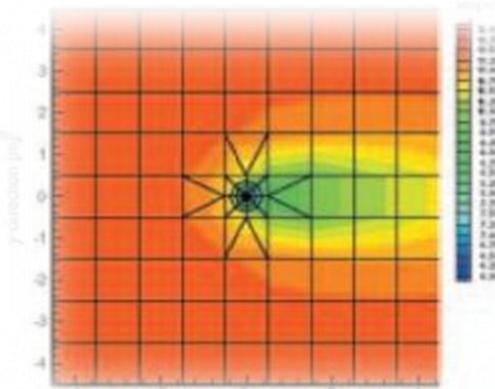
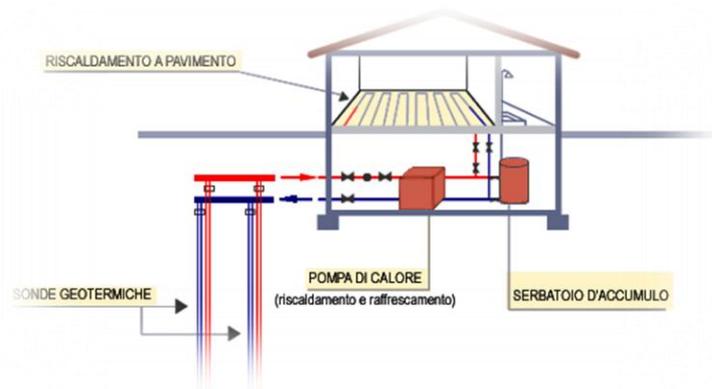




PROVINCIA DI VENEZIA



ENERGIE RINNOVABILI PER LA CLIMATIZZAZIONE: GEOSCAMBIO IN PROVINCIA DI VENEZIA SOSTENIBILITA' E REGOLAMENTAZIONE

*Sonde geotermiche verticali:
esempi di installazione e sistemi di monitoraggio
Relatore: Geol. RIMSKY VALVASSORI*



Relatore: Geol. RIMSKY VALVASSORI

PROGRAMMA DELL'INTERVENTO:

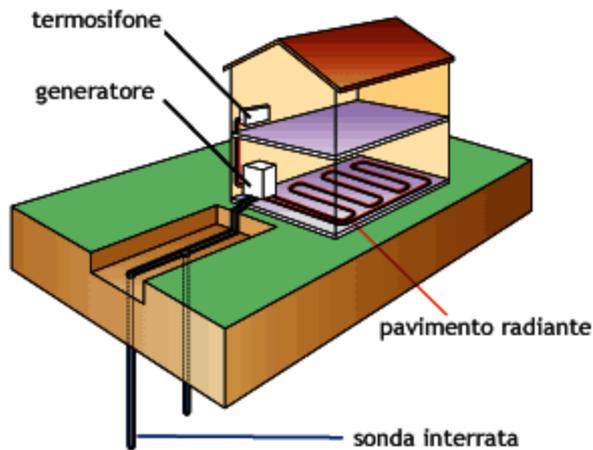
- ***Sonde geotermiche verticali: definizioni principali***
- ***Geognostica e dimensionamento delle sonde geotermiche***
- ***Installazione di sonde geotermiche***
 - ***Perforazione***
 - ***Posa***
 - ***Cementazione***
 - ***Collaudo***
- ***Problematiche ambientali e impianti sperimentali***

SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

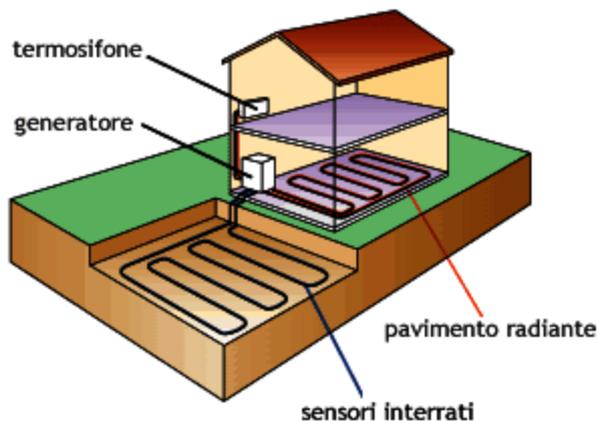
SONDE VERTICALI

Richiesta di poco spazio
Massimo prelievo/immissione
di calore nel terreno



COLLETTORI ORIZZONTALI

Richiesta di ampio
spazio
Influenza della
variabilità stagionale



PALI ENERGETICI

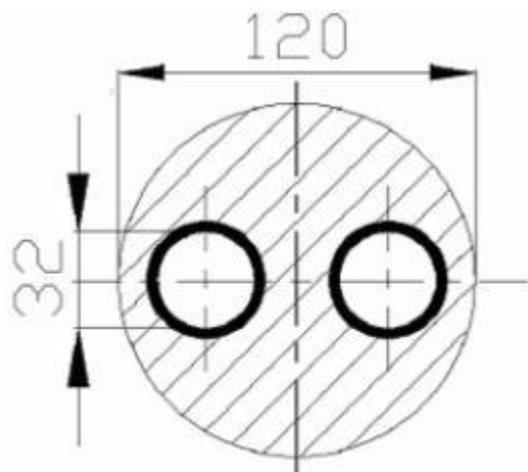
Ipotizzabile con fondazioni
profonde
Progettazione termica e
strutturale integrata



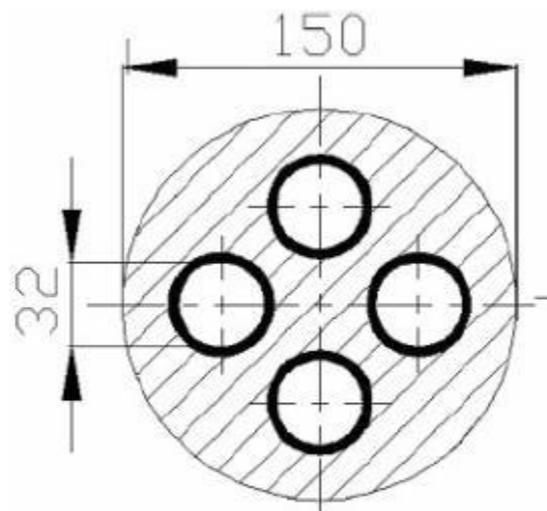
SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

Principali tipologie di SONDE GEOTERMICHE

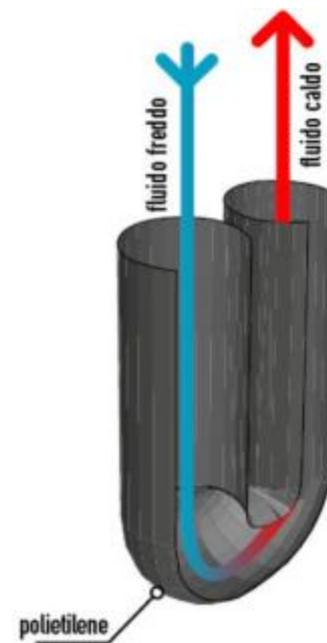
SINGOLA o DOPPIA "U" IN HDPE



a) - SGV a un tubo ad U
(simple U-tube)



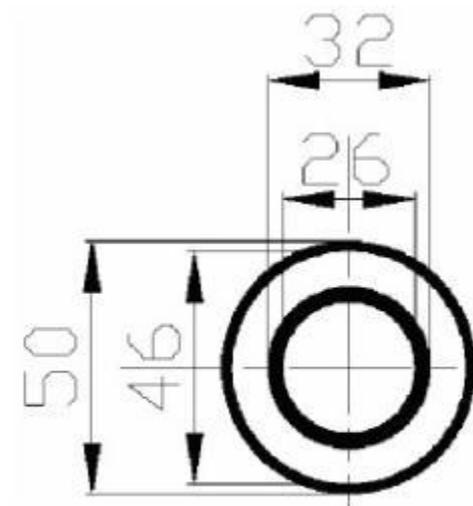
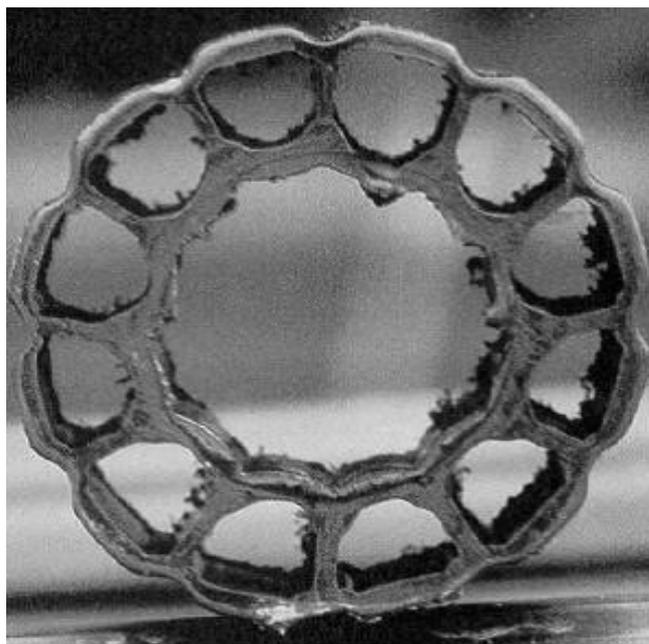
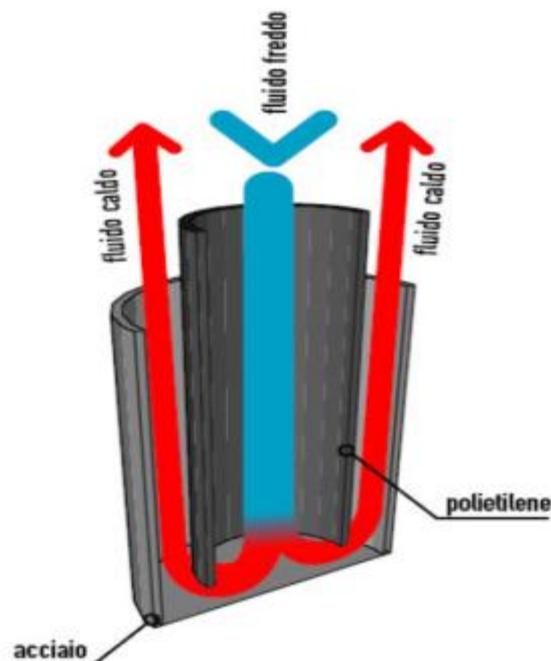
b) - SGV a due tubi ad U
(double U-tube)



SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

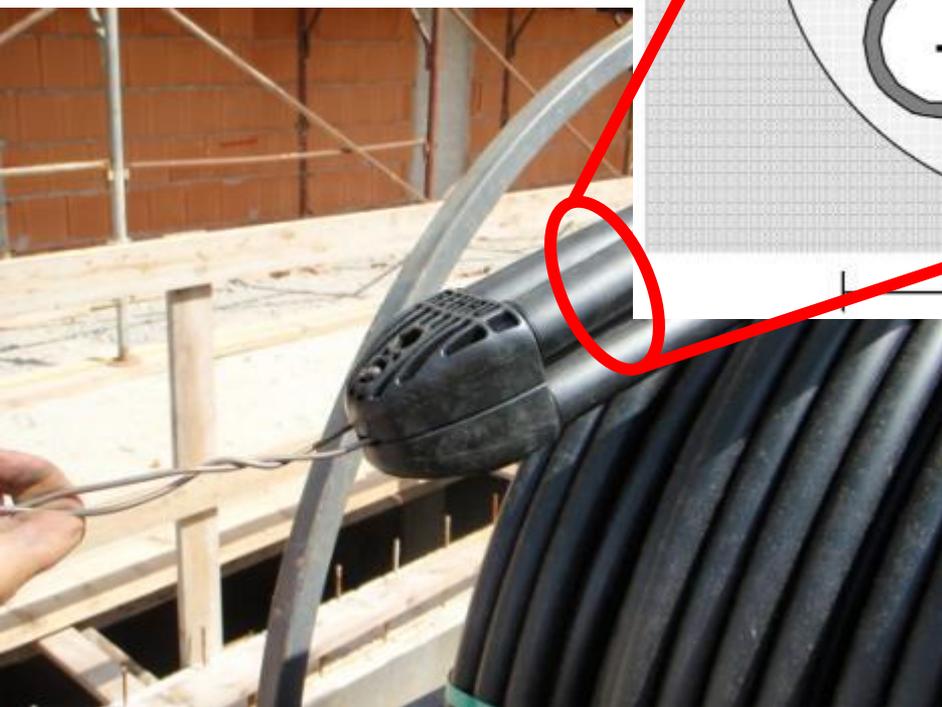
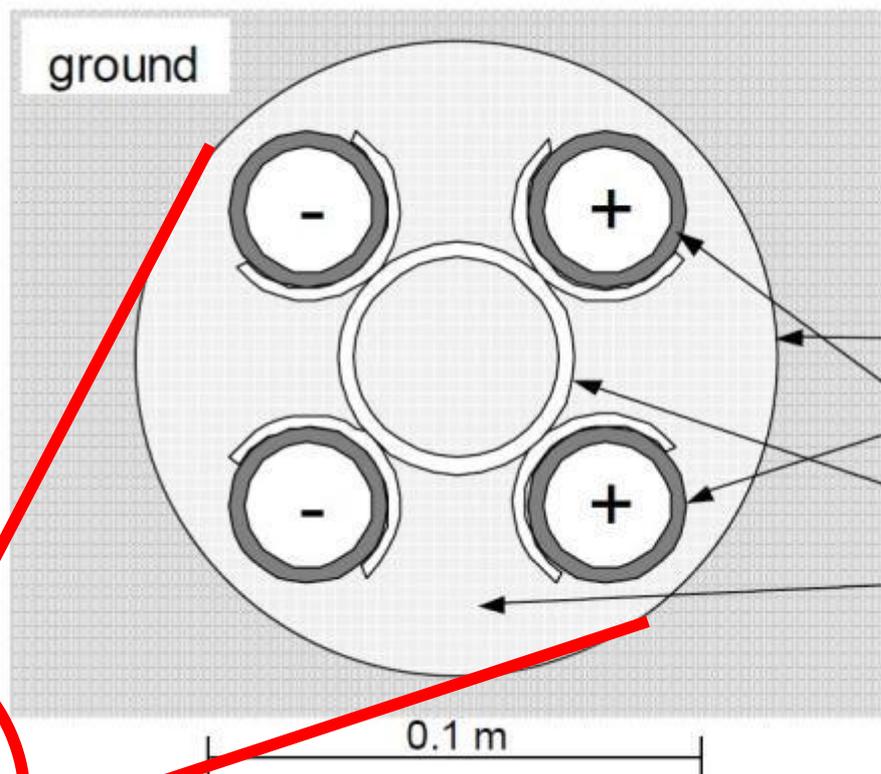
Principali tipologie di SONDE GEOTERMICHE

COASSIALI IN HDPE, IN ACCIAIO INOX o ZINCATO



c) - SGV a tubi coassiali

SOM
Principal





GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

La fase geognostica preliminare risulta di fondamentale importanza per la corretta scelta e dimensionamento di un sistema di scambio termico con il sottosuolo.

In particolare appaiono necessari soprattutto:

- la definizione della stratigrafia del sottosuolo, da cui derivano le proprietà termiche del terreno
- la valutazione della presenza di acqua nel terreno, in termini assoluti ed in relazione ai movimenti della stessa nel terreno.

Lo studio geologico, o più correttamente la prospezione geologica, deve essere esteso alla parte di sottosuolo interessata, direttamente o indirettamente, dalla realizzazione dell'opera o che influenza il comportamento dell'opera stessa (concetto di volume significativo).



GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

Dal punto di vista economico, la percentuale di costo maggiore di un impianto di scambio termico con il terreno, ad es. a circuito chiuso verticale, è costituito dalle sonde, ovvero dalle perforazioni.

Questo è vero anche nei sistemi geotermici a circuito aperto, dove il pozzo di prelievo e soprattutto il pozzo di reimmissione, costituiscono le incognite tecniche e gli impegni economici maggiori.

E' quindi proprio nella fase di progettazione dell'impianto che l'intervento del geologo è opportuno in quanto rappresenta la figura professionale in grado di ricostruire in maniera attendibile il quadro litostratigrafico ed idrogeologico locale e la prevedibile evoluzione morfogenetica.



GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

Nel caso specifico il volume significativo da indagare può essere molto esteso, come ad esempio per un campo di sonde geotermiche profonde oltre 100 m, ma per gli scopi dello scambio termico risultano meno fondamentali la definizione ed il dettaglio.

Risulta invece di fondamentale importanza la definizione delle rocce costituenti il substrato e della loro profondità in aree montuose, oppure la granulometria dei terreni in aree pianeggianti, l'alternanza di orizzonti più o meno permeabili e la presenza di falde in pressione o di falde sovrapposte.

**RISULTA QUINDI NECESSARIA LA DEFINIZIONE DEL MODELLO
GEOLOGICO E DEL MODELLO IDROGEOLOGICO DEL SITO**



GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

Per quanto riguarda i criteri di dimensionamento delle sonde geotermiche usualmente si utilizzano approcci differenti in relazione alle dimensioni dell'impianto:

PICCOLI IMPIANTI – Stima delle caratteristiche termiche del sottosuolo da fonti bibliografiche, tramite l'utilizzo di tabelle o abachi derivate da sperimentazioni

GRANDI IMPIANTI – Misurazione diretta in sito e modellizzazione



GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

Sottosuolo	Conducibilità termica (W/m K)	Potenza d'estrazione (W/m)
Sottosuolo di cattiva qualità (rocce mobili secche)	meno di 1,5	20
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5 a 3,0	50
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	superiore a 3,0	70
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	meno di 20
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8 a 2,4	55 a 65
Argilla, limo, umido	1,7	30 a 40
Calcere, massiccio	2,8	45 a 60
Arenaria	2,3	55 a 65
Granito	3,4	55 a 70
Basalto	1,7	35 a 55
Gneiss	2,9	60 a 70



GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

In generale è possibile osservare come la conducibilità termica di un terreno dipenda da:

- **Composizione mineralogica della roccia costituente il terreno**

In generale la conducibilità delle rocce è superiore a quella dei terreni alluvionali.

- **Porosità del terreno o della roccia**

La conducibilità termica di un terreno a grana grossa è minore di quella di un terreno a grana fine, a parità di contenuto di umidità.



GEOGNOSTICA E DIMENSIONAMENTO DELLE SONDE GEOTERMICHE

- **Grado di umidità del sistema multifase**

La proprietà più importante però, è senza dubbio l'umidità del terreno, non solo per l'influenza sulla densità, ma soprattutto perché la conducibilità dell'acqua è circa venti volte superiore a quella dell'aria di cui prende il posto. Il compattamento del terreno, riducendo i vuoti tra i grani, ha quindi un effetto benefico sulla resistività

- **Presenza di acqua in movimento e quindi permeabilità del sottosuolo**

I moti di filtrazione nel sottosuolo possono incrementare in maniera sostanziale le capacità di scambio termico del sistema, maggiore a parità di condizioni in terreni ad elevata permeabilità e minore in terreni impermeabili.

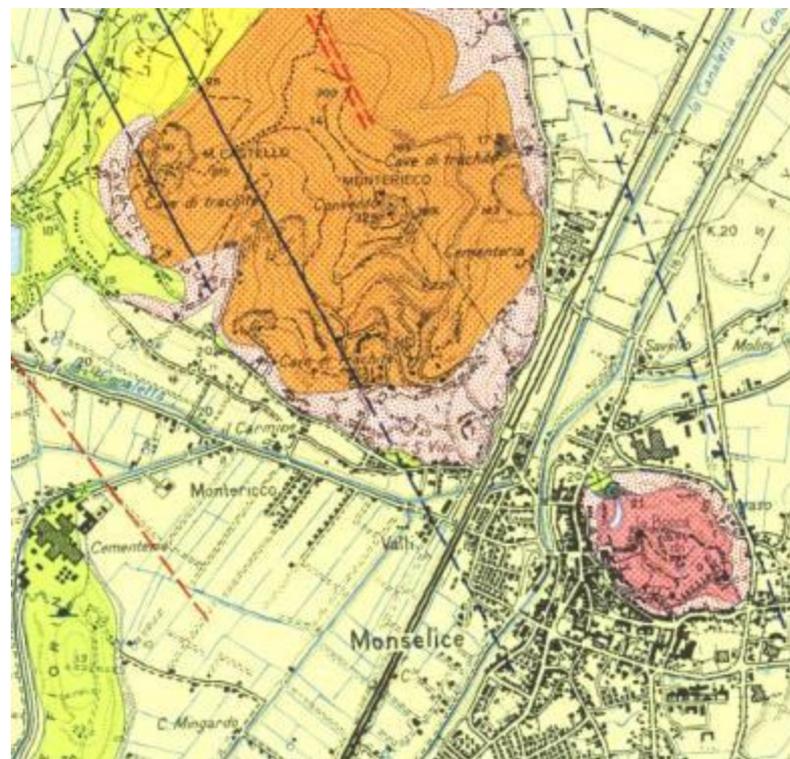
MEZZI DI PROSPEZIONE GEOGNOSTICA

I principali metodi di investigazione del sottosuolo, che possono essere utilizzati per definire il modello geologico per le finalità del geoscambio sono:

Rilevamento geologico e geomorfologico

Sondaggi meccanici

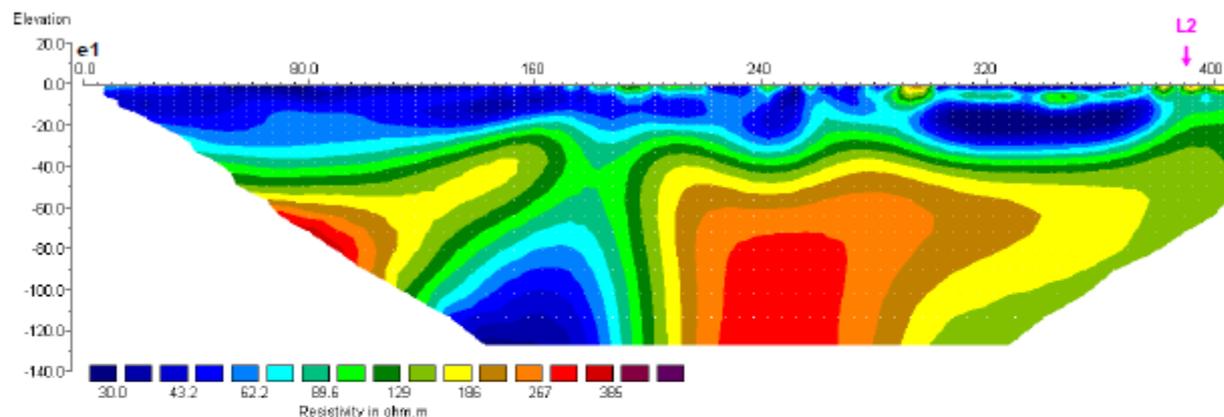
Prove Penetrometriche



MEZZI DI PROSPEZIONE GEOGNOSTICA

METODI GEOFISICI - Tomografia elettrica

Tomografia elettrica L1



LEGENDA



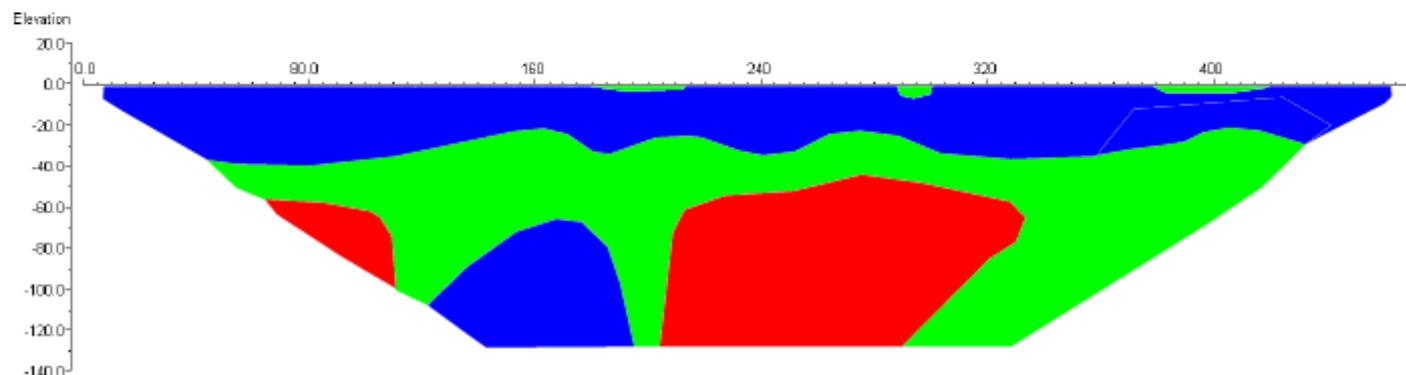
Unità geoelettrica A: conduttiva associabile al probabile materiale coesivo limoso e argilloso o con prevalente matrice limosa



Unità geoelettrica B: mediamente resistiva associabile alla probabile presenza di sabbie e ghiaie con matrice limosa e sabbiosa



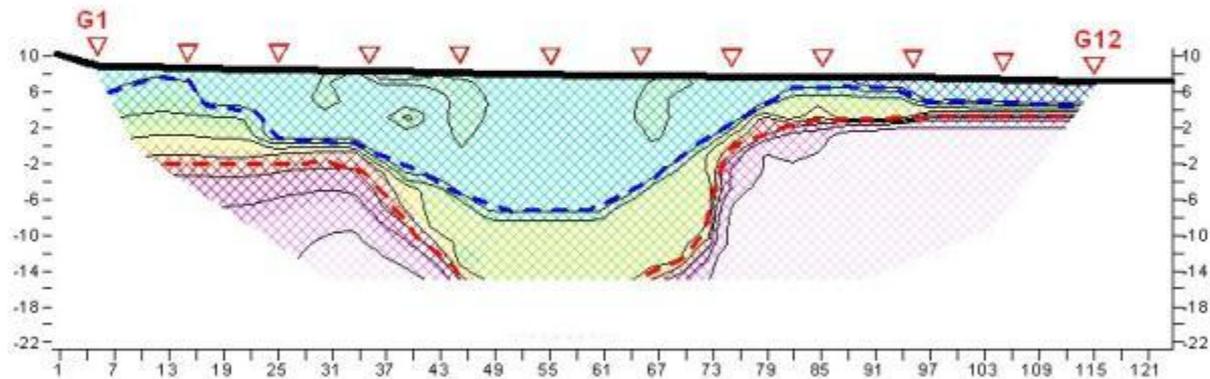
Unità geoelettrica C: resistiva associabile alla probabile presenza di ghiaie e sabbie



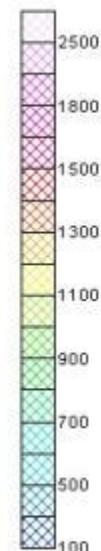
MEZZI DI PROSPEZIONE GEOGNOSTICA

□ METODI GEOFISICI - *Sismica a rifrazione*

Elaborazione tomografica in onde P



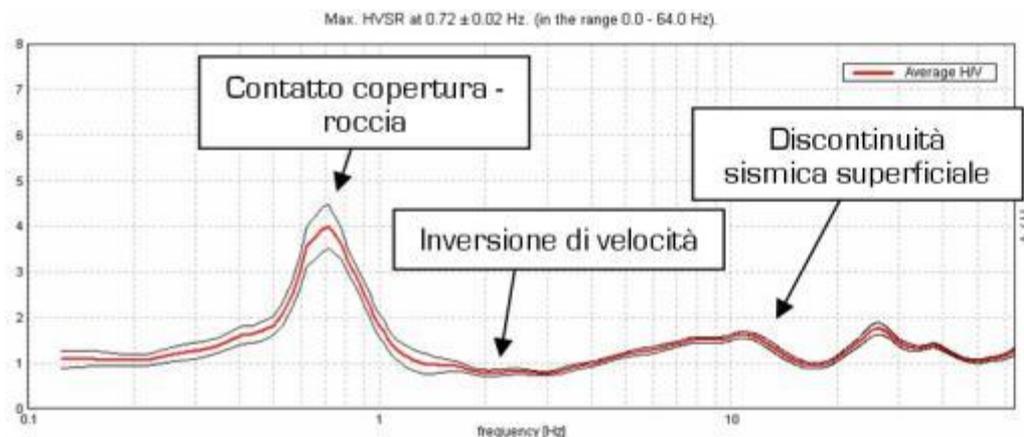
Velocità sismiche misurate



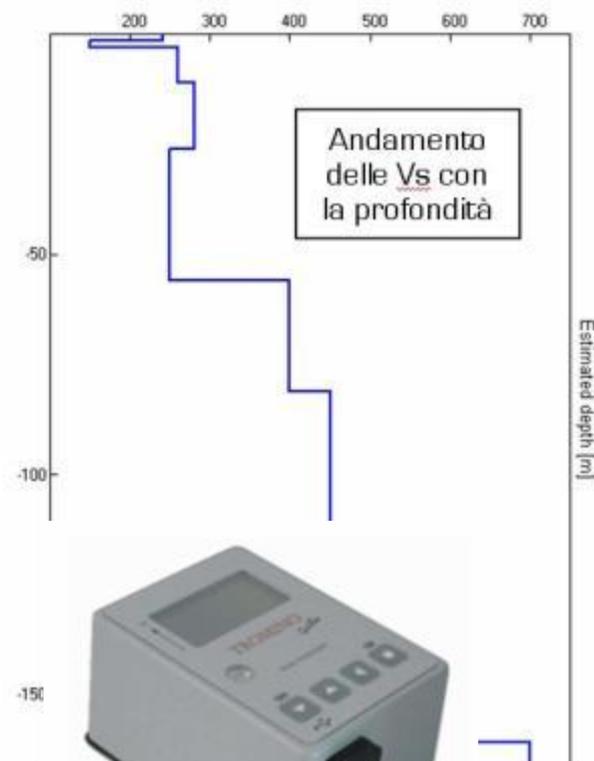
Scala delle velocità sismiche ONDE P in m/s

MEZZI DI PROSPEZIONE GEOGNOSTICA

□ METODI GEOFISICI - *Metodi sismici passivi HVSR*



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.



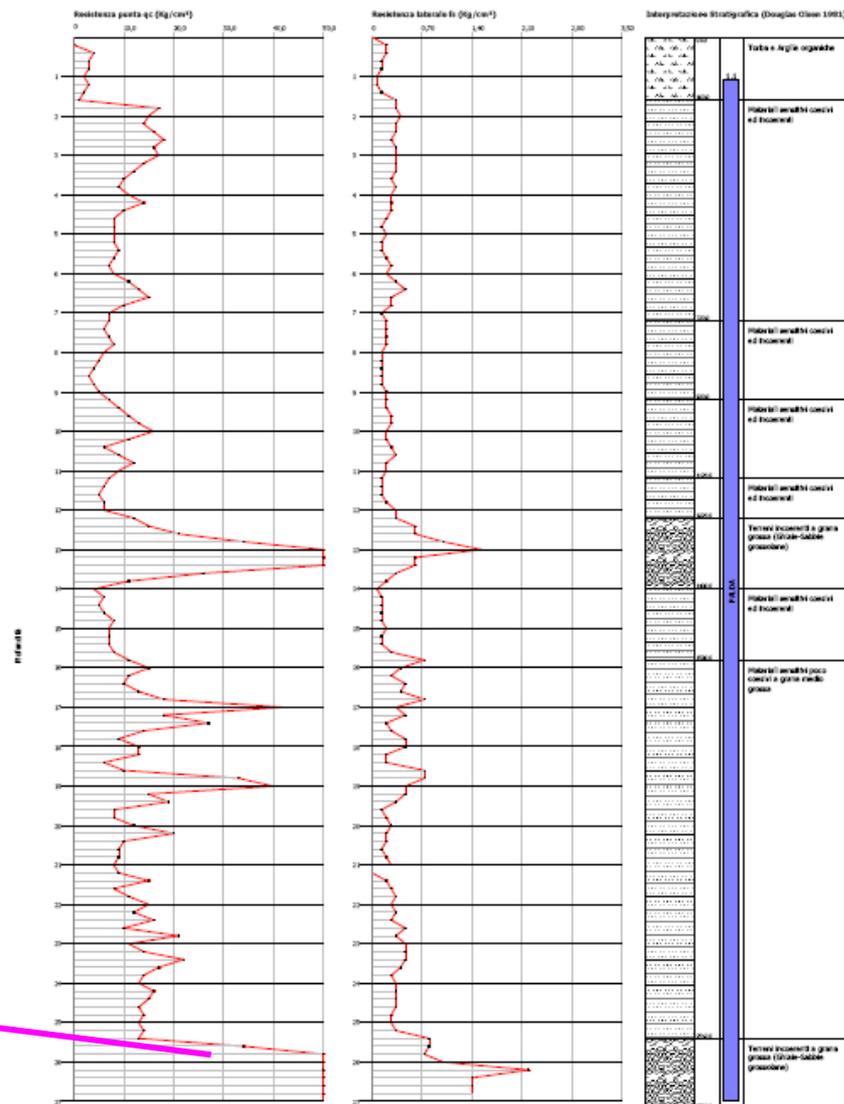
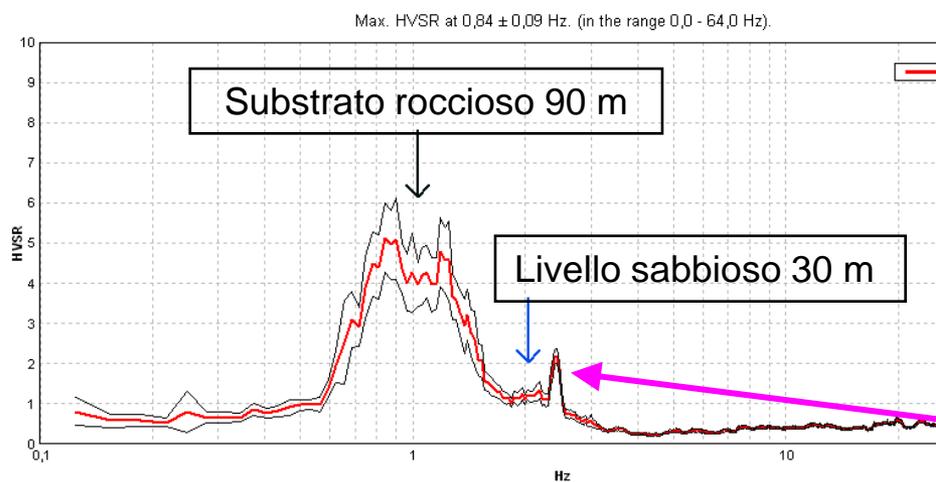
Spessore [m]	Profondità [m]	Velocità onde Vs [m/s]	Correlazione stratigrafica
1,4	0,0 - 1,4	240	Alternanze di sismostrati più o meno veloci
1,7	1,4 - 3,1	150	
23	3,1 - ≈26	260 - 280	
30	≈26 - ≈56	250	
105	≈56 - ≈160	400 - 450	Copertura rigida
Semispazio	≈160 - ...	700	Roccia

Tabella 2

MEZZI DI PROSPEZIONE

ESEMPIO PRATICO:

Verifica della continuità di un livello sabbioso, avendone individuato solo il tetto con prove penetrometriche statiche.



REALIZZAZIONE DI SONDE GEOTERMICHE

La realizzazione di Sonde Geotermiche Verticali a Circuito Chiuso si articola nelle seguenti fasi operative:

- perforazione
- installazione e cementazione delle sonde
- prove di tenuta idraulica



FASE DI PERFORAZIONE

Nelle perforazioni per installazione di **sonde geotermiche**, tutte le metodologie sono “a distruzione di nucleo”, ovvero:

1. a rotazione con circolazione diretta o inversa di fluidi (bentonite ed eventualmente con additivi)
2. a rotazione con circolazione di fluidi (anche solo acqua) e rivestimento totale della colonna in avanzamento (camicia)
3. a rotopercolazione (martello fondo foro DTH down-to-hole - martello in superficie TH top-hammer)

TIPOLOGIE DI PERFORAZIONE A ROTAZIONE

Perforazione tradizionale (pozzi per acqua, pali trivellati,...)



Perforazione con doppia batteria con rivestimento in avanzamento



PERFORAZIONE A ROTAZIONE

Perforazione con doppia batteria con rivestimento in avanzamento VANTAGGI IN TERMINI AMBIENTALI

L'utilizzo del rivestimento in avanzamento è CONSIDERABILE una

B.A.T. (Best Available Technology)

nel campo delle perforazioni per installazione di sonde geotermiche

Dal punto di vista dell'ambiente e delle salvaguardia delle risorse idriche sotterranee consente di:

- **MINIMIZZARE** l'utilizzo di fluidi di perforazione per la stabilizzazione del foro;
- **IMPEDIRE** in fase di perforazione la messa in comunicazione di falde sovrapposte;
- **ELIMINARE** l'eventualità di danneggiare le sonde geotermiche durante l'installazione nel foro
- **CONSENTIRE** una corretta e completa cementazione delle sonde a partire da fondo foro

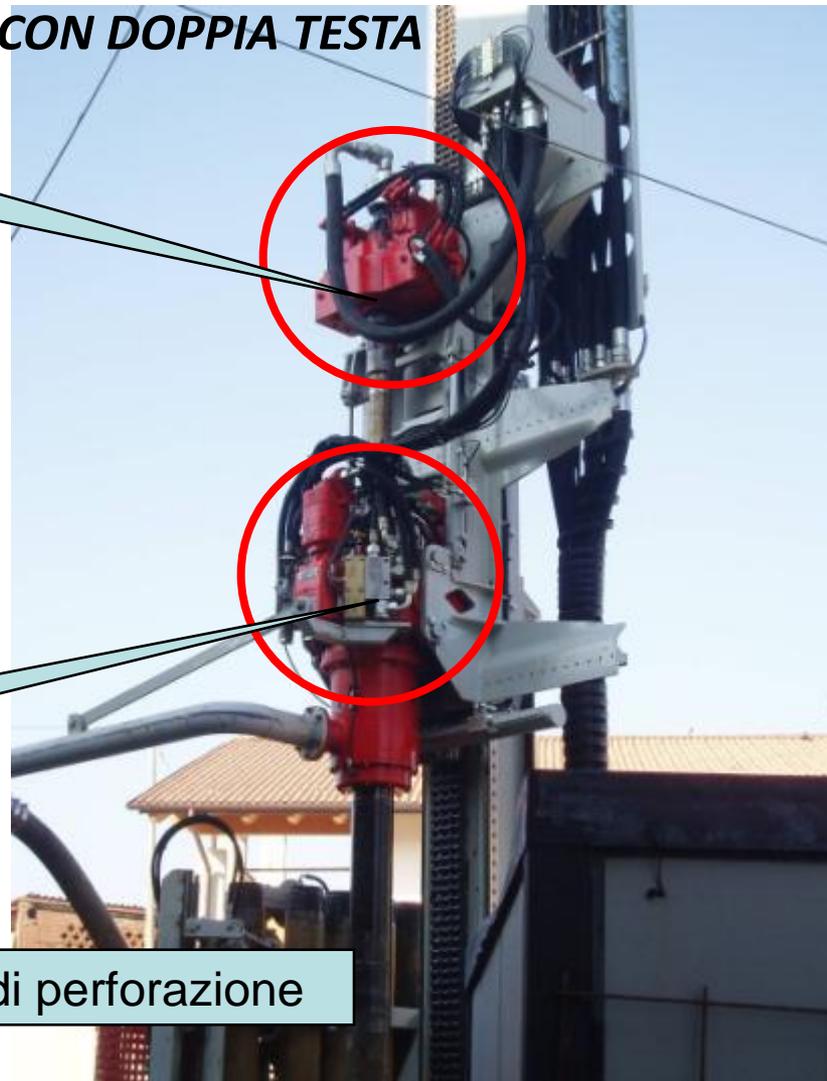
PERFORAZIONE A ROTAZIONE CON DOPPIA TESTA

Testa di rotazione per le
aste di perforazione

Rivestimento

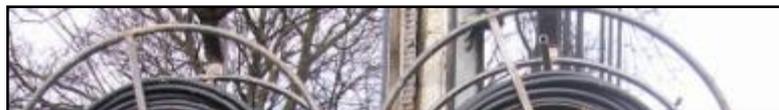
Testa di rotazione per il
rivestimento

Testa di perforazione



INSTALLAZIONE NEL FORO

Installazione nel foro a gravità



MOLTO IMPORTANTE:

EVITARE L'INSTALLAZIONE DELLE SONDE (IN MATERIALE PLASTICO) DENTRO IL FORO DI
SONDAGGIO A SPINTA CON LA MACCHINA OPERATRICE, INSIEME ALLA BATTERIA DI ASTE
il danneggiamento della sonda è MOLTO probabile

CON LE SONDE METALLICHE IL PROBLEMA NON SUSSISTE



INSTALLAZIONE NEL FORO



CEMENTAZIONE DELLA SONDA

CEMENTAZIONE CON MISCELE BENTONITICHE

Materiale	Conduttività termica [W/mK]	Conduttività idraulica	Pompabilità	Compressione per congelamento
Sabbia satura	1.7-2.5	buona	-	-
Sabbia secca	0.3-0.6	buona	-	-
Argilla	0.9-1.4	bassa	scarsa	esiste
Bentonite 1.3 g/cm ³	0.7	molto bassa	buona	alta
Bentonite con sabbia	1.4-1.8	molto bassa	scarsa	media
Bentonite/cemento	0.6-1.0	molto bassa	buona	bassa
Grout ad alta cond.	1.6-2.0	molto bassa	buona	bassa

MOLTO IMPORTANTE:

La bentonite, eventualmente utilizzata come il fluido di perforazione, va sempre estratta dal foro e sostituita con la miscela cementante (grouting).

Contestualmente all'inserimento della sonda verticale, dovrà essere inserita la tubazione necessaria per la cementazione del foro, **a partire dal fondo della perforazione.**

COLLAUDO: PROVE DI TENUTA IDRAULICA DELLE SONDE

Dopo il posizionamento della sonda nel foro di perforazione dovrà essere eseguita la prova di tenuta idraulica. Tale prova, eseguita dall'installatore, sarà effettuata in cantiere su ogni singolo circuito idraulico che compone la sonda.

Prova di tenuta della sonda geotermica ricolmata interamente con acqua

- ❖ *pressione di prova: **minimo 5 bar***
- ❖ *durata: **minimo 2 ore***
- ❖ *diminuzione di pressione tollerata: **0,5 bar***

Qualora un test di tenuta desse esito negativo, dalla sonda difettosa va estratto il fluido di collaudo (acqua) e la stessa va ricolmata definitivamente con sospensione di cemento, acqua e bentonite. È consigliabile effettuare prove di flusso per verificare l'eventuale schiacciamento.



COLLAUDO: GROUND RESPONSE TEST (GRT)

Successivamente alla realizzazione di una sonda geotermica, al fine di verificare le caratteristiche termiche del sottosuolo previste in fase progettuale, è consigliabile l'esecuzione del “**Thermal Response Test**” o “**Ground Response Test**”.

In sostanza il test consiste nella sollecitazione da parte di un impulso termico di uno scambiatore pilota installato nel suolo.

Dalla elaborazione delle temperature di ingresso e uscita del fluido geotermico dallo scambiatore si possono ricavare, utilizzando modelli inversi, le caratteristiche del terreno, ma anche una serie utile di dati sperimentali sul comportamento degli scambiatori (resistenze termiche ecc.), che si rivelano di fondamentale importanza per il dimensionamento.

L'esecuzione del GRT è sempre opportuna ma di fatto risulta sostenibile in senso economico solo in impianti di taglia medio-grande, dai 50 kW in su.



LA PROVINCIA DI VICENZA ED I “PROGETTI PILOTA”

LA PROVINCIA DI VICENZA FINO DAL 2008 HA PROMOSSO, CON LA COLLABORAZIONE DEGLI ORDINI PROFESSIONALI, LA REALIZZAZIONE DI UN **REGOLAMENTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTI GEOTERMICI A CIRCUITO CHIUSO. IN ATTESA DI TALE DOCUMENTO, CHE E' STATO PUBBLICATO IL 13 OTTOBRE 2010, HA AUTORIZZATO NEL FRATTEMPO “**IN VIA SPERIMENTALE**” ALCUNI IMPIANTI, DEFINITI “**PILOTA**”.**

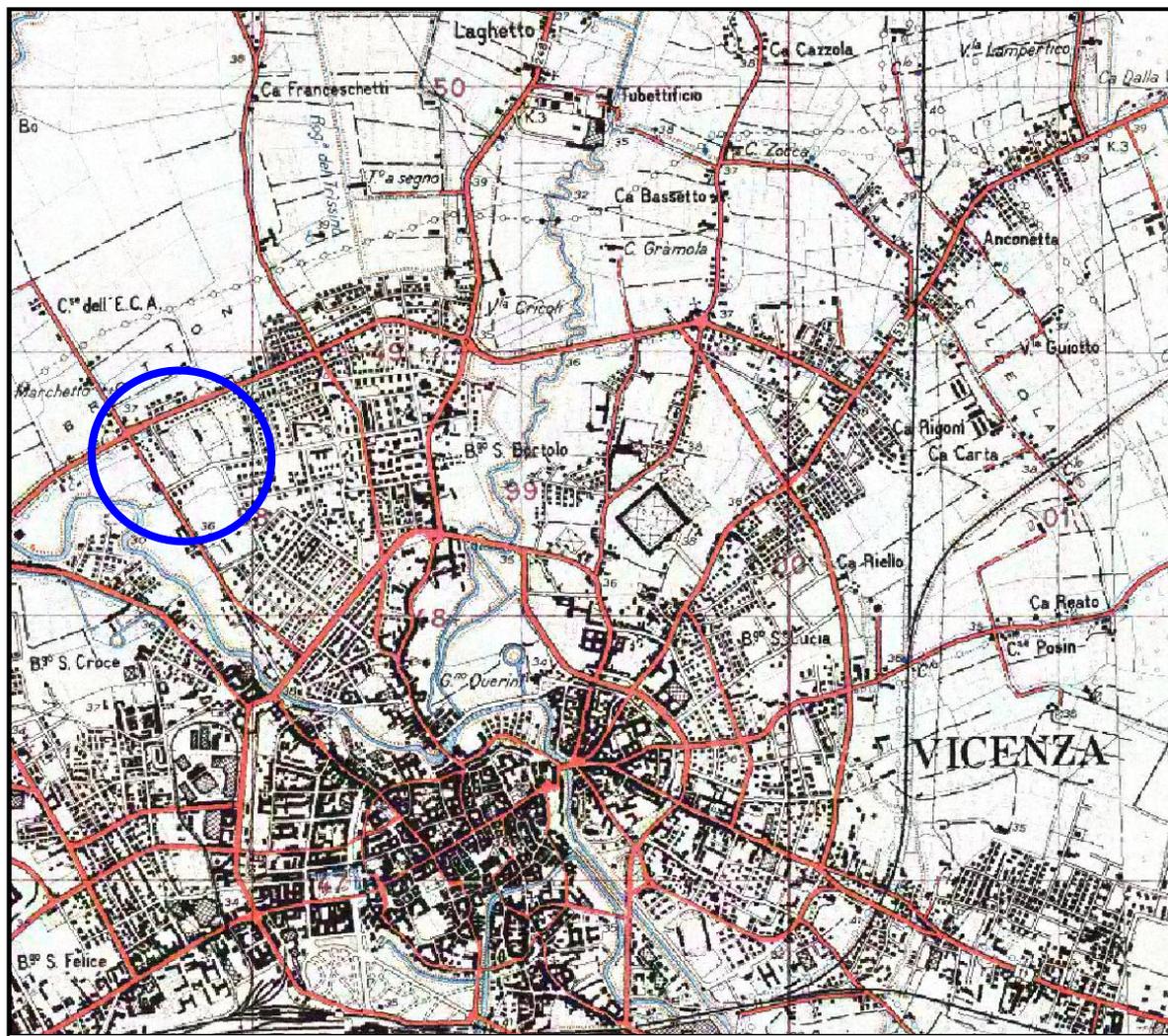
IN QUESTO MODO SARA' POSSIBILE PER L'ENTE ACQUISIRE DATI SPERIMENTALI SULLE METODOLOGIE DI PERFORAZIONE, SULLE TECNOLOGIE DI SCAMBIO TERMICO E SUGLI EVENTUALI IMPATTI DELLA (PRESUNTA) ANOMALIA TERMICA SULLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

SONO STATI AUTORIZZATI IN VIA SPERIMENTALE:
Impianto a circuito chiuso presso la nuova sede della CISL
Impianto a circuito aperto del Municipio di Villaverla
Impianto a circuito chiuso presso la Scuola di Costabissara
Altri 2 impianti a C.A. in fase di analisi a Bassano e Montebello

IMPIANTO A CIRCUITO CHIUSO DELLA NUOVA SEDE **CISL** DI VICENZA

Caratteristiche principali:

- 27 sonde a doppia U 32mm
- Profondità 100 m
- Niente additivi antigelo
- Indagine geologica preliminare
- Perforazione a doppia testa
con acqua
- GRT e collaudi
- Direzione Lavori
- Sistema di monitoraggio



IMPIANTO A CIRCUITO CHIUSO DELLA NUOVA SEDE CISL DI VICENZA

Indagine preliminare:

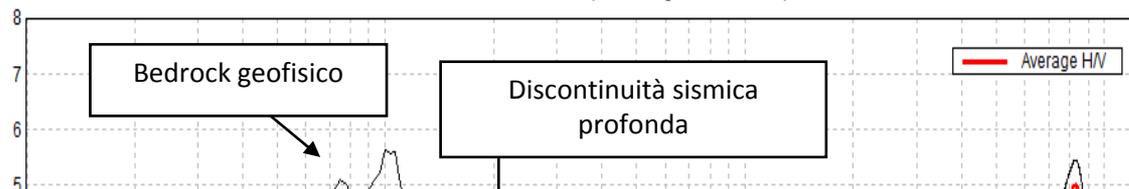
•Censimento pozzi

•Misure geofisiche

•Stratigrafia preliminare



Max. H/V at 1.06 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 50.0 Hz).



Orizzonte	Profondità	Litologia correlata
-	0 - 50/60	Terreni coesivi prevalente con livelli sabbiosi
A	50/60 - 60/70	Terreni sabbiosi e ghiaiosi
B	60/70 - 100/110	Terreni coesivi prevalente con livelli sabbiosi
C	100/110 - 130/140	Terreni ghiaiosi e sabbiosi
D	130/140 - 200 ca	Alternanze di terreni argillosi e ghiaiosi

IMPIANTO A CIRCUITO CHIUSO DELLA NUOVA SEDE CISL DI VICENZA

Sistema di monitoraggio:

- N°2 Verticali di monitoraggio con termoresistenze ogni 10 m
- N°1 Sonda di scambio con termoresistenze ogni 10 m



N°30 sonde di temperatura per calcestruzzo mod. M1-TAQ-1

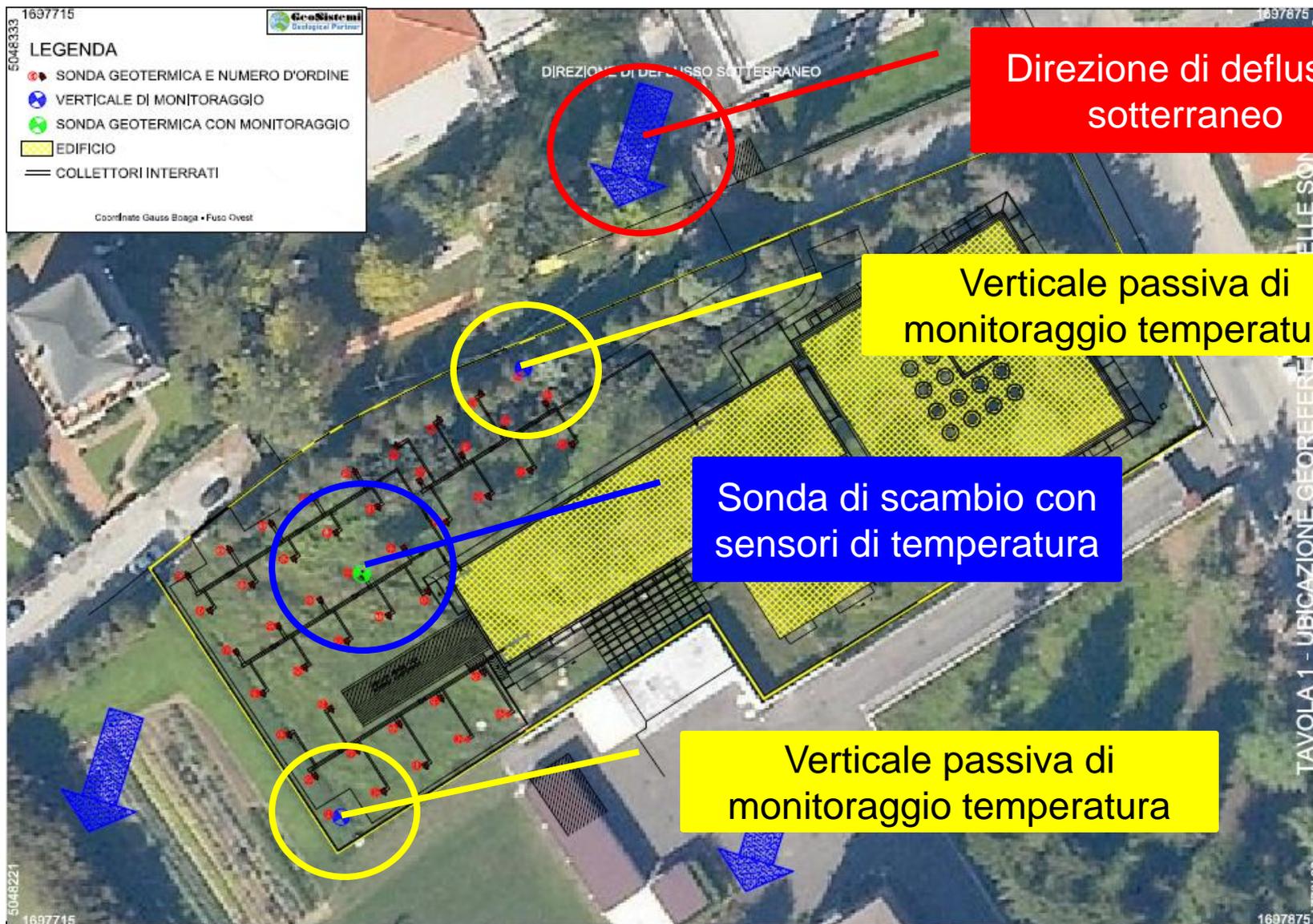
1697715
5048333

LEGENDA

- SONDA GEOTERMICA E NUMERO D'ORDINE
- VERTICALE DI MONITORAGGIO
- SONDA GEOTERMICA CON MONITORAGGIO
- EDIFICIO
- COLLETTORI INTERRATI

Coordinate Gauss Boaga • Fuso Ovest

GeoSistemi
Geological Partner



Direzione di deflusso
sotterraneo

Verticale passiva di
monitoraggio temperatura

Sonda di scambio con
sensori di temperatura

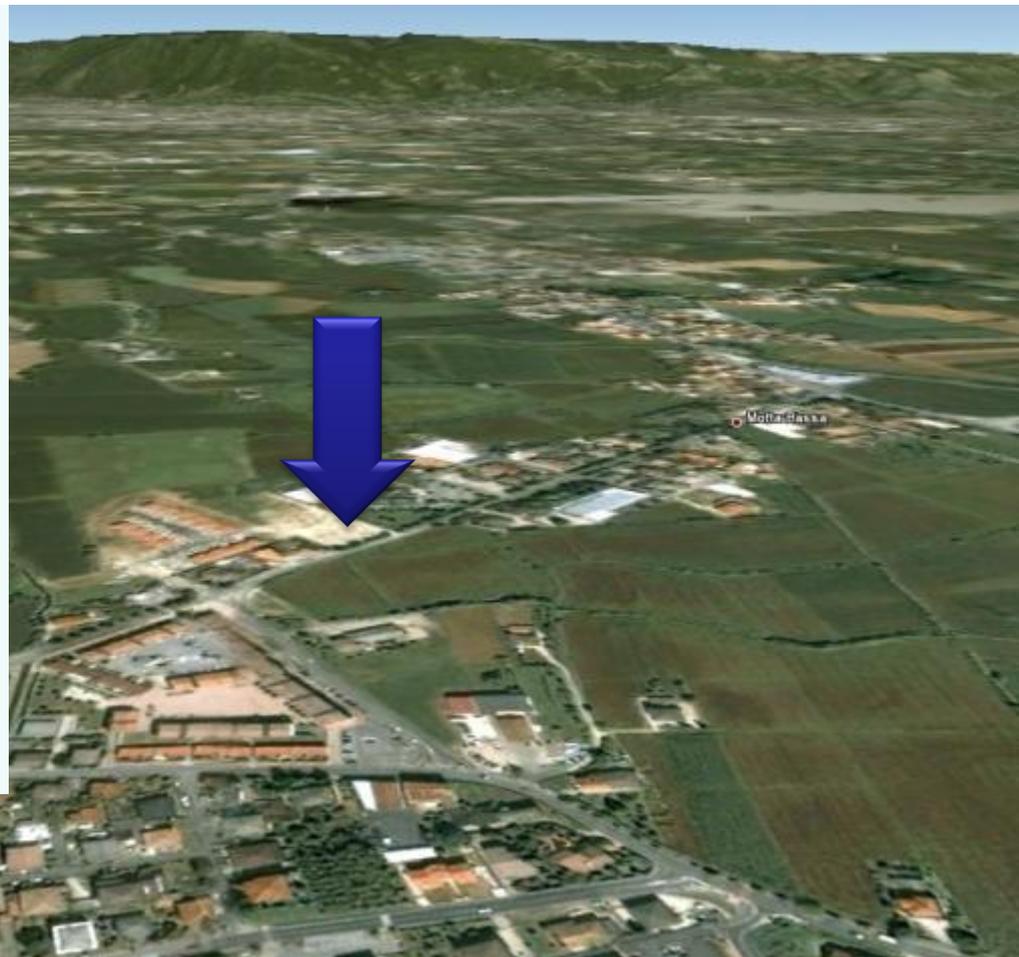
Verticale passiva di
monitoraggio temperatura



L'IMPIANTO GEOTERMICO DELLA SCUOLA DI COSTABISSARA

IL PROGETTO DELL'IMPIANTO Caratteristiche principali:

- 32 sonde a doppia U 32mm
- Profondità 100 m
- Niente additivi antigelo
- Indagine geologica preliminare
- GRT e collaudi
- Direzione Lavori
- Sistema di monitoraggio

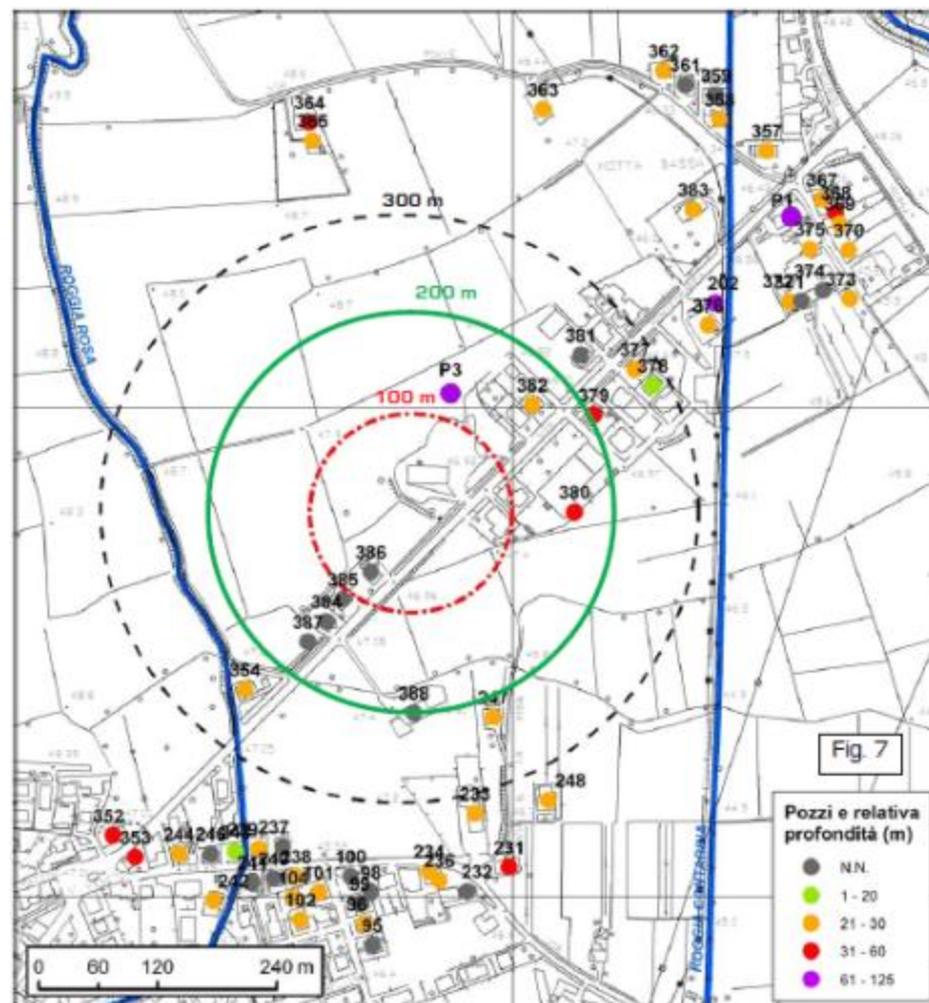


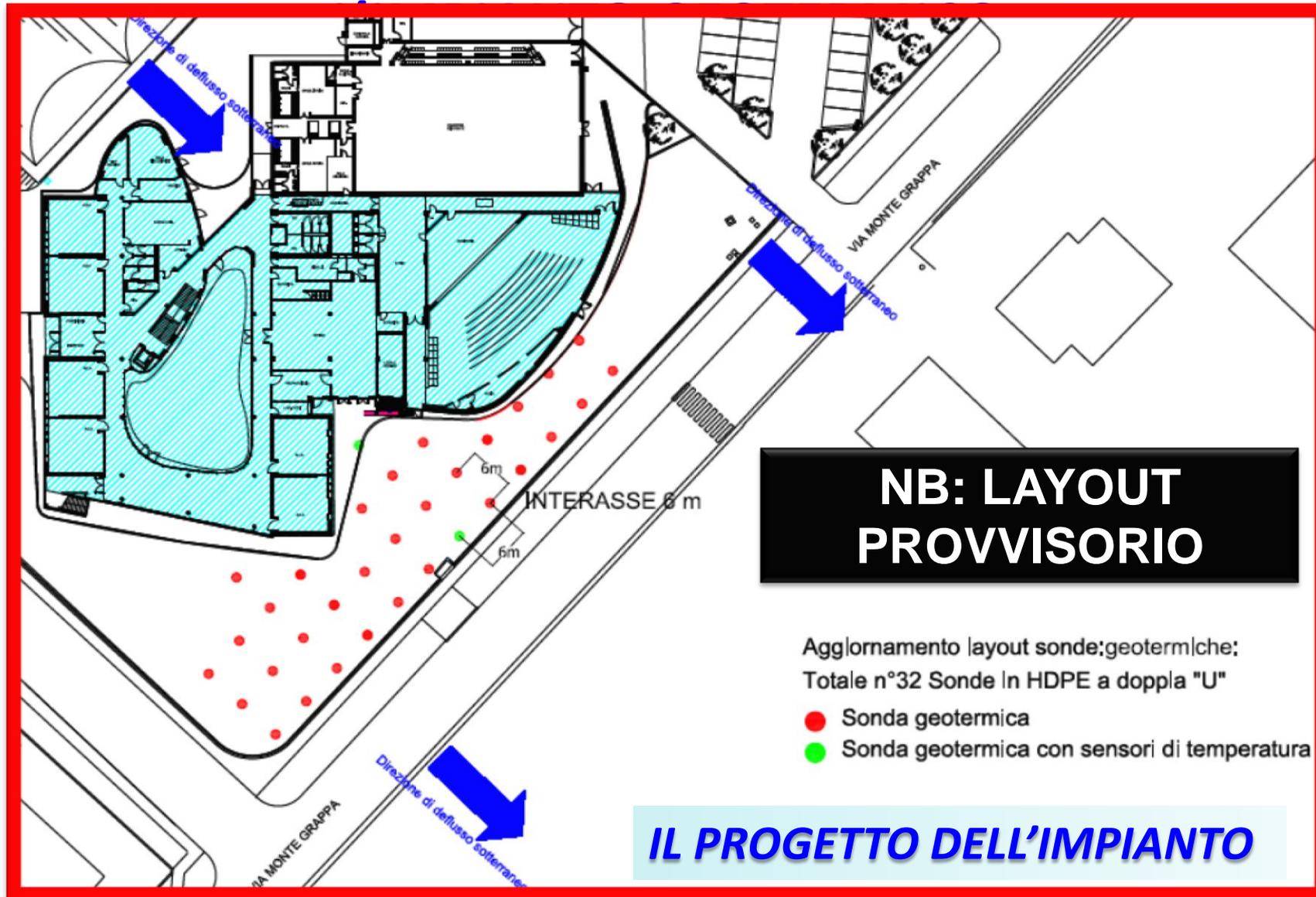


L'IMPIANTO GEOTERMICO DELLA SCUOLA DI COSTABISSARA

INDAGINE GEOLOGICA PRELIMINARE:

- **Censimento pozzi**
- **Indagini sismiche passive**
- **Indagini tomografiche elettriche**







L'IMPIANTO GEOTERMICO DELLA SCUOLA DI COSTABISSARA

IN FASE DI ESECUZIONE:

- **Direzione Lavori**
- **Collaudi**

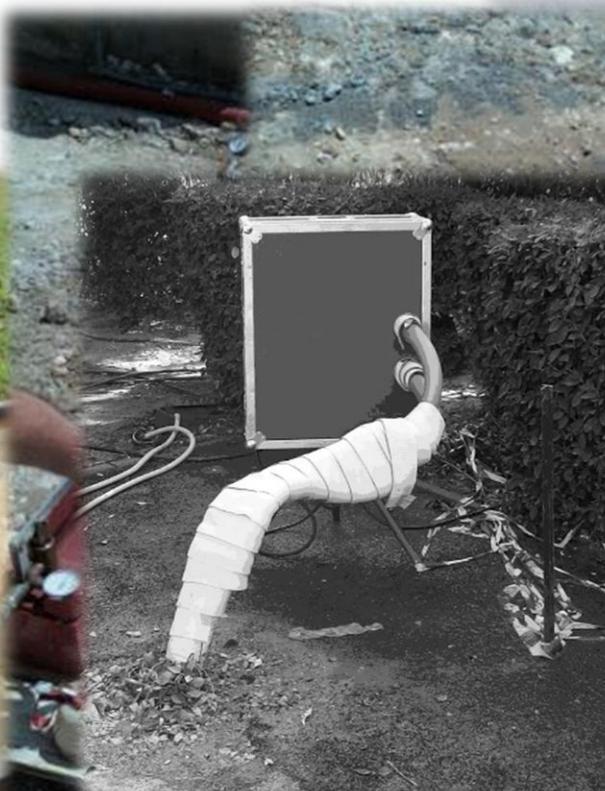


Figura 5.5 - Apparato utilizzato per il GRT (Università di Losanna)



L'IMPIANTO GEOTERMICO DELLA SCUOLA DI COSTAB

IN FASE DI ESERCIZIO

- *Acquisizione dei dati del monitoraggio termico*
- *Valutazioni quantitative del comportamento del sistema TERRENO-IMPIANTO*



N°20 sonde di temperatura per calcestruzzo mod. M1-TAQ-1



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Geol. RIMSKY VALVASSORI

GEOlogos s.r.l.



GeoSistemi
Geological Partner

Ge

GeoEngineering
INGEGNERIA E GEOLOGIA
www.geoeng.eu

Sede operativa: Piazza della Libertà, 37- 36077 Altavilla Vicentina (VI)

Tel/Fax: +39.0444.340136 – +39.335.8154346

Mail: info@geologos.it - web: www.geologos.it