



Università degli Studi di Genova  
DIME, Sezione di Termoeconomica e  
Condizionamento Ambientale



Università degli Studi di Genova

# Utilizzo della Risorsa Geotermica: applicazioni a Pompa di Calore e quadro generale della Tecnologia

Dr. Ing. Antonella Priarone

Prof. Ing. Marco Fossa



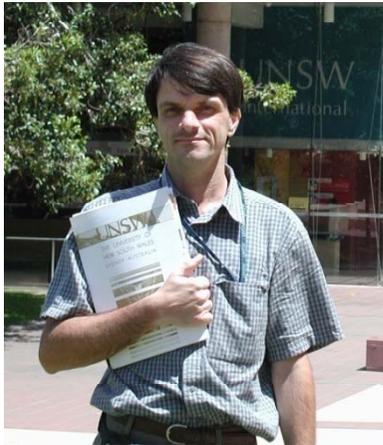
Green City Energy, Genova 10-11 novembre 2011



Pag 1/29



# Gruppo di ricerca Unige sulle Pompe di Calore Geotermiche



Marco Fossa, PhD, Professore Associato

Docente di Energie Rinnovabili, Direttore del Corso Geotermia di Unige.

Aree di interesse: Pompe di calore geotermiche, energie rinnovabili, scambio termico

Antonella Priarone, PhD, Ricercatore

Aree di interesse: Pompe di calore geotermiche, scambio termico bifase





**In breve**

L'UGI vuole sottolineare con questo *Nuovo Manifesto* il significato strategico che lo sviluppo del calore naturale ha per ridurre la dipendenza attuale del Paese dalle fonti importate di energia.

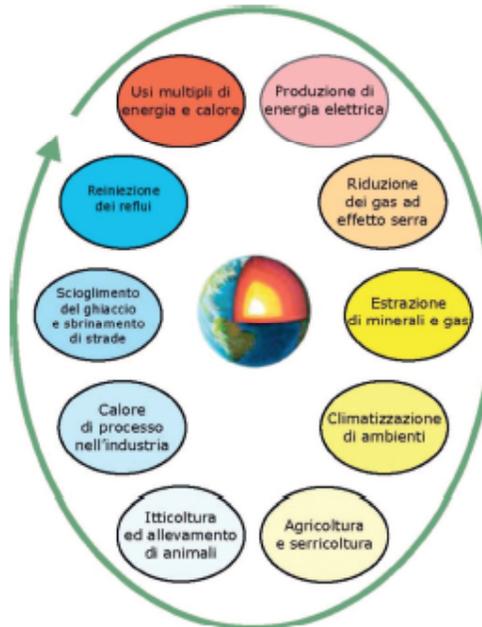
Il *Manifesto* è rivolto innanzitutto al Parlamento ed alle istituzioni coinvolte nei problemi dell'energia affinché promuovano iniziative di legge atte a favorire lo sviluppo accelerato della geotermia in tutte le sue possibili forme di applicazione. Se il significato strategico di questo sviluppo non fosse colto con urgenza, si verificherebbe l'aggravamento delle difficili condizioni di mercato degli approvvigionamenti energetici di cui il Paese soffre da tempo, e sarebbero pregiudicati gli obiettivi posti dagli accordi di Kyoto e dalla direttiva UE 20-20-20. Il *Manifesto* è rivolto anche alle Regioni, agli enti locali, al mondo scientifico ed accademico, alle associazioni ambientaliste, ed al pubblico in generale per far conoscere le potenzialità della geotermia, e per sollecitare tutti a farsi parte diligente per raggiungere gli obiettivi indicati dalle stime presentate nelle Tabelle I e II.

Va ricordato d'altra parte che in vari Paesi europei con potenziale geotermico molto meno attraente del nostro, le possibilità offerte dal calore della Terra di alleviare la dipendenza dal petrolio e contribuire al risanamento dell'ambiente, sono state riconosciute da tempo, per cui i rispettivi governi hanno già varato da anni misure atte a favorire il suo accelerato sviluppo.

Si deve pure sottolineare che gli obiettivi indicati dalle stime di risparmiare nel 2030 con l'uso del calore terrestre 3,5-4,5 milioni di tonnellate di petrolio equivalente all'anno, e di evitare l'emissione di 10-13 milioni di tonnellate/anno di CO<sub>2</sub>, rappresentano un valore economico che, se riferito ai consumi totali di energia ed alle emissioni totali di gas serra prevedibili per quell'anno, può sembrare piccolo in termini percentuali, ma non lo è in termini economici ed ambientali. Pertanto, il contributo del 2%/anno che la geotermia può giungere a dare nel 2030 alla copertura dei consumi totali di energia è, per il nostro Paese, molto importante.

Per gli usi diretti, infine, bisogna ricordare che le risorse sfruttabili di calore naturale a temperatura < 90 °C sono almeno 100 volte superiori a quelle necessarie per raggiungere i 90.000 TJ/anno indicati al 2030 per lo Scenario II. Ciò vuol dire che gli obiettivi assegnati a tali usi non sono il punto d'arrivo ma una tappa per traguardi molto più ambiziosi a cui la geotermia italiana può puntare nei decenni successivi.

**LE PRINCIPALI APPLICAZIONI DELLA GEOTERMIA**



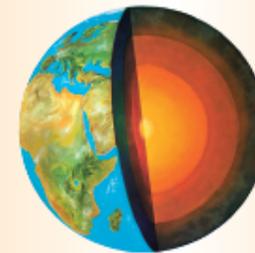
**UN ACCELERATO SVILUPPO DELLA GEOTERMIA IN ITALIA È NECESSARIO ED URGENTE PER:**

- Limitare la dipendenza dal petrolio
- Ridurre il deficit della bilancia dei pagamenti
- Diminuire l'impatto sull'ambiente dei gas ad effetto serra
- Contribuire allo sviluppo sostenibile del paese



**IL NUOVO MANIFESTO DELLA GEOTERMIA**

per  
**UN ACCELERATO SVILUPPO DELL'USO DEL CALORE TERRESTRE IN ITALIA**



**IL CALORE DELLA TERRA  
RISORSA ECO-COMPATIBILE:  
OVUNQUE, PER TUTTI, SEMPRE**

GIUGNO 2011

EDIZIONI ETS





- Introduzione
- Alta Entalpia: produzione geotermoelettrica e usi diretti
- Bassa entalpia: le pompe di calore geotermiche
- La ricerca al DIME
- Conclusioni



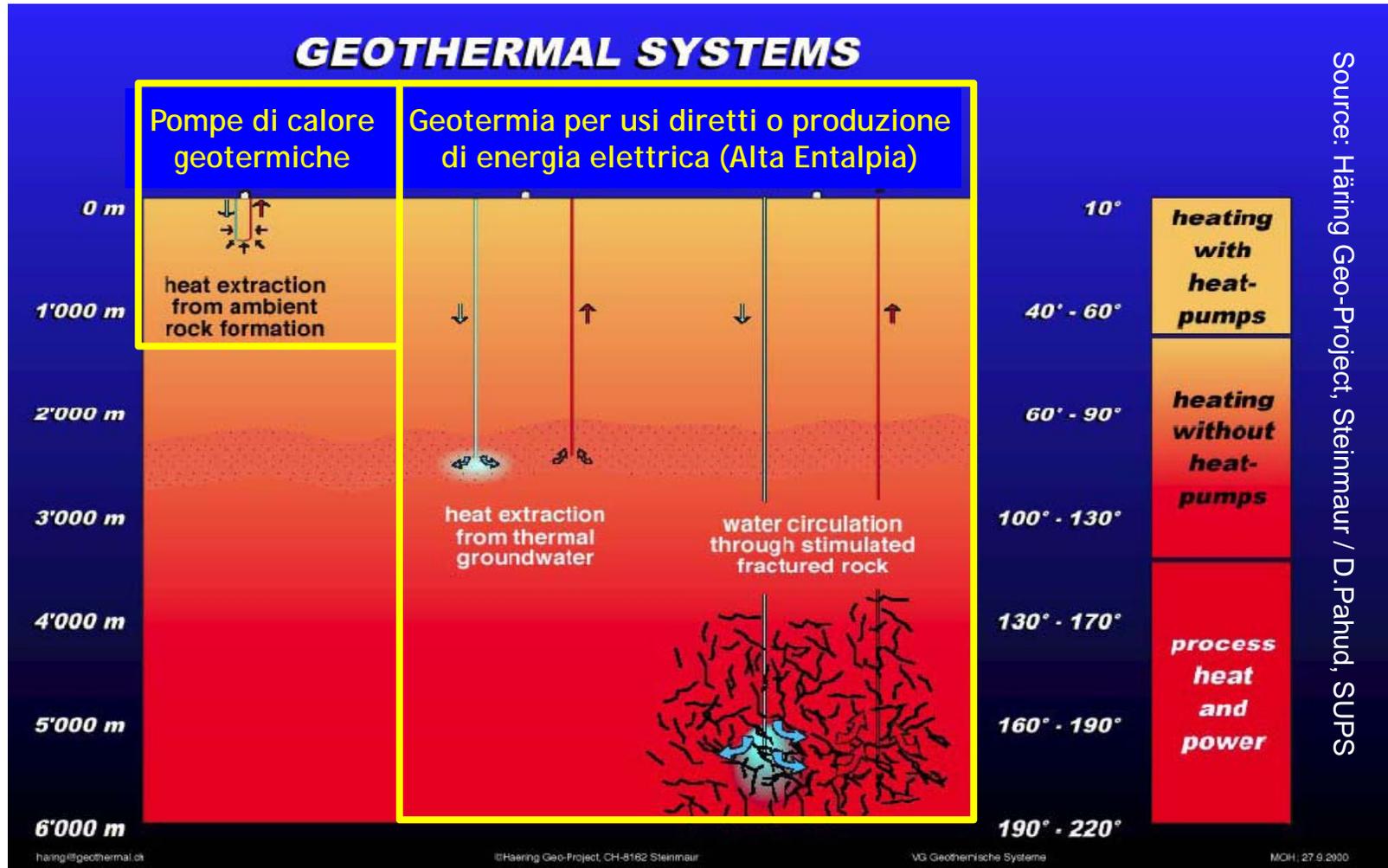


# Introduzione





# Geotermia: classificazione



Source: Häring Geo-Project, Steinmaur / D.Pahud, SUPS





# Utilizzazione delle risorse geotermiche nel mondo



Usi termici

(78 Paesi)

50500 MW<sub>t</sub> potenza

122000 GWh<sub>t</sub>/anno



Generazione elettrica

(24 Paesi)

10900 MW<sub>e</sub> potenza

67200 GWh<sub>e</sub>/anno





## La geotermia nel quadro energetico nazionale (2010)

**CONSUMO TOTALE DI ENERGIA** 170·10<sup>6</sup> TEP

- combustibili fossili 82 %
- idroelettrica e altre fonti rinnovabili 13 %
- energia elettrica importata 5 %

**GEOTERMIA** 1.32 ·10<sup>6</sup> TEP (0,8% del totale)

- Generazione elettrica 1.02 ·10<sup>6</sup> TEP (0,6% del totale)
- Usi termici 300 000 TEP (0.2% del totale)

*1 Tep = 11.63 MWh*





# Alta entalpia: produzione geotermoelettrica e usi diretti

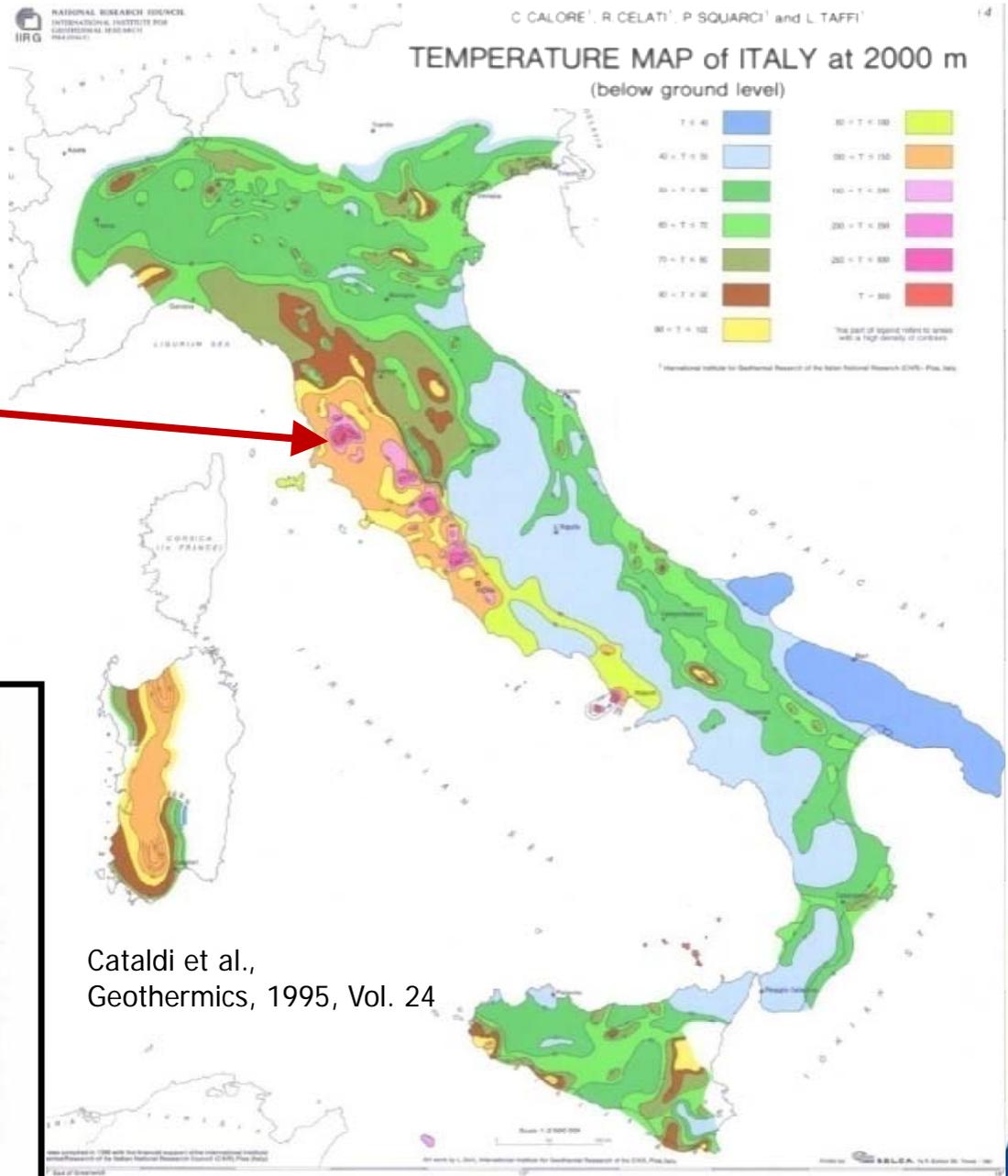




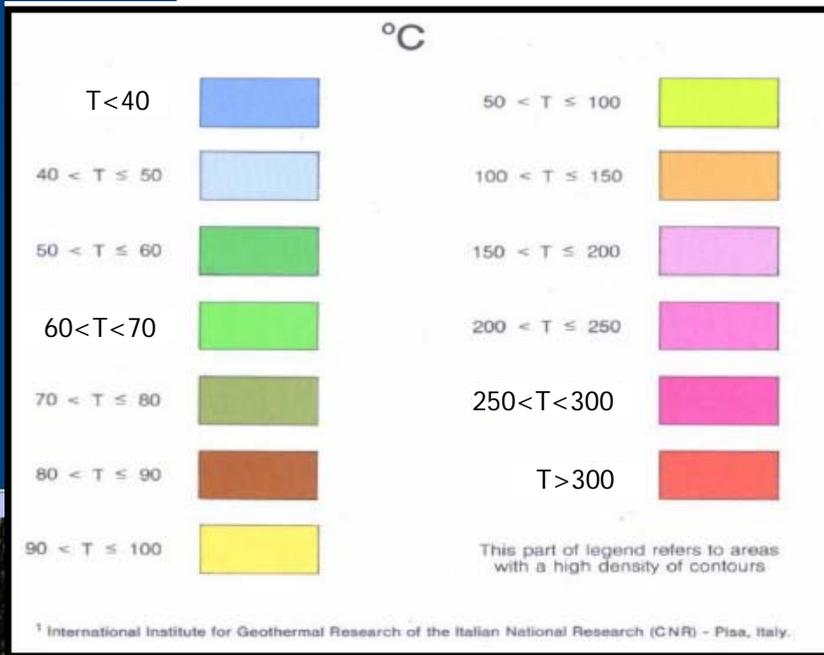
# Il calore dalla terra: il caso Italiano



Larderello



Cataldi et al.,  
Geothermics, 1995, Vol. 24





# Produzione geotermoelettrica : Larderello



Potenza geotermoelettrica installata complessiva

810.5 MW<sub>e</sub>

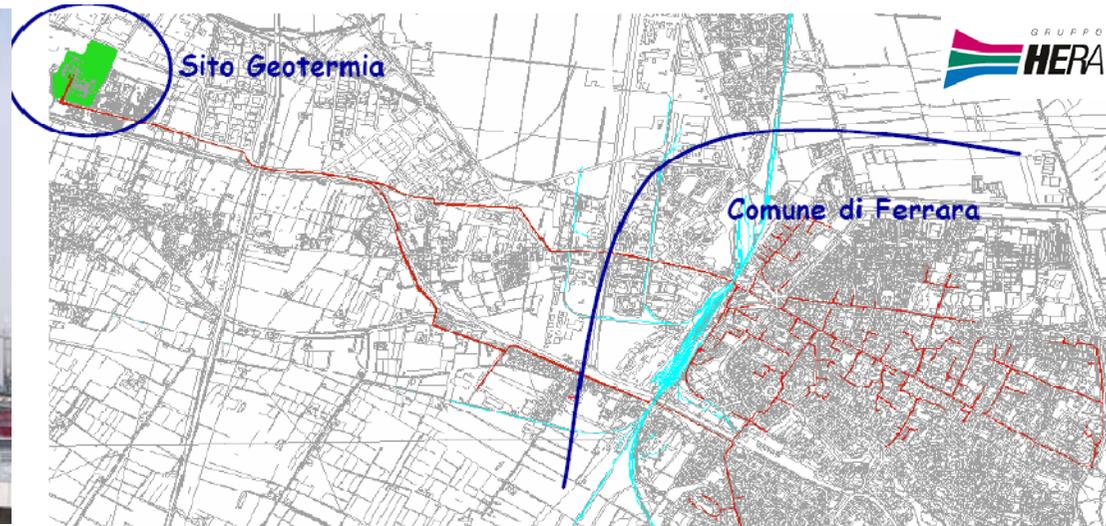
Produzione netta complessiva nell'anno 2006

5.2 TWh





# Usi diretti: Teleriscaldamento Il caso di Ferrara



## Sistema Energetico Integrato:

- **Energia geotermica:** 14 MW, 2 Pozzi, profondità 2000 m  
Fluido geotermico:  $G_{tot} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $T = 100-105^\circ\text{C}$   
Disponibilità di utilizzazione continua
- Impianto WtE: potenza termica massima per TLR pari a 29 MW
- Caldaie a metano di integrazione e serbatoi d'accumulo





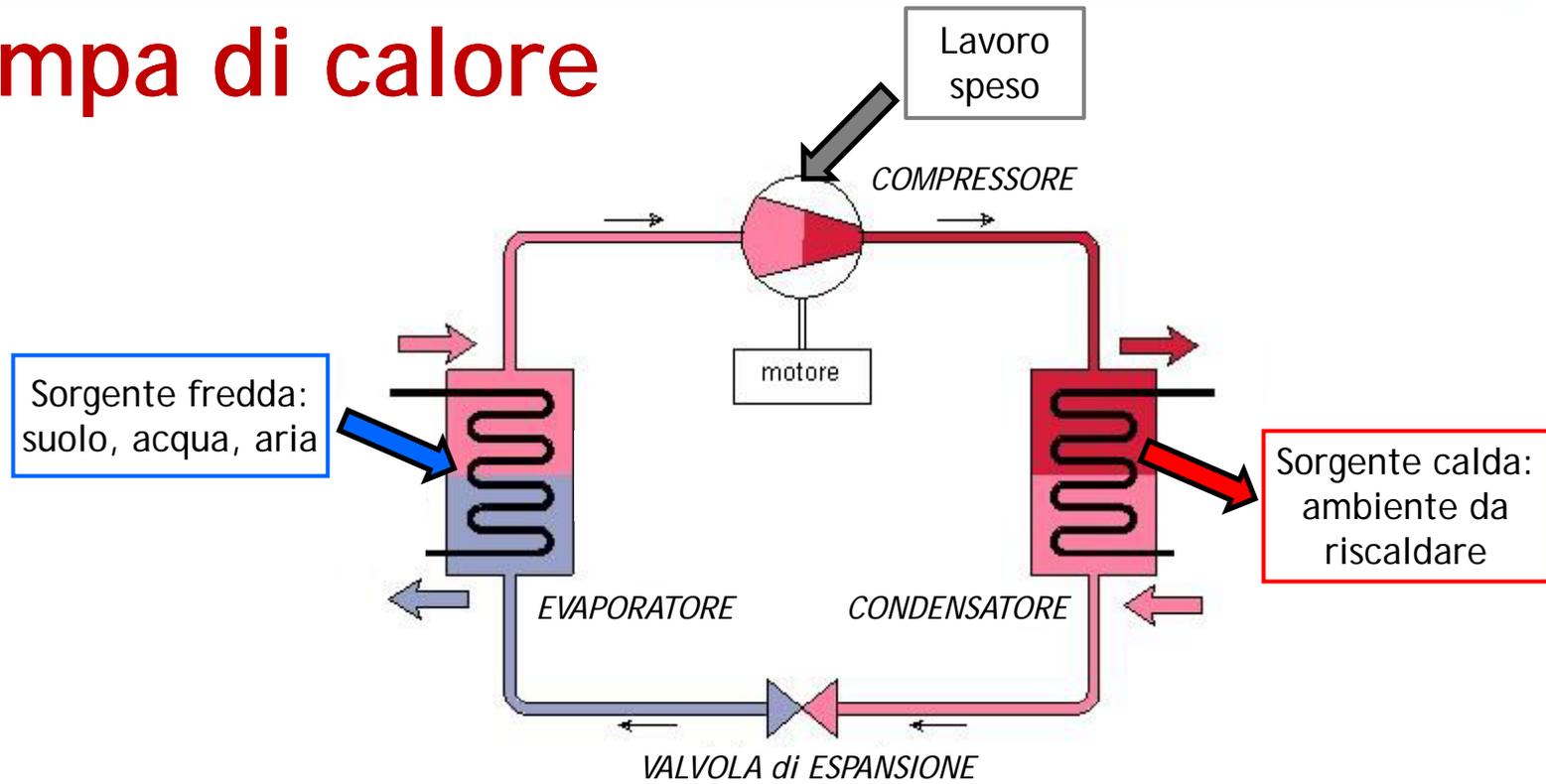
Bassa entalpia:

# Le pompe di calore geotermiche





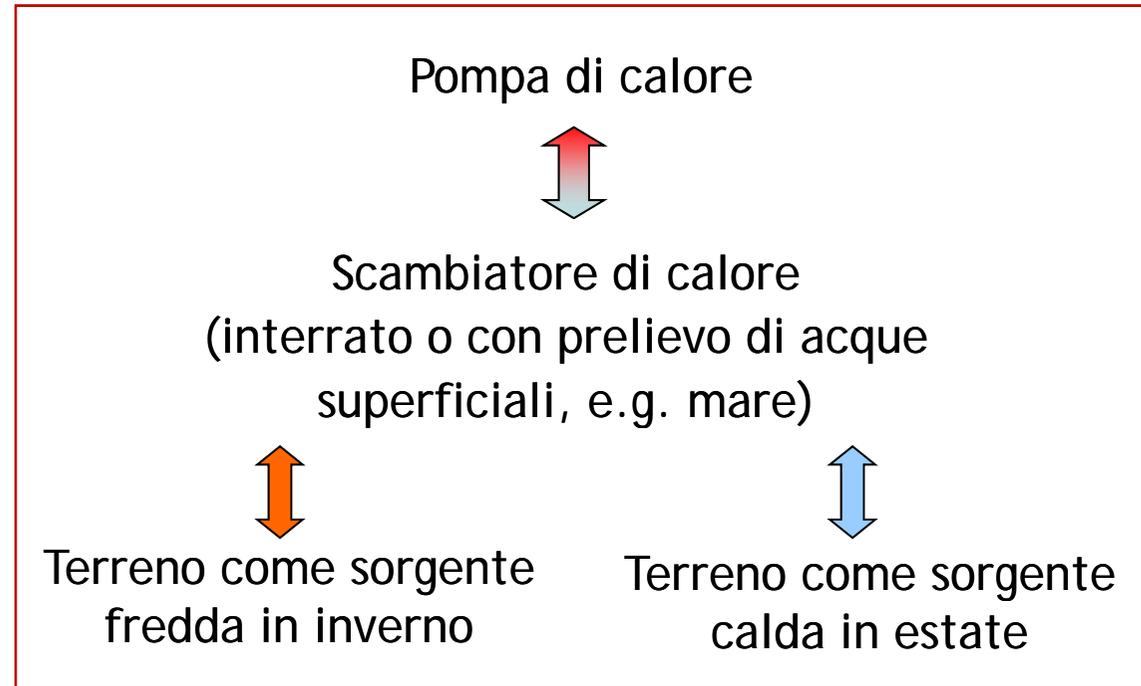
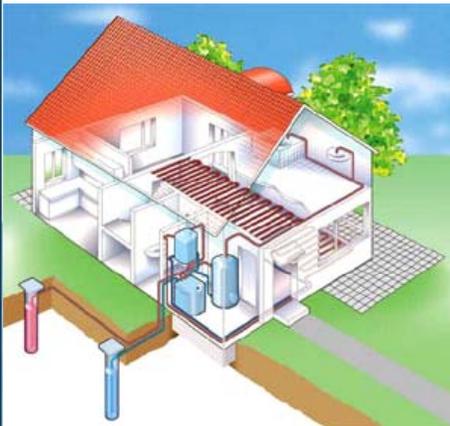
# Pompa di calore





# Pompe di calore geotermiche

Le pompe di calore geotermiche (GCHPs) sono sistemi che combinano una pompa di calore con uno scambiatore di calore interrato.

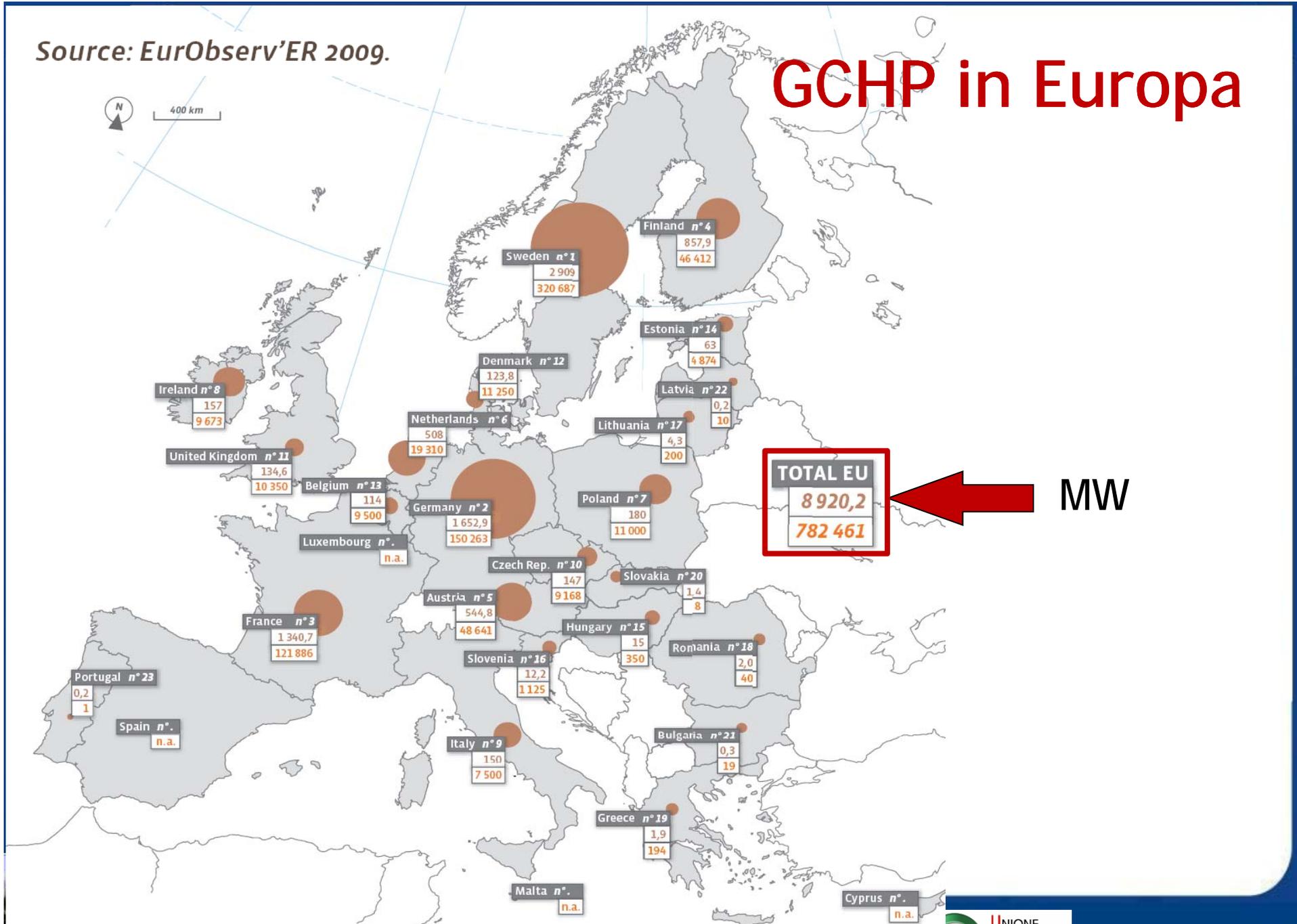


Nei sistemi GCHP il COP dell'impianto può superare abbondantemente il valore di 4



Source: EurObserv'ER 2009.

# GCHP in Europa



**TOTAL EU**  
8 920,2  
782 461

MW

**114** Puissance cumulée des PACg dans le pays.  
Accumulated capacity of GSHPs in the country (MWth).

**9 500** Nombre total des PACg installées dans le pays.  
Total number of GSHPs installed in the country.





# Configurazioni impiantistiche



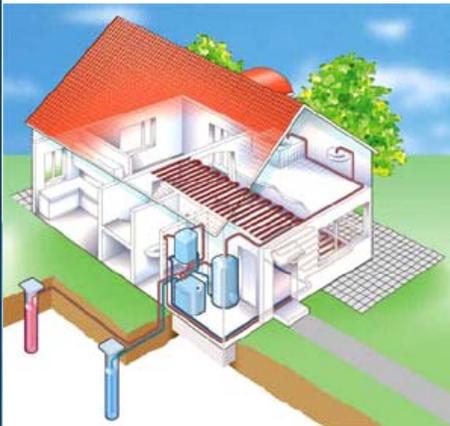
Gli **scambiatori di calore** interrati possono essere:

➤ *chiusi*

usano un fluido che circola negli scambiatori, compiendo un circuito chiuso

➤ *aperti*

usano acque superficiali come fluido vettore





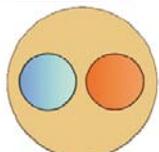
# Configurazioni impiantistiche: Circuito chiuso

## Configurazioni

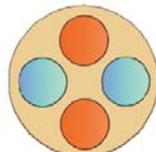
- Orizzontale
- Verticale (BHEs)

I **BHEs** sono la soluzione adottata più di frequente grazie a:

- il basso impatto dei lavori in superficie
- le loro buone prestazioni termiche



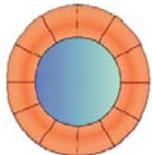
Single U-pipe



Double U-pipe



Simple Coaxial



Complex Coaxial

I BHEs sono costituiti da:

- tubi di plastica inseriti nelle perforazioni
- il materiale di riempimento, che occupa lo spazio rimanente nella perforazione





## Configurazioni impiantistiche: Circuito chiuso



Impianto GCHP con 30 sonde doppio tubo a U con fluido termovettore acqua

*Traforo Frejus (Bardonecchia), 295 kW*



*Le perforazioni per GCHP  
'più profonde d'Italia':  
profondità media 298 m*





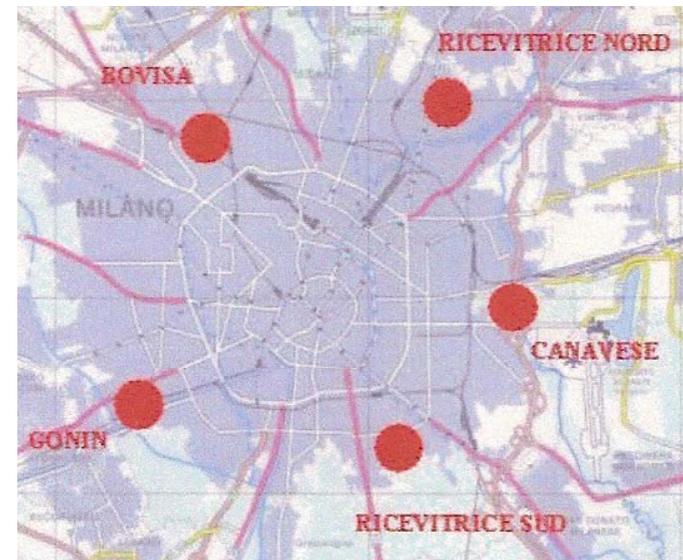
## Configurazioni impiantistiche: Circuito aperto



Impianto GCHP ad acqua di falda (14°C)  
per teleriscaldamento

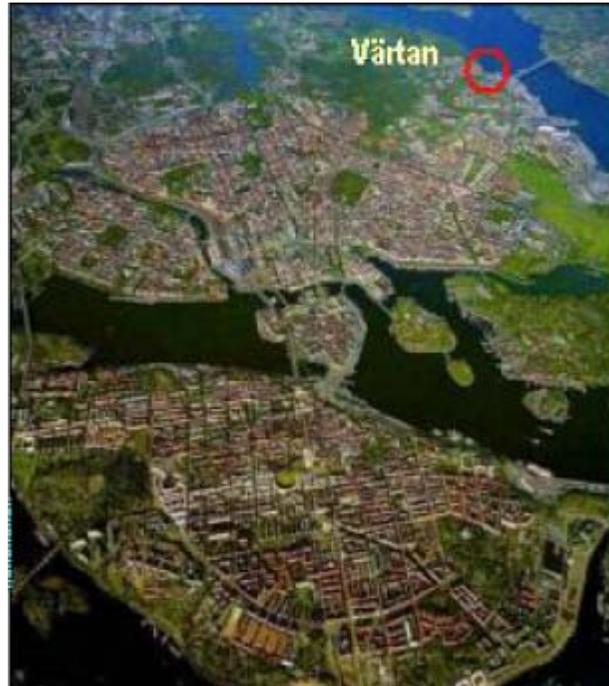
Quartiere 'Canavese' (Milano), 15 MW

*Il progetto sarà replicato in altri 4 quartieri  
periferici di Milano, per un totale finale di  
circa 200000 abitanti serviti*





## Configurazioni impiantistiche: Circuito aperto



Impianto GCHP ad acqua di mare per teleriscaldamento

Stoccolma, 180 MW



# Configurazioni impiantistiche: Circuito aperto



Impianto GCHP ad acqua reflue  
(sistema fognario cittadino) per  
teleriscaldamento

Helsinki, 60 MW

Università di Genova





# La ricerca al DIME

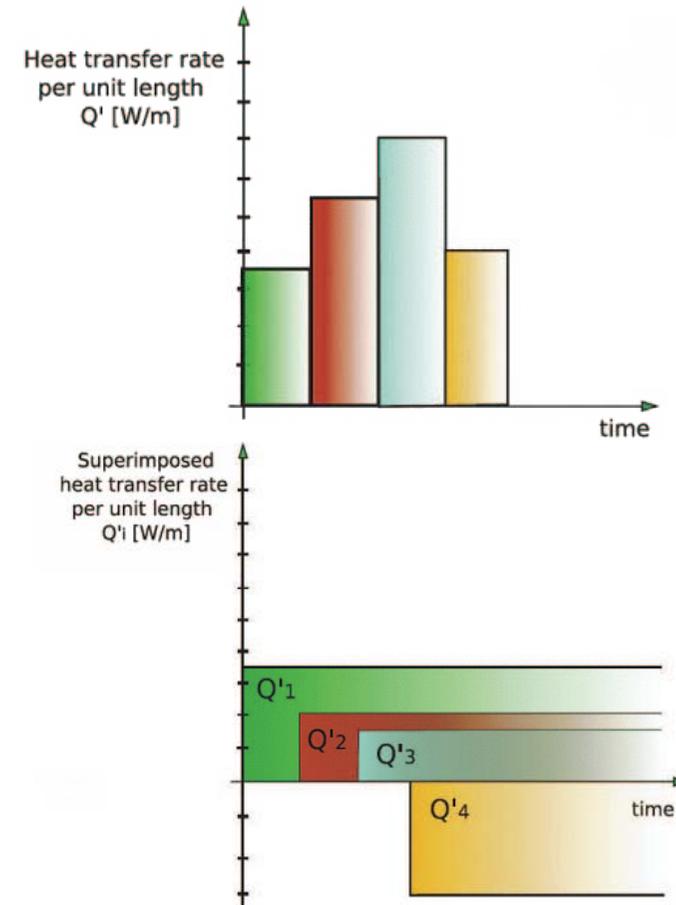




## La ricerca su GCHP al DIME: Simulazione dinamica della risposta termica del terreno

L'analisi dell'impianto GCHP deve essere correlata all'analisi dei fabbisogni termici dell'edificio, al fine di ottenere i più alti Coefficienti di Prestazione (COP).

Un corretto dimensionamento dell'intero sistema garantisce un ottimale sfruttamento della risorsa geotermica e una riduzione dei costi di perforazione e installazione delle sonde interrate.

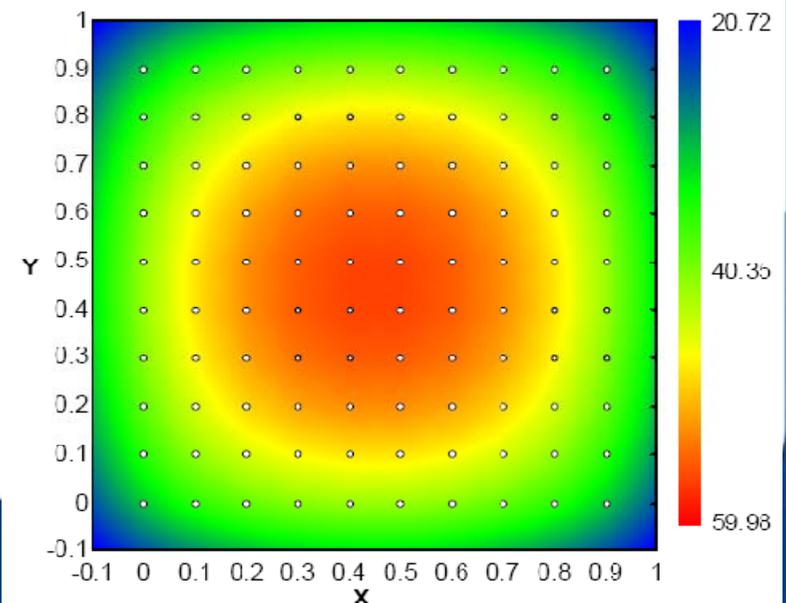




## La ricerca su GCHP al DIME: Simulazione dinamica della risposta termica del terreno

Nelle configurazioni a circuito chiuso, il terreno si comporta in maniera dinamica, immagazzinando e cedendo calore alla pompa geotermica.

Sono pertanto indispensabili modelli di tipo dinamico tempovariante per il dimensionamento dei sistemi GCHP.





# La ricerca su GCHP al DIME: Il codice di calcolo dinamico TecGeo

Il codice calcola l'andamento tempovariante della temperatura del fluido vettore di ritorno dalle sonde in funzione della configurazione del campo sonde, delle proprietà del terreno e dei carichi termici stagionali richiesti all'impianto di climatizzazione.

The screenshot shows the 'Form1' window of the TecGeo software. It features a menu bar (File, Modifica, Calcola, Help) and a tabbed interface with 'Sonde' selected. The main area is titled 'Configurazione del campo di sonde' and includes options for 'Configurazione standard' (Singola) and 'Configurazione utente'. A central diagram shows two vertical boreholes with height 'H' and spacing 'b'. Below it, a circular plan view shows two boreholes with diameters 'Dpi' and 'Dpe', and spacing 'spac'. A grid on the right, 'Campo sonde corrente', shows a 10x10 grid with a single borehole at position (1,1). The 'Dati della configurazione corrente' table is as follows:

Parameter	Value	Unit
N° sonde lungo x	1	
N° sonde lungo y	1	
N° sonde totale	1	
Interdistanza x / lunghezza sonda	0.00000000	[f]
Interdistanza y / lunghezza sonda	0.00000000	[f]
Raggio di perforazione / lunghezza sonda	0.00050000	[f]

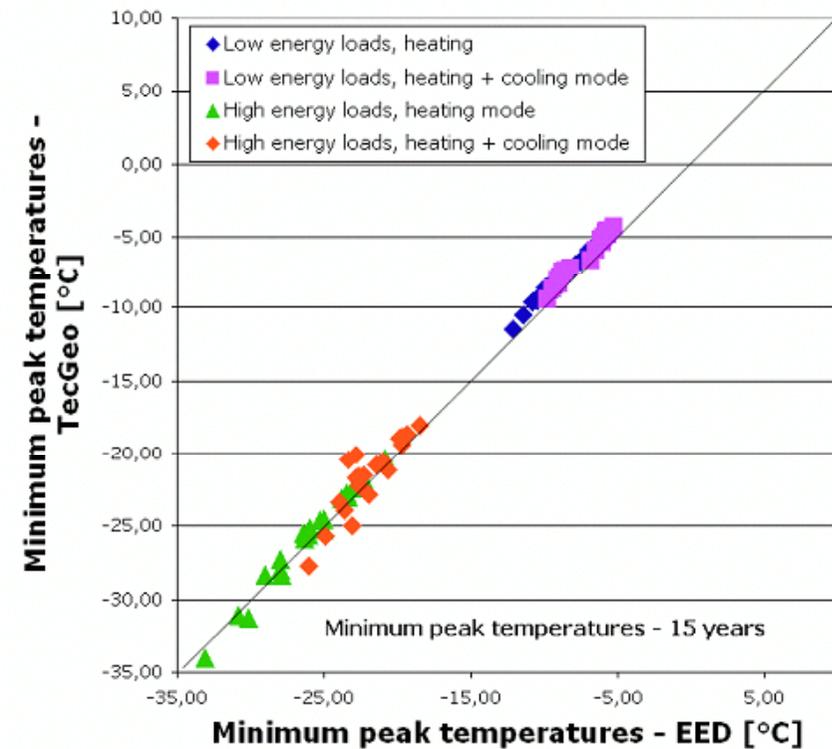
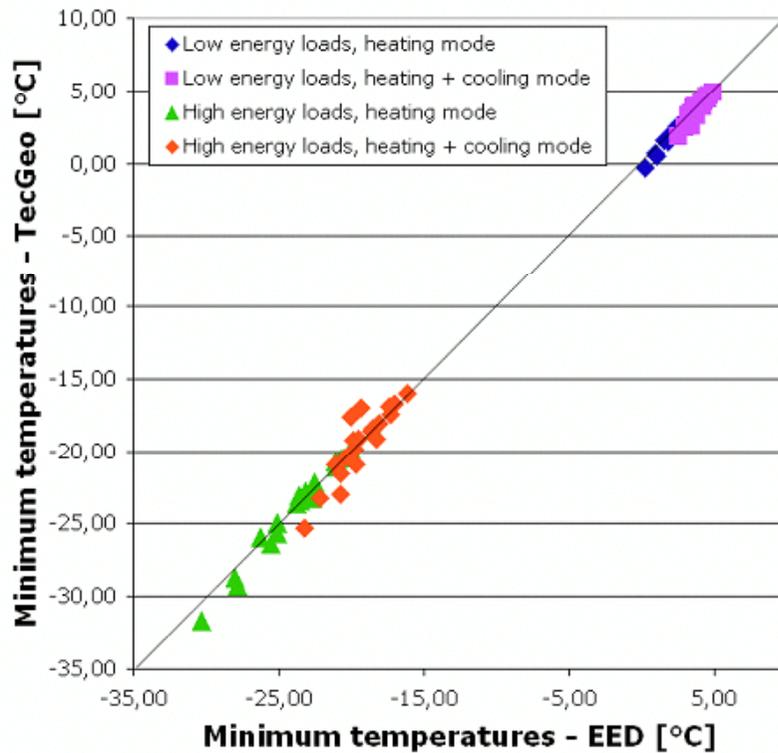
Additional parameters include: Lunghezza della sonda (H) = 100.0 [m], Distanza sonde lungo x = 0.0 [m], Distanza sonde lungo y = 0.0 [m], Diametro di perforazione (Db) = 0.100 [m], Diametro esterno della tubazione (Dpe) = 0.024 [m], Diametro interno della tubazione (Dpi) = 0.020 [m], Interasse tra le tubazioni (spac) = 0.050 [m], and Conducibilità termica del riempimento = 2.00 [W/mK].





# Validazione del codice TecGeo con il codice di riferimento europeo EED

Il **codice EED** (Hellström e Sanner 2001) è stato scelto come riferimento per confrontare i risultati ottenuti con il codice TecGeo





## La ricerca su GCHP al DIME: Impianto pilota dell'ospedale S.Martino di Genova

L'impianto geotermico sperimentale  
è stato installato all'interno  
dell'ospedale San Martino di Genova  
al servizio dei locali destinati  
all'asilo nido aziendale della  
struttura.

Caratteristiche:

2 scambiatori verticali BHE,  
90 m profondità, double U pipe  
10 KW (in riscaldamento)

Prestazioni misurate (2006-2008)

COP=4.2 nel mese di gennaio





# CONCLUSIONI

La **geotermia** ha rappresentato e rappresenta in Italia una **fonte energetica di primaria importanza**, il cui sviluppo deve essere perseguito con conoscenze tecniche e quadri normativi adeguati.

Le **opportunità** che esistono per gli sviluppi futuri nel nostro Paese riguardano sia la produzione di **energia elettrica**, sia gli **usi diretti** a media temperatura, sia l'utilizzo di **POMPE di CALORE** geotermiche (GCHP).

Le **GCHP (a circuito aperto o chiuso)** rappresentano solitamente la soluzione impiantistica per la climatizzazione degli edifici **energeticamente più efficiente**.

Sono necessari **incentivi** e **specifiche competenze** per un corretto dimensionamento affinché queste tecnologie rappresentino anche una **soluzione economicamente vantaggiosa**; la loro larga diffusione costituirebbe inoltre un'opportunità per la riduzione delle emissioni serra complessive e per la crescita tecnologica del sistema paese.





Università degli Studi di Genova

***GRAZIE dell'ATTENZIONE!***



Green City Energy, Genova 10-11 novembre 2011





Università degli Studi di Genova



Centro di Formazione  
Permanente  
**PerForm**  
Università  
degli Studi  
di Genova



Provincia di Genova

Con il Patrocinio di:



Corso di formazione in:

# PROGETTAZIONE DI SISTEMI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA PER APPLICAZIONI A POMPA DI CALORE

[www.ditec.unige.it/corso\\_pdcgeo](http://www.ditec.unige.it/corso_pdcgeo)



Convegno Green Port, Genova 10 novembre  
2011

