



Studio 3F engineering
f.minchio@3f-engineering.it
349-0713843

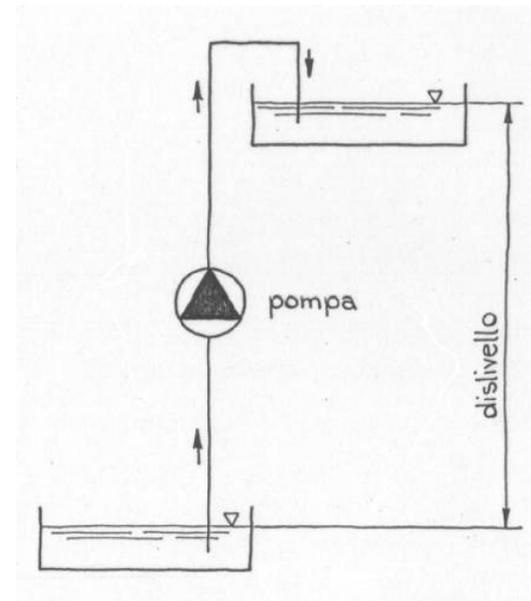
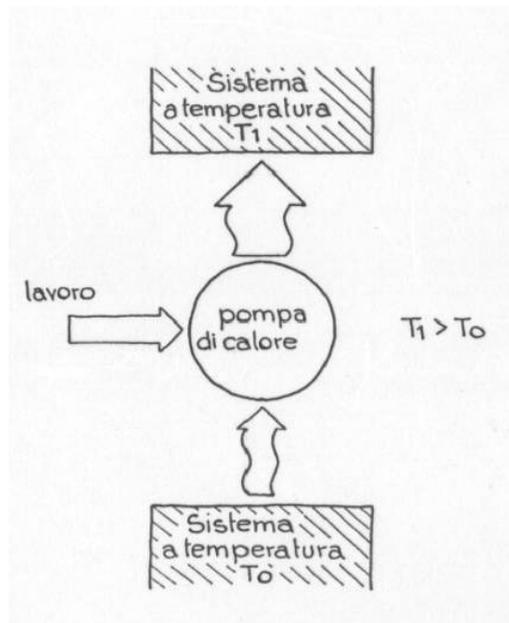
Pompe di calore geotermiche

ing. Fabio Minchio
Ph.D. in energetica

Sassari, 24 settembre 2009

Pompe di calore

Macchine termiche che permettono di innalzare il livello di temperatura dell'energia disponibile a più basso livello termico



Pompe di calore: energia rinnovabile

- La Direttiva 2009/28/CE ha stabilito che le pompe di calore accoppiate a sorgenti termiche naturali (aria, terreno, acqua di falda, acqua superficiale) sono sistemi alimentati da fonti rinnovabili, per la quota parte di energia che viene scambiata con la sorgente stessa

$$E_{RES} = Q_{usable} \times (1 - 1/SPF)$$

SPF = Seasonal Performance Factor

Pompe di calore

- L'impiego ottimale delle pompe di calore si ottiene riducendo il più possibile la differenza fra il livello termico all'utilizzazione (lato impianto) e lato sorgente
 - scelta di impianti a bassa temperatura
 - scelta di sorgenti alla temperatura più elevata fra quelle disponibili
- **L'aria esterna** è senza dubbio la sorgente termica più utilizzata per l'agevole disponibilità e per la grande diffusione dei sistemi split di piccola taglia.
- La disponibilità è **l'unico vantaggio** dal momento che i livelli di temperatura sono in discordanza di fase con le necessità ed inoltre risulta oneroso e rumoroso movimentare l'aria.

Sorgenti Alternative all'aria

Le principali sorgenti alternative all'aria sono:

- Acque (superficiali e sotterranee)
- Terreno
- Recupero termico
- Energia atmosferica (ad esempio il solare termico)

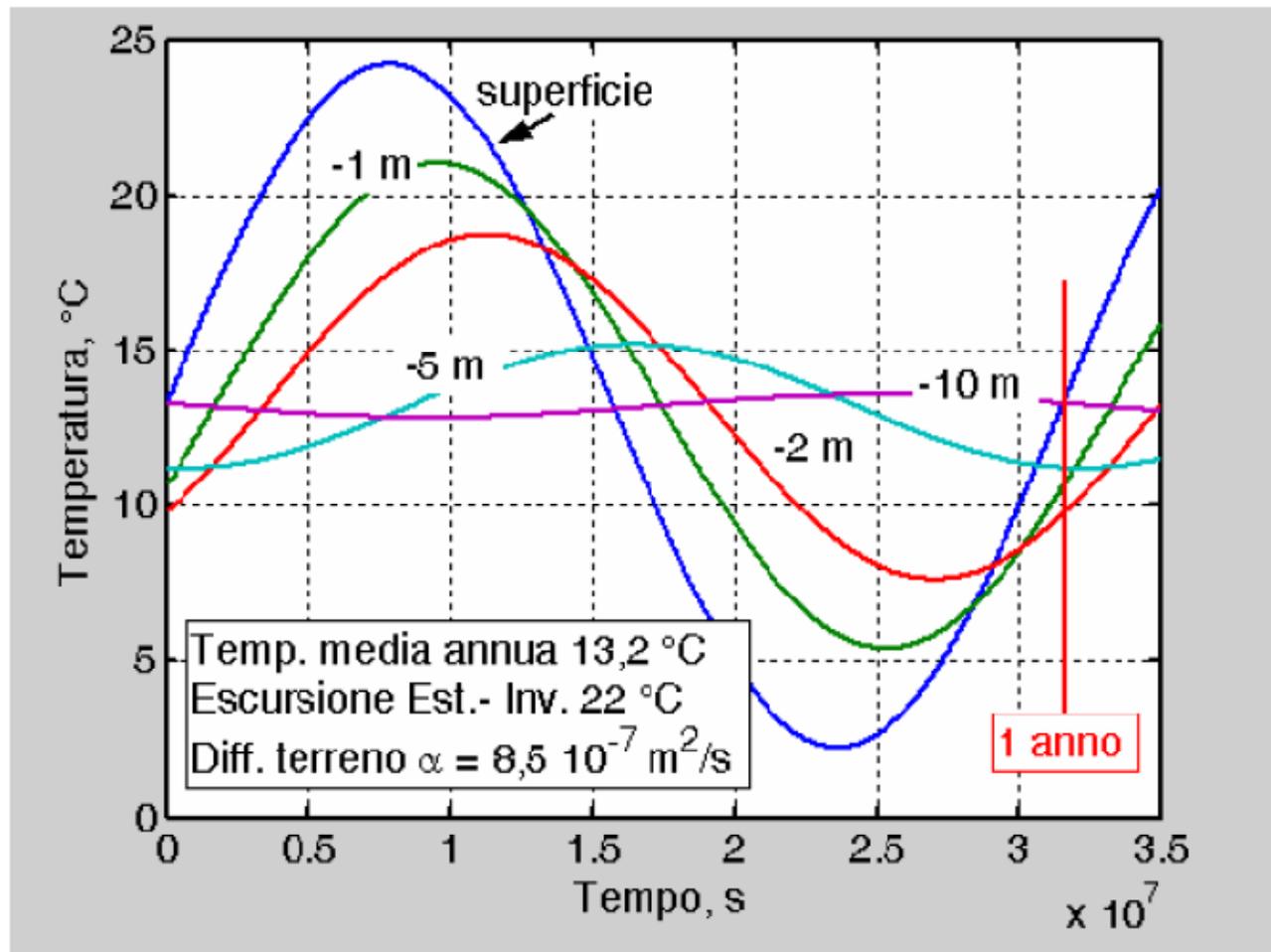
Terreno come sorgente termica

Il terreno rappresenta senza dubbio una sorgente termica ideale poiché ad una profondità di circa 10 m le oscillazioni stagionali di temperatura si smorzano e il valore della temperatura stessa si assesta circa ad un valore pari alla media annuale delle temperature dell'aria esterna (a Milano circa 13 °C).

E' necessario accoppiare la macchina con un sistema di scambio termico a circuito chiuso (scambiatori a terreno). Altre soluzioni utilizzano acque sotterranee e superficiali, di norma con circuito aperto.

Il sistema nel suo complesso è noto come GHP (*Geothermal Heat Pump*)

Terreno come sorgente termica



GHP: diffusione nel mondo

- La tecnologia delle GHP (in seguito GHP, Geothermal Heat Pumps) è nata in Svizzera con un brevetto depositato nel 1912.
- La comparsa sul mercato risale al dopo guerra, con i primi grandi impianti installati a partire dal 1948 e con una crescita di interesse nei primi anni collegata alla corrispondente crescita della pompa di calore.
- Il mercato delle GHPs nel mondo è cresciuto con un tasso del 10% annuo (Lund, 2001) negli ultimi dieci anni, con uno sviluppo in gran parte concentrato fra Stati Uniti, Canada, Europa Centrale e penisola scandinava.

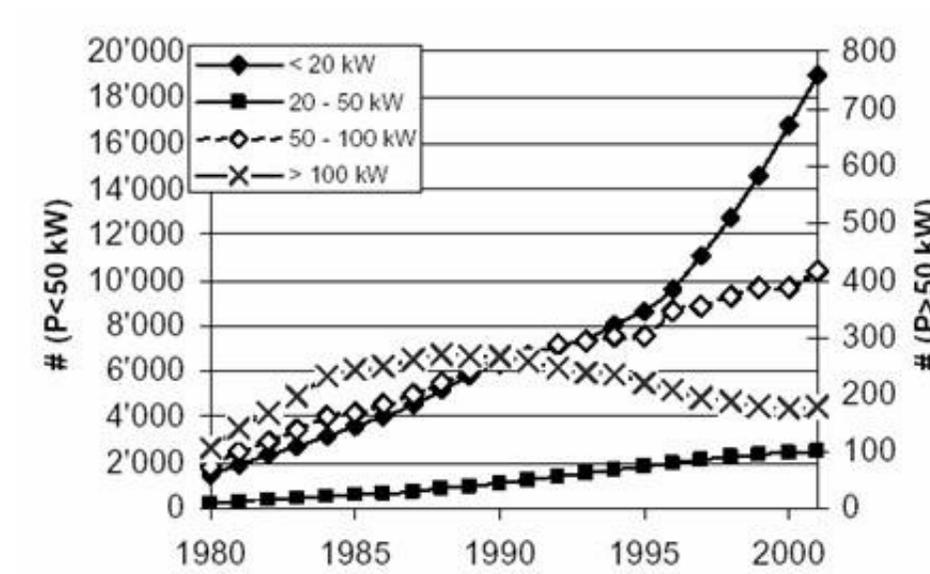
GHP: diffusione nel mondo

- Di gran lunga il maggior numero di installazioni c'è negli USA , mentre il paese leader per densità di impianti nel territorio è la Svizzera (1 installazione ogni 2 km²).
- Se si considerano solo i paesi dell'area UE, è invece la Svezia a primeggiare, ma anche Germania ed Austria contano un numero significativo di impianti.
- La stessa Svezia è il Paese leader mondiale per capacità installata per abitante
- In grande espansione anche le installazioni in Cina.

Table 4. Worldwide ranking results (in order) of geothermal heat pump utilization in 2005, compiled and evaluated from Table 3.

Capacity installed (MW _e)	Energy use (TJ/yr)	Capacity per area (MWt/km ²)	Capacity per capita (Wt/capita)	Energy per area (TJ/yr per km ²)	Energy per capita (GJ/yr per capita)	Units per area (12 kW equivalent units per km ²)
1. USA	1. Sweden	1. Switzerland	1. Sweden	1. Denmark	1. Sweden	1. Switzerland
2. Sweden	2. USA	2. Sweden	2. Norway	2. Sweden	2. Denmark	2. Sweden
3. China	3. China	3. Denmark	3. Switzerland	3. Switzerland	3. Norway	3. Denmark
4. Switzerland	4. Denmark	4. Netherlands	4. Denmark	4. Austria	4. Netherlands	4. Netherlands
5. Norway	5. Norway	5. Austria	5. Finland	5. Netherlands	5. Switzerland	5. Austria

Classifiche relative ad installazioni GHP nel mondo



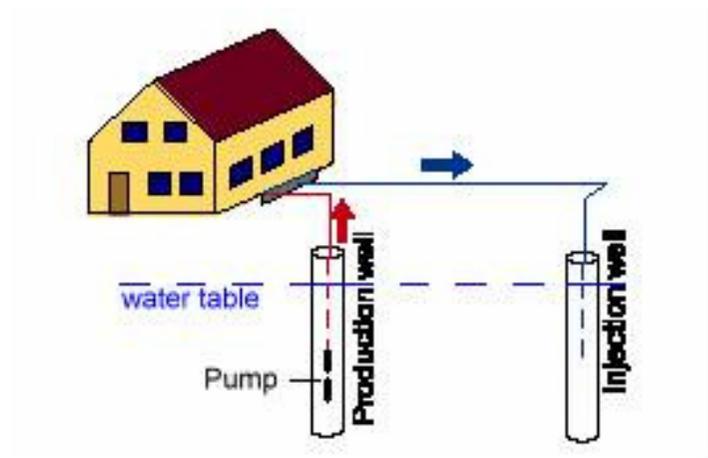
Mercato Svizzero dal 1980 al 2005

GHP: diffusione nel mondo

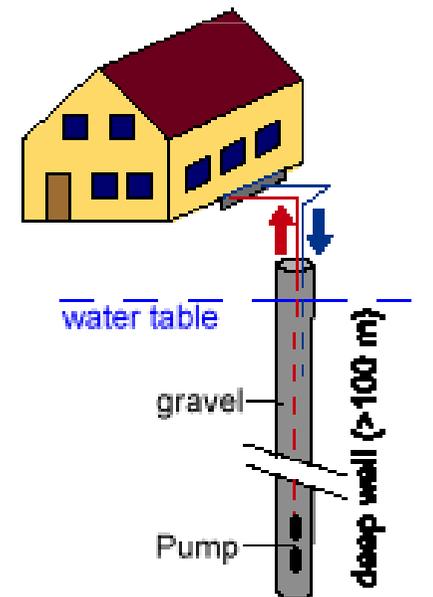
- Sistemi con sorgente acqua o terreno:
 - Sistemi *open-loop*, a ciclo aperto
 - Sistemi ad acqua superficiale
 - Sistemi ad acqua di falda
 - Sistemi *closed loop*, a ciclo chiuso
 - Sistemi a terreno con scambiatori orizzontali
 - Sistemi a terreno con scambiatori verticali
 - Altre tipologie di scambiatori
 - Sistemi ad espansione diretta
 - Geostrutture e pali energetici

Sistemi a circuito aperto

Sistema a due pozzi o “doublette”



Sistema a *standing column*



Sistemi verticali

Si tratta di scambiatori installati all'interno di perfori della profondità di 50-100 m, con installazioni che possono raggiungere anche i 200 m.

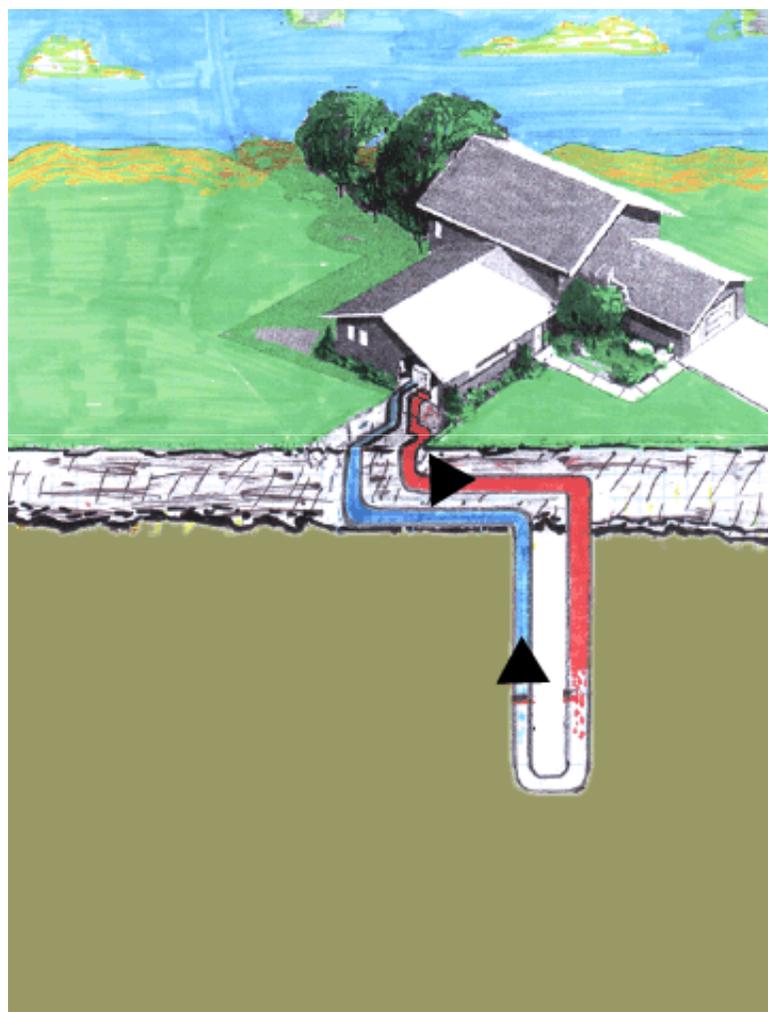
La profondità consente di sfruttare al meglio le temperature più elevate disponibili (gradiente geotermico circa 3 °C ogni 100 m) e rende lo scambio indipendente dalla temperatura dell'aria esterna.

Esistono più configurazioni di scambiatori verticali:

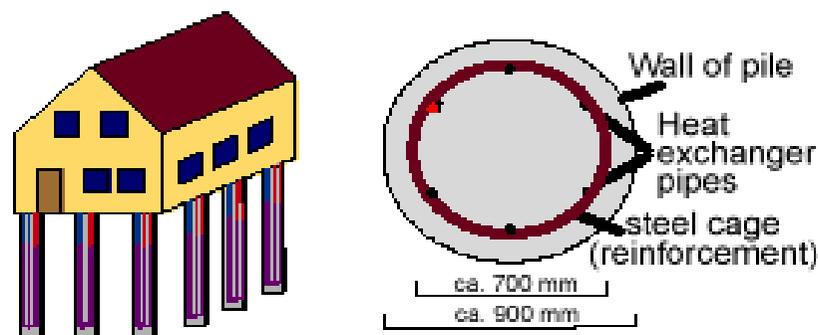
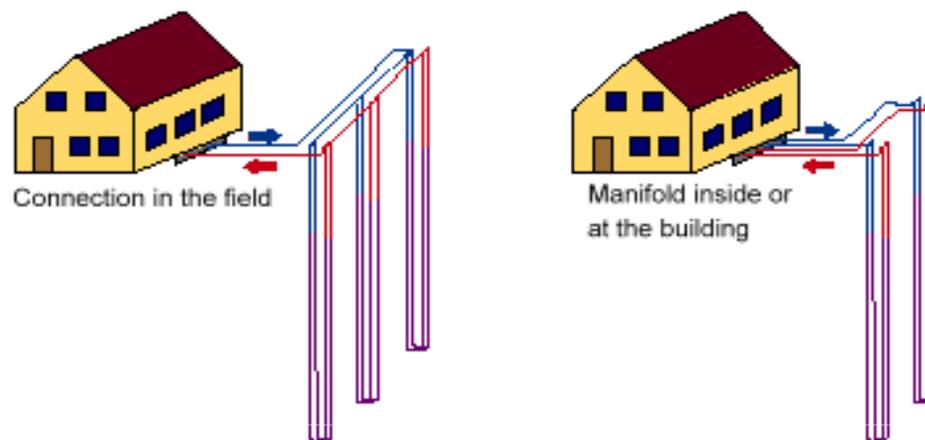
- Sistemi ad U (singola o doppia);
- Sistemi coassiali (semplici o complessi)

La tipologia in assoluto più diffusa e attualmente standard di mercato in Europa è il sistema a doppia-U.

Sistemi verticali



Sistemi verticali



Sistemi orizzontali

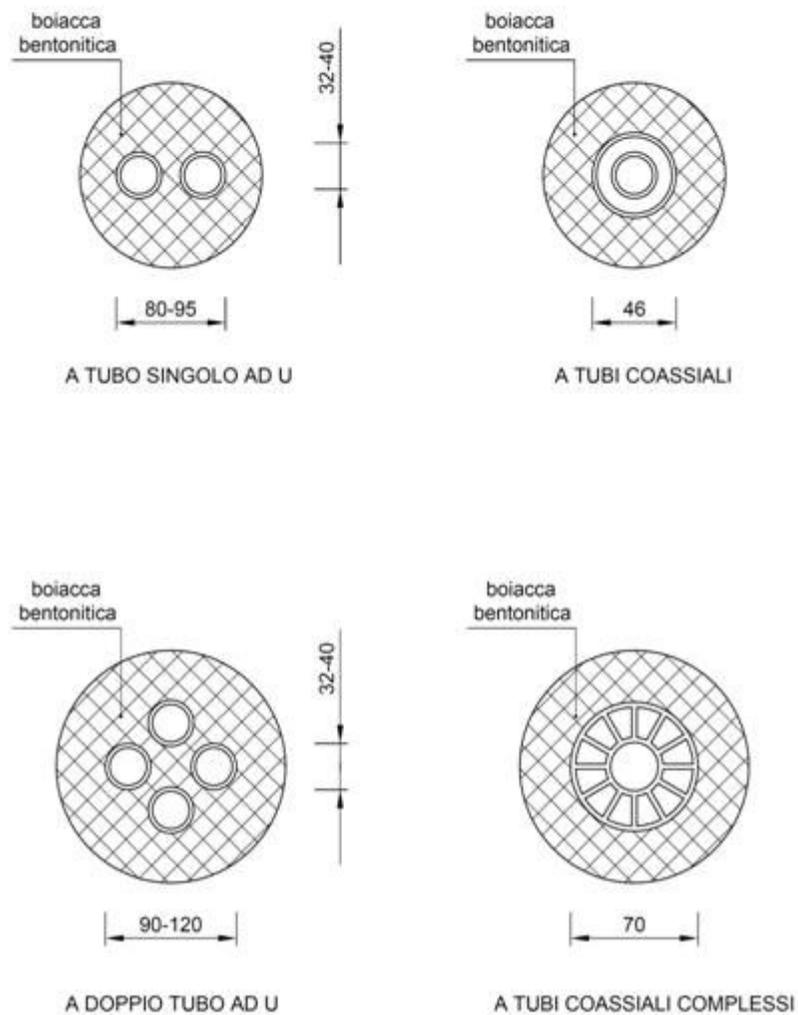
I sistemi orizzontali inizialmente venivano realizzati attraverso lo sbancamento del terreno su cui poi venivano distesi le tubazioni in materiale plastico.

Lo sbancamento risulta comunque costoso poiché comporta la movimentazione di notevoli quantità di terreno.

Allo scopo di ridurre i costi risulta indubbiamente preferibile anziché provvedere allo sbancamento, realizzare una trincea nella quale collocare gli scambiatori.

In Nord America, dove trovano maggior diffusione queste soluzioni, ormai anche il dimensionamento è effettuato per metro di trincea.

Sistemi verticali



Sistemi orizzontali



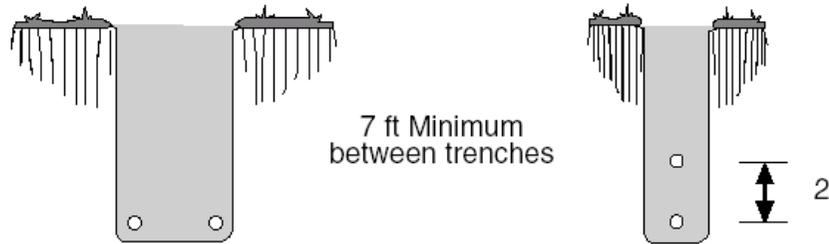
trincea



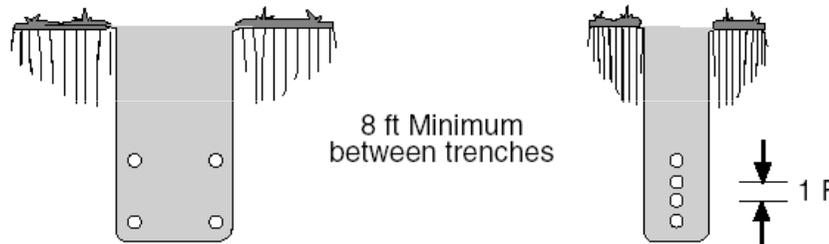
sbancamento

Sistemi orizzontali

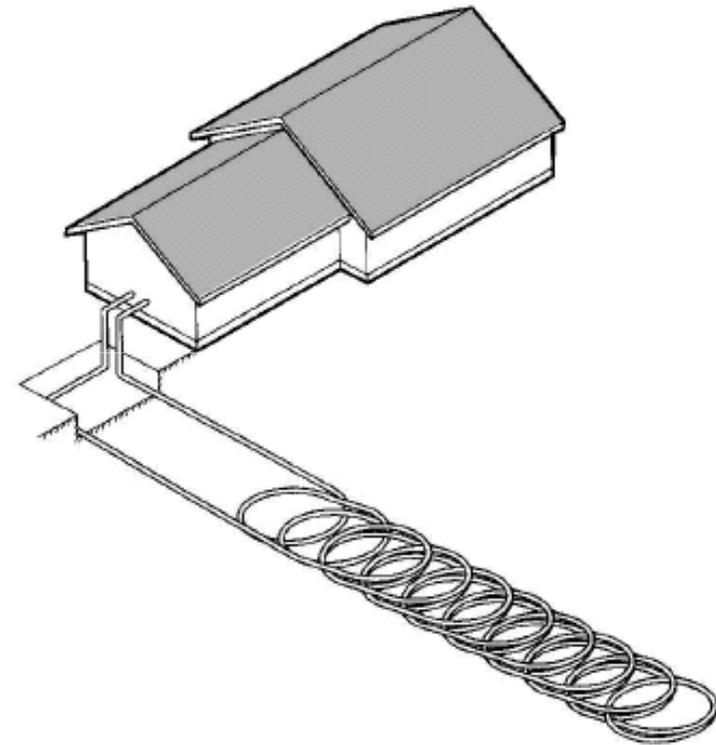
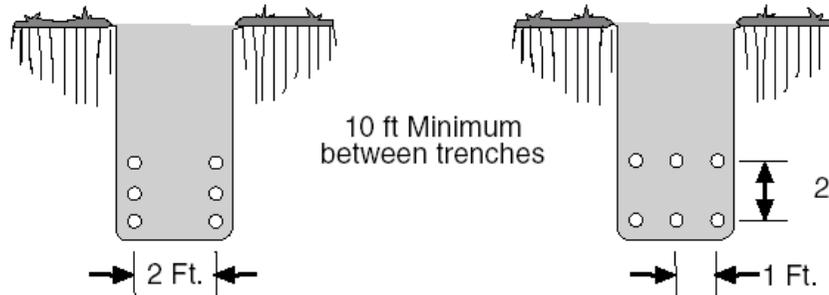
1 or 2 Circuits: 3/4" or 1-1/4" IPS PE



2 or 4 Circuits: 3/4" IPS PE

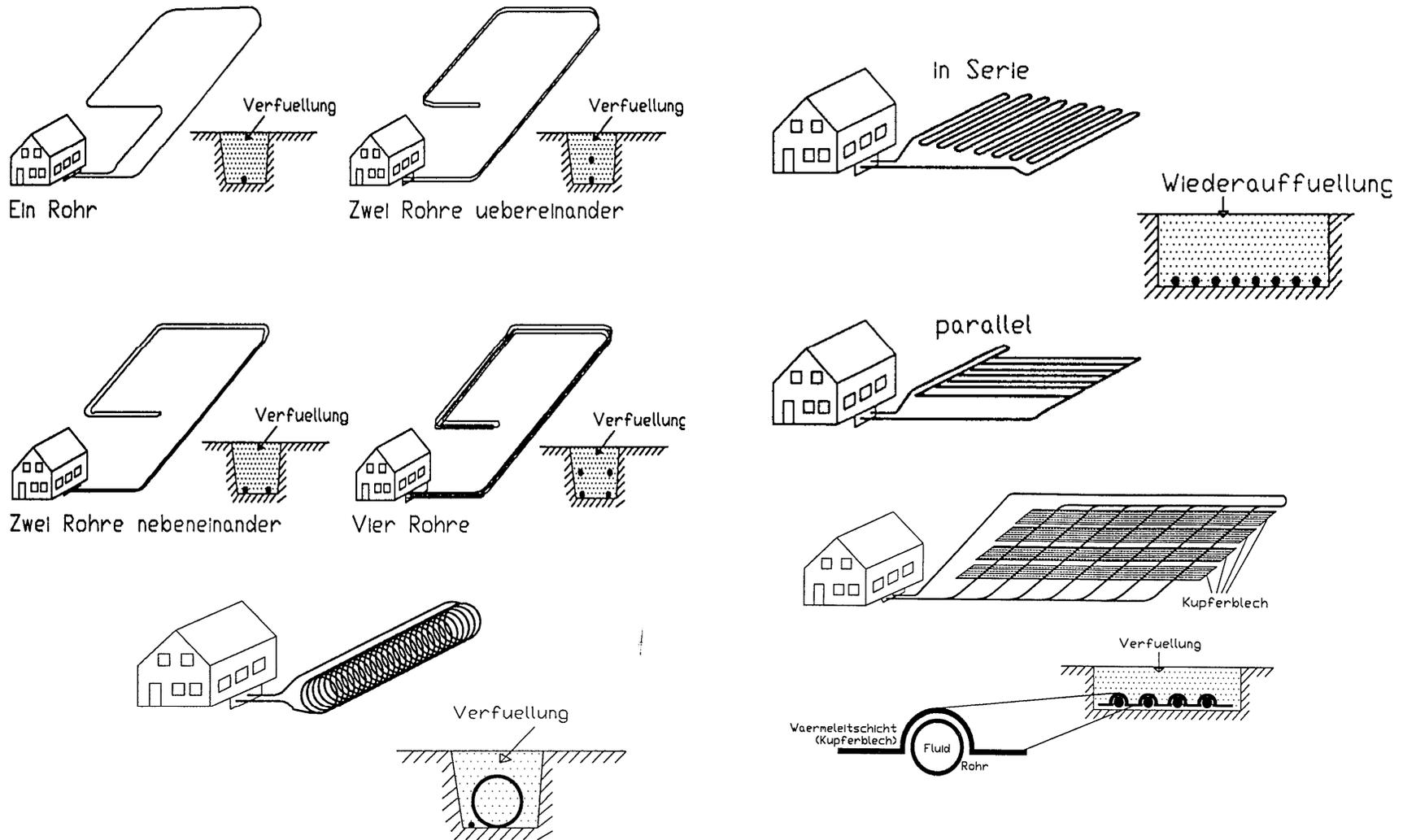


3 or 6 Circuits: 3/4" IPS PE

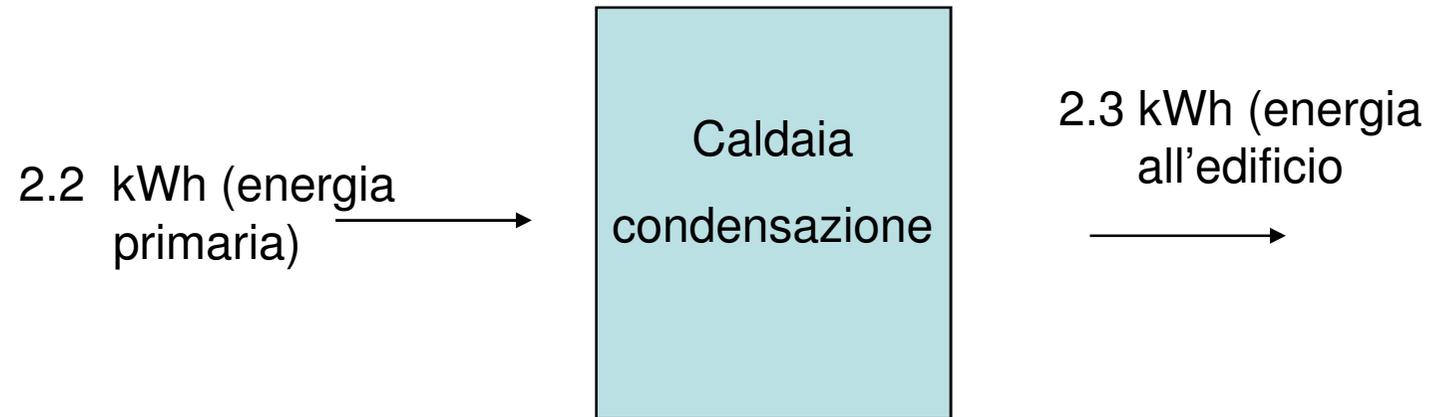


Horizontal Earth Loop—Slinky Style

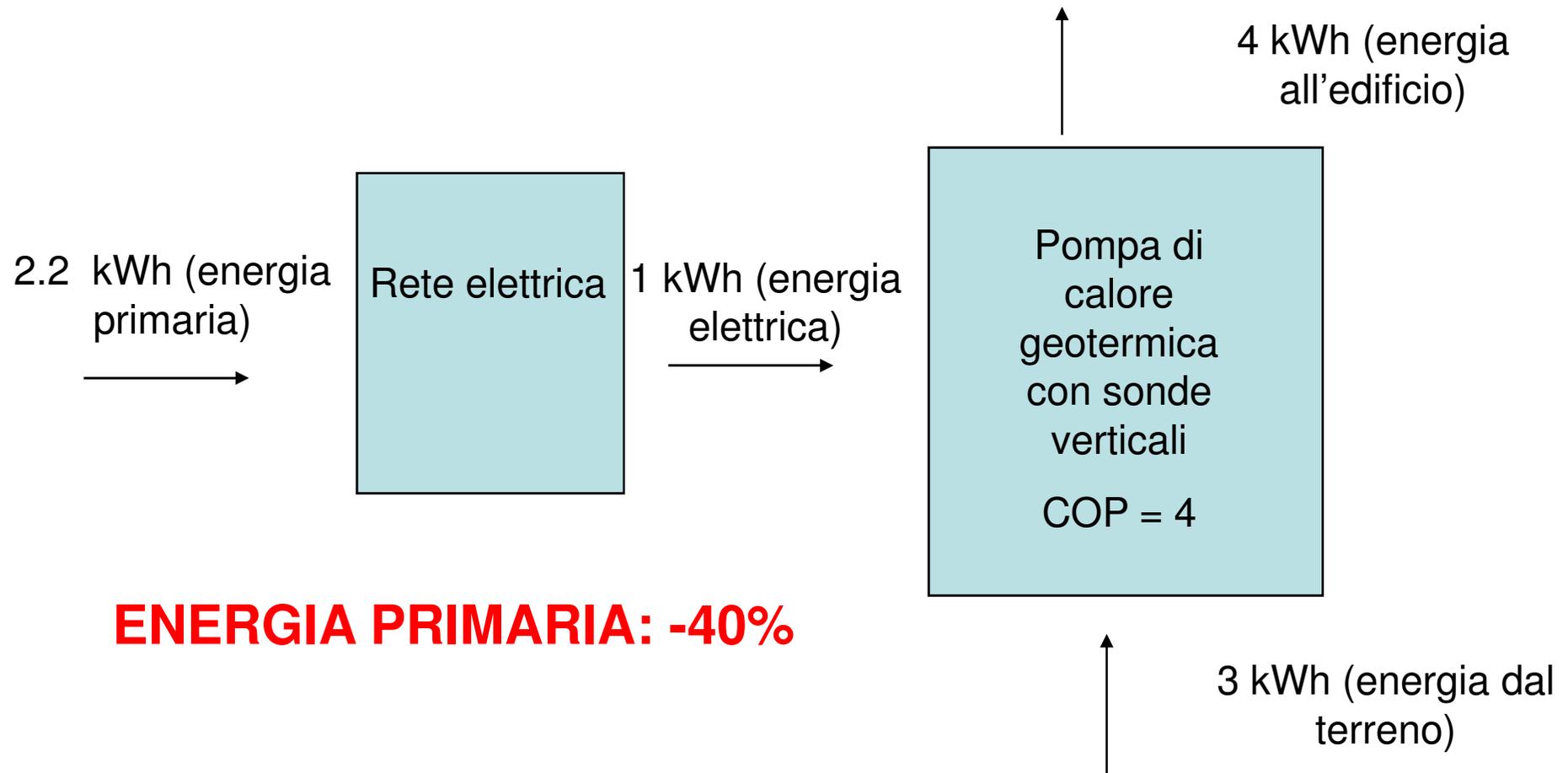
Sistemi orizzontali



Risparmio energetico



Risparmio energetico



ENERGIA PRIMARIA: -40%

IL SISTEMA PIU' EFFICIENTE IN ASSOLUTO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA PER LA CLIMATIZZAZIONE

Risparmio economico

Il risparmio di energia primaria si traduce in termini economici in un risparmio del 30-35%.

Purtroppo, in particolare per i sistemi verticali, i costi di realizzazione sono elevati

Il payback è superiore ai 10 anni per un'installazione domestica in zone metanizzate.

Nelle zone metanizzate la situazione è molto favorevole.

Migliori economie di scala consentono invece payback più appetibili per installazioni di dimensioni superiori

Conclusioni

- I sistemi geotermici per la climatizzazione rappresentano oggi la soluzione più efficiente in assoluto disponibile
- Il futuro della climatizzazione passa attraverso la pompa di calore: più aumenta il rendimento del sistema elettrico nazionale, più è conveniente usare il nostro gas per generare energia elettrica e climatizzare con le pompe di calore, anziché impiegarlo direttamente nei nostri edifici in un sistema a combustione
- Accoppiando con fotovoltaico o eolico posso realizzare un edificio in grado di autoprodurre tutta l'energia necessaria per la climatizzazione (attraverso lo scambio sul posto)

Perché il mercato italiano non parte?

- Struttura tariffaria energia elettrica
- Effetto psicologico
- Barriere di mercato e metanizzazione spinta (grandi interessi in gioco) e in ogni caso la caldaia a condensazione a gas
- Aspetti economici