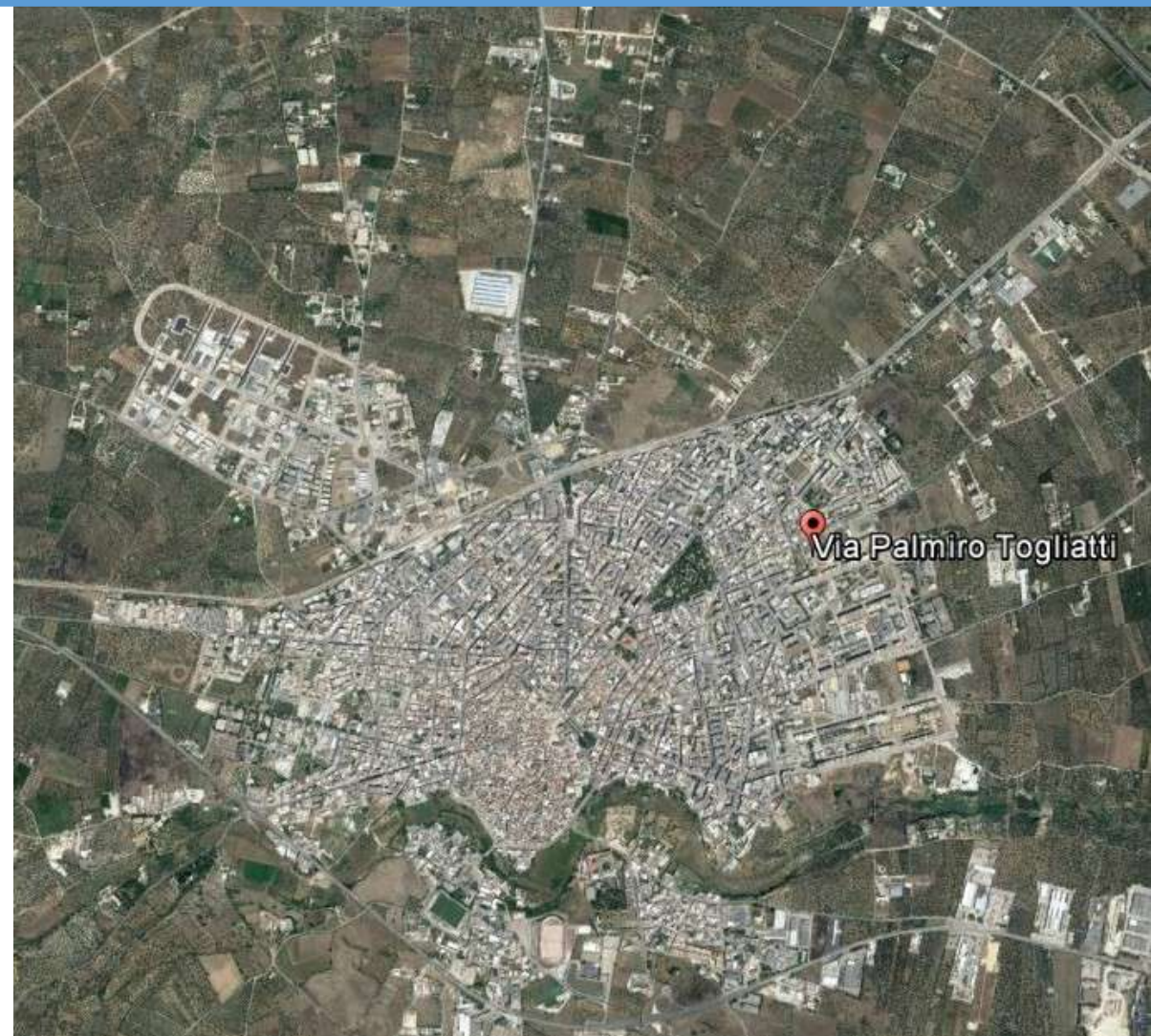
### **Descrizione dell'impianto**

Il complesso residenziale Babylon, progettato dall'ing. Alessandro Cariani e coadiuvato per la parte geologica ed ambientale dal geol. Gianluca Fallacara

nasce dalla demolizione di alcuni vecchi edifici posti nell'abitato bitontino, in via Palmiro Togliatti e prevede la realizzazione di un manufatto ECO HI-TECH composto da 22 appartamenti

E' un edificio ad **elevata efficienza energetica** e si riscalda senza emettere Co2 nell'ambiente con l'utilizzo di impianti altamente tecnologici quali **l'impianto di geotermia a bassa entalpia**

**L'impianto geotermico, in fase di realizzazione, è composto da 6 sonde geotermiche, della profondità di circa 160 m, ubicato lungo le corsie di manovra del piano interrato adibito a garage**





# Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon

Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara

## Contesto geologico e idrogeologico



L'impianto è posizionato nel settore nord-orientale dell'abitato di Bitonto a una quota di circa 105 m s.l.m.

Settore Nord-occidentale delle Murge che rappresentano una delle porzioni emerse dell'Avampese Apulo.

In affioramento è presente la Formazione del Calcarea di Bari costituito da calcari micritici in strati e banchi di spessore variabile, talvolta laminati, di colore variabile dal bianco al nocciola chiaro. Subordinatamente si rinvencono calcari dolomitici. La verticale stratigrafica è così composta:

- tra il p.c. e la profondità di 12÷16 m calcarea debolmente fratturato con presenza di terra rossa;
- fino a circa 60 m calcarea molto fratturato e carsificato, con abbondante presenza di terra rossa;
- fino ai 162 m calcarea dolomitico con locale presenza di terra rossa.

Dalle indagini realizzate il livello statico nell'area è posizionato a circa 35 metri dal piano campagna

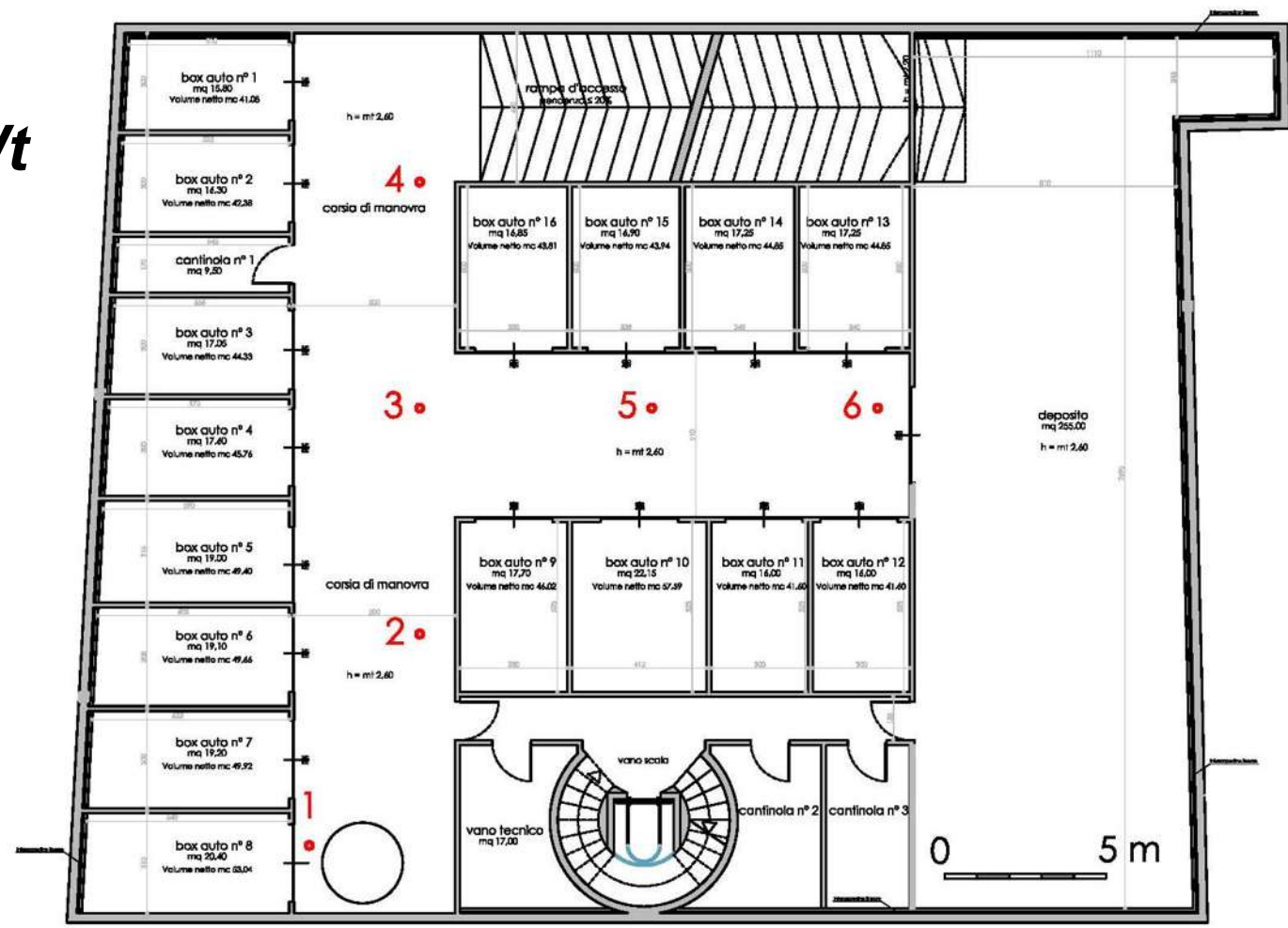


# Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon

Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara

## Stima del fabbisogno termico

**La stima del fabbisogno termico dell'edificio stimata è pari a 45 kWt e sarà interamente soddisfatta dall'impianto di geotermia a bassa entalpia**







## Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon

Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara

### Risultati del GRT

Sono stati eseguiti 2 test di risposta termica, interessando la sonda denominata S03, **immettendo** calore nel sottosuolo e **sottraendo** calore dal sottosuolo

Per l'esecuzione delle prove è stata impiegata un'apparecchiatura costituita da:

- una pompa di calore in grado di produrre caldo e freddo;
- un circuito idraulico di collegamento tra la pompa di calore e la geosonda opportunamente coibentato e di lunghezza limitata per ridurre le dispersioni termiche;
- un sistema di misura e controllo dei parametri: portata istantanea, volumi circolati, temperature mandata e ritorno dalla sonda, potenza istantanea scambiata, energia scambiata, energia elettrica assorbita;
- un sistema di misura e acquisizione della portata circolata, della potenza elettrica assorbita, delle temperature di mandata e di ritorno



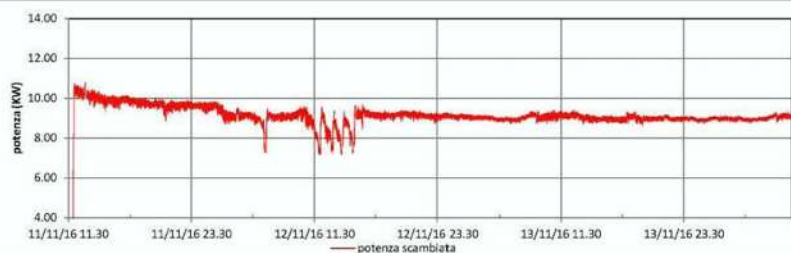
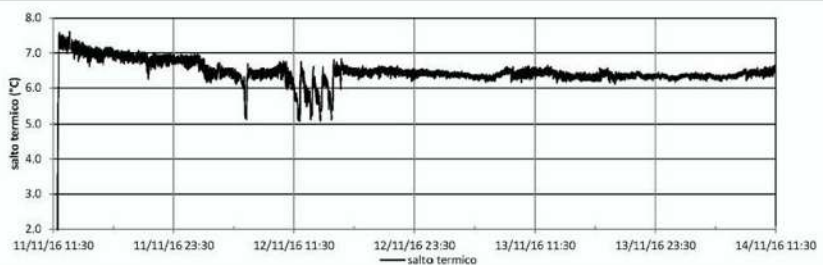
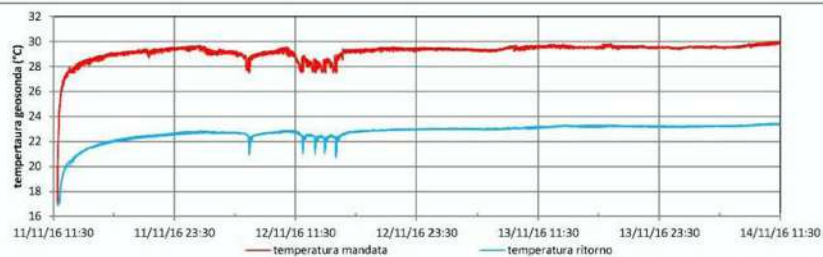
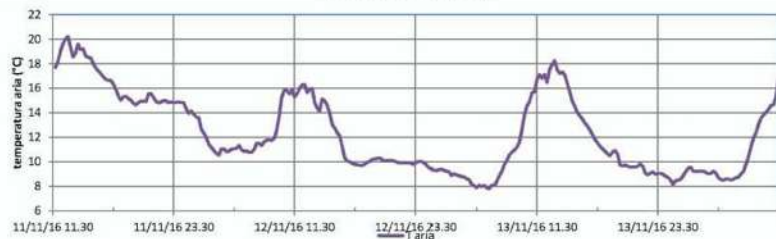


# Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon

Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara

## Risultati del GRT

Edificio Via Palmiro Togliatti, 73 - Bitonto - Test di risposta geotermica (GRT) - SONDA 1  
(immissione di calore)



GRT con immissione di calore per la fase di raffreddamento

$$Q \text{ media (mc/h)} = 1,22$$

$$\Delta T \text{ medio (}^\circ\text{C)} = 6,41$$

$$\text{Lunghezza sonda (m)} = 155$$

$$\text{Durata prova (h)} = 71,3$$

$$\text{Potenza media (kW)} = 9,1$$

$$\text{Potenza sonda (W/m)} = 59$$

$$\Lambda_{\text{eff}} \text{ (W/m/k)} = 5,6$$

$$R_b \text{ (k/w/m)} = 0,051$$

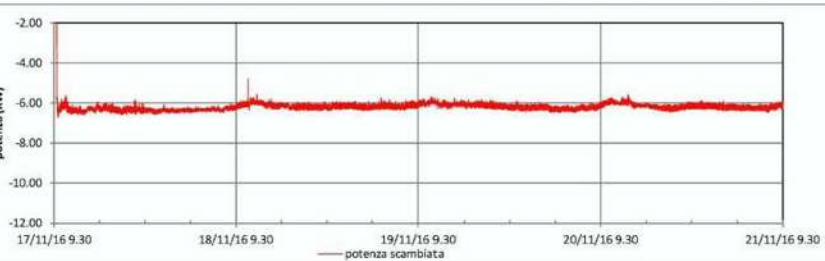
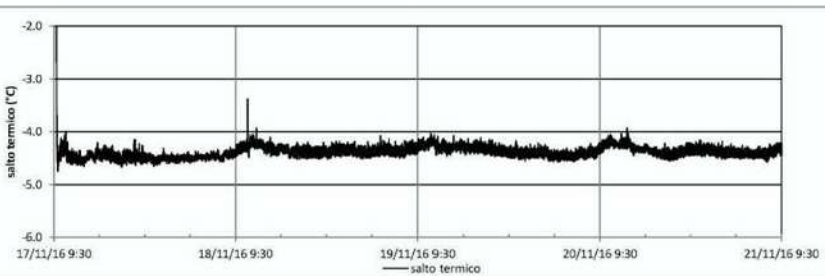
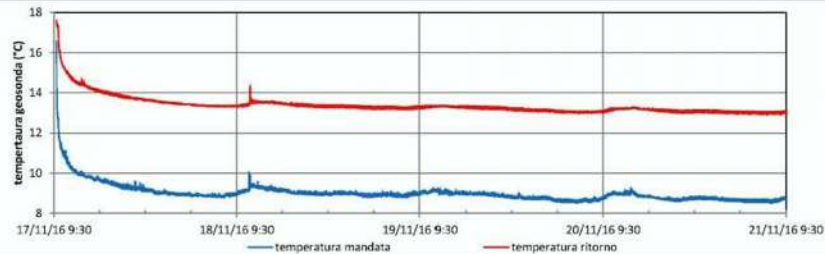
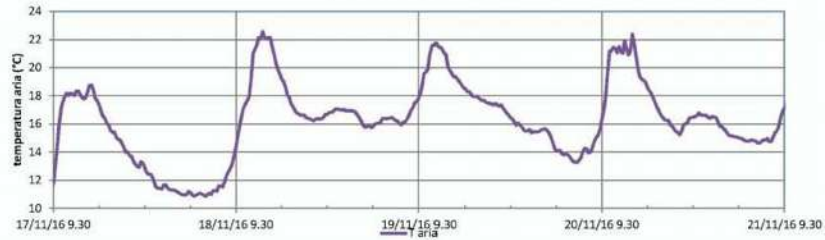


# Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon

Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara

## Risultati del GRT

Edificio Via Palmiro Togliatti, 73 - Bitonto - Test di risposta geotermica (GRT) - SONDA 1  
(sottrazione di calore)



GRT con estrazione di calore per la fase di riscaldamento

$$Q \text{ media (mc/h)} = 1,22$$

$$\Delta T \text{ medio (}^\circ\text{C)} = - 4,37$$

$$\text{Lunghezza sonda (m)} = 155$$

$$\text{Durata prova (h)} = 95,9$$

$$\text{Potenza media (kW)} = - 6,2$$

$$\text{Potenza sonda (W/m)} = -40$$

$$\Lambda_{\text{eff}} \text{ (W/m/k)} = 5,4$$

$$R_b \text{ (k/w/m)} = 0,044$$



# Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon

Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara

## Campo sonde progettato

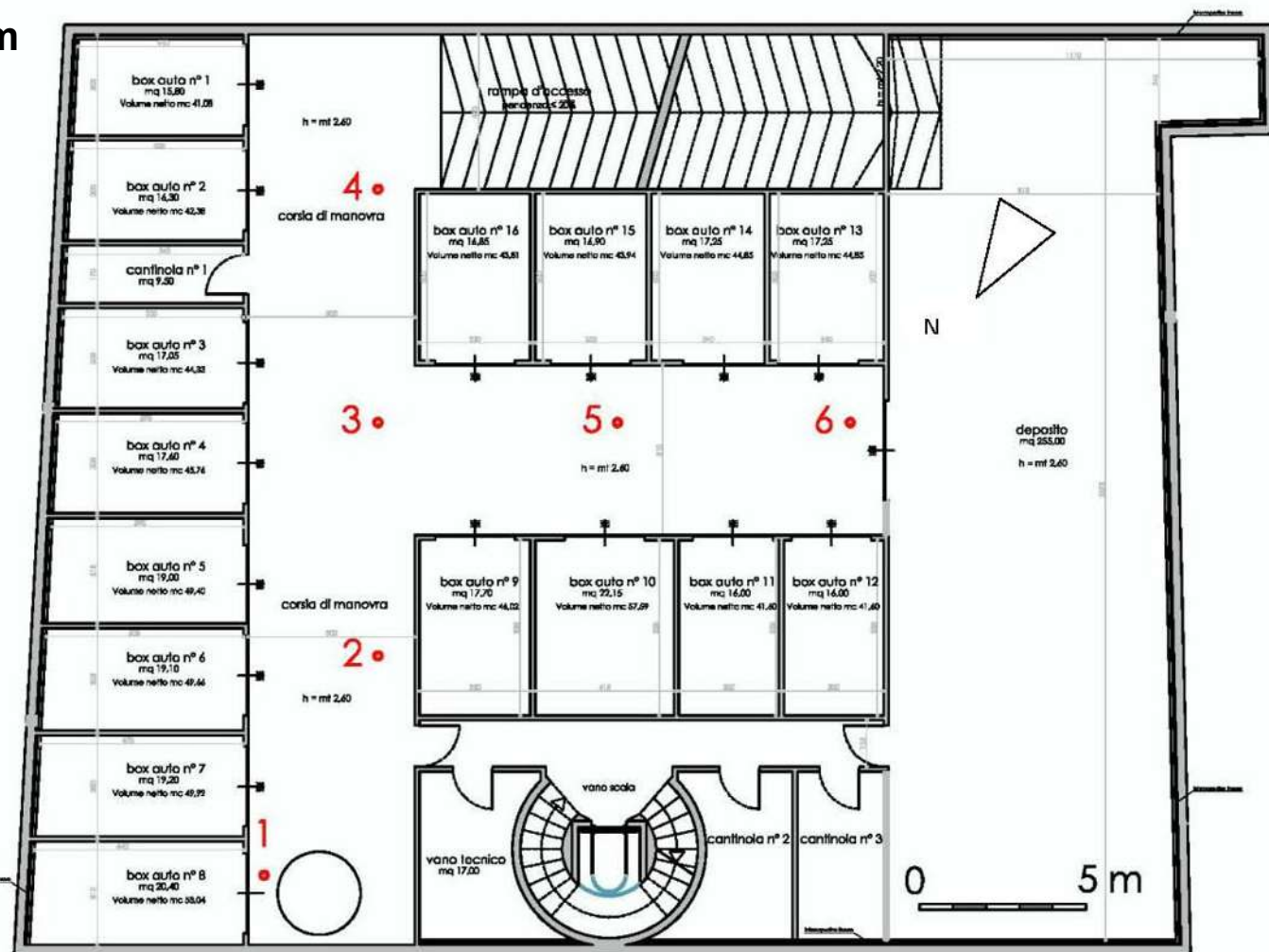
sono state realizzate 6 SGV, della profondità di circa 160 m

Le perforazioni sono state eseguite a rotazione e distruzione di nucleo utilizzando come fluido di perforazione sola acqua chiara

Primo tratto di perforazione:  $\varnothing$  200 mm fino a 2 m, successivamente rivestito con tubazioni in acciaio  $\varnothing$  168 mm e spessore 4 mm.

Secondo tratto di perforazione:  $\varnothing$  156 mm, fino a alla profondità di 162 m, ciò al fine di poter posizionare al piede delle geosonde la zavorra costituita da un tondo pieno in acciaio, della lunghezza di circa 1.5 m, con l'estremità a punta per facilitare l'installazione delle geosonde.

Geosonde realizzate con 2 tubi ad U, saldati in fabbrica,  $\varnothing$  40 x 3.7 mm (GERO<sup>therm</sup>®) in polietilene PE100-RC/PN16/SDR11. **Successivamente alla posa in opera delle geosonde, l'intercapedine tra la geosonda e la parete del perforo è stata riempita con ghiaino dal fondo foro fino a circa 40 m da p.c.. Il restante tratto di perforo, fino al p.c., è stato riempito con malta cementizia Thermoplast**





**Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon**  
Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara  
**Fasi di realizzazione del campo sonde**





**Caso studio n.5 – Complesso residenziale Babylon**  
Ing. Alessandro Cariani – geol. Gianluca Fallacara  
**Render del complesso residenziale**





# Considerazioni conclusive

<b>Palazzo Agricoltura</b>	<b>Ex Ciapi</b>	<b>Uffici Regionali</b>	<b>Masseria Le Cesine</b>	<b>Complesso residenziale</b>
Pubblico	Pubblico	Pubblico	Pubblico	Privato
Bari	Modugno	Taranto	Vernole (Lecce)	Bitonto
Impianto geotermico a circuito chiuso con pompe di calore ad assorbimento	Impianto geotermico a circuito chiuso con pompe di calore elettriche	Impianto geotermico a circuito chiuso con pompe di calore ad assorbimento	Impianto geotermico a circuito chiuso con pompe di calore elettriche	Impianto geotermico a circuito chiuso con pompe di calore elettriche
Singola U	Singola U	Singola U	Doppia U	Singola
<b>n. 14 sonde a 120 metri</b>	<b>n. 16 sonde a 120 m</b>	<b>n. 10 sonde a 200 m</b>	<b>n. 2 sonde a 200 m</b>	<b>n.6 sonde a 160 m</b>
Fabbisogno 350 kW	Fabbisogno termico 400 kW	Fabbisogno termico 260 kW	Fabbisogno termico 30 kW	Fabbisogno termico 45 kW
Rendimento sonda: 10 kW	Rendimento sonda: 9 kW	Rendimento sonda: 12.2 kW	Rendimento sonda: 7.4 kW	Rendimento sonda: 9 kW
Contesto geologico/idrogeologico	Contesto geologico/idrogeologico	Contesto geologico/idrogeologico	Contesto geologico/idrogeologico	Contesto geologico/idrogeologico
Calcarea acquifero per tutta la lunghezza sonda	Calcarea acquifero da 10 metri di profondità	Calcareniti acquifere con falda freatica superficiale sostenuta alla base da argille impermeabili Calcari acquiferi da 85/90 metri di profondità	Calcareniti e sabbie acquifere con falda freatica sostenuta da livello impermeabile di argille tra 25/30 metri Falda intermedia ospitata in una successione di calcareniti, sabbie e calcari fino a 120 metri di profondità Pietra Leccese fine acquicludo Calcari acquiferi da 165 metri di profondità	Calcarea acquifero da 35 metri di profondità
Sonde completate con ghiaino e cementate nei 5 metri superficiali	Sonde completate con ghiaino e cementate nei 10 metri superficiali	Sonde completate con ghiaino e cementate nei 17 metri superficiali	Sonde completate con ghiaino e cemento in modo alternato per evitare il mescolamento delle falde	Sonde completate con ghiaino e cementate nei 35 metri superficiali