

# CONOSCERE LA GEOTERMICA

## Indice

### **Introduzione >**

#### **Che cos'è >**

Indagine del sottosuolo

Dove si trova

Dove si produce

Un po' di storia

#### **I campi geotermici >**

Sistemi ad alta temperatura

Sistemi a bassa temperatura

Una cascata di usi

Sistemi di casa nostra

Energia pulita?

Nuove frontiere

## CONOSCERE LA GEOTERMICA

### Introduzione

Il nostro Pianeta emette costantemente energia sotto forma di calore, che dalle zone più profonde si propaga verso la superficie: si tratta del cosiddetto flusso di calore, o flusso geotermico. Il calore del Sole riscalda la superficie terrestre con un flusso che è quasi 6.000 volte superiore a quello prodotto dall'interno della Terra, tuttavia il flusso geotermico, costante e continuo, rappresenta un'importante fonte di riscaldamento per il nostro Pianeta: con una media di 0,06 watt per m<sup>2</sup>, dall'intera superficie terrestre si irradia una quantità di calore pari a circa 30.000 miliardi di watt.

### Che cos'è

Che la Terra divenga più calda scendendo in profondità è un fenomeno ben noto ai minatori: in alcune miniere e gallerie profonde si raggiungono temperature al limite della sopravvivenza umana (non è così nelle grotte, dove la naturale circolazione dell'aria e dell'acqua abbassa notevolmente le temperature, tanto che l'aumento di temperatura con la profondità non è praticamente percepibile). Il calore della Terra è per la maggior parte dovuto alla liberazione di energia nei processi di **decadimento di isotopi radioattivi** di alcuni elementi come, per esempio, il potassio, il torio e l'uranio. A causa dei diversi spessori della crosta terrestre e delle diverse situazioni geologiche, che possono causare la risalita di materiali più caldi da zone profonde, il gradiente geotermico (cioè l'aumento di temperatura con la profondità) non è uguale in tutta la Terra: in media la temperatura aumenta di 2-3° C ogni 100 m di profondità, ma l'aumento può variare da 1 fino a 5° C/100 m.

Per misurare il gradiente geotermico si realizzano pozzi profondi almeno 300 m (in modo da non risentire delle variazioni giornaliere e annuali della temperatura dovute ad influenze climatiche), nei quali vengono calati appositi termometri che registrano le temperature a diverse profondità. Il flusso di calore è maggiore nelle aree dove lo spessore della litosfera è ridotto, come, per esempio, lungo le dorsali oceaniche o nelle zone di rifting continentale, oppure in aree vulcaniche, dove diversi processi geologici portano alla fusione delle rocce, o in aree dove siano presenti magmi in lento raffreddamento nel sottosuolo.

### Indagine del sottosuolo

Per trovare le aree più adatte allo sfruttamento delle risorse geotermiche, si fa uso di indagini che vengono condotte sia in superficie sia nel sottosuolo; con essa si cerca di capire quali siano le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, termiche e la capacità produttiva del sistema geotermico.

Tra le indagini di superficie sono previste: l'esame delle condizioni termiche del sottosuolo e la localizzazione di possibili serbatoi. Innanzi tutto, si misura il **gradiente geotermico** in vari punti dell'area e si cercano manifestazioni evidenti come fumarole e sorgenti termali. A questo proposito, possono diventare preziosi anche i dati forniti dalle analisi chimiche di acque e gas. La localizzazione

di un serbatoio è la parte più complessa dell'esplorazione in quanto richiede d'integrare anche i risultati di tutte le indagini geologiche, vulcanologiche, geochimiche e geofisiche realizzate in precedenza. L'indagine del sottosuolo viene condotta, poi, realizzando un pozzo che permette finalmente di verificare sul campo le ipotesi formulate precedentemente.

### Dove si trova

Facendo riferimento alla teoria della **"tettonica a zolle"** (secondo cui la crosta terrestre si divide in una ventina di macroaree, dette appunto "zolle", che ogni anno si spostano mediamente di una misura che va da zero a 18 centimetri) le aree geotermiche più calde del globo, si trovano, generalmente, lungo i margini di rottura o di collisione delle zolle. La rottura di una zolla determina lunghe fessure nella crosta terrestre, da cui il magma sale in superficie (il Rift islandese, il Sistema Mar Rosso/Rift Valley, il Lago Baikal). La collisione di due zolle provoca la compressione e il corrugamento dei margini: nel caso di zolle oceaniche, si formano archi insulari come le Antille o l'arcipelago giapponese; nel caso di una zolla oceanica e una continentale, si formano cordigliere continentali come le Ande.

Se le zolle sono entrambe continentali, il corrugamento dei margini porta alla formazione di catene montuose come le Alpi e l'Himalaya. Importanti aree geotermiche sono anche i **"punti caldi"** come le Hawaii, le Galapagos, le Canarie e il cosiddetto "bombamento etrusco", tra la Toscana e l'Alto Lazio. Nelle zolle continentali, invece, sono racchiusi grandi bacini sedimentari con risorse geotermiche a bassa temperatura come quelli di Francia, Ungheria e Cina. L'Italia è il Paese "geotermicamente" più caldo d'Europa, anche se, finora, lo sfruttamento delle sue risorse geotermiche si è sviluppato solo nell'area centro-settentrionale.

### Dove si produce

La Toscana, ma anche il Lazio settentrionale, sono noti per la produzione di energia geotermoelettrica, e ospitano le serre geotermiche più grandi d'Italia (e d'Europa), localizzate nei pressi di Piancastagnaio, sulle pendici del Monte Amiata, e a Civitavecchia. La centrale più grande è *"The Geysers"*, che si trova circa 140 chilometri a Nord di San Francisco in California (Usa) con una potenza totale di 1.590 megawatt.

A Orbetello è stato realizzato un importante centro di acquacoltura: l'acqua di mare, miscelata con acqua a 17–25 gradi centigradi, crea un ambiente ottimale per l'allevamento di branzini e pagelli. Tra gli usi diretti del calore, l'esempio più importante a livello europeo è il sistema di riscaldamento urbano della città di Ferrara. Si tratta di un impianto di teleriscaldamento che serve 14.000 appartamenti con l'utilizzo di acqua calda a 102 gradi centigradi rinvenuta a 4 km dalla città in un pozzo a 1.300 metri di profondità perforato a suo tempo per la ricerca petrolifera. Estruendo 250 metri cubi all'ora di acqua, si risparmiano circa 12.000 tonnellate equivalenti di petrolio all'anno; l'acqua viene poi reiniettata in profondità. Oltre al risparmio di combustibile fossile, sono ben avvertibili i benefici del teleriscaldamento per il minore inquinamento dell'aria, vantaggio notevole in città. Nella zona dei Colli Euganei (Abano Terme, Montegrotto, ecc.) e in misura minore a Bormio, presso il confine svizzero, l'acqua calda è sfruttata in impianti termali, oltre che per il riscaldamento



di edifici. Secondo un recente studio si calcola che solo con i sistemi geotermici “a vapore dominante” presenti in Toscana e Lazio si potrebbero produrre oltre 5 mila miliardi di chilowattora, una quantità sufficiente per il fabbisogno nazionale di elettricità per 70 anni, mentre lo sfruttamento dei sistemi geotermici “ad acqua dominante” porterebbe ad una produzione di energia elettrica incalcolabile.

### Un po' di storia

L'utilizzo delle acque geotermiche è antichissimo e risale probabilmente al Paleolitico superiore. Tuttavia, il suo sviluppo in chiave più specificamente sanitaria ha avuto origine in Giappone e in Italia circa 2000 anni fa. Ma, mentre in Giappone si è limitato entro i confini nazionali, dall'Italia i Romani lo hanno diffuso in tutte le regioni dell'Impero (Ungheria, Germania, Francia, Spagna, Gran Bretagna, Turchia e Paesi Arabi). Solo a partire dal Rinascimento, però, il **termalismo** viene trattato in maniera scientifica, con la stampa del *De Thermis*, scritto da Andrea Bacci (Venezia, 1571). Da questo momento, tra il diciassettesimo e il diciottesimo secolo, si costruiscono in Europa numerosi stabilimenti termali, con la funzione di centri terapeutici per la cura del corpo e dello "spirito". Oltre all'Italia, il paese più rinomato d'Europa per le terme, grazie ai suoi 170 centri, vanno ricordate anche l'Ungheria con Budapest (forte di una tradizione risalente ai romani) e l'Islanda. Gli **usi energetici** dei fluidi geotermici si svilupparono più tardi di quelli termali.

Il primo impianto industriale per la produzione di energia fu costruito in Toscana nel 1827. A quell'epoca, *Francesco Larderel*, proprietario di un impianto che produceva acido borico estraendolo dalle acque circolanti nel sottosuolo della zona, ebbe una brillante idea. Invece di far evaporare le acque boriche bruciando la legna dei boschi vicini, pensò di sfruttare il calore naturalmente contenuto in queste acque. L'idea ebbe successo e, fino al 1875, l'industria chimica di Larderello fu la più importante del mondo nel settore dei prodotti borici. Sempre a Larderello, nel 1904 furono accese le prime lampadine con l'energia geotermica e nel 1913 fu costruito il primo impianto industriale per la produzione di elettricità di origine geotermica, con una potenza di 250 kW. Da allora l'Italia è sempre stata leader nella produzione di energia geotermoelettrica, accumulando nel tempo un patrimonio di esperienze unico al mondo. A partire dagli anni '20, l'attività geotermica si diffuse anche in Giappone, Islanda e Ungheria e poi, dagli anni '50, nel resto del mondo.

### I campi geotermici

Le zone caratterizzate da un elevato e anomalo flusso di calore sono quelle dove è maggiore la liberazione di energia dal sottosuolo; tuttavia, per poter utilizzare questa fonte energetica oltre alle rocce calde occorre un altro ingrediente fondamentale: l'**acqua**. L'acqua, a contatto con le rocce calde nel sottosuolo, si riscalda e, se le condizioni di temperatura e pressione lo permettono, può anche passare allo stato di vapore. Per comprendere i fenomeni in queste zone anormalmente calde, occorre ricordare che la temperatura alla quale l'acqua si trasforma in vapore dipende dalla pressione: alla pressione di 1 atmosfera (atm), la temperatura di vaporizzazione, come ben sappiamo, è di 100° C, ma a 10 atm (corrispondenti alla pressione di una colonna di 100 m di acqua,

o di circa 30 m di roccia), sale a 180° C. In questo modo, quindi, le pressioni elevate mantengono l'acqua allo stato liquido anche a temperature molto più elevate dei 100° C ai quali siamo abituati ad associare l'acqua che bolle nella pentola!

Le aree dove un elevato flusso di calore riscalda le acque sotterranee si dicono campi geotermici e in genere vengono distinti in sistemi geotermici ad alta e bassa temperatura (detti anche sistemi ad alta e bassa entalpia). Sono queste le aree dove è possibile, con opportune tecnologie, sfruttare l'energia naturale della Terra per produrre energia elettrica, per il riscaldamento domestico e per diversi altri usi industriali: un'energia disponibile gratuitamente e rinnovabile. Purtroppo, i campi geotermici in grado di produrre una buona quantità di energia non sono molti, nel mondo.

**Com'è fatto un campo geotermico?** I sistemi geotermici somigliano un po', nella loro struttura, alle trappole per idrocarburi e anche le tecniche per individuarli, che si avvalgono di prospezioni geofisiche, sono molto simili a quelle utilizzate nella ricerca petrolifera.

Un sistema geotermico è costituito da:

- una **fonte di calore** (per esempio, un magma in via di raffreddamento);
- un **acquifero**, cioè una formazione geologica permeabile, dove le acque si possano infiltrare e possano circolare liberamente attraverso pori o fratture;
- una **roccia impermeabile di copertura** che funga da "trappola" per le acque calde, impedendo loro di disperdersi in superficie e mantenendole sotto pressione.

Perché sia possibile uno sfruttamento duraturo di questa risorsa energetica è infine necessario che vi sia una costante ricarica di acque provenienti dalla superficie, in genere acque meteoriche, che possano "ricaricare" l'acquifero, integrando i quantitativi di acque prelevati dall'uomo: dove non è così, occorre reimmettere artificialmente i fluidi prelevati.

### Sistemi ad alta temperatura

Nei sistemi geotermici ad alta temperatura, le acque circolanti nel sottosuolo hanno temperature elevate, in genere superiori ai 140 ° C. Le temperature possono essere anche altissime, come, per esempio, a Larderello (Toscana) (260° C), a Cerro Prieto (Messico) (388° C) o a S. Vito (Campi Flegrei, Campania) (400 °C): proprio qui è stata rilevata la più alta temperatura mai registrata in un sistema geotermico. In questi sistemi, il flusso di calore è 3-4 volte superiore al normale e si trovano in genere localizzati in corrispondenza di intrusioni magmatiche in via di raffreddamento, a profondità tra i 3 e i 15 km.

In questi sistemi vi può essere sia risalita di solo vapore "secco" e surriscaldato, in assenza di acqua in fase liquida (a costituire i cosiddetti "**sistemi a vapore dominante**"), sia risalita di acqua liquida mescolata a vapore ("**sistemi ad acqua dominante**"). Il vapore, prelevato attraverso pozzi e sistemi di tubazioni, viene utilizzato per mettere in movimento un sistema di turbine, che a loro volta producono energia elettrica. I sistemi a vapore dominante sono i più produttivi, perché nei sistemi a vapore umido la fase liquida deve essere separata ed eliminata e questo comporta un dispendio di energia.

I **sistemi a vapore secco** sono piuttosto rari e nel mondo se ne contano soltanto quattro: Larderello e M. Amiata (Italia), The Geysers (California), Matsukawa (Giappone) e Kawah Kamojang (Indonesia),

mentre tra quelli a vapore umido i più importanti sono quelli di Wairakei (Nuova Zelanda) e Cerro Prieto (Messico). La produzione di energia elettrica da campi geotermici è un'iniziativa italiana: ha avuto infatti inizio a Larderello nel 1904, seguita soltanto diversi anni più tardi dalle centrali di Wairakei (Nuova Zelanda) nel 1958 e The Geysers (California) nel 1960: l'Italia è stata un precursore nello sfruttamento dell'energia geotermica e anche oggi il nostro Paese figura tra i maggiori produttori mondiali. Attualmente i maggiori produttori di energia elettrica geotermica sono, in ordine di produttività, gli USA, seguiti da Filippine, Messico, Italia, Giappone, Nuova Zelanda, Salvador, Kenya e Islanda. La scoperta di nuovi campi geotermici è un fatto eccezionale; tuttavia, la ricerca in campo tecnologico permette un continuo incremento della produttività dei campi già esistenti.

### **Sistemi a bassa temperatura**

Nei sistemi a bassa entalpia, con temperature inferiori ai 140° C, la produzione diretta di energia elettrica dal vapore non è in genere conveniente. Tuttavia, se le temperature sono superiori ai 90° C è possibile utilizzare i fluidi caldi per far vaporizzare un secondo fluido, a punto di ebollizione più basso (come freon, isobutano o cloruro di etile), ottenendo così vapore per la produzione indiretta di energia elettrica, anche se il rendimento di questo processo è piuttosto basso.

Le acque calde, però, si prestano ad una molteplicità di usi, con uno schema "a cascata", che utilizza dapprima i fluidi caldi per usi che richiedono temperature più elevate, e riutilizzandoli successivamente per usi che richiedono temperature meno elevate via via che i fluidi si raffreddano. L'utilizzo primario è per il riscaldamento urbano, per il quale si possono impiegare acque con temperature comprese tra 130 e 50° C. Campi di acqua calda vengono utilizzati per il riscaldamento domestico in numerosissimi stati nel mondo, specialmente, in ordine di importanza, in Giappone, Cina, Ungheria, ex- URSS, Islanda, Polonia, Francia. I primi esperimenti di riscaldamento geotermico per usi domestici sono stati realizzati in Islanda nel 1930: in questo Paese, buona parte del riscaldamento delle abitazioni della capitale è alimentato proprio da campi geotermici a bassa energia. In Italia sono riscaldati, per esempio, gli alberghi della zona termale intorno ad Abano Terme (Colli Euganei, Veneto) e quasi tutti i comuni sede di impianti geotermoelettrici, in Toscana, dove esiste un sistema di teleriscaldamento per le abitazioni.

### **Una cascata di usi**

Dopo essere stati impiegati per la produzione di energia elettrica e per il riscaldamento domestico, i fluidi geotermici possiedono ancora una certa quantità di calore che ne permette ancora diversi e svariati usi, alcuni dei quali molto particolari: a Sapporo (Giappone) e Klamath Falls (USA), per esempio, le acque calde vengono utilizzate per il riscaldamento antigelo delle strade nei mesi invernali. Diversi processi produttivi beneficiano dell'impiego di acque geotermiche. Per esempio, speciali sistemi di refrigerazione ad assorbimento con ammoniaca o bromuro di litio vengono impiegati per ottenere la refrigerazione e la climatizzazione estiva da acque calde, se le temperature sono di 80-120 °C. Tra gli usi produttivi, l'agricoltura e la zootecnia sono i settori dove l'impiego di energia geotermica è più vantaggioso ed immediato. Le acque calde vengono utilizzate per il



riscaldamento diretto di serre: famose sono, per esempio, le serre di Piancastagnaio (M. Amiata, Toscana), o le coltivazioni di piante ornamentali dei Colli Euganei (Veneto). In Paesi a clima particolarmente rigido, come, per esempio, in Siberia, le acque vengono fatte circolare in un sistema di tubazioni a contatto con il suolo, nei cosiddetti "letti caldi", ottenendo il riscaldamento del suolo di coltura, cosa che rende possibile le coltivazioni anche in climi diversamente proibitivi per l'agricoltura. Il tepore prodotto dal contatto con acque calde viene sfruttato per tutti i processi agricoli e zootecnici che richiedono un ambiente tiepido, come, per esempio, la coltivazione di funghi, la piscicoltura, l'allevamento di animali e la schiusa di uova in allevamenti di pollame.

Altri usi nel settore agro-alimentare riguardano l'essiccazione di legname e pesce, la preparazione di cibi in scatola, la produzione e la stagionatura di prodotti caseari o la raffinazione dello zucchero, mentre usi più industriali riguardano la produzione di acqua pesante, la produzione di alluminio, i processi di produzione di cemento, la vulcanizzazione della gomma e moltissimi altri ancora. Le acque che circolano in profondità nel sottosuolo sono spesso ricche di sali e di minerali: questi possono rappresentare un problema, in termini di inquinamento, ma possono anche costituire un'importante risorsa, come per l'estrazione di zolfo, boro e metalli. Da non dimenticare sono gli usi balneoterapici.

La pratica dei bagni termali è stata diffusa in Europa dai Romani, che l'hanno esportata in tutti i territori da loro conquistati, ma è diffusa da secoli anche in Asia: nel solo Giappone esistono più di 1600 centri termali, alcuni dei quali di origine antichissima. In Italia gli stabilimenti termali sono circa 170, sfruttati non solo per il calore delle acque, ma anche per gli effetti terapeutici dei minerali in esse disciolti. Gli effetti benefici di un bagno termale sono ben conosciuti anche dalla popolazione di macachi delle sorgenti di Nagano, in Giappone, che vi si immergono per riscaldarsi nei lunghi e freddi mesi invernali: le simpatiche immagini delle bestiole placidamente immerse nell'acqua calda, con la pelliccia coperta di fiocchi di neve e i musetti arrossati, hanno fatto il giro del mondo e ora i macachi di Nagano sono diventati una celebre attrazione turistica delle omonime terme, tanto che, con il tipico rispetto orientale, un'area delle terme è stata riservata appositamente per loro!

### **Sistemi di casa nostra**

L'Italia, per la sua situazione geologica, è ricca di campi geotermici, sia ad alta che a bassa temperatura. Il "simbolo" e fiore all'occhiello dell'energia geotermica nel nostro Paese è sicuramente rappresentato dal campo termale di Larderello-Travale-Radicondoli, in Toscana. Qui, per la prima volta nel mondo, è stata realizzata la produzione di energia elettrica, ma lo sfruttamento dei "soffioni" risale già al Medioevo, per la produzione di zolfo e acido solforico, e, a partire dal 1780, per la produzione di acido borico. Se la risorsa è tutta italiana, si deve però ad un francese, il signor De Larderel (dal quale ha preso il nome la località), il primo utilizzo dell'energia termica per estrarre l'acido borico di cui i vapori dei soffioni sono ricchi. I primi esperimenti di produzione di energia elettrica avvennero nel 1904 e la prima centrale produttiva nacque nel 1913, con una potenza di 250 kW, ma fu soltanto dal 1930 che la produzione di energia elettrica divenne una parte importante dell'energia da risorse alternative e rinnovabili nel nostro Paese. La ricerca su questo campo non si è ancora fermata: attualmente si sta progettando di indagare a profondità



superiori agli attuali campi in coltivazione con lo scopo di trovare fluidi supercritici. Il secondo campo geotermico “storico” italiano è localizzato non distante da Larderello, sul M. Amiata, dove viene prodotta energia elettrica da impianti di 120 MW. Oltre alla produzione di energia elettrica, gli impianti toscani forniscono acque per il riscaldamento domestico e di serre, per l’industria casearia e la piscicoltura e alimentano impianti per la produzione di CO<sub>2</sub> e acido borico. Recentemente sono stati scoperti altri campi interessanti in Lazio (Alfina e Cesano) e nell’area dei Campi Flegrei (Napoli), oltre che nell’area dei Colli Euganei (Veneto) e nel Ferrarese. Nel sottosuolo della Pianura Padana, a S. Donato Milanese (Lombardia), sono stati scoperti campi di acque calde a profondità tra i 1.900 e i 2.400 m, con temperature tra i 70 e gli 80 °C, e campi simili sono stati rilevati nel sottosuolo di Villaverla e Vicenza (Veneto) e Ferrara (Emilia Romagna). Proprio nel sottosuolo dell’area di Casaglia (Ferrara), dove sono stati scoperti acquiferi carbonatici a 1.200-2.000 m di profondità con temperature di 100 °C, è in corso di realizzazione uno dei più importanti progetti di teleriscaldamento geotermico a livello mondiale, che prevede il riscaldamento di decine di migliaia di abitazioni.

### **Energia pulita?**

L’energia geotermica viene universalmente considerata un’energia pulita. La caratteristica che rende questa fonte rinnovabile preferibile alle altre è la sua disponibilità costante. L’energia geotermica consente, infatti, di disporre di energia elettrica 24 ore su 24, 365 giorni l’anno. Nella sua condizione naturale il fluido geotermico si presenta nel serbatoio in forma di vapore, come avviene in Italia a Larderello, o in forma liquida come sul Monte Amiata. In entrambe le situazioni uno strato di rocce impermeabili isola il serbatoio geotermico dalle acque di falda superficiali. Il vapore acqueo è in genere associato ad altri gas, come H<sub>2</sub>S e CO<sub>2</sub> in misura variabile, e proprio la percentuale di questi gas cosiddetti incondensabili associata alla temperatura del fluido stesso determina poi la possibilità di reiniettare o meno tutto il fluido per alimentare nuovamente i serbatoi. Per estrarre questo fluido nel massimo rispetto e tutela delle falde superficiali, vengono effettuati pozzi con una struttura “a cannocchiale rovesciato” che assicura l’assenza di contaminazioni da parte del fluido geotermico nel suo cammino per arrivare in superficie. In questo percorso, il fluido cambia stato trasformandosi parzialmente in vapore. Si ha così una miscela acqua vapore caratterizzata da una elevata temperatura e quindi da un alto contenuto energetico. Per fluidi di questo tipo, in ogni parte del mondo, viene utilizzato il ciclo ad ammissione diretta del vapore con torri di raffreddamento di tipo evaporativo.

Il fluido reperito dal pozzo viene convogliato verso la centrale grazie ad una rete di trasporto del fluido integrata, progettata e realizzata scegliendo percorsi che seguono la morfologia del terreno e della vegetazione, sfruttandone le discontinuità per un migliore inserimento. Inoltre, nei tratti a maggiore visibilità, vengono realizzate schermature vegetali per ridurre l’impatto visivo delle operazioni di estrazione e trasporto del fluido geotermico. Dai vapordotti, il fluido ad alta temperatura viene inviato direttamente alla turbina generando così l’energia elettrica. Il fluido viene quindi convogliato al condensatore dove il vapore torna allo stato liquido mentre il gas viene separato per essere successivamente trattato.

Le centrali di nuova generazione, in Italia, sono dotate delle migliori tecnologie disponibili in campo ambientale. Il trattamento viene effettuato attraverso la tecnologia AMIS (Abbattitore Mercurio e Idrogeno Solforato-H<sub>2</sub>S). Il processo consente di abbattere in altissima percentuale il mercurio e l'idrogeno solforato. L'acqua estratta dal condensatore viene avviata alla torre refrigerante ad "umido" dove per effetto evaporativo si raffredda. La parte che evapora nuovamente nel processo viene immessa in atmosfera mentre la parte liquida in esubero viene reiniettata nel serbatoio geotermico.

Le torri di raffreddamento di nuova generazione sono progettate, negli impianti a tecnologia avanzata, con eliminatori ad altissima efficienza delle goccioline trascinate dall'atmosfera, il drift, e con ventilatori a bassa rumorosità; hanno inoltre dimensioni estremamente più contenute rispetto al passato e risultano molto più compatibili con il paesaggio circostante.

**Energia per sempre?** L'energia della Terra è, almeno alla scala della vita umana, apparentemente inesauribile; tuttavia, anche lo sfruttamento dei campi geotermici deve avvenire con un attento controllo e una gestione oculata delle risorse. I campi geotermici tendono progressivamente ad un naturale declino che può essere efficacemente contrastato attraverso la reiniezione studiata e mirata attraverso la conoscenza del serbatoio stesso. Una reiniezione non corretta porterebbe infatti ad un raffreddamento, che diminuisce la produttività e la capacità del serbatoio di rigenerarsi.

### Nuove frontiere

Lo sviluppo tecnologico e la necessità di recuperare energia dal maggior numero possibile di fonti stanno contribuendo alla riscoperta dell'energia geotermica e ad un aumento dei suoi campi di utilizzo: del calore "pulito e a buon mercato fornito dal nostro pianeta, nulla viene sprecato! Utilizzando sistemi di pompe di calore, che estraggono calore da un fluido impiegando modeste quantità di energia elettrica, calore che viene poi ceduto ad un serbatoio di calore, si possono utilizzare per il riscaldamento domestico acque con temperature molto basse, fino a 30-40° C. Le stesse acque sono utilizzabili anche direttamente con sistemi di riscaldamento a pannelli invece che a termosifoni.

Sono allo studio sistemi di sfruttamento dei cosiddetti campi di rocce calde secche. A profondità elevate (intorno ai 5.000 m), anche in condizioni di flussi di calore normali, la maggior parte delle rocce è sufficientemente calda da poter alimentare un sistema geotermico. Se il calore terrestre non manca mai, a volte, però, manca l'altro "ingrediente" fondamentale per l'utilizzo della risorsa geotermica: la circolazione dell'acqua in profondità. In questo caso, la natura deve essere "aiutata" a creare un serbatoio favorevole alla formazione di un sistema geotermico: acque fredde vengono immerse artificialmente in pozzi profondi, dopo aver provveduto alla fratturazione delle rocce circostanti per permettere all'acqua di infiltrarsi, in modo da ricreare un sistema acquifero simile ad un campo geotermico naturale, dal quale è possibile prelevare acque riscaldate. In alcune zone della Terra, come nel Golfo del Messico, sono stati scoperti sistemi geotermici a 4.000 m di profondità, in cui acque calde sono mescolate a metano ad altissime pressioni: in questo caso, lo sfruttamento ricaverebbe non solo energia geotermica, ma anche una notevole quantità di idrocarburi. Anche le isole Hawaii, con il calore dei numerosi vulcani attivi, costituiscono un terreno di sperimentazione



Energia / Geotermica / Conoscere la geotermica

formidabile. Per esempio, si sta sperimentando la produzione di idrogeno da acque molto calde a contatto con magmi vulcanici, le cui temperature sono intorno ai 900-1.200° C. Quella che però rappresenta l'ultimissima frontiera in questo campo di ricerca è la possibilità di immettere rifiuti organici a contatto con i magmi caldi per produrre idrocarburi gassosi. L'uomo sarà davvero in grado di riprodurre i processi della Natura per creare energia?

*Testo aggiornato ad agosto 2022*