

## > Introduzione

La risorsa geotermica è dovuta alla distribuzione delle temperature e del calore sotto la superficie terrestre.

L'origine di questo calore è in relazione con la natura interna del nostro pianeta e con i processi fisici che in esso hanno luogo.

I valori di temperatura nel sottosuolo sono manifestazione principalmente della conduzione del calore attraverso le rocce, della convezione dei fluidi circolanti o dei movimenti di materiale magmatico in condizioni intratelluriche.

La Geotermia è quella parte di geofisica che studia il calore terrestre; è rivolta alla ricerca ed allo sfruttamento dei "campi geotermici terrestri".

L'Energia prodotta dall'utilizzo del calore terrestre è definibile come ENERGIA GEOTERMICA e fa parte delle fonti energetiche alternative disponibili in natura, come l'energia solare o eolica.

E' una risorsa diffusa praticamente inesauribile (se sfruttata correttamente), costantemente disponibile nel tempo, rinnovabile e a bassissimo impatto ambientale. possibilità di sfruttamento praticamente indefinita.

La durata del calore terrestre, infatti, è illimitata rispetto alla scala temporale umana, e quindi l'energia geotermica è da considerarsi, a tutti gli effetti, una risorsa energetica rinnovabile disponibile a lungo per le generazioni future.



## > Tipologia della risorsa energetica

Il termine "geotermia deriva" dal greco (*geos* = terra; *thermos* = calore), il calore interno della terra è chiamato Energia Geotermica, mentre la Geotermia in senso stretto è la parte della Geofisica che studia il calore terrestre.

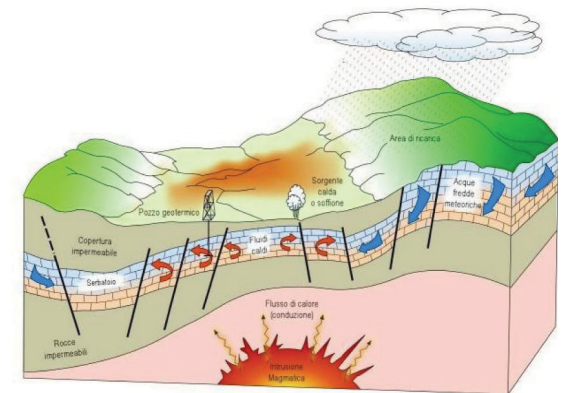
Il calore terrestre si dissipa con regolarità verso la superficie della terra; la sua esistenza è percepibile dall'aumento progressivo della temperatura delle rocce con la profondità.

Nella maggior parte delle aree terrestri, le rocce hanno una temperatura di circa 25-30 °C a 500 m di profondità, e di 35-45°C a 1000 m.

In altre zone, dove le condizioni geologiche sono più "favorevoli" (crosta terrestre più sottile, vulcanismo e/o fratture tettoniche), le temperature possono raggiungere e superare i 200°C.

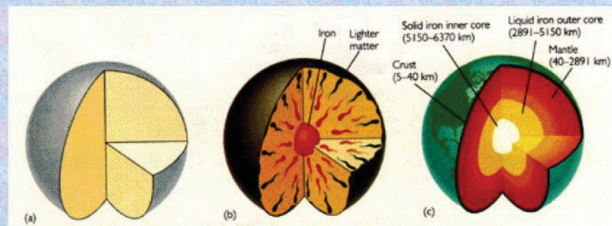
L'energia termica accumulata in queste zone viene resa disponibile a profondità accessibili da vettori termici presenti nella crosta terrestre e denominati fluidi geotermici.

I fluidi geotermici sono essenzialmente composti da acqua meteorica che penetra nel sottosuolo e si riscalda a contatto con le rocce calde. Si formano così degli acquiferi anche a temperature molto elevate (oltre 300°C). Generalmente tali acquiferi, oltre all'acqua in fase liquida, possono contenere acqua in fase vapore ad elevato contenuto energetico.



Gli acquiferi sono ospitati in rocce permeabili, formando così dei serbatoi geotermici. I fluidi contenuti in un serbatoio geotermico possono talvolta raggiungere spontaneamente la superficie dando luogo a manifestazioni geotermiche naturali, quali geysir, fumarole, sorgenti calde etc...

## Flusso di calore terrestre



Flusso di calore attuale: 20% dovuto al raffreddamento iniziale ed 80% dovuto al calore radiogenico

Se i fluidi caldi rimangono entro il serbatoio per effetto, ad esempio, di una copertura di terreni impermeabili, si possono avere concentrazioni di energia termica di interesse industriale ai fini di produzione di energia o riscaldamento.

La gestione oculata di una riserva geotermica, utilizzando l'Energia presente in profondità o prelevando i fluidi caldi e re-iniettandoli, raffreddati, dopo il loro utilizzo, permette una possibilità di sfruttamento praticamente indefinita.

L'interesse per lo sfruttamento del calore è legato all'enorme quantità di energia disponibile. E' stato calcolato, infatti, che il flusso geotermico corrisponde ad una potenza complessiva di  $3 \times 10^{10}$  kW e che, solo l'energia contenuta nei primi 2-3 km di crosta terrestre, sia circa 2000 volte superiore a quella ottenibile da tutti i giacimenti di combustibili fossili.

Parte di quest'energia non è utilizzabile in quanto si manifesta, in superficie, in forma estremamente violenta (come ad esempio le eruzioni vulcaniche).

L'energia geotermica rappresenta una delle fonti energetiche alternative più promettenti, (in sostituzione dell'energia termica prodotta nelle centrali combustibili fossili o altri sistemi), sia perché è praticamente inesauribile, sia per il quasi inesistente tenore d'inquinamento, infine per la sua economicità.

La sorgente di calore, una volta individuata, è gratuita e le moderne tecnologie di perforazione consentono di raggiungere concentrazioni di vapore surriscaldato a profondità superiori ai 4000 m.

Ovunque, il sottosuolo riceve la corrente di calore terrestre che risale in superficie.

Oltre alcuni metri sotto la superficie, la temperatura della roccia non dipende più né dalle stagioni né dal clima, ma solamente dalle condizioni geologiche e geo-termiche.

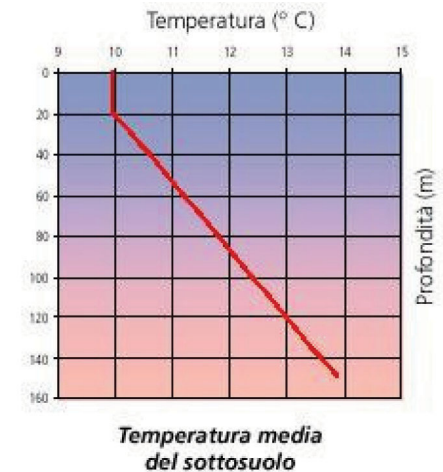
Il calore solare interessa lo strato più superficiale del terreno, (l'eterotermia giornaliera ed annuale è in grado di modificare la temperatura del terreno fino a 15-20 metri di profondità).

Al di sotto di 15-20 metri si ha la zona di omotermia, in cui il calore è fornito esclusivamente dal flusso proveniente dall'interno della terra con un aumento medio progressivo di 1°C ogni 33 metri di profondità.

Esistono casi in cui il gradiente geotermico è maggiore (zona di anomalia termica) nei quali la fonte di calore è raggiungibile mediante perforazioni.

Tuttavia, il calore contenuto nelle rocce è troppo "diffuso" per essere estratto direttamente in modo economico; è necessario avere a disposizione un fluido, solitamente acqua, per trasportare il calore in superficie.

Questo fluido può essere presente naturalmente nel sottosuolo (se le rocce o i terreni sono permeabili): si tratta delle falde d'acqua sotterranee, numerose a basse profondità, che possono anche raggiungere 2000 m.



Durante il percorso di risalita verso la superficie le acque possono subire un raffreddamento in funzione della lunghezza del percorso, della velocità del flusso e della conducibilità termica delle rocce con cui vengono a contatto: le faglie e le fratture permettono una risalita assai veloce delle acque dal sottosuolo, trascinate anche dalla rapida espansione dei gas in esse disciolti.

La temperatura di un'acqua calda può essere messa in relazione con la profondità di provenienza dalla formula di Desio (modificata):

$$P = P_e + (T - T_a) G$$

Dove:

**P** = profondità di provenienza dell'acqua

**P<sub>e</sub>** = spessore della zona di eterotermia annuale (in m)

**T** = temperatura media dell'acqua termale (in °C)

**T<sub>a</sub>** = temperatura media dell'acqua d'infiltrazione (in °C) pari a quella media dell'aria diminuita di 2-3° C.

**G** = gradiente geotermico (in m/°C)

Il valore P che si ottiene è chiamato profondità teorica minima: la formula, infatti, non tiene conto del raffreddamento che l'acqua subisce nell'ascesa e dell'eventuale mescolamento con acque fredde appartenenti alle falde più superficiali.

## **Origini dell'energia geotermica**

L'impiego delle acque termali non è una scoperta recente ma il suo utilizzo risale all'antichità.

In effetti, rovine come pozzi e resti di bagni pubblici, databili a circa 3000 anni a.C., sono stati ritrovati in prossimità di fonti calde in Italia, in Grecia ed in Francia.

In seguito, la civilizzazione romana ha fatto un uso sistematico delle acque termali e minerali per diversi scopi.

Molte città furono fondate su luoghi con fonti termali e ancora oggi, il nome di queste città dimostra la loro origine: Aachen (D), Aix-en-Provence (F), Bath (UK) o Baden (Svizzera) per esempio.

Alcuni luoghi archeologici romani hanno dimostrato che le acque calde non erano unicamente utilizzate per bagni sul posto, ma anche trasportate attraverso delle condotte verso dei bacini e degli edifici equipaggiati con pavimenti riscaldanti.

È a Chaudes-Aigues, villaggio al sud del Massiccio Centrale francese, che è stata installata nel 1332 la prima rete di riscaldamento urbana del mondo. Mediante delle tubazioni in legno veniva distribuita nelle case dell'acqua termale a 82° C.

La generazione di elettricità dal vapore geotermico in Italia è iniziata nel lontano 1913 a Lardarello in Toscana con una potenza installata di 250 kw; i primi esperimenti risalgono tuttavia al 1904.

A partire dal 1950 altri paesi hanno seguito l'esempio italiano, ed al 1998 risultavano installati nel mondo 7868 MW.

Attualmente, nei diversi paesi europei, alcuni centri termali approfittano delle loro risorse geotermiche per coprire una parte dei fabbisogni di riscaldamento degli edifici presenti nella zona.

A seconda delle temperature raggiunte dalle perforazioni (oltre alla presenza di eventuali fluidi conduttori) gli utilizzi possono essere i più disparati: dalla balneoterapia, all'utilizzo in agricoltura (serre) o piscicoltura, al riscaldamento di edifici mediante perforazioni associate a pompe di calore ed alla produzione di energia elettrica (con temperature superiori ai 100°).

Di seguito viene rappresentato un grafico con i range di temperatura per i vari utilizzi dell'energia geotermica.

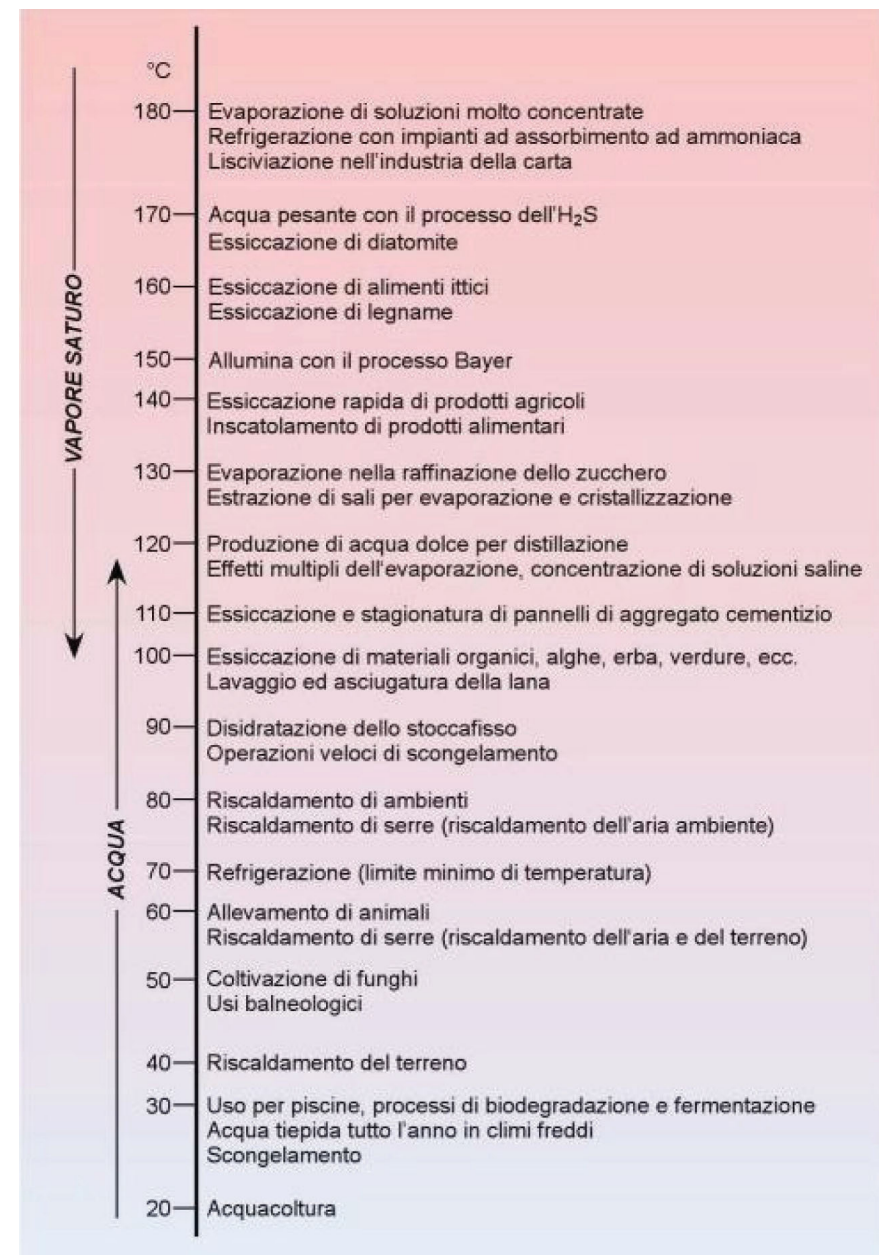
## Utilizzo dell'energia geotermica

Si distinguono diversi generi di geotermia in funzione della temperatura della sorgente e del tipo di utilizzo dell'energia. La produzione di elettricità è la forma di utilizzazione più importante delle risorse geotermiche ad alta temperatura ( $>150^{\circ}\text{C}$ ).

Le risorse a temperatura medio – bassa ( $<150^{\circ}\text{C}$ ) sono adatte a molti tipi di impiego. Il classico diagramma di Lindal, che mostra i possibili usi dei fluidi geotermici alle varie temperature, è sempre attuale e richiede soltanto l'aggiunta della generazione di elettricità con cicli binari sopra  $85^{\circ}\text{C}$ .

Il limite inferiore di  $20^{\circ}\text{C}$  è oltrepassato solo in casi particolari o con l'uso delle pompe di calore. Il diagramma di Lindal mette in evidenza due aspetti importanti dell'utilizzazione delle risorse geotermiche (Gudmundsson, 1988): (a) con progetti a cascata o combinati è possibile estendere lo sfruttamento delle risorse e (b) la temperatura dei fluidi costituisce il principale fattore limitante la possibile utilizzazione.

L'ingegneria degli impianti industriali già esistenti, che utilizzano processi termici, può, in alcuni casi, essere modificata ed adattata ai fluidi geotermici, estendendone le possibili applicazioni.





## > Tecnologie di utilizzo della risorsa

Di seguito sono individuate alcune tra le più diffuse tecnologie per lo sfruttamento del calore terrestre.

Le temperature, i dati disponibili e le condizioni geologiche della Provincia di Verona fanno ritenere maggiormente conveniente le tecnologie che utilizzano l'energia geotermica per la produzione di calore piuttosto che di energia elettrica.

E' stato comunque fatto un cenno al progetto Deep Heat Minino, per la generazione di energia elettrica. Non esistono, attualmente, perforazioni così profonde da escludere a priori la possibilità di applicazione di questa nuova tecnologia nella zona pedemontana veronese che presenta anomalie geotermiche.

### Le Sonde Geotermiche

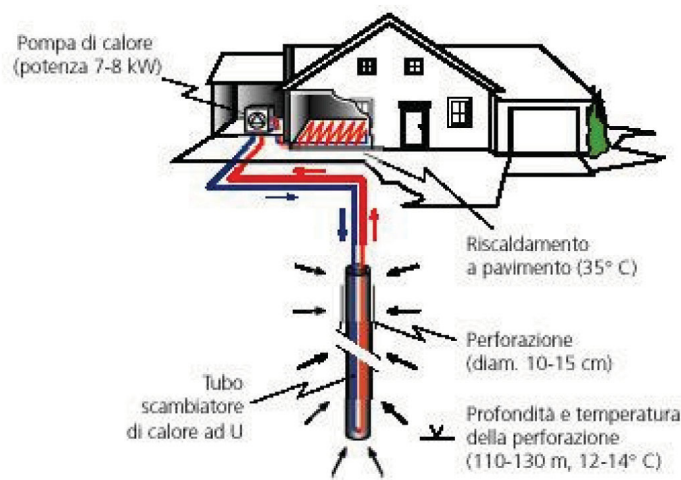
E' un sistema d'utilizzo della risorsa geotermica di scarsa profondità e bassa temperatura (lo sfruttamento della risorsa è conveniente già da 12°C). Si basa sull'evidenza che, già oltre i 20 metri di profondità, la temperatura del sottosuolo è costante e non dipende più dalle escursioni termiche nè giornaliere nè stagionali.

Le sonde geotermiche verticali (SGV) sono degli scambiatori di calore installati in perforazioni, in prossimità dell'edificio da riscaldare, che vanno dai 50 fino ai 400 metri di profondità.

Un fluido è pompato all'interno di un circuito chiuso all'interno di uno o due tubi di polietilene a forma di U; lo spazio vuoto è riempito con una miscela di bentonite e cemento che assicura un buon contatto termico tra i tubi e la parete della perforazione.

Le perforazioni, realizzate in prossimità dell'edificio da scaldare, hanno un diametro di 10-15 cm ed al termine dei lavori, non rimane nulla di visibile in superficie.

Le SGV possono essere installate in quasi tutti i tipi di formazioni rocciose: il numero e la profondità delle perforazioni sono determinati in base al volume dei locali da scaldare ed al tipo di terreno.



**Riscaldamento di un'abitazione familiare con una sonda geotermica accoppiata ad una pompa di calore**

Il fluido circolante nelle condotte recupera il calore dal terreno e fornisce l'energia geotermica (70 % dell'energia totale - con una temperatura stimata di 12° nel sottosuolo) ad una pompa di calore (PAC), dimensionata secondo la potenza di riscaldamento necessaria che permette di innalzare la temperatura a circa 35°.

Le SGV sono usate per fornire riscaldamento a ville familiari, immobili o piccoli quartieri residenziali.

Il riscaldamento è fornito alle abitazioni attraverso pavimenti riscaldanti o radiatori a bassa temperatura; l'installazione permette di avere acqua calda sanitaria ad una temperatura di 60°.

Costi e caratteristiche di una sonda geotecnica verticale (SGV) per un'abitazione familiare (dati ottenuti dalla rivista INFO-GEOTERMIA SvizzeraEnergia – anno 2002).

Caratteristiche tecniche della SGV	
Superficie di riferimento energetico	150 –200 mq
Potenza Massima di riscaldamento	8 kW (100%)
Potenza della SGV	5.2 kW (65%)
Potenza della Pompa di Calore	2.8 kW (35%)
Profondità della perforazione	110 –130 m

Costi d'investimento della SGV	Euro
Perforazione e SGV completa	5800 - 6500
Pompa di calore	5800 - 6500
Installazione, materiale, sistema di regolazione del riscaldamento e preparazione dell'acqua sanitaria	3800 - 4500
Totale	15400 - 17500

*I costi sono ottenuti convertendo in euro secondo l'attuale quotazione del Franco svizzero (1 euro = 1 Fr.)*

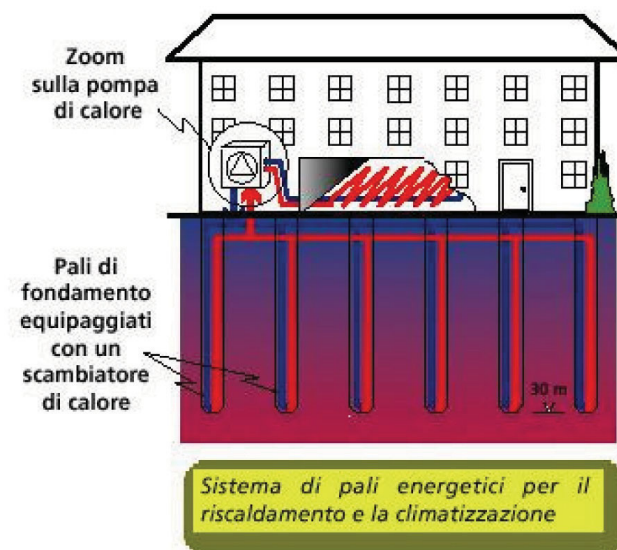
## I Pali energetici

Sono delle geostrutture (principalmente pali) in calcestruzzo o calcestruzzo armato dalla duplice funzione: fungere da fondamenta ed, equipaggiate con scambiatori di calore, fornire calore all'edificio che sostengono.

All'interno dei pali sono installati dei tubi in polietilene ad U (due o più a seconda del diametro del palo da 0.4 a 1.5 m).

Un fluido portatore di calore circola nel circuito chiuso tra i pali e la pompa di calore. I Pali energetici funzionano secondo un ciclo annuale, con un estrazione di calore dal terreno durante la stagione di riscaldamento ed un'estrazione di freddo durante il periodo di climatizzazione.

Questa tecnologia, che prevede la propria integrazione nel progetto di costruzione dell'edificio sin dall'inizio, ha avuto un incremento in Austria, Svizzera e Germania con oltre 350 strutture energetiche la cui potenza installata varia da qualche decina di kW per piccoli immobili , fino a 800 kW per grandi edifici industriali.

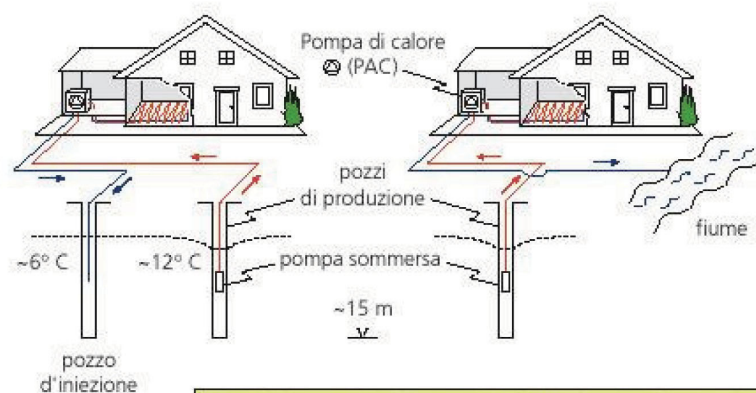


## Sfruttamento diretto della falda freatica

E' forse il metodo più semplice per l'utilizzo di calore per il riscaldamento dei locali. Nel nostro territorio, la temperatura delle acque sotterranee superficiale presenta, al disotto dei 20-30 metri di profondità, delle temperature costanti superiori ai 12° C con picchi in alcune zone di circa 30°. Lo sfruttamento della falda freatica è possibile attraverso pozzi unici o multipli (pozzi di produzione e d'iniezione) e richiede una concessione dal Servizio Regionale Acque.

Dopo aver estratto l'acqua sotterranea attraverso l'emungimento di un pozzo, una pompa di calore trattiene la sua energia e fornisce una temperatura sufficiente per il riscaldamento delle abitazioni.

Una volta raffreddata, l'acqua viene reimpressa in falda mediante un secondo pozzo o, in alternativa, iniettata nella rete comunale d'approvvigionamento idrico. Tale sistema, se per un verso presenta un'evidente semplicità di realizzazione e di utilizzo della risorsa, d'altra parte comporta una serie di problemi relativi al depauperamento della falda (se l'acqua emunta non viene reimpressa) e possibili fenomeni di contaminazione della stessa (se il circuito d'iniezione non è totalmente chiuso).



Riscaldamento di una casa familiare utilizzando il calore della falda freatica (disegno S. Cattin)

## Sfruttamento degli acquiferi profondi e progetto Deep Heat Mining

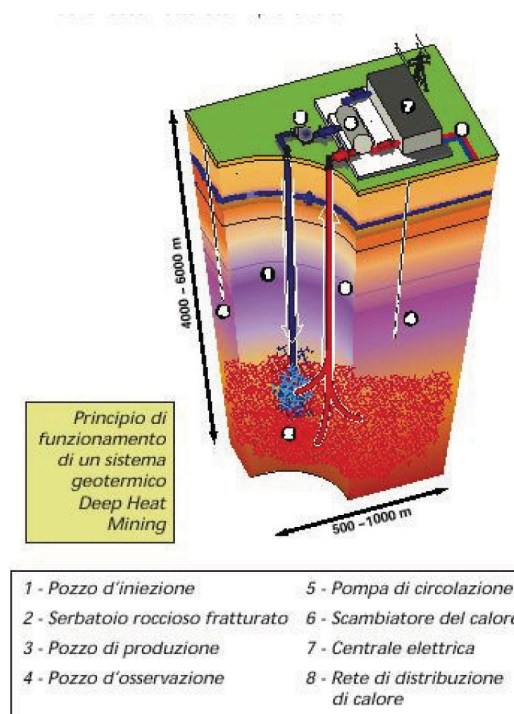
E' un progetto di centrale geotermica per la produzione di elettricità a partire dal calore delle rocce.

Le falde d'acqua sotterranee profonde sono sfruttate con perforazioni da 400 a 2000 m con riscaldamento anche d'interi quartieri. A Ferrara è stata scoperta una risorsa geotermica di circa 100°C alla profondità di 1,1 km. L'acqua pompata emunta alla temperatura di 95°C ad una centrale e, successivamente, tramite una rete di distribuzione di circa 30 km, alla città.

Il contributo della geotermia alla rete è circa il 60% del fabbisogno di calore e permette un risparmio di circa 5000 tonnellate di petrolio all'anno.

Il progetto Deep Heat Mining, promosso dall'Ufficio Federale dell'Energia Svizzero (UFE), è un progetto pilota che prevede, entro il 2009, la costruzione di una centrale geotermica pilota per la produzione di elettricità a partire dal calore delle rocce fratturate in profondità.

Si basa sul principio di creare uno scambiatore di calore in un massiccio di rocce fessurate al fine di farvi circolare dell'acqua per riscaldarla. Per ottenere ciò s'inietta nella perforazione acqua fredda ad alta pressione ad una profondità in cui la temperatura delle rocce raggiunga i 200°C. Sotto l'effetto della pressione, l'acqua s'insinua nelle fessure dell'ammasso roccioso allargandole e creando un serbatoio da cui attingere.



Principio di funzionamento di un sistema geotermico Deep Heat Mining

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 - Pozzo d'iniezione             | 5 - Pompa di circolazione           |
| 2 - Serbatoio roccioso fratturato | 6 - Scambiatore del calore          |
| 3 - Pozzo di produzione           | 7 - Centrale elettrica              |
| 4 - Pozzo d'osservazione          | 8 - Rete di distribuzione di calore |

L'acqua accumulata e riscaldata risale attraverso un pozzo di produzione per arrivare, sotto forma di vapore, ad un circuito chiuso, munito di turbina a vapore accoppiato ad un generatore.

Una volta "raffreddata" l'acqua torna al serbatoio roccioso. E' una tecnologia sperimentale in Europa priva d'emissioni di CO<sub>2</sub>; il primo progetto, in Francia dovrebbe vedere la luce nel 2004.

## **La Geotermia delle gallerie**

Le gallerie che attraversano massicci rocciosi drenano le venute d'acqua che incontrano. Queste acque sotterranee sono evacuate verso l'esterno dei canali mediante gallerie ed, infine riversate verso i corsi d'acqua.

A seconda dello spessore delle rocce sopra il tunnel le acque possono raggiungere e superare i 20°C con un potenziale geotermico (cioè la potenza energetica che ogni galleria potrebbe fornire) che può essere utilizzato, accoppiato a delle pompe di calore per il riscaldamento a distanza di edifici pubblici e privati.

## **> Applicazioni**

Si distinguono diversi generi di geotermia in funzione della temperatura della sorgente e del tipo di utilizzo dell'energia.

In assenza di falde freatiche, esistono altre tecniche per trasportare in un fluido il calore contenuto nelle rocce.

### **Uso diretto del calore per riscaldamento, acquicoltura e fini agricoli**

Se la temperatura della sorgente geotermica è inferiore a 100°C, si sfrutta il suo potere calorifico tramite uno scambiatore che trasmette il calore del fluido geotermico ad un fluido di riscaldamento.

Possono essere prese in considerazione le applicazioni legate al riscaldamento ed alla climatizzazione: abitazioni collettive o individuali, locali industriali e serre agricole, termalismo, balneoterapia, sfruttamento industriale e piscicoltura.

Per le risorse geotermiche di bassa temperatura (10-12°), una pompa di calore (PAC) \*\* è accoppiata all'installazione geotermica.

L'acqua proveniente da una risorsa geotermica può essere utilizzata direttamente per fornire calore ad una rete di riscaldamento a distanza, a piscine di un centro termale, a bacini di una piscicoltura, a serre agricole, o a tutte le altre attività che necessitano calore.

Le principali installazioni geotermiche realizzate fino ad oggi riguardano il riscaldamento (habitat urbani collettivi o individuali, locali industriali e agricoli), la terapia balneare e la piscicoltura.

L'acquacoltura, vale a dire l'allevamento controllato di forme di vita acquatiche, in questi ultimi tempi si è diffuso notevolmente in campo mondiale, a seguito dell'ampliamento del mercato. Il controllo della temperatura di crescita per le specie acquatiche è molto importante. Mantenendo artificialmente la temperatura ottimale,



si possono allevare specie esotiche, aumentare la produzione e anche, in qualche caso, raddoppiare il ciclo riproduttivo. Le specie allevate più comunemente sono carpa, pesce gatto, branzino, tilapia, muggine, anguilla, salmone, storione, gambero, aragosta, gambero d'acqua dolce, granchio, ostrica, e mitilo.

Un'altra forma di acquacoltura è la coltivazione di microalghe ricche di proteine, come la Spirulina, che, nei paesi industrializzati, è venduta ad alto prezzo, come integratore alimentare, tra i prodotti di erboristeria, ma, in paesi del terzo mondo, coltivata in grandi quantità, potrebbe risolvere gravi problemi di carenza alimentare. La temperatura richiesta da molte forme acquatiche è compresa tra 20° e 30°C.

Le dimensioni delle installazioni dipendono dalla temperatura dei fluidi geotermici, dalla temperatura richiesta nelle vasche di allevamento e dalle perdite di calore da queste ultime. Tutto l'intervallo di temperatura dei fluidi geotermici, vapore o acqua, può essere sfruttato in usi industriali. Le diverse possibili forme di utilizzazione comprendono processi a caldo, evaporazione, essiccamento, distillazione, sterilizzazione, lavaggio, decongelamento, ed anche estrazione di idrocarburi.

Gli *usi agricoli* dei fluidi geotermici comprendono l'agricoltura a cielo aperto ed il riscaldamento di serre. L'acqua calda può essere usata nell'agricoltura a cielo aperto per irrigare e/o riscaldare il suolo. Il maggior problema dell'irrigazione con acqua calda sta nel fatto che, per ottenere una variazione utile della temperatura del suolo, è necessaria una quantità talmente grande di acqua, a temperatura sufficientemente bassa da non danneggiare le piante, che il terreno ne può essere allagato. La miglior soluzione sembra quindi quella di combinare il riscaldamento del suolo e l'irrigazione.

La composizione chimica delle acque geotermiche usate per l'irrigazione deve essere sempre controllata attentamente per evitare effetti dannosi sulle piante. Nell'agricoltura a cielo aperto, il controllo della temperatura può consentire: (a) di prevenire i danni derivanti dalle basse temperature ambientali, (b) di estendere la stagione di coltivazione, di aumentare la crescita delle piante ed incrementare la produzione, e (c) di sterilizzare il terreno.

L'utilizzazione più comune dell'energia geotermica in agricoltura è, comunque, il *riscaldamento di serre*, che è stato sviluppato su larga scala in molti paesi. La col-

tivazione di verdure e fiori fuori stagione o in climi non propri può essere realizzata avendo a disposizione una vasta gamma di tecnologie.

Sono disponibili molte soluzioni per avere ottime condizioni di crescita, basate sulla miglior temperatura di sviluppo di ciascuna pianta, e sulla quantità di luce, sulla concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'ambiente della serra, sull'umidità del terreno e dell'aria, e sul movimento dell'aria. Le pareti delle serre possono essere fatte di vetro, fibre di vetro, pannelli di plastica rigida, teli di plastica. Le pareti di vetro, rispetto ai pannelli di plastica, sono più trasparenti e lasciano passare molta più luce, ma danno un minor isolamento termico, sono meno resistenti agli urti e sono più pesanti e costosi. Le serre più semplici sono ricoperte da un unico telo di plastica, ma recentemente sono stati adottati in alcune serre due teli di plastica separati da uno strato d'aria. Quest'ultimo sistema riduce la perdita di calore attraverso le pareti del 30-40%, migliorando notevolmente il rendimento complessivo.

Il riscaldamento delle serre può essere (a) a circolazione forzata d'aria in scambiatori di calore, (b) a circolazione d'acqua calda in tubi posti sopra o nel terreno, o anche in condotte alettate situate lungo le pareti o sotto i pancali, e (c) con una combinazione di questi sistemi. L'uso dell'energia geotermica per il riscaldamento delle serre può ridurre significativamente i costi operativi, che in alcuni casi rappresentano il 35% del costo dei prodotti (verdure, fiori, piante da appartamento, piantine da sviluppo).

## ***Trasformazione del calore in elettricità***

Se la temperatura della risorsa geotermica raggiunge o supera i 150°C, è conveniente convertire l'energia in elettricità.

In effetti, quando un fluido geotermico ad alta temperatura e forte pressione risale in un pozzo, si trova sottoforma di miscela d'acqua e vapore.

L'energia del vapore sottopressione così formato permette la sua conversione in elettricità, per mezzo di una turbina accoppiata ad un generatore. Quest'elettricità è poi fornita alla rete di distribuzione esistente.

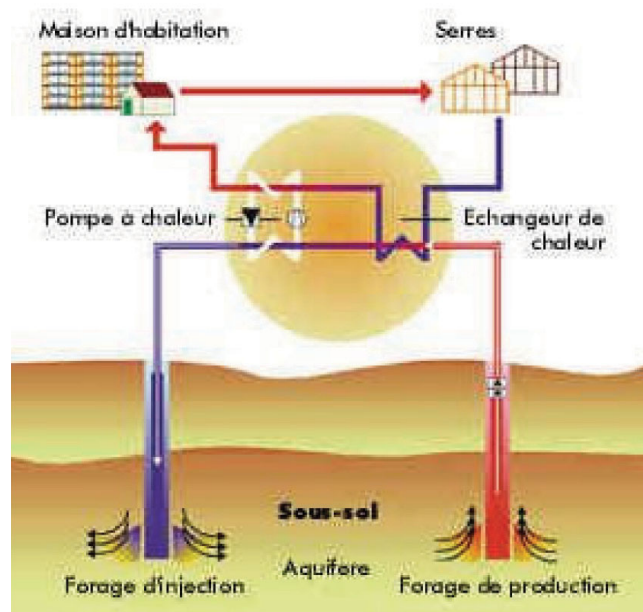
Dopo la conversione dell'energia geotermica, il fluido è a circa 10°C all'uscita della turbina, temperatura che permette ancora lo sfruttamento calorifico diretto per, ad esempio, applicazioni di riscaldamento.

## I bagni termali

I bagni termali sono sicuramente la forma più antica di sfruttamento dell'energia geotermica. Inizialmente, si sfruttavano le sorgenti d'acqua calda che arrivavano in superficie, in seguito non si è tardato ad aumentare le portate e le temperature, costruendo pozzi. Le perforazioni geotermiche profonde permettono di pompare l'acqua termale in superficie e di sfruttarla per diversi fini di riscaldamento, secondo il principio d'utilizzo a "cascata".

Una perforazione di produzione apporta acqua termale calda in superficie tramite una pompa immersa; uno scambiatore di calore così come una pompa di calore a valle permettono d'ottenere la temperatura di riscaldamento desiderata.

Il circuito di riscaldamento alimenta il consumatore tramite un condotto di riscaldamento a distanza. L'acqua raffreddata è restituita all'acquifero tramite un pozzo d'iniezione.



## > Idrogeologia del termalismo veronese

Il termalismo veronese si manifesta in ambiti idrogeologici caratterizzati da scenari completamente diversi tra loro. Fino a qualche anno fa i "punti caldi" erano segnalati distintamente sul fronte pedecollinare Lessineo e sull'arco morenico del Garda: la puntualità delle manifestazioni termali, la loro distanza e la differenza tra le strutture idrogeologiche interessate hanno sempre impedito una chiara interpretazione del fenomeno. Studi recenti, nuove terebrazioni ed una serie di informazioni raccolte in modo organico hanno permesso di affinare quanto già era stato ipotizzato a partire dagli anni '70.

Dall'analisi di questi dati è possibile affermare come le modalità di formazione delle acque calde siano analoghe nei vari punti, anche se gli stessi riportano anomalie termiche differenti. Il modello idrogeologico che meglio si addice a spiegare la formazione delle acque calde veronesi è quello che avvala l'esistenza di un potente serbatoio carbonatico profondo, sede di un circuito geotermico di tipo aperto, in cui circolano le acque termali. Si ipotizza che l'alimentazione del serbatoio carbonatico avvenga nei rilievi della fascia Alpina meridionale e prealpina: le acque meteoriche infiltratesi in quest'area montana, hanno la possibilità di raggiungere grandi profondità e di riscaldarsi per effetto del gradiente geotermico terrestre. Successivamente, le acque così riscaldate, grazie alla minore densità ed al carico idrostatico presente e monte, risalgono in superficie attraverso vie preferenziali costituite da faglie e fratture profonde che interessano completamente il substrato sino al contatto con i depositi superficiali.

Le emergenze termali sono disposte in modo tale da indicare nelle strutture tettoniche con direzione giudicariense (NNE-SSW) e nella fascia di deformazione pedecollinare (W-E) le faglie e le fratture lungo cui avviene la risalita.

L'ambiente geomorfologico differente, cui si associano strutture idrogeologiche più o meno complesse, e la diversa temperatura delle acque permettono di dividere in almeno tre parti principali le zone idrotermali di Verona: l'area benacense, l'area tra S.Ambrogio di Valpolicella e Pescantina e l'area pedemontana. Nell'area benacen-

se sono state individuate una fascia a debole termalismo (20° - 25° C) posta lungo la riva lacustre ed una zona a termalismo medio elevato (37° - 50° C) nell'area dell'entroterra morenico.

Anche se le profonde terebrazioni (fino a 350 m) realizzate nei dintorni della costa orientale del Garda non hanno intercettato il substrato roccioso, l'allineamento dei punti caldi, che ben si sposa con l'ubicazione delle segnalazioni termali di Rivoli Veronese (20° - 25° C), permettono di ipotizzare che la risalita dei fluidi avvenga, secondo il meccanismo precedentemente descritto, attraverso un sistema di fratture parallele alla Faglia di Sirmione e della Val d'Adige, aventi entrambe una direzione giudicariense (NNE-SSW). La situazione idrogeologica del territorio di S.Ambrogio di Valpolicella - Pescantina (20° - 46° C) e di Caldiero (26° - 27° C) è meglio descrivibile visto che le stratigrafie dei pozzi intercettano il substrato roccioso. In definitiva si ipotizza per tutti i siti esaminati la stessa tipologia di circuito idrogeologico, nonostante siano state misurate diverse temperature di fuoriuscita dei fluidi termali. Questa circostanza è attribuibile a vari fattori quali, ad esempio, la percentuale di miscelazione con acque fredde superficiali e l'approfondimento delle acque meteoriche.

Deve inoltre essere segnalato il fatto che le temperature finora riscontrate possono risultare inferiori a quelle potenzialmente misurabili, almeno nella parte morenica ed in quella di S.Ambrogio - Pescantina, rispettivamente per la bassa profondità raggiunta nelle perforazioni della prima area e per il fatto che i pozzi misurati sono tutti multifiltro e quindi miscelano acque appartenenti a falde differenti nella seconda. Il quadro geografico del termalismo veronese si completa, per il momento, con le evidenze termali (20° - 30° C) segnalate e misurate nei territori comunali pedlessinei tra San Bonifacio e Lavagno, riportate in alcuni PRG e ad altre indicate in altri comuni della media pianura veronese.

Dal punto di vista geochimico e sulla base della temperatura misurata, studi eseguiti permettono di inserire le acque termali veronesi in sintonia con quelle provenienti dagli altri campi termali veneti e di Sirmione. Non è quindi da escludere l'ipotesi di una origine comune per le acque termali venete.

## ***Le anomalie termiche dei pozzi censiti nella provincia di Verona***

La ricerca sul territorio provinciale di Verona ha riguardato la raccolta bibliografica dei dati esistenti e degli studi di ricerca svolti in passato sull'argomento.

Tale informazioni sono state quindi verificate in sito mediante sopralluogo e, qualora possibile, attraverso la misura diretta dell'acqua presente nei pozzi individuati.

La situazione relativa all'utilizzo dei punti di acqua calda risulta solo in parte regolamentata come si vedrà nel paragrafo sulla legislazione.

Gli stabilimenti di Balneoterapia della Provincia possiedono regolare autorizzazione di concessione mineraria rilasciata dal Servizio Acque Regionale, mentre, altri punti di emungimento, sono provvisti solo dell'autorizzazione del genio Civile che non include le acque sotterranee con temperature superiori a 25°C.

I punti di captazione non autorizzati utilizzano le acque calde presenti principalmente per scopi irrigui e, in misura minore, per il riscaldamento di edifici.

I dati raccolti relativi alla geotermia sul territorio provinciale sono stati reperiti presso:

- > il Museo di Scienze Naturali del Comune di Verona;
- > Relazioni geologiche di supporto alle concessioni minerarie - Servizio Acque Regionale;
- > Tesi di Laurea;
- > Relazioni Geologiche ed Idrogeologiche di Liberi Professionisti.

L'ubicazione dei pozzi e le temperature delle acque emunte sono state riportate nel Sistema Informativo Territoriale Provinciale di ARPAV, in modo da avere una "fotografia" della distribuzione areale dei punti caldi.

Dall'analisi di questi dati si osserva la concentrazione, soprattutto nella zona pedemontona lessinea, di pozzi aventi temperature superiori ai 20-30° C che emungono anche a scarse profondità (40 metri).

L'esame delle temperature dei pozzi ha, comunque, evidenziato una grande variabilità, anche tra pozzi limitrofi.

Ciò avviene per presenza di disturbi tettonici locali, presenza di sedimenti a diversa permeabilità e, anche, per le caratteristiche costruttive dei pozzi (profondità di emungimento, fenestrazione...) che possono mettere in comunicazione le falde profonde a temperature più elevate con quelle superficiali più fredde.

Questi fattori possono comportare un mescolamento differente delle acque calde con acque fredde superficiali di provenienza locale.

E' importante sottolineare che i dati esistenti e le aree individuate sul territorio danno informazioni incomplete e parziali delle potenzialità di utilizzo della risorsa geotermica.

In assenza di una rete di monitoraggio delle acque calde dalle caratteristiche tecniche note su cui eseguire periodi di controlli di ulteriori sondaggi "mirati" è difficile individuare la continuità, l'estensione della falda interessata da anomalia termica e la potenzialità ottimale e perenne dell'acquifero stesso (quantità che può essere emunta da una falda senza danneggiarla o causare un abbassamento eccessivo). Nella zona di Caldiero, ad esempio, l'incontrollato sfruttamento delle acque calde ha determinato negli anni un lento ma progressivo abbassamento del livello di falda.

In ogni caso le profondità evidenziate e gli intervalli di temperatura raggiunti evidenziano come questa risorsa, dal punto di vista ambientale, possa avere interessanti sviluppi applicativi. In particolare per ciò che riguarda le tre principali aree idrotermali della provincia di Verona (area Benacense, area tra S.Ambrogio di ValPolicella e Pescantina e fascia Pedemontana), oltre ai già conosciuti utilizzi dell'acqua termale per impianti di balneoterapia, è possibile prevedere, eventualmente anche "a cascata", il riscaldamento mediante scambio di calore di edifici isolati, palazzine e/o interi quartieri.

In base alle ubicazioni dei pozzi è stato interpolato, con le limitazioni già specificate, l'andamento delle isoterme, individuando le aree ove è presumibile individuare, a profondità relativamente basse, temperature elevate.

## ***Stima del potenziale geotermico in Provincia di Verona***

In base ai dati raccolti e misurati direttamente in sito nelle zone maggiormente interessate da anomalia termica (si vedano figure seguenti) si ritiene che l'utilizzo dell'energia geotermica per scopi legati al riscaldamento di edifici e stabilimenti economici, possa non solo portare ad un sensibile risparmio energetico ma anche ad un significativo risparmio economico di esercizio.

Considerato, inoltre, che lo sviluppo in Europa delle tecnologie per uso "domestico" continua con un prodotto sempre più efficace e sicuro (sonda verticale + pompa di calore per la casa familiare), ad un costo molto ragionevole, sarebbe opportuno implementare e introdurre queste tecnologie nelle aree pedemontane che, si ritiene, non abbiano in molti casi bisogno neppure della Pompa di Calore d'appoggio.

Nelle aree della Provincia indagate, viste le esigue profondità per raggiungere temperature geotermiche elevate e le locali condizioni geologiche, è possibile supporre che l'impiego e la realizzazione di Sonde geotermiche Verticali e/o Campi di Sonde, a fini di riscaldamento abitativo, sia possibile ed economico.

E' importante aggiungere che questi tipi di installazione richiedono un dimensionamento anticipato ad hoc per ogni progetto.

E' importante stabilire preventivamente per ogni singolo impianto le dimensioni per i fabbisogni energetici attraverso strumenti di simulazione numerica e modelli concettuali.

Il carattere generale ed introduttivo del presente lavoro non è, quindi, utilizzabile per scopi applicativi relativi alla valutazione puntuale delle potenze di captazione e consumo di energia che vanno, di conseguenza verificate in sito ma fornisce un indicazione qualitativa sulle aree a maggior potenziale di sfruttamento.



## Ubicazione dei pozzi di acqua calda nella Provincia di Verona

La seguente mappa illustra la localizzazione dei pozzi geotermici raccolti in base alle varie fonti bibliografiche.



## Ipotesi di andamento della anomalia geotermica a livello locale

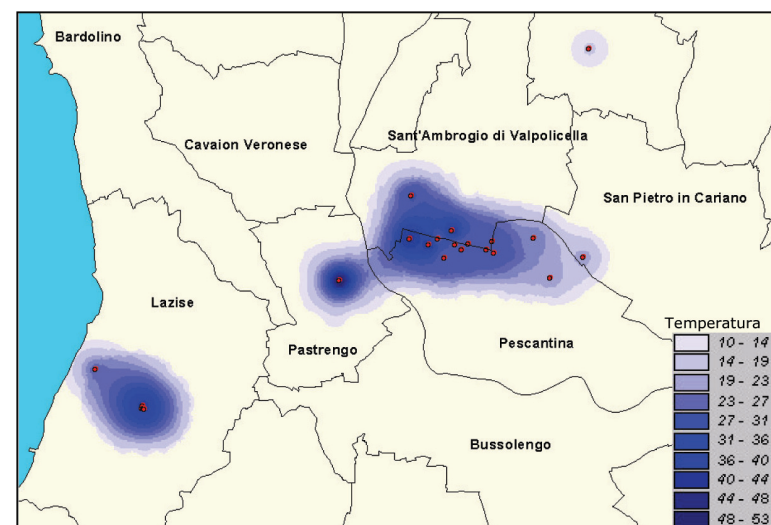
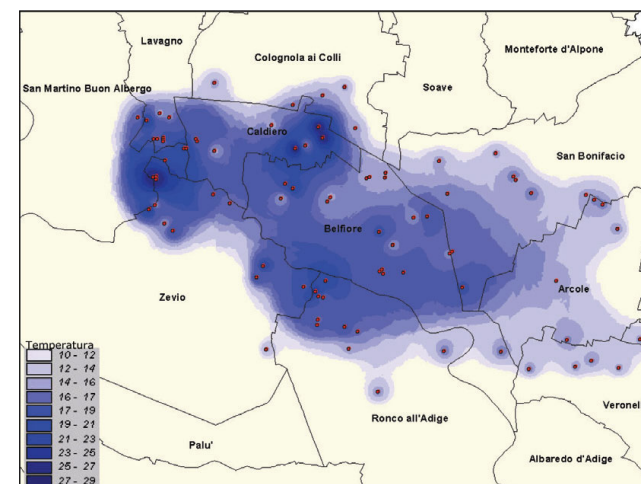
In base ai dati ai valori di temperatura delle acque di falda ottenute da misure dirette sul territorio e da dati bibliografici è stata effettuata un'interpolazione per l'individuazione delle isoterme sotterranee.

Le profondità differenti dei punti di campionamento, l'assenza di perforazioni in zone "potenzialmente interessanti", le diverse falde interessate dall'emungimento di acqua calda e l'assenza di dati precisi relativi alle caratteristiche geometriche

dei pozzi esistenti sono tutte variabili che non permettono una precisa stima del potenziale geotermico dell'area. L'interpolazione ha quindi un valore prevalentemente indicativo delle zone che si prestano ad un potenziale sfruttamento della risorsa geotermica.

In realtà le aree a gradiente geotermico anormale potrebbero essere più ampie di quelle indicate dalla mappa.

Sono state individuate 2 zone sulle cui concentrare eventuali ricerche successive: L'area di Caldiero e la fascia che attraversa Lazise, Pastrengo e la parte più meridionale di Sant'Ambrogio di Valpolicella: i valori di temperatura sono compresi da a 10 e 53 °C.



## > Costi relativi all'individuazione e sfruttamento della risorsa

L'accertamento dell'esistenza di campi geotermici e la valutazione della dimensione della risorsa comporta un programma di esplorazione che si sviluppa in fasi successive: riconoscimento, prefattibilità e fattibilità.

Durante ciascuna di queste fasi, vengono individuate le aree più promettenti mediante studi idrogeologici, prospezioni geochimiche e geofisiche e la perforazione di pozzi esplorativi.

Per poter stabilire quale sia il migliore utilizzo della risorsa geotermica bisogna considerare diversi aspetti. Tralasciando considerazioni di tipo economico derivanti da eventuali incentivazioni in certe applicazioni piuttosto che in altre, si può sicuramente affermare quanto segue:

- > se la sorgente geotermica è del tipo vapore dominante, caratterizzata da temperature medio-alte (200 - 220°C), pressioni medio basse (5 - 18 bar) e basse concentrazioni di gas incondensabili disciolte (< 10%), ed inoltre sono disponibili portate di fluido nell'ordine delle 100 t/h, l'utilizzo migliore dal punto di vista energetico, è sicuramente quello di produrre energia elettrica. In questo caso, vista la ridotta entità delle potenze in gioco ed i rendimenti inevitabilmente bassi, è vantaggioso utilizzare la fonte geotermica per forniture di elettricità locali piuttosto che su grandi distanze;
- > se la sorgente geotermica è ad acqua dominante, caratterizzata da pressioni elevate e temperature elevate, l'utilizzo ai fini di produrre energia elettrica, ferme restando le portate in gioco, può ancora rappresentare la soluzione energeticamente più conveniente ;
- > se la sorgente è caratterizzata da liquido a temperature basse (< 130°C) l'utilizzo ai fini del teleriscaldamento per scopi residenziali o industriali risulta essere la soluzione che dal punto di vista termodinamico meglio si presta al suo utilizzo.

In base ai dati relativi alle temperature del sottosuolo attualmente disponibili sul territorio provinciale, le prospettive di utilizzo della risorsa geotermica sono principalmente indirizzate al riscaldamento di edifici mediante l'emungimento diretto dalla falda o mediante sonde geotermiche e pompe di calore.

Quest'ultima tecnologia è preferibile per il basso impatto ambientale (il circuito è chiuso e non viene rilasciata acqua in falda con rischio di contaminazione) e per i costi ammortizzabili in pochi anni dall'installazione dell'impianto.

Esiste anche una valutazione economica finalizzata all'ottenimento del massimo vantaggio e per incrementare i proventi dell'attività geotermica, in particolare occorre:

- > estendere al massimo l'impiego del calore; operare quindi in zone con più lunga stagione di riscaldamento oppure utilizzare il calore per il raffreddamento estivo di uffici o abitazioni ; usare il riscaldamento di sera in inverno ed essiccatoi in estate per prodotti agricoli, ecc;
- > usare il calore in cascata (riscaldando prima serre e quindi un impianto che ha bisogno di poca temperatura come la piscicoltura) ;
- > vendere l'acqua calda di risulta per altri scopi (come per fini potabili : Erding in Germania).

Di seguito è inserita una tabella relativa ai costi per la realizzazione di sonde geotermiche verticale ed all'installazione di pompe di calore.

Per avere una stima corretta delle spese si deve tener conto anche dell'impianto di riscaldamento a pannelli radianti e/o a pavimento che deve essere associato a questa tecnologia.

# L'ENERGIA GEOTERMICA

dimensione immobile	potenza erogata dall'impianto	potenza assorbita dalla rete elettrica	potenza assorbita dai pozzi geotermici	dimensione dei pozzi geotermici	costo dei pozzi geotermici	costo della centrale termica	costo totale dell'impianto
(mq utili) *1	(kW)	(kW)	(kW)	(ml)	(€)*2	(€)	(€)
80 / 100	4,8	1,2	3,6	80	4 900,00	6 900,00	11 800,00
90 / 120	6,8	1,7	5,1	100	5 200,00	7 450,00	12 650,00
110 / 130	8,4	2,0	6,4	125	6 400,00	8 100,00	14 500,00
130 / 160	12,5	3,2	9,3	160	8 000,00	9 700,00	17 700,00
170 / 200	15,1	3,7	11,4	220	10 800,00	11 000,00	21 800,00
200 / 250	18,5	4,5	14,0	270	12 900,00	12 600,00	25 500,00
250 / 300	23,0	5,5	17,5	300	13 800,00	14 300,00	28 100,00

\*1 Riferimento variabile in funzione della situazione climatica e del grado di isolamento termico dell'immobile.

\*2 Il costo della perforazione può variare in funzione delle caratteristiche idrogeologiche del terreno indagato.

Dal confronto tra le energie tradizionali per il riscaldamento di edifici e l'utilizzo dell'energia geotermica, a parità di rendimento, si osserva un risparmio apprezzabile.

## VALUTAZIONE COMPARATA DELLE VARIE FONTI ENERGETICHE PER IL SOLO RISCALDAMENTO

GEOTERMIA		G P L	
ENERGIA PRODOTTA / kWh	15,000	(1 lt. GPL ≈ 6,9 kWh)	€ 1.618,36
prezzo corrente / kWh	€ 0,16	rendimento %	€ 0,90
C.O.P. (efficienza)	4,2	Consumo corrente caldaia	€ 24,00
ENERGIA CONSUMATA / kWh	3.571	Revisione annuale	€ 25,82
Revisione annuale non necessaria	€ -	Spazzacamino	€ 23,24
<b>Costo di gestione in EURO</b>	<b>€ 571,43</b>	<b>Costo di gestione in EURO</b>	<b>€ 1.691,42</b>

ENERGIA PRODOTTA kWh	15.000
ovvero MJ	54.000

L E G E N D A	
prezzo corrente elettrica x kWh	€ 0,16
prezzo GPL x lt	€ 0,67
prezzo gasolio x lt	€ 0,90
prezzo metano x mc	€ 0,61
consumo elettrico caldaia in kWh	150
revisione annuale caldaia	€ 25,82
spazzacamino € / anno	€ 23,24

GASOLIO		METANO	
(1 lt. GASOLIO ≈ 9,8 kWh)	€ 1.620,65	(1 mc metano ≈ 9 kWh)	€ 1.129,63
rendimento %	0,85	rendimento %	€ 0,90
consumo corrente caldaia	€ 24,00	Consumo corrente caldaia	€ 24,00
Revisione annuale	€ 25,82	Revisione annuale	€ 25,82
spazzacamino	€ 23,24	Spazzacamino	€ 23,24
<b>Costo di gestione in EURO</b>	<b>€ 1.693,71</b>	<b>Costo di gestione in EURO</b>	<b>€ 1.202,69</b>

## > Impatto ambientale

E' opportuno distinguere tra l'impatto sull'ambiente naturale di impianti geotermici che producono energia elettrica (grosse installazioni che prevedono la realizzazione di sondaggi fino a 5000 metri di profondità) e quello dovuto alle piccole utilizzazioni locali che sfruttano temperature al di sotto dei 100° C.

Con le adeguate tecnologie, la produzione di energia elettrica dalle risorse geotermiche è quasi in assoluto la più ecologicamente compatibile, anche per le contenute dimensioni di tali impianti che, a parità di potenza sviluppata, sono inferiori perfino alle centrali a gas e a combustibili fossili in generale.

Per quanto riguarda l'utilizzo dei fluidi geotermici per ottenere energia termica non ci sono termini di paragone con nessuna tecnologia. In ogni caso esistono delle conseguenze, seppur mitigate da un uso corretto della risorsa, che possono ripercuotersi sull'ambiente circostante.

### Rischi

Esiste un rischio geologico connesso all'attività di ricerca geotermica, in quanto non è garantito che ad ogni perforazione (indagine ad altissimo costo) corrisponda un risultato operativo. In geotermia ciò non può avvenire per diverse ragioni:

- > il modesto valore economico della "risorsa acqua calda" se comparato con altre risorse minerarie evidenzia il lungo tempo di ritorno dei costi rispetto all'inizio del flusso di cassa;
- > la necessità di un uso locale della risorsa (a meno di non trasformarla in energia elettrica);
- > il tipo di operatori coinvolti che operano esclusivamente sul territorio (comuni e società municipalizzate).

Tutto ciò ha portato finora lo Stato ad accollarsi i costi del rischio geologico ed un minor interesse da parte di ditte private.



I fattori di rischio ambientale sono principalmente:

- > **Inquinamento da calore e da sostanze del sottosuolo:** Il fluido geotermico, dopo essere stato utilizzato per la produzione di energia elettrica, deve essere portato fuori dalla centrale e fatto ritornare nell'ambiente esterno. I fluidi geotermici possono contenere una varietà di sostanze naturali, alcune delle quali (come il boro, l'arsenico, il mercurio, il piombo e lo zolfo) potenzialmente dannose per l'uomo e l'ambiente se presenti e liberate in elevate concentrazioni. Solitamente i reflui liquidi di produzione delle centrali sono generalmente reiniettati nel sottosuolo (cioè al luogo di provenienza) sia ai fini del loro "smaltimento" che per una parziale ricarica del campo geotermico. Tale operazione (anche nel caso di acqua calda più superficiale per riscaldamento) può comportare un rischio concreto di inquinamento termico e chimico delle falde ricaricate.
- > **Emissione di odori sgradevoli:** Per quanto riguarda la produzione di energia elettrica possono esserci dei fenomeni, in prossimità delle centrali geo-termoelettriche di emissione di sgradevoli odori (si tratta comunque di piccole quantità di gas che vengono immesse in bassissime concentrazioni nell'atmosfera).
- > **Sismicità:** Spesso le aree caratterizzate da un favorevole gradiente geotermico, presentano fenomeni di attività tettonica associati con conseguente rischio sismico dell'area.
- > **Subsidenza:** E' un fenomeno naturale che, localmente, può essere dovuto ad attività antropiche quali l'estrazione dei fluidi dal sottosuolo. Gli interventi da adottare comprendono una serie di vincoli e limiti all'emungimento della falda, in base al valore di potenzialità dell'acquifero e alla ricarica della falda. Allo stato attuale, in provincia di Verona, non si hanno dati relativi alla potenzialità ottimale degli acquiferi caldi.
- > **Emissioni sonore:** Le emissioni sonore di un impianto geotermico sono ridotte e limitate ad un ben preciso periodo di tempo: la fase più delicata è quella di perforazione dei pozzi, dove si possono raggiungere valori abbastanza elevati di intensità sonora. Successivamente, durante l'esercizio

dell'impianto, i rumori prodotti dipendono soprattutto dalle aperture delle valvole di sfioro conseguenti alla messa fuori servizio. Tali valvole sono comunque dotate di sistemi di silenziamento. In definitiva il rumore è oggi un problema facilmente risolvibile e praticamente irrilevante, come dimostrato dalle positive esperienze di insonorizzazione delle centrali esistenti.

- > **Impatto paesaggistico delle centrali geotermiche:** I vecchi stabilimenti geotermici assomigliano ai tanti complessi industriali presenti sul territorio, ma con l'aspetto positivo di occupare molta meno superficie; di un certo impatto potevano essere le torri di refrigerazione dei fluidi, che assumevano anche dimensioni importanti (altezze dell'ordine dei 15-20 m). Attualmente esse vengono invece costruite secondo una filosofia diversa ed il loro impatto è pari a quello di un normale edificio. Nelle nuove realizzazioni e nei progetti di riqualifica di quelli esistenti, grazie anche alle idee di grandi architetti, si riescono a trovare soluzioni esteticamente convincenti e che differenziano notevolmente tali impianti dal resto degli impianti industriali.

## > Normativa di riferimento

Di seguito sono riportate le principali norme nazionali e regionali relative allo sfruttamento ed utilizzo delle risorse geotermiche. In provincia di Verona sono attive, secondo l'iter previsto dalla L.R. 10 ottobre 1989 n.40, (n. di concessioni minerari) relative all'utilizzo di acqua termale.

Gli impianti di Balneoterapia sono concentrati soprattutto nella zona di Lazise, Caldiero ed, in misura minore, S.Ambrogio di Valpolicella e Pastrengo.

Dalla verifica in sito è risultato che molti pozzi di acqua calda (con temperature superiori ai 25°C), risultavano sprovvisti di autorizzazione dell'utilizzo della risorsa geotermica.

Tali pozzi, adibiti soprattutto a scopi agricoli o per il riscaldamento di serre, sono emunti rilasciando l'acqua nell'acquedotto comunale o sul terreno, depauperando in tal modo la falda stessa.

Dalla documentazione tecnica rinvenuta (quando presente) sulle metodologie di perforazione e predisposizione dei pozzi di acqua calda si evince come la fessurazione, sviluppata lungo tutta la lunghezza del pozzo per aumentare la portata di emungimento, metta in comunicazione falde, altrimenti separate, con rischio di contaminazione delle falde profonde.

Tale operazione comporta, inoltre, un abbassamento della temperatura dell'acqua a causa del mescolamento con la falda freatica più fredda.

I dati raccolti nella presente pubblicazione verranno utilizzati, sia per sensibilizzare le amministrazioni pubbliche ed i privati ad un corretto utilizzo della risorsa energetica, che per sanzionare e regolarizzare le situazioni di irregolarità presenti sul territorio provinciale.

### **Quadro normativo generale**

Legge 9 dicembre 1986, n.896 - Recante disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche

Legge 9.1.1991 n.9 – Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali (in particolare art.15).

DPR 27.5.1991 n.395 - Regolamento di attuazione della legge 9 dicembre 1986, n.896, recante disciplina della ricerca e della coltivazione delle risorse geotermiche.

Decreto legislativo 31.3.1998 n.112 - Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997 n.59.

Legge regione Veneto 10 ottobre 1989 n. 40 – Disciplina della ricerca, coltivazione e utilizzo delle acque minerali e termali.

### **Campo di applicazione**

#### L.896/1986 art.4

Coltivazione di risorse geotermiche, inclusi gli impianti e le infrastrutture, finalizzata all'approduzione industriale dei fluidi geotermici a fini energetici.

#### L.896/1986 art.1

Sono considerate risorse geotermiche d'interesse nazionale quelle economicamente utilizzabili per la realizzazione di un progetto geotermico tale da assicurare una potenza erogabile complessiva di almeno 20.000 kilowatt termici, alla temperatura convenzionale dei reflui di 25 gradi centigradi.

Sono inoltre di interesse nazionale le risorse geotermiche rinvenute in aree marine.

Sono considerate piccole utilizzazioni locali le utilizzazioni di acque calde geotermiche reperibili a profondità inferiori a 400 metri con potenza termica complessiva non superiore a 2.000 kilowatt termici.

L'art.1 della Legge 896/1986; stabilisce che:

“Sono considerate piccole utilizzazioni locali le utilizzazioni di acque calde geotermiche reperibili a profondità inferiori a 400 metri con potenza termica complessiva non superiore a 2.000 kilowatt termici.”

In base all'art. 3 del DPR n.395 del 27 maggio 1991 ed alla definizione di calore specifico di un corpo, la determinazione della potenza termica è possibile grazie alla seguente equazione:

$$P_{termica} = \frac{Q \times 1000 \times (T^{\circ} - 25^{\circ}C)}{860}$$

**Q** = Portata

Questa formula, utilizzata per il calcolo della potenza termica, definisce come piccola utilizzazione locale solo l'acqua termale emunta ad una temperatura superiore a 25° Centigradi.

## **Norme di tutela**

D.P.R. 395/1991 art.32 (Concessione di coltivazione).

Al titolare del permesso di ricerca, ottenuto ai sensi dell'art.6, che mediante perforazione di pozzi abbia rinvenuto risorse geotermiche riconosciute di interesse nazionale, è concessa la coltivazione se la relativa capacità produttiva e gli altri elementi di valutazione geomineraria disponibili giustificano tecnicamente lo sviluppo del giacimento scoperto

L.9/1991 art.15 (Ricerca e coltivazione geotermica).

Il permesso di ricerca di cui all'art. 4 della L. 896/86 e la concessione di coltivazione di cui all'art. 11 della medesima legge sono subordinati all'effettuazione della rimessione in pristino dello stato originario dei luoghi a seguito di eventuale incidente o di sistemazione idrogeologica e di risanamento paesistico a seguito dei lavori. A questo scopo è richiesta la prestazione da parte degli interessati di garanzie patrimoniali reali o personali, in relazione all'entità dei lavori programmati.

L.896/1986 art.11

Il rilascio della concessione di coltivazione non esonera il richiedente dall'assolvimento di ogni altro obbligo previsto dalla legislazione vigente prima di dar corso alla realizzazione delle opere previste dal progetto di coltivazione.

Autorità competente prima del decentramento operato con la riforma Bassanini:

L.896/1986 artt. 1-7

Le funzioni amministrative riguardanti le risorse geotermiche d'interesse nazionale sono esercitate dal Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato.

Successivamente:

D.Lgs. 112/1998 art.34

Le funzioni degli uffici centrali e periferici dello Stato relative alle concessioni di coltivazione delle risorse geotermiche sulla terraferma sono delegate alle regioni.

Legge regione Veneto 10 ottobre 1989 n. 40

La presente legge disciplina la ricerca, la coltivazione e l'utilizzo delle acque minerali e termali allo scopo si tutelarle e valorizzarle nel preminente interesse generale.

D.Lgs. 112/1998 art.35

Agli adempimenti relativi alla valutazione di impatto ambientale (VIA) dei progetti di coltivazione delle risorse geotermiche provvedono le regioni, a decorrere dall'entrata in vigore delle leggi regionali in materia

## **Norme regolanti il procedimento di rilascio concessione**

L.9/1991 art.15 (Ricerca e coltivazione geotermica).

Alla domanda di permesso di ricerca di cui all'art. 4 della L.896/86 ed alla richiesta di concessione di coltivazione di cui all'art. 11 della medesima legge deve essere allegato l'impegno del richiedente all'effettuazione della rimessione in pristino dello stato originario dei luoghi.

L.896/1986 art.10

La concessione può essere accordata per la durata massima di trenta anni, e può essere prorogata per periodi non superiori a dieci anni ciascuno.

Oneri economici

L.896/1986 art.17 (Canoni e contributi)

Il titolare della concessione di coltivazione deve corrispondere allo Stato o alla Regione, un canone annuo anticipato di lire 80.000 (indicizzato) per chilometro quadrato di superficie compresa nell'area della concessione.

Sono altresì dovuti, dall'ENEL o dagli altri soggetti utilizzatori, in caso di produzione di energia elettrica a mezzo di impianti con potenza superiore a 3 MW che utilizzano o utilizzeranno risorse geotermiche, i seguenti contributi:

a) una lira per ogni kWh di energia elettrica prodotta nel campo geotermico, ai comuni in cui è compreso il campo geotermico coltivato, proporzionalmente all'area delimitata dal titolo o all'insieme dei titoli di coltivazione, assicurando, comunque, ai comuni, sede di impianti, una quota non inferiore al 60 per cento;

b) una lira per ogni kWh di energia elettrica prodotta nel campo geotermico alle regioni nel cui territorio sono compresi i campi geotermici coltivati, proporzionalmente all'area delimitata dal titolo o dall'insieme dei titoli di coltivazione.

Ai Comuni sede di impianto di produzione di energia elettrica è inoltre dovuto, dall'ENEL o dagli altri soggetti utilizzatori, un contributo una tantum di lire 12.000

(indicizzato) per kW di potenza nominale degli impianti entrati in esercizio a far data dal 10 gennaio 1984 o che entreranno in esercizio dopo l'entrata in vigore della presente legge.

I contributi, in ragione di una lira per ogni kWh, spettanti ai comuni e alle regioni ove hanno sede campi geotermici coltivati, sono aggiornati annualmente per un importo pari al 100 per cento dell'indice di variazione delle tariffe applicate dall'ENEL.

## **> Considerazioni conclusive**

L'energia geotermica fa parte della categoria delle fonti energetiche rinnovabili, ed è quindi a tutti gli effetti una energia pulita. Per il suo sfruttamento è necessaria una accurata campagna di indagine: conoscendo i punti più critici del sistema diventa più agevole prevedere già in fase di progetto le opportune soluzioni tecniche. L'ambiente richiede infatti l'armonizzazione delle varie azioni : economiche, legali e tecniche finalizzate al corretto uso del calore associato allo sfruttamento delle acque calde. Per la utilizzazione diretta del calore va posta particolare attenzione alla risorsa che deve essere tutelata sia nelle quantità che nella qualità. Va inoltre richiesto un serio studio sui livelli di Rischio (rische vulnerabilità del sistema geotermico in funzione del rischio sismico e di subsidenza da un lato, e relativamente alla qualità dei fluidi recuperati e smaltiti ed alla destinazione degli scarti di produzione dall'altro.

Per quanto riguarda le emissioni gassose di una centrale geotermica risparmiate rispetto ad un impianto a combustibili fossili: si hanno emissioni di solfuri pari a solo 0,2 kg/MWh, contro i 4,7 kg/MWh degli impianti ad olio combustibile e 5,4 kg/MWh degli impianti a carbone. La emissione di anidride carbonica (dovuta ai gas incondensabili) è, in media, solo 45 kg/MWh, contro i 660 kg/MWh degli impianti ad olio combustibile e 900 kg/MWh degli impianti a carbone. Gli ossidi di azoto non sono emessi.



# L'ENERGIA GEOTERMICA

---

