



**WORKSHOP**

***GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA,  
ESPERIENZE A CONFRONTO.  
DALL'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE  
ALLA SCELTA DELLE SOLUZIONI IMPIANTISTICHE***

**Bari, 20 Dicembre 2016 – Sala Convegni UNIVERSUS – V.le Japigia, 188**

**dott. geol. Antonio DI FAZIO – ORG Puglia**

# ENERGIE RINNOVABILI

*Si intendono quelle forme di energia generate da FONTI che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani" e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future.*

*Molte di esse hanno la peculiarità di essere anche energie pulite ovvero di non immettere in atmosfera sostanze nocive e/o climalteranti quali ad esempio la CO<sub>2</sub>.*

# LE ENERGIE RINNOVABILI PIU' UTILIZZATE

BIOMASSE

ENERGIA EOLICA

ENERGIA SOLARE

ENERGIA GEOTERMICA

# GEOTERMIA o ENERGIA GEOTERMICA

(dal Greco antico “gè” e “thermòs”,)

**è, il calore naturale della Terra**

(nella sua definizione più vasta)

**L'energia geotermica proviene:**

- **dalla formazione originaria del pianeta (circa il 20%);**
- **dal decadimento degli isotopi radioattivi a lunga vita dei minerali contenuti nell'interno del globo terrestre ( $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ,  $Th^{232}$  e  $K^{40}$ , (Lubimova, 1968);**
- **da energia solare assorbita in superficie (25-50 m di profond.).**

**Si sfrutta questo calore per ottenere energia elettrica ovvero energia termica (scambi di calore) per la climatizzazione degli ambienti civili o industriali.**

# CLASSIFICAZIONE

Il criterio più comune di classificazione delle risorse geotermiche si basa sulla

## **entalpia dei fluidi**

La definizione formale dell'entalpia è:  $H = U + pV$

dove  $U$  rappresenta l'energia interna del sistema,  $p$  la pressione, e  $V$  il volume.

Essendo  $H$  una forma di energia, l'unità di misura adottata nel Sistema Internazionale è il **joule** oppure in **Calorie**.

La suddivisione tra risorse a diversa entalpia è basata su

## **intervalli di temperatura**

# Concetto di ENTALPIA

**L'entalpia** è una funzione di stato di un sistema ed esprime la quantità di energia che esso può scambiare con l'ambiente.

Ad esempio, in una reazione chimica, l'entalpia scambiata dal sistema consiste nel calore assorbito o rilasciato nel corso della reazione. In un passaggio di stato, come **la trasformazione di una sostanza dalla sua forma liquida a quella gassosa, l'entalpia del sistema è il calore latente di evaporazione.**

**L'ENTALPIA può essere considerata più o meno proporzionale alla temperatura, è usata per esprimere il contenuto termico (energia termica) di fluidi, e fornisce un'idea approssimativa del suo “valore”.**

# PRINCIPALI UTILIZZI DEI SISTEMI GEOTERMICI

**ALTA ENTALPIA**  
**> 150°C**



**produzione di energia elettrica.**

**MEDIA ENTALPIA**  
**90°C - 150°C**



**teleriscaldamento**

**BASSA ENTALPIA**  
**< 90°C**



**per usi diretti,  
climatizzazione  
degli ambienti**

(DECRETO LEGISLATIVO 11 febbraio 2010 , n. 22 )

**Sfruttamento delle Risorse  
geotermiche**

**A BASSA ENTALPIA  
( < 90°C )**

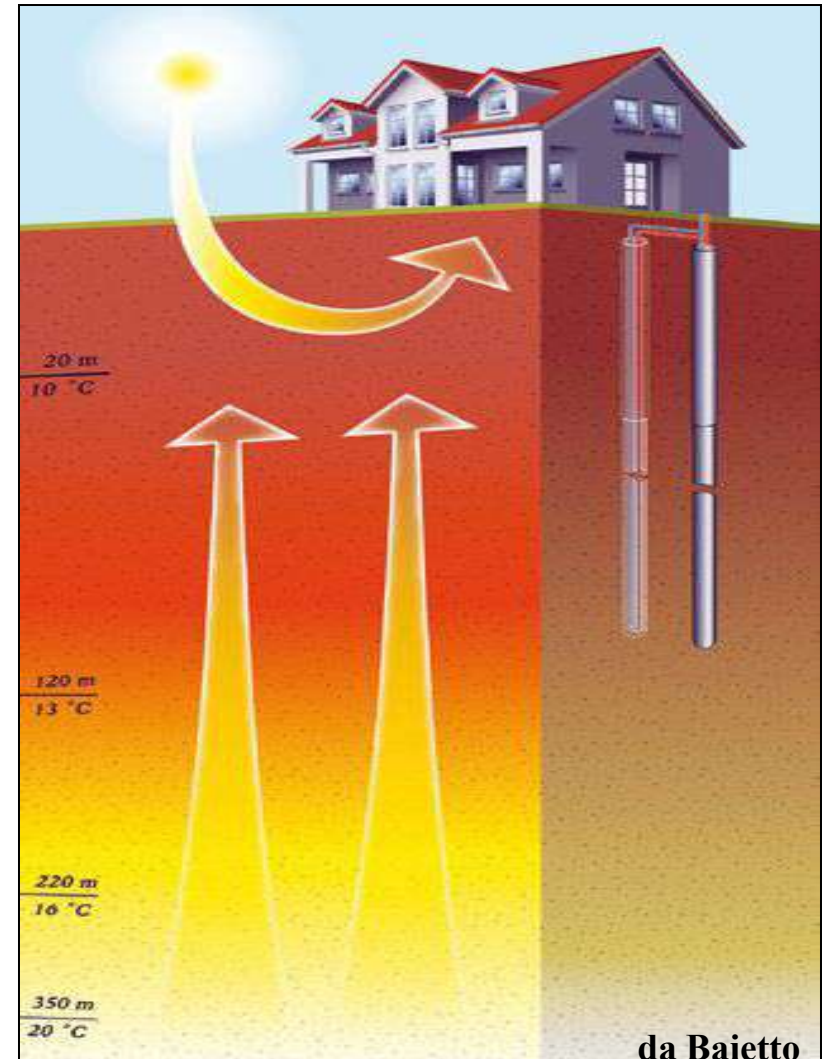


# La geotermia a BASSA ENTALPIA

**Sfrutta i primi strati del sottosuolo (fino a max 200 m di profondità) come serbatoio termico dal quale estrarre calore durante la stagione invernale ed al quale cederne durante la stagione estiva.**

**Tale calore è influenzato da:**

- Escursioni termiche stagionali;
- Escursioni termiche giorno-notte;
- Temperatura dell'acqua di falda;
- **Gradiente geotermico ( $\sim 1^\circ\text{C}/33\text{ m}$ );**
- **Dalla natura delle rocce costituenti il sottosuolo;**



# IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA

Attualmente si registra un notevole ed intenso sviluppo anche in Italia per la valenza ecologica: utilizzazione di energia rinnovabile, eliminazione delle emissioni di gas e particelle nocive in atmosfera.

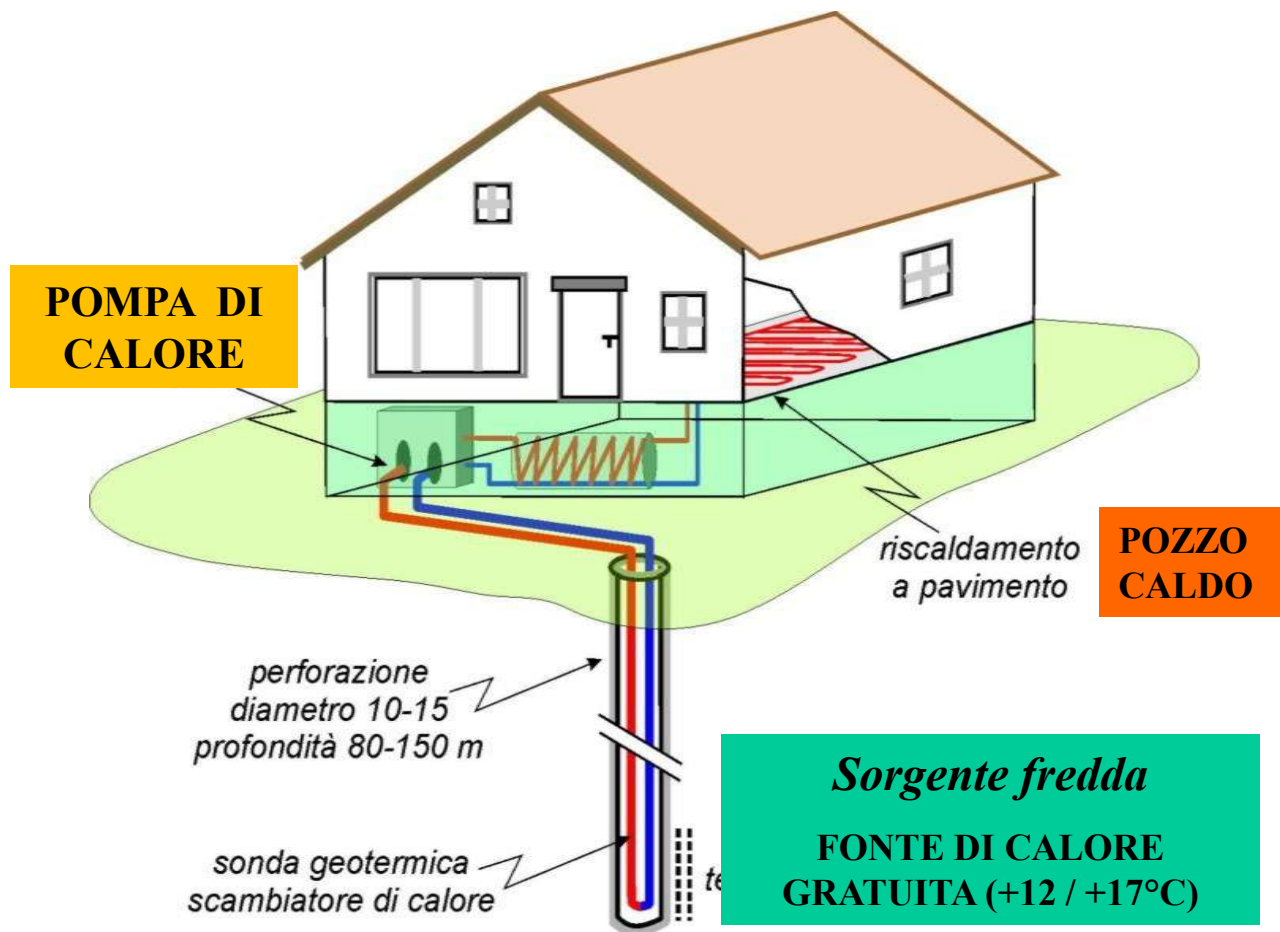
**Qualsiasi edificio, in qualsiasi luogo della terra, può riscaldarsi e raffrescarsi, usando *terminali a bassa temperatura* (pannelli radianti a pavimento, a parete, a soffitto, che lavorano a 30-35°C)**

**Un Impianto Geotermico a Bassa Entalpia funziona grazie all'utilizzo di Pompe di Calore abbinate a Sonde Geotermiche.**

Tali abbinamenti prendono il nome di:

**Pompe di calore geotermiche**

# Pompe di calore geotermiche: sonde geotermiche + Pompa di calore



# Cosa è una **Pompa di calore**

- **Basa il suo funzionamento su uno dei più importanti principi della fisica, conosciuto come ciclo di Carnot, grande scienziato francese, che già nel 1824 aveva scoperto la relazione diretta che esiste tra pressione e temperatura nei fluidi gassosi.**
- **è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta.**
- **L'utilizzo più diffuso e conosciuto è relativo al ciclo frigorifero, largamente utilizzato nelle applicazioni più comuni, dai condizionatori ai frigoriferi stessi, ma allo stesso modo, tramite il "ciclo inverso", passiamo dalla generazione di acqua fredda a quella di acqua calda.**
- **Le prime pompe di calore geotermiche sono state sviluppate in USA nel 1947;**
- **In Europa (Germania, Svezia, Svizzera) i primi impianti a pompa di calore abbinati a sonde orizzontali risalgono agli anni '70;**
- **I primi impianti a sonde verticali sono stati realizzati negli anni '80;**

# **POMPA DI CALORE GEOTERMICA**

Estrae il calore dal sottosuolo tramite l'acqua che circola nelle sonde geotermiche, lo concentra e lo porta negli edifici tramite l'acqua degli impianti di riscaldamento.

**E' costituita da un circuito chiuso, percorso da uno speciale fluido (frigorigeno) che, a seconda delle condizioni di temperatura e di pressione in cui si trova, assume lo stato liquido o di vapore.**

Con una minima quantità di energia elettrica, eleva le temperature del suolo (costanti tutto l'anno) aventi valori assoluti bassi, a quelle necessarie per qualunque tipo di utilizzo termoidraulico: per il riscaldamento, per la produzione di acqua sanitaria, per il raffrescamento o il condizionamento.

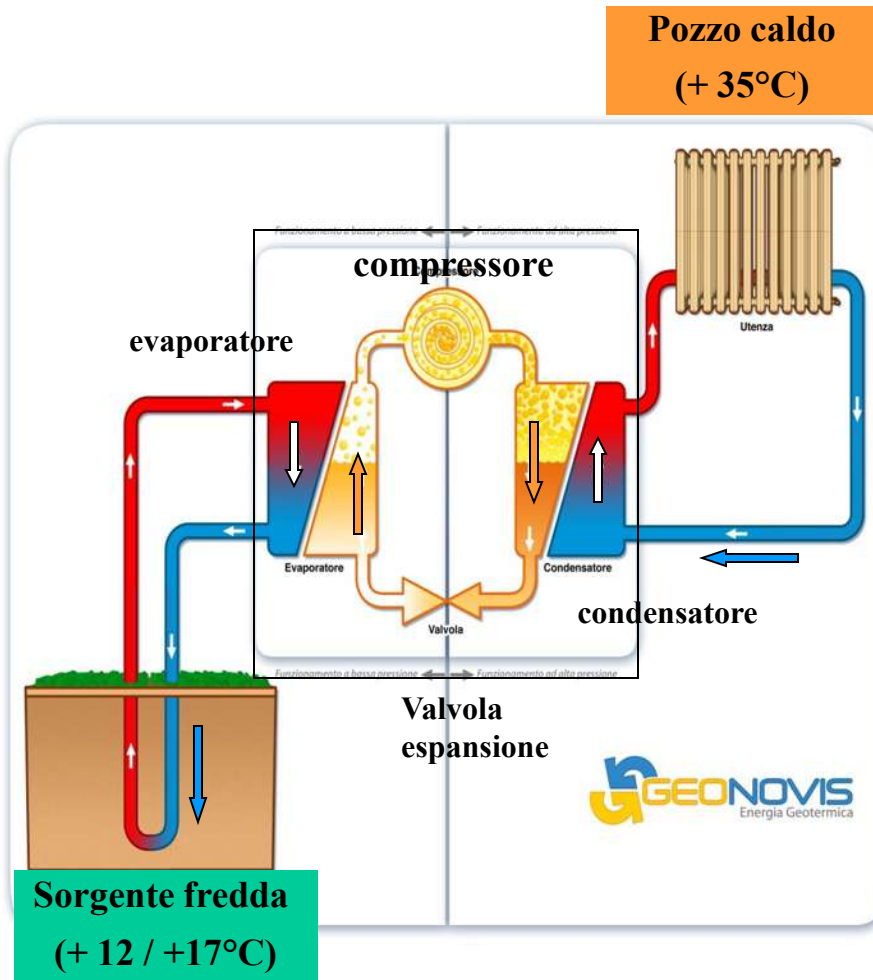
**Più la differenza di temperatura tra il terreno e l'esterno è alta e migliore sarà il rendimento della PDC.**

**E' composta dai seguenti elementi:**

**1)-una fonte di calore, che abbiamo appena visto essere gratuita, 2)- un compressore, 3)- un condensatore, 4)-un evaporatore e 5)- una valvola riduttrice di pressione.**

# POMPE DI CALORE GEOTERMICHE

## Schema di funzionamento



**(1)** Le sonde estraggono l'energia dalla 'sorgente fredda' (aria, acqua, sottosuolo) e la fanno circolare all'interno di un circuito chiuso (liquido refrigerante)

**(2)** Tramite uno scambiatore, il liquido riscalda un gas refrigerante, che evapora nel circuito della pompa di calore.

**(3)** La temperatura del gas refrigerante subisce un considerevole aumento grazie ad un compressore frigorifero.

**(4)** Il condensatore cede quindi il calore del gas all'acqua dell'impianto di riscaldamento o di produzione di acqua calda dell'abitazione.

**(5)** Una valvola di espansione abbassa poi la pressione del gas refrigerante, che passa all'evaporatore per ricominciare daccapo.

*Ad ogni compressione e ad ogni espansione (cioè ad ogni ciclo di lavoro) il fluido ruba un pò di calore alla sorgente fredda e lo cede a quella calda.*



P.d.C. Geotermiche: *la "Riscossa" dell'Industria Italiana – 2di2*



Grandi opportunità di Crescita Economica (*'Italian Green Economy'*) grazie alla disponibilità nel nostro Paese di Competenze, Esperienze e Applicazioni Innovative



Feltre (BL)



IL CLIMA PER OGNI TEMPO  
Legnago (VR)



Tribano (PD)



Oderzo (TV)



Bevilacqua (VR)



Piove di Sacco (PD)



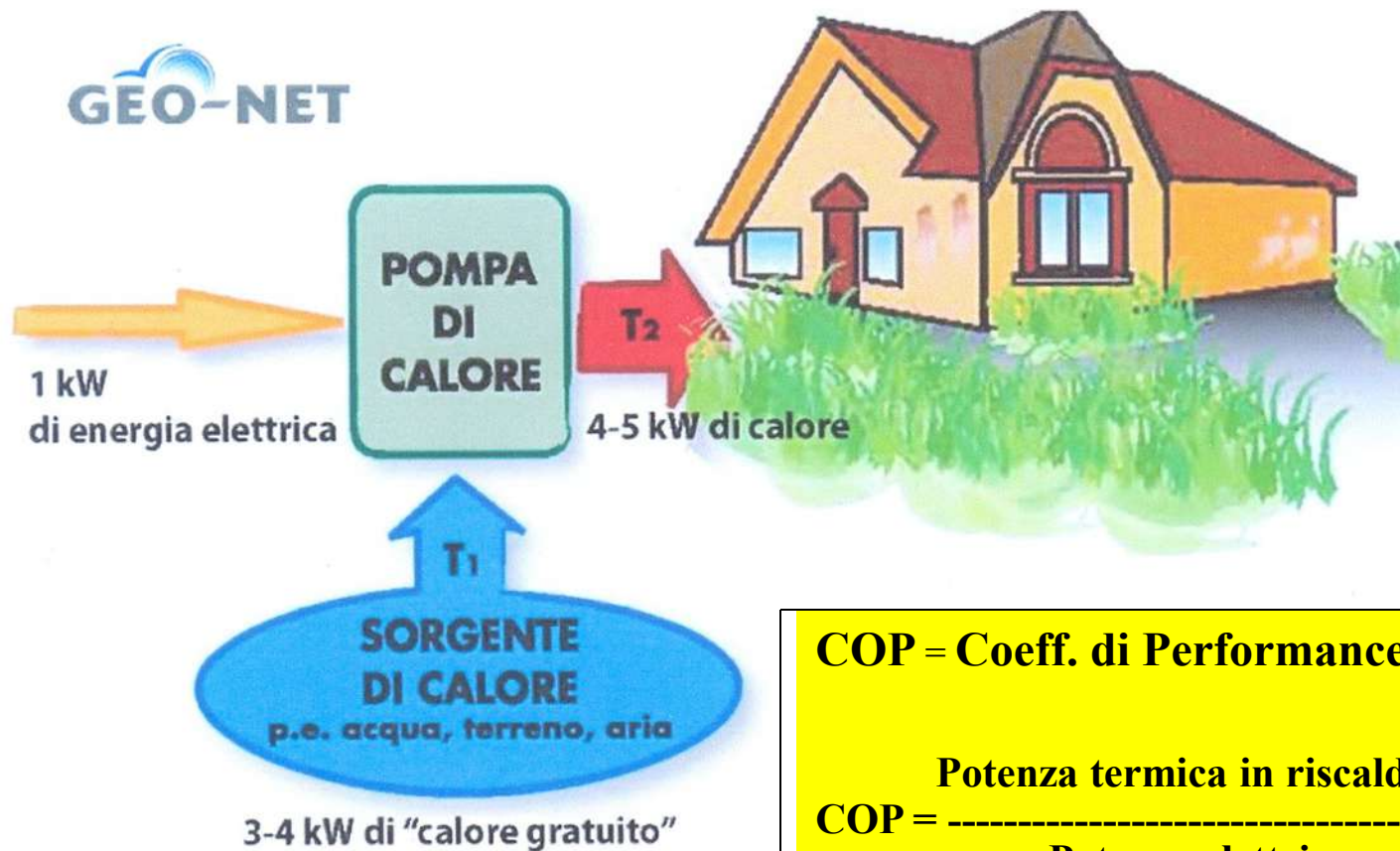
Codroipo (UD)



Bassano del Grappa (VI)



# BILANCIO ENERGETICO E RENDIMENTO



**COP = Coeff. di Performance (resa)**

$$\text{COP} = \frac{\text{Potenza termica in riscaldamento}}{\text{Potenza elettrica assorbita}}$$

**COP = 4,5 kW di calore/1 kW Elettr. = 4,5**



# CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI A POMPE DI CALORE GEOTERMICHE

Secondo la nomenclatura ASHRAE , le **GSHP** si possono dividere in tre categorie principali a seconda delle caratteristiche del fluido termovettore:

**GWHP, Groundwater Heat Pumps:** il fluido termovettore è costituito da acqua di falda che viene catturata e rilasciata una volta terminato il ciclo di scambio termico.

**GCHP, Ground-Coupled Heat Pumps :** in cui il fluido termovettore scorre in un circuito chiuso a contatto con il terreno.

**SWHP, Surface Water Heat Pumps:** il fluido termovettore è costituito da acqua di superficie (lago, mare) che viene catturata e rilasciata una volta terminato il ciclo di scambio termico.

**ASHRAE:** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

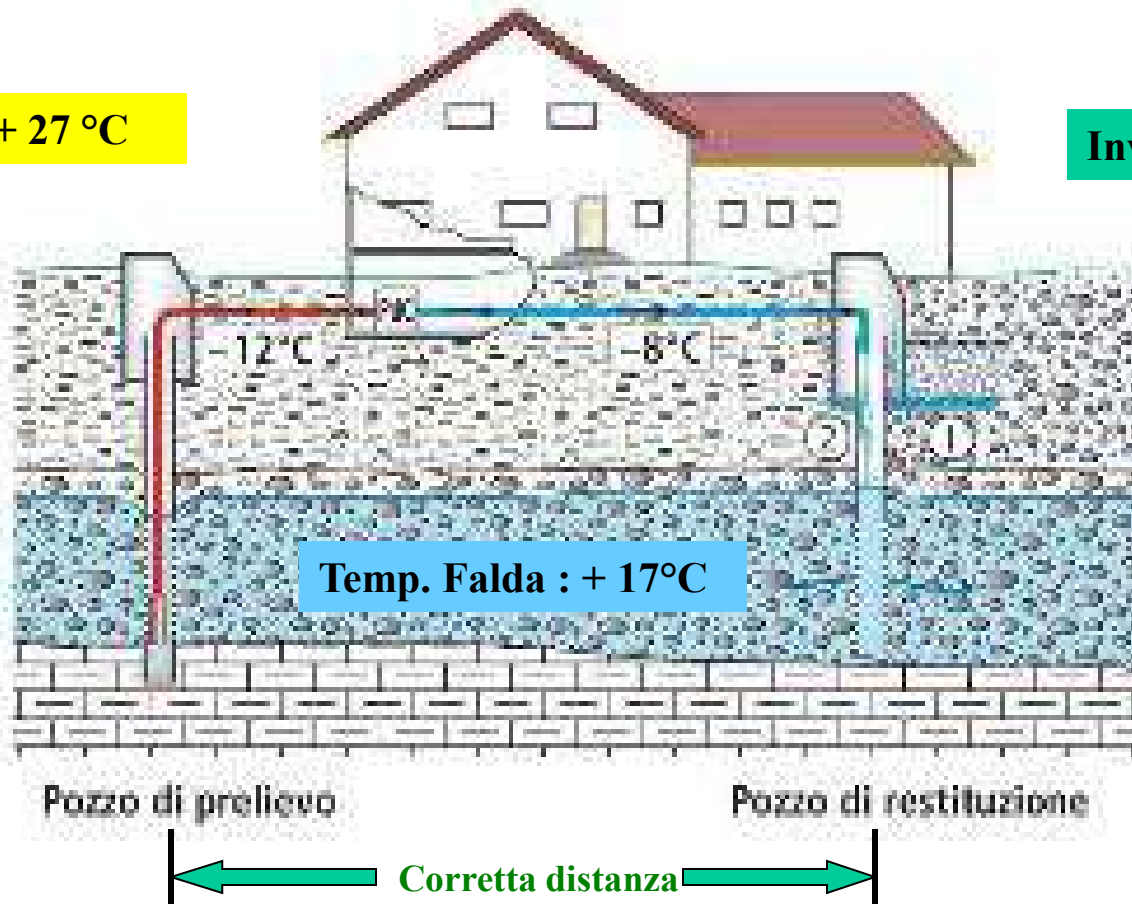
**GSHP** : Ground-source heat pumps .

# Pompe di calore geotermiche - Classificazione -

- **GWHP, Groundwater Heat Pumps**: il fluido termovettore è costituito da **acqua di falda** che viene catturata e rilasciata una volta terminato il ciclo di scambio termico (**circuito aperto**).

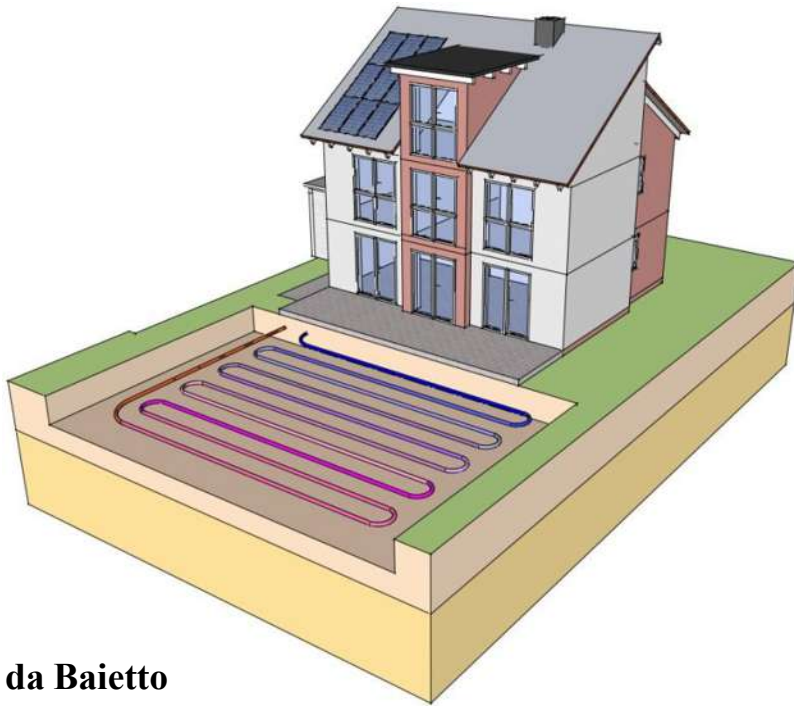
Estate: + 27 °C

Inverno : + 5°C



# Pompe di calore geotermiche - Classificazione -

- **GCHP, Ground-Coupled Heat Pumps**: in cui il fluido termovettore scorre in un **circuito chiuso** a contatto con il terreno.



da Baietto

**Sonde orizzontali in cui circola  
fluido termovettore**



Trincea prof. circa 2,00 m

# Sonde Orizzontali



**Le sonde orizzontali occupano una superficie pari al 120-150% rispetto alla superficie dell'edificio da climatizzare.**

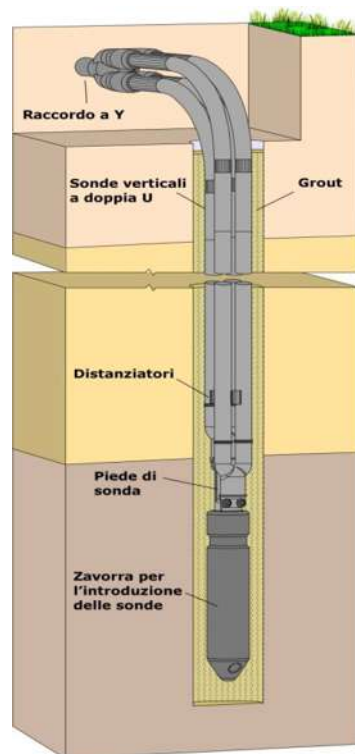
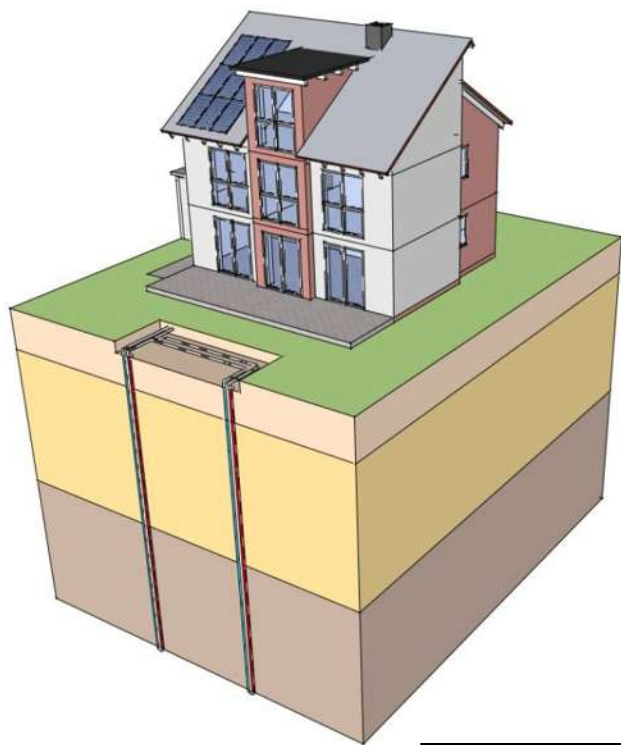
**Realizzate in tubi di plastica (polietilene HDPE) di diametro 32-40 mm.**

**Si usano solo per il riscaldamento,**

**In Italia non sono molto usate e limitate al residenziale di piccole dimensioni**

# Pompe di calore geotermiche - Classificazione -

- **GCHP, Ground-Coupled Heat Pumps**: in cui il fluido termovettore scorre in un **circuito chiuso** a contatto con il terreno.



Si sfrutta lo scambio termico tra il sottosuolo ed un fluido termovettore in circolazione forzata all'interno di un circuito chiuso con andamento subverticale.

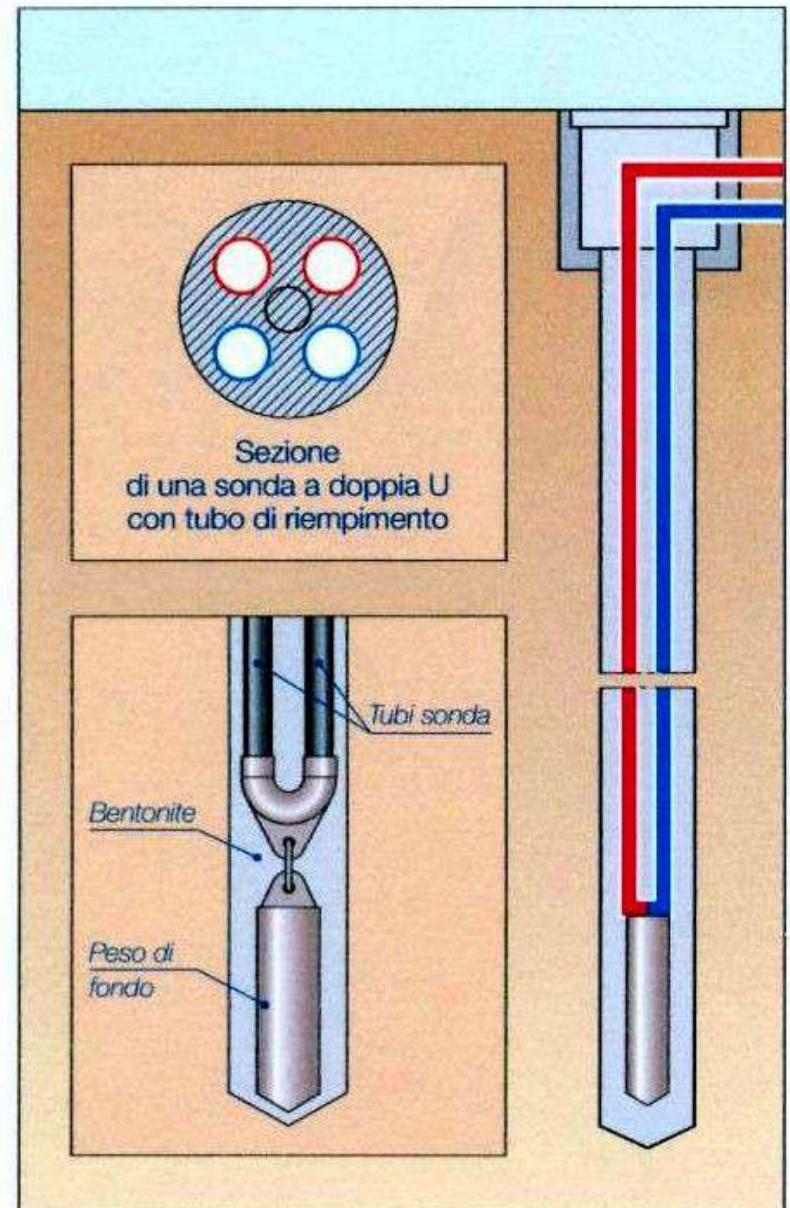
**Sonde verticali**

# PARTICOLARI COSTRUTTIVI SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

**Il fluido termovettore circolante nelle sonde può contenere una soluzione anticongelante;**

**Il glicole etilenico, propilenico, il cloruro di sodio sono i più usati;**

**Evitare installazioni in strutture geologiche instabili e a rischio idrogeologico (frane, alluvioni).**



# GEOSTRUTTURE o PALI ENERGETICI

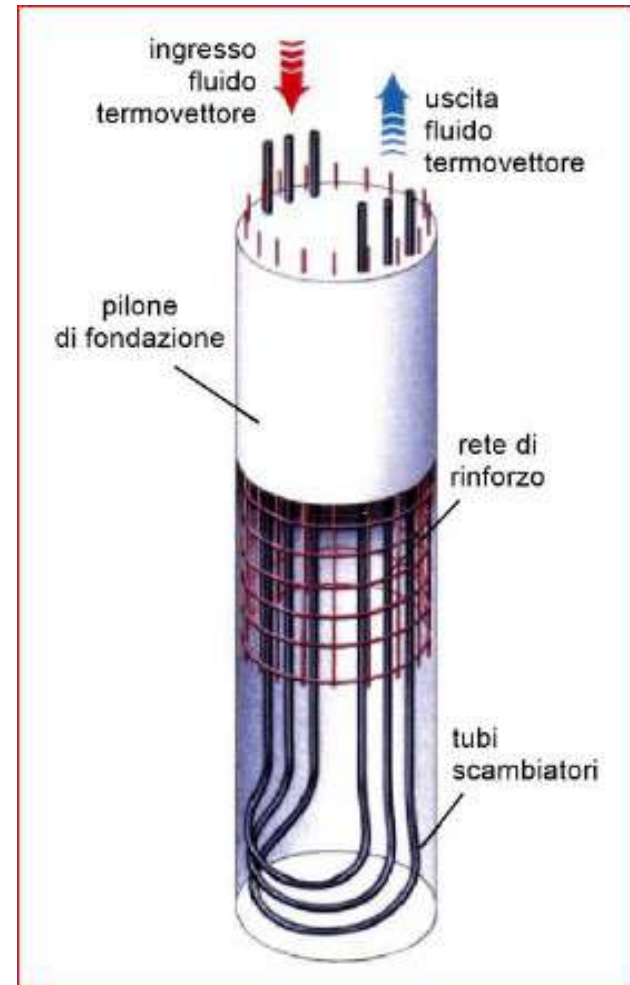
## *GSHP*

Sono scambiatori di calore integrati alle strutture dei **pali di fondazione**. Solitamente non superano i 20 m di profondità.

Possono essere:

- **Prefabbricate in officina e posate a spinta nel terreno;**
- **Assemblate direttamente in situ e cementate.**

**All'interno di tali strutture vengono fissati i tubi di polietilene che, a differenza delle sonde verticali, possono essere in numero elevato.**



# PROGETTAZIONE DI UNA REALIZZAZIONE CLIMATIZZATA CON ENERGIA GEOTERMICA

E' necessaria la collaborazione tra

1°- il **Progettista** della struttura edilizia;

2° - il **Termotecnico** per i calcoli del fabbisogno energetico, della pompa di calore, del sistema di climatizzazione;

3°- il **Geologo** per ricostruire l'assetto stratigrafico ed idrogeologico dei terreni interessati, stabilire la corretta potenza di estrazione di progetto, evitare installazioni in strutture geologiche instabili e a rischio idrogeologico (frane, alluvioni).



# ANALISI COSTI-BENEFICI

## VANTAGGI:

- sicurezza (assenza di combustibili)
- Semplicità (una sola macchina riscalda e raffredda)
- Minor impatto ambientale (assenza di CO2 e di altri gas)
- Minori costi di gestione e minor impatto visivo
- Alta efficienza
- Durata > 20 anni
- Disponibilità di acqua calda.

## SVANTAGGI:

- costo impianto decisamente superiore ad un impianto tradizionale - incentivi statali e/o regionali
- Ostacoli burocratici
- Le sonde orizzontali impongono che il campo rimanga al naturale, senza asfalto o blocchetti
- Nel caso di utilizzo di acqua di falda la reimmissione della stessa deve rispettare i limiti di legge sulla tutela delle acque.

# PREZZIARIO REGIONALE PER LAVORI DI GEOTERMIA

## CAPITOLO IG 08 – Impianti di GEOTERMIA

- **IG 08.08** - Fornitura e posa in opera di sonda geotermica a **singola U 2xDN32** in Polietilene PE 100 HD RC (resistant to crack) PN 16 SDR 11 avente U-BEND in PE 100 HD (resistant to crack) – PN16 SDR 11, con strato esterno nero resistente agli urti, fornita in bobine di lunghezza adeguata alla profondità della sonda da realizzare senza giunzioni, comunque non ammesse lungo lo sviluppo della sonda, comprensiva di raccordo U-BEND diametralmente adeguato, innestata ad un peso a perdere di peso pari a 24 Kg o superiore, saldata dalla fabbrica di produzione, testata e accompagnata da certificato di buona esecuzione (verifica delle saldature, prova di pressione, etc.), compreso di distanziali. La sonda dovrà presentare numerazione progressiva dei metri di lunghezza a partire dalla punta; posata in opera con rispettivo tubo di iniezione de 25 o de 32 mm, mediante utilizzo di apposito srotolatore dotato di sistema frenante e di protezione boccapozzo per la protezione della sonda. **15 €/ml**



## WOKSHOP

***GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA,  
ESPERIENZE A CONFRONTO.***

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE  
E BUON PROSEGUIMENTO**

**dott. geol. Antonio DI FAZIO – ORG Puglia**



***WORKSHOP 20/12/2016 - GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA***

**9.20 – 10.10 - Potenzialità dell'energia geotermica a bassa entalpia in Puglia,  
PROGRAMMI E INTERVENTI REGIONALI**  
*(dr. Geol. Michele Chieco & Antonio Mercurio - Regione Puglia)*

**10.10 – 11.00 - IL PROGETTO VIGOR - Scopo del progetto e prospettive e  
opportunità della geotermia nella Regione Puglia**  
*(dr. Vito Felice Uricchio - CNR-IRSA ma letta da Antonio Galgaro)*

**11.00 – 11.50 - ASPETTI PROGETTUALI ED ECONOMICI NELLA  
REALIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI REGIONALI.**  
*(Antonio Mercurio - Regione Puglia)*

**11.50 – 12.40 - GEOTERMIA PER LA CLIMATIZZAZIONE :  
VALUTAZIONE DELLA COMPONENTE TERRENO NEGLI  
ASPETTI PROGETTUALI**  
*(Antonio Galgaro - Università di Padova ed Associato CNR-IGG)*

**12.40 – 14.00 - Pausa pranzo**



**WORKSHOP 20/12/2016 - GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA**

**14.00 – 14.40 - CASI DI STUDIO**

*Rocco Tasso - ditta Geoenergia S.r.l. (Roma)*

**14.40 – 15.20 - CASI DI STUDIO**

*Alberto Salmistraro - ditta ENEREN S.r.l. (Tribano - PD)*

**15.20 – 16.00 - CASI DI STUDIO**

*Marco Vinci & Moreno Fattor - ditta E.GEO S.r.l. (BG)*

**16.00 – 16.40 - CASI DI STUDIO**

*Antonio Morciano - ditta Trivelsonda S.r.l. (Squinzano - LE)*

**16.40 – 17.20 - CASI DI STUDIO**

*Giuseppe Bitetti - libero professionista (BA)*

**17.20 – 18.00 - CASI DI STUDIO**

*Giorgio De Giorgio - ditta CO.GEO S.r.l. (Valenzano - BA)*<sub>29</sub>

9.20 – 10.10 Potenzialità dell'energia geotermica a bassa entalpia in Puglia , PROGRAMMI E INTERVENTI REGIONALI (*Michele Chieco & Antonio Mercurio - Regione Puglia*)

10.10 – 11.00 IL PROGETTO VIGOR - Scopo del progetto e prospettive e opportunità della geotermia nella regione Puglia (*Vito Felice Uricchio - CNR-IRSA*)

11.00 – 11.50 Aspetti progettuali ed economici nella realizzazione degli impianti regionali (*Antonio Mercurio - Regione Puglia*)

11.50 – 12.40 Geotermia per la climatizzazione : Valutazione della componente terreno negli aspetti progettuali (*Antonio Galgaro - Università di Padova ed Associato CNR-IGG*)

12.40 – 14.00 **Pausa pranzo**

# Sonde Geotermiche

**Le sonde geotermiche hanno la funzione di scambiare il calore dell'ambiente da climatizzare con il calore del sottosuolo.**

**I parametri fisici** che condizionano maggiormente il dimensionamento delle sonde geotermiche riguardano soprattutto **la temperatura del sottosuolo e le proprietà termiche delle rocce quali:**

**la conducibilità termica  $\lambda = W / m K$**  (watt / metro x grado kelvin) è il rapporto, in condizioni stazionarie, tra il flusso di calore (quantità di calore trasferita nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie) ed il gradiente di temperatura che provoca il flusso di calore.

**la diffusività termica  $\alpha$  ( $m^2 / s$ )** che misura l'attitudine di una sostanza a trasmettere, non il calore, bensì una variazione di temperatura.

**la resa termica estraibile dal terreno  $PH$  (W/m)** in funzione del tipo di sonda e del tipo di terreno.

# Comportamento termico del suolo/sottosuolo

nella geotermia a bassa entalpia

Si individuano tre livelli:

## 1)- Zona superficiale: fino a circa - 1 m

- molto sensibile alle variazioni atmosf.che e delle escursioni giorno/notte ed Inverno/estate.

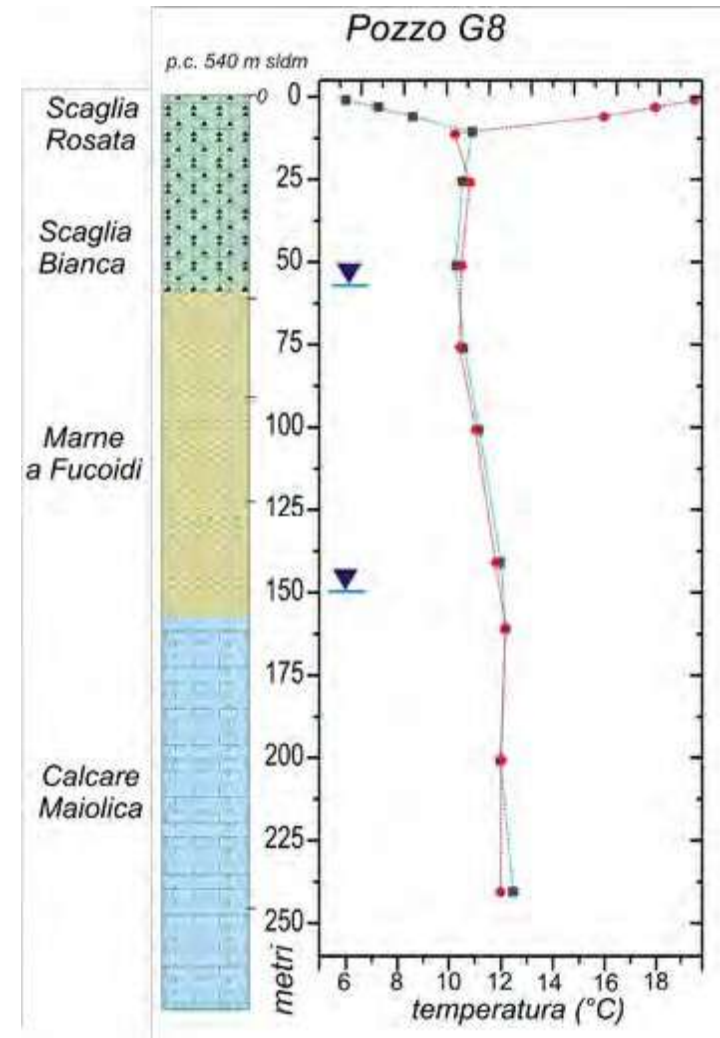
## 2) Zona poco profonda : variabile da -1 a 8-10 m fino a 20 m di profondità in funzione delle caratteristiche geologiche

- le variazioni stagionali ed atmosferiche si registrano con uno sfasamento spaziale e temporale.

I livelli 1 e 2 sono strati termicamente “attivi” o livelli eterotermici (Desio, 1973). Potrebbero essere utilizzate per immagazzinare nel terreno una certa quantità di energia termica nel periodo estivo, per prelevarla poi nella stagione invernale.

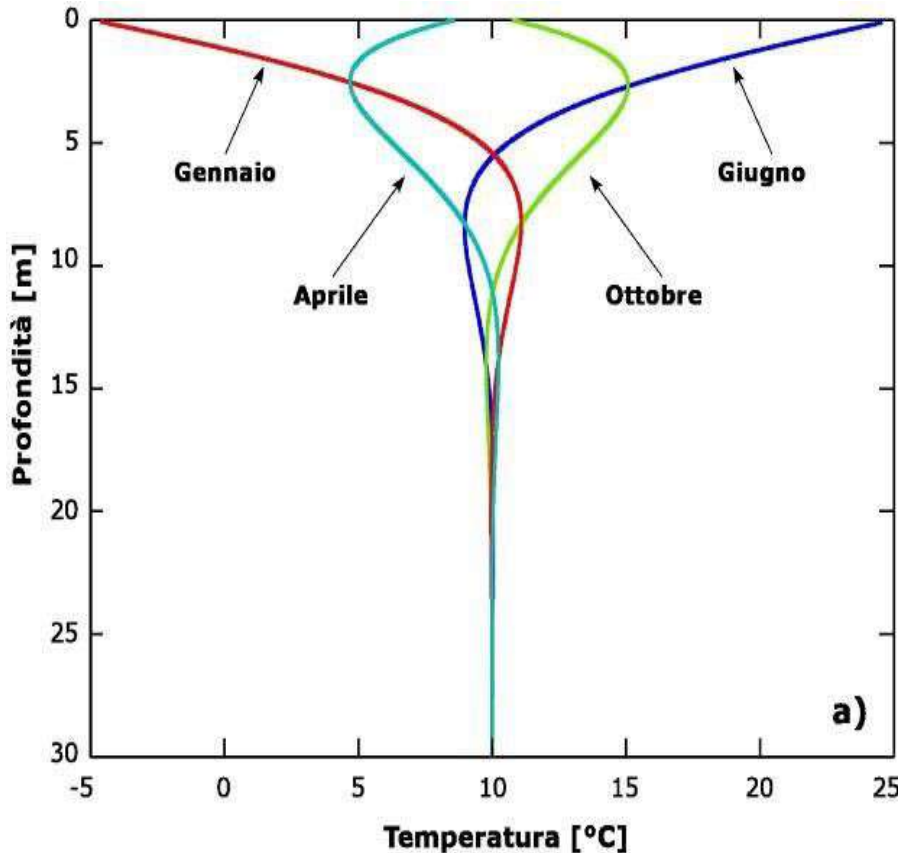
## 3) Zona profonda – oltre 8-20 m di profondità

- la temperatura è praticamente costante e le variazioni sono funzione del **gradiente geotermico** presente. Questo livello viene definito omotermico (Desio, 1973) e il calore è legato alle proprietà termiche delle rocce.

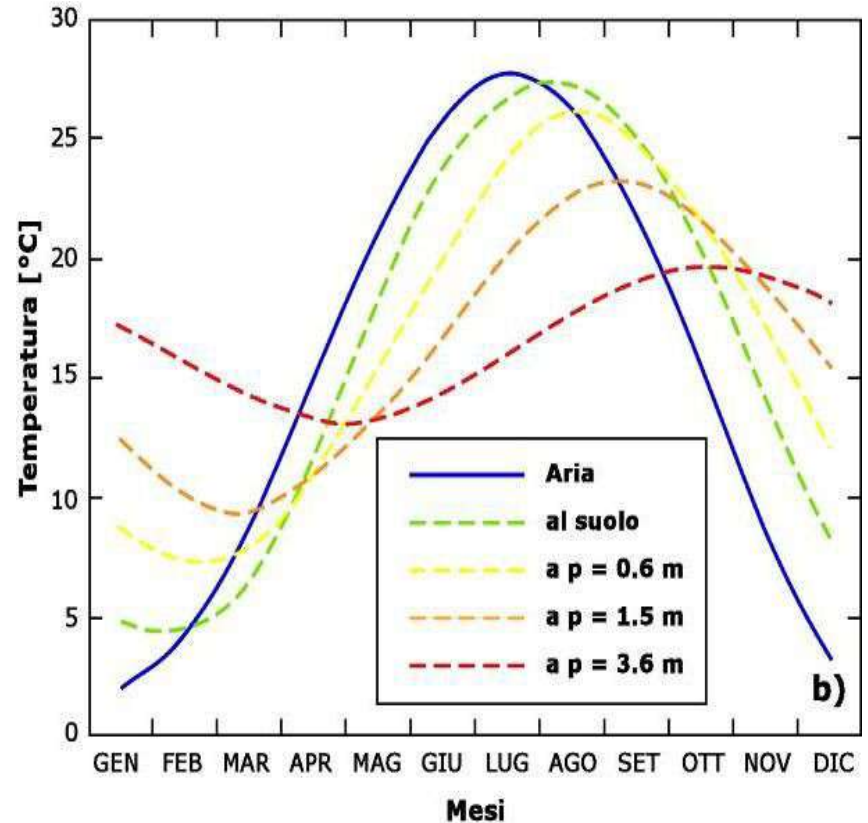




# Comportamento termico del suolo/sottosuolo

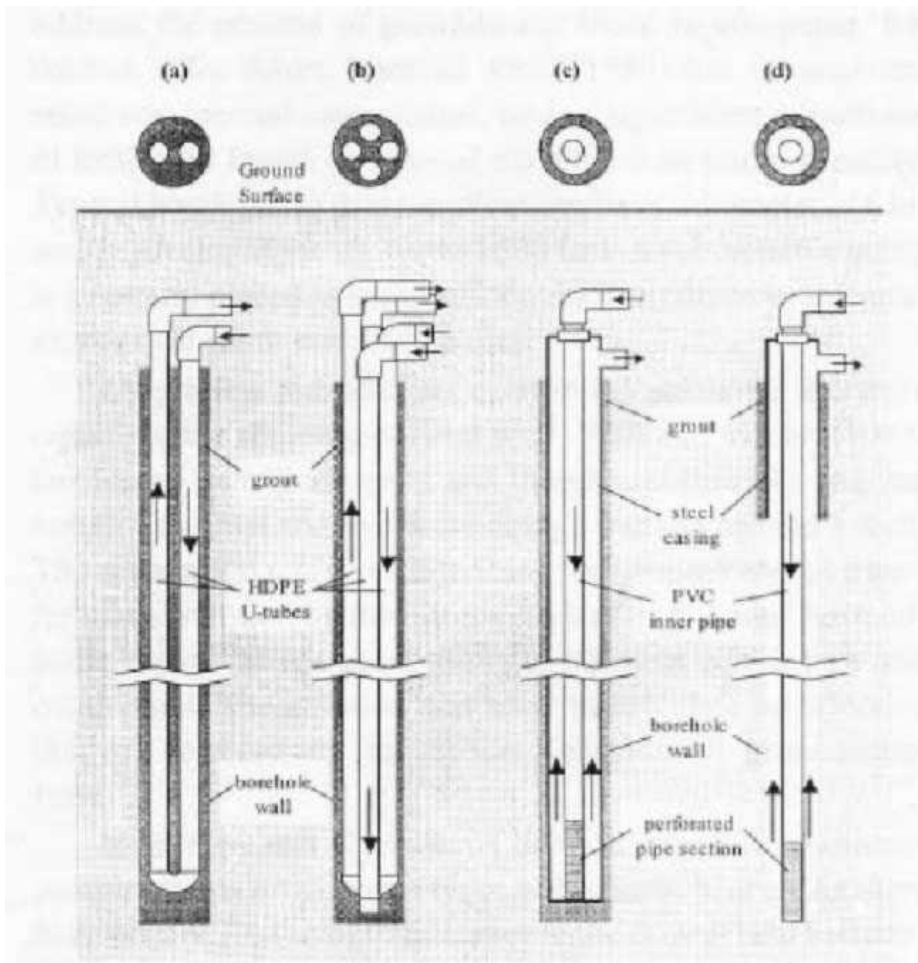


**Distribuzione della temperatura con la profondità durante quattro mesi dell'anno**



**Fluttuazione della temperatura nell'arco di un anno al variare della profondità.**

# SONDE GEOTERMICHE VERTICALI



Le sonde sono costituite da uno o due circuiti ad U realizzati in tubi di plastica (polietilene HDPE) di diametro 32-40 mm.

**Ø foro: 100-150 mm**

**Profondità: 100-200 m**

**Il foro viene riempito con apposite malte cementizie**

# Fasi di montaggio delle sonde verticali



Bobine di svolgimento delle sonde in foro  
(Fonte: Valvassori, 2009) **da Baietto**

# Il Dimensionamento delle sonde geotermiche

Dovrà basarsi sull'apporto essenziale di due figure professionali:

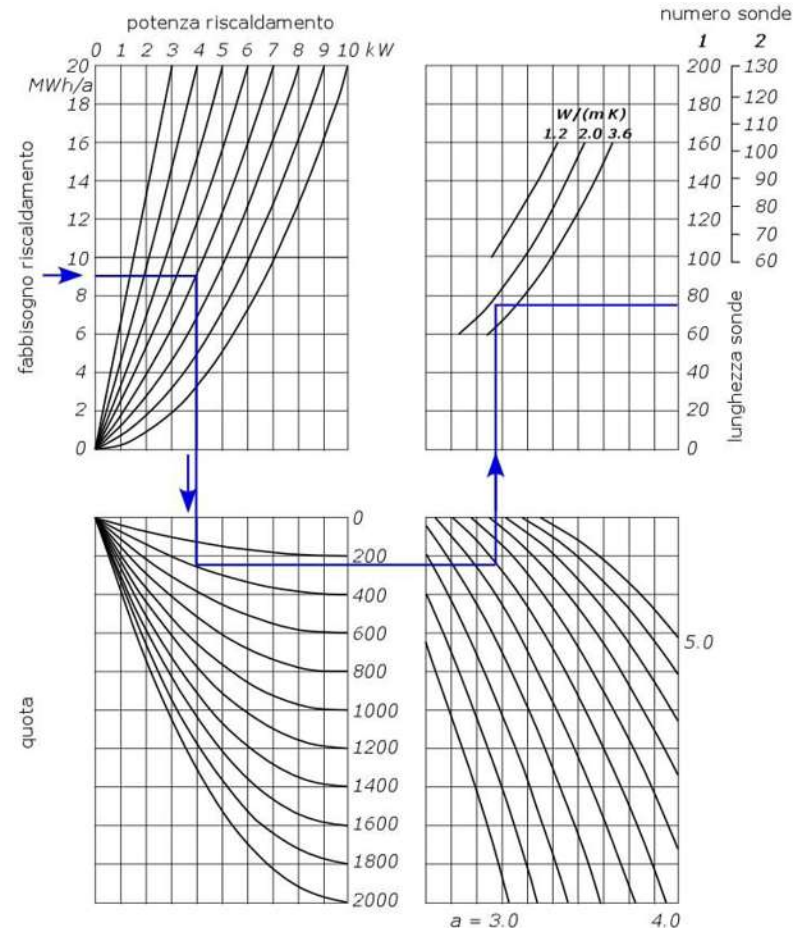
- 1. Termotecnico** abilitato all'esercizio della professione che dovrà calcolare e fornire dati di dettaglio, quali:
  - fabbisogno di potenza termica (KW);
  - fabbisogno di energia termica (Kwh/anno);
  - dati di progetto (ore di funzionamento pompa di calore / anno, tipologia del generatore, progetto impiantistico).
- 2. Geologo** abilitato all'esercizio della professione che dovrà:
  - Evitare installazioni in strutture geologiche instabili e a rischio idrogeologico (frane, alluvioni).
  - ricostruire dettagliatamente l'assetto stratigrafico ed idrogeologico dei terreni interessati al fine di stabilire la corretta potenza di estrazione di progetto.
  - esperire tutte le pratiche tecnico-amministrative per ottenere le autorizzazioni alle trivellazioni.

# CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Per il dimensionamento vi è differenza tra i sistemi più piccoli (sotto i 30 kW) e quelli superiori.

Per i primi si può risolvere con tabelle o con nomogrammi.

Per i più grandi è consigliata la simulazione software.



## Art. 10 - Piccole utilizzazioni locali

1. Sono quelle per le quali sono soddisfatte congiuntamente le seguenti condizioni:

a) consentono la realizzazione di impianti di potenza inferiore a 2 MW termici, ottenibili dal fluido geotermico alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi;...  
omissis

2. Sono altresì piccole utilizzazioni locali di calore geotermico quelle effettuate tramite l'installazione di sonde geotermiche che scambiano calore con il sottosuolo senza effettuare il prelievo e la reimmissione nel sottosuolo di acque calde o fluidi geotermici.



POMPE DI CALORE  
IN COMMERCIO

# DIMENSIONAMENTO CON TABELLE

**Esempio:** Riscaldamento a 35 °C di un edificio posto a 400 m.s.l.m.,

$P_h$  potenza richiesta  $\Rightarrow$  **12 kW**

Durata attività 1500 ore  $\Rightarrow$  **fabbisogno annuale di 18 000 kWh.**

Assumiamo un **COP stagionale** pari  $\Rightarrow$  **3.5**

**la conducibilità termica** per un sottosuolo in arenaria  $\Rightarrow$  **2.3**  
**W/m/K.**

$\Rightarrow$  **resa termica estraibile** dell'arenaria è di 55-65 W/m,  
corrispondente a 11- 13 m per kW di potenza estratta (dalla Tab.  
di fig. 15).  $\Rightarrow$

Quindi sono necessari (11- 13 m/kW x 12 kW) **132-156 m totali**  
**2 sonde da 66-78 m.**

Potenza elettrica da installare con la Pompa di Calore =  $12\text{kW}/3.5 =$   
**3,42 kW**

La potenza elettrica da installare per riscaldare con corrente elettrica  
sarebbe stata di  $12/0,46 =$  **26 kW**



# Sonde geotermiche: dimensionamento tabellare

Sottosuolo	Conducibilità termica (W/m K)	Potenza d'estrazione (W/m)	Lunghezza della sonda geotermica per kW di potenza di riscaldamento (m)	
			COP = 3	COP = 3,5
Sottosuolo di cattiva qualità (rocce mobili secche)	< 1,5	20	33	36
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5 a 3,0	50	13	14
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	> 3,0	70	19,5	10
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	< 20	> 33	> 36
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8 a 2,4	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Argilla, limo, umido	1,7	30 a 40	17 a 22	18 a 24
Calcere, massiccio	2,8	45 a 60	11 a 15	12 a 16
Arenaria	2,3	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Granito	3,4	55 a 70	9,5 a 12	10 a 13
Basalto	1,7	35 a 55	12 a 19	13 a 20
Gneiss	2,9	60 a 70	9,5 a 11	10 a 16

# Test di risposta termica (TRT)

- Il **Test di Risposta Termica (TRT)**; o **GRT, Ground Response Test in inglese**) è una prova che si effettua in situ con lo scopo di misurare la **conducibilità termica** del terreno/roccia circostante il pozzo in cui son inserite le sonde e per il calcolo della **resistenza termica del pozzo** ( $R_b$ );
- Calcolo dei parametri termo-fisici del terreno necessari per il dimensionamento definitivo delle sonde (senza il bisogno di operare un sovradimensionamento per compensare l'incertezza del loro valore);
- La normativa VDI4640 suggerisce il ricorso a TRT per impianti di potenza  $> 30$  kW;
- Il test permette di valutare anche la presenza di trasferimento di calore convettivo dovuti al movimento della falda.

Riferimenti: Gehlin, S., 2002. *Thermal response test – Method Development and Evaluation*,

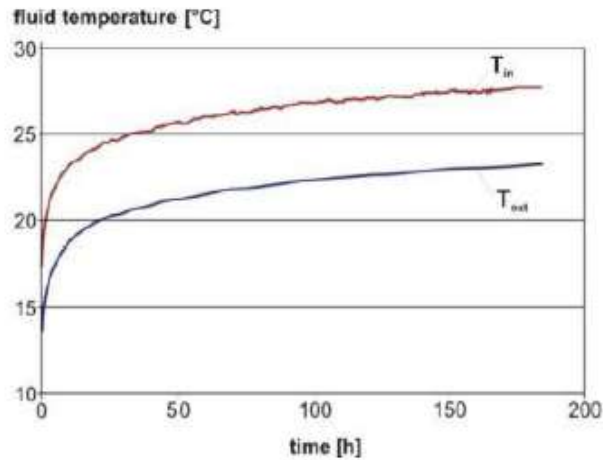
Luleå Institute of Technology, LuTH, Doctoral Thesis.

# Test di risposta termica (TRT)



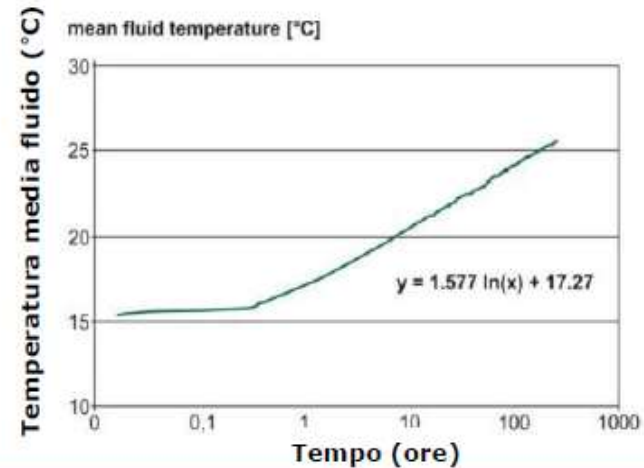


## Test di risposta termica (TRT) - Principi



Misura delle temperature in entrata e uscita, si deduce un valore medio

Conducibilità misurata utilizzando il coefficiente angolare della retta su grafico semilogaritmico



# Calcolo secondo ASHRAE per grandi impianti

## 4. DIMENSIONAMENTO IMPIANTI - 2



### Dimensionamento di sonde verticali secondo il metodo ASHRAE (Kavanaugh e Rafferty, 1997)

La base della formulazione per il dimensionamento delle sonde è l'equazione di **trasferimento del calore in regime stazionario** proposta da Ingersoll (1954):

$$L = \frac{q \cdot R}{(T_s - T_f)}$$

dove  $q$  (W) è la **quantità di calore** trasferita alla sonda geotermica,  $L$  (m) è la **lunghezza totale della sonda**,  $T_s$  (°C) è la **temperatura del suolo indisturbato**,  $T_f$  (°C) è la **temperatura media del fluido nelle sonde** e  $R$  è la **resistenza termica (m·K/W) del suolo/sonde**.

Per tenere conto degli effetti transitori del trasferimento il metodo ASHRAE propone una modificazione di questa equazione tramite l'introduzione di una serie di impulsi costanti di calore.

Kavanaugh S.P., Rafferty K., 1997. *Ground-source heat pumps, design of geothermal systems for commercial and institutional buildings*. Atlanta: ASHRAE.

# quanto costa e quanto rende

Il costo per la realizzazione di un impianto geotermico non può essere determinato a priori in quanto variabile e funzione di diversi fattori quali:

- caratteristiche geologiche del sito;
- situazione climatica e zona geografica di realizzazione dell'impianto;
- grado di isolamento termico dell'edificio.

Il costo standard di un impianto geotermico (pompa di calore e sonde geotermiche) per un'abitazione monofamiliare di **100÷120 m<sup>2</sup>**, con impianto di distribuzione a bassa temperatura già presente, può essere valutato in circa

**20.000÷22.000 €** nel caso di un impianto con sonde geotermiche verticali, e in circa

**18.000÷20.000 €** nel caso di sonde orizzontali (IVA esclusa).

**tempo di ritorno dai 6 ai 15 anni**

# incentivi per l'installazione

La “sostituzione intera o parziale di impianti di climatizzazione invernale” con impianti geotermici a bassa temperatura o a bassa entalpia può beneficiare del regime fiscale agevolato consistente nella detrazione d'imposta del 55% in fase di dichiarazione dei redditi.

Le spese sostenute entro il 31 dicembre 2012 sono detraibili per un massimo di 30.000 euro (spesa massima di 54.545 euro). La detrazione avviene in 10 quote annuali di pari importo.

A partire dal 1° gennaio 2013, le agevolazioni fiscali per gli interventi di riqualificazione energetica saranno assimilate a quelle per le ristrutturazioni (per le quali sono previste detrazioni del 36%).

## CONFRONTO: Climatizzazione di 4 Appartamenti da 80 m<sup>2</sup> in classe B

SISTEMA DI CLIMATIZ.	Costo INVESTIM. €	INCENTIV O 30% €	COSTO FINALE €	COSTO ENERGIA €/anno
Geotermico a sonde verticali con pannelli radianti	73.400	22.020	50.380	2.500
Caldaia a Metano per caldo e H <sub>2</sub> O sanit. Freddo con multisplit per ciascun alloggio	45.500 (compresi i multisplit)	-----	45.500	3.584



# ANALISI COSTI-BENEFICI

## VANTAGGI:

- **sicurezza (assenza di combustibili)**
- **Semplicità (una sola macchina riscalda e raffredda)**
- **Minor impatto ambientale (assenza di CO<sub>2</sub>)**
- **Minori costi di gestione**
- **Alta efficienza**
- **Durata > 20 anni**
- **Disponibilità di acqua calda.**

## SVANTAGGI:

- ❑ **costo impianto decisamente superiore ad un impianto tradizionale**
- ❑ **Ostacoli burocratici**
- ❑ **Le sonde orizzontali impongono che il campo rimanga al naturale, senza asfalto o blocchetti**
- ❑ **Nel caso di utilizzo di acqua di falda la reimmissione della stessa deve rispettare i limiti di legge sulla tutela delle acque.**

Fluidi geotermici possono essere utilizzate anche per scongelare suoli ghiacciati.



Pipes of geothermal water can be installed under sidewalks and roads to keep them from icing over in winter, like this sidewalk.

## **Perché dobbiamo puntare all'utilizzo dell'energia geotermica:**

- la geotermia rappresenta una fonte energetica rinnovabile a elevato potenziale applicativo;
- dà un fondamentale contributo alla riduzione della nostra dipendenza dai combustibili fossili;
- fa uso di una tecnologia rispettosa dell'ambiente e vantaggiosa dal punto di vista economico.



# Grazie per la cortese attenzione

