

Comunicare la geotermia: sfide e strategie per svelare un'energia nascosta

Elisa Cannone, Laura Criscuolo, Martina Rosa Galione, Adele Manzella

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Geoscienze e Georisorse (CNR-IGG),
Pisa

“Not knowing, needing to know, and wanting to know.”
When science meets the public.

(Ziman, 1992)

1. *Introduzione*

Il nostro pianeta è una fonte inesauribile di energia, e una delle più promettenti si nasconde proprio sotto i nostri piedi. La geotermia, l'energia termica proveniente dall'interno della Terra, rappresenta una risorsa rinnovabile, pulita e praticamente illimitata (Manzella e Ungarelli, 2011).

Il calore geotermico – disponibile con continuità, indipendente da fattori climatici, stagionalità, e condizioni metereologiche – costituisce una fonte di energia estremamente affidabile e sicura, ideale per la produzione di elettricità e per il riscaldamento e il raffrescamento di ambienti e processi.

L'Italia è un paese particolarmente ricco di risorse geotermiche pregiate, di alta temperatura, grazie alla sua storia geologica estremamente dinamica, con ampie zone del territorio caratterizzate da accumuli di calore entro pochi chilometri di profondità. Questo calore si manifesta in fenomeni naturali come sorgenti termali, soffioni boraciferi e geysir, utilizzati fin dall'antichità per scopi terapeutici e industriali. Oggi, l'Italia si distingue nel panorama energetico mondiale, posizionandosi come primo produttore europeo e ottavo al mondo di energia elettrica da geotermia. La Toscana, con la storica centrale di Larderello – la prima centrale geotermoelettrica al mondo, costruita nel 1904 – è il cuore di questo settore, e vanta una solida rete di centrali geotermoelettriche e sistemi di teleriscaldamento geotermico. L'uso delle risorse geotermiche italiane non si limita alla produzione di energia elettrica, ma include applicazioni diffuse in tutto il paese come il teleriscaldamento, la balneologia, l'acquacoltura, la serri-coltura e per scopi industriali. L'Italia ha sviluppato una profonda competenza

nella gestione sostenibile delle risorse geotermiche profonde e nella mitigazione dell'impatto ambientale (Manzella *et al.*, 2018).

Nonostante questi traguardi ed il suo enorme potenziale, la geotermia soffre di una scarsa notorietà, ed è spesso eclissata da altre fonti rinnovabili più note, come l'energia solare ed eolica. Questo si può supporre essere in parte dovuto alla sua natura meno visibile: mentre gli impianti fotovoltaici ed eolici sono facilmente riconoscibili, le tecnologie geotermiche sono spesso nascoste sotto terra, e anche quelle superficiali sono, in rapporto, molto più contenute. Anche la mancanza di campagne di sensibilizzazione e informazione efficaci può aver contribuito alla scarsa conoscenza dell'argomento. Persino i sistemi geotermici per il riscaldamento ed il raffrescamento di ambienti mediante pompe di calore in Italia hanno visto uno sviluppo molto più recente rispetto ad altri paesi europei, e fanno fatica ad affermarsi malgrado possano essere installati praticamente ovunque.

Questo articolo esplora le sfide e le strategie per comunicare l'energia geotermica, con l'obiettivo di stimolare la comunità di ricerca e contribuire a una maggiore consapevolezza pubblica per promuovere la transizione energetica.

2. Problemi e sfide della comunicazione in geotermia

La complessità dei processi geologici che avvengono nel nostro pianeta rende estremamente difficile comunicare in modo efficace cosa è la geotermia e il suo funzionamento. Questi processi avvengono a grandi profondità e, per essere compresi, richiedono non solo conoscenze geologiche, ma anche fisiche, chimiche e ingegneristiche. Inoltre, la terminologia utilizzata dal settore non appartiene al linguaggio comune perché è altamente specializzata, e questo crea una barriera comunicativa che limita non solo la comprensione ma soprattutto l'interesse per l'argomento (Treise, Weigold, 2002).

Nel contesto sociale odierno, le persone tendono a percepire e dare valore a ciò che possono vedere e sperimentare direttamente, basti pensare alle fonti rinnovabili come l'energia solare o eolica, che hanno una manifestazione tangibile con pannelli fotovoltaici e turbine eoliche. La geotermia invece, è per sua natura "invisibile", lontana dalla percezione visiva e dall'esperienza quotidiana, e questo la rende meno "concreta" di altre fonti rinnovabili.

In realtà, è sufficiente pensare alle terme naturali: famose per le loro proprietà benefiche e terapeutiche, sono state utilizzate dalle diverse civiltà umane per migliaia di anni, ma raramente vengono associate ai processi geologici che le

hanno generate, né vengono percepite come una delle più evidenti manifestazioni naturali della geotermia.

A partire dall'esperienza empirica dei siti termali naturali, risulta piuttosto intuitivo immaginare molteplici altre applicazioni del calore idrotermale. Il calore diffuso naturalmente dalle acque di una piscina termale, può essere raccolto in un ambiente chiuso o convogliato per riscaldare altri spazi. E perché non usare il calore dei fluidi geotermici per la produzione di alimenti, così importanti nella quotidianità ed anche per l'economia italiana, ad esempio per le lavorazioni di formaggi e insaccati, ma anche di vini e altre bevande, per la coltivazione in serra di frutta e verdura o per l'itticoltura in vasche a temperatura controllata? D'altro canto, un aspetto che contribuisce alla complessità della comunicazione in geotermia è proprio la varietà delle tecnologie utilizzate e l'ampia gamma delle loro applicazioni: diverse tecnologie per la generazione di corrente elettrica (in base alla composizione chimico-fisica dei fluidi geotermici) e numerose altre per riscaldare e raffrescare ambienti, ad esempio scambiatori, pompe di calore, reti di distribuzione.

Questa energia, talvolta percepita come complessa e “nascosta”, può inoltre suscitare nelle comunità paure e preoccupazioni. Una di queste riguarda i potenziali impatti ambientali, e si manifesta, in particolare, quando l'estrazione di energia implica perforazioni profonde, che possono sembrare invasive e disturbanti per l'ambiente circostante. In psicologia ambientale, ciò che è percepito come lontano dall'esperienza quotidiana e potenzialmente pericoloso tende a generare inquietudine e resistenze, poiché appare inaccessibile e difficilmente controllabile (Breakwell, 2014): la “paura dell'ignoto”.

Sebbene le tecnologie moderne minimizzino tali rischi, l'idea di contaminazione invisibile combinata con la profondità a cui avvengono queste attività alimenta l'incertezza e la diffidenza. I rischi ambientali sono, in realtà, ben compresi e mitigati e possono essere efficacemente gestiti attraverso un'attenta pianificazione, un monitoraggio continuo e l'applicazione di tecnologie avanzate (Chen *et al.*, 2020; Gombert *et al.*, 2018). Oltretutto, le diverse tecnologie geotermiche implicano rischi diversi, quindi è necessario conoscere, distinguere ed evitare generalizzazioni. In assenza di esperienze dirette, la percezione dei rischi associati ai progetti geotermici può essere influenzata negativamente anche da “effetti alone”, ovvero dalla generalizzazione di preoccupazioni legate ad altri progetti energetici e tecnologici (ad es. minerari, o il fracking utilizzati nell'estrazione di idrocarburi), anche se non direttamente comparabili (Westlake *et al.*, 2023). Oggi, la comunicazione si trova ad affrontare sfide sempre più

complesse: da un lato deve rendere comprensibili e accessibili le informazioni scientifiche, modulando linguaggio e contenuti in base al pubblico e ai differenti contesti culturali e tecnologici; dall'altro è chiamata a rappresentare concetti astratti o "invisibili" in modo chiaro, evitando semplificazioni eccessive o analogie potenzialmente fuorvianti. Per essere davvero efficace, la comunicazione non può limitarsi a trasmettere informazioni, ma deve adottare un approccio proattivo e trasparente, configurandosi come uno spazio di dialogo che favorisca un confronto aperto e inclusivo, costruendo connessioni tra il sapere tecnico-scientifico e la società.

3. Strategie per una comunicazione efficace

Le molteplici sfide poste dalla geotermia richiedono di essere affrontate con un approccio multidisciplinare, che coinvolga non solo aspetti tecnici ed economici, ma anche sociali e comunicativi. Per superare questi ostacoli e promuovere lo sviluppo della geotermia, è fondamentale sviluppare strategie di comunicazione efficaci che sappiano informare, coinvolgere e rassicurare il pubblico. Negli ultimi quattro anni, è emersa una crescente preoccupazione all'interno del settore geotermico riguardo alla discrepanza tra la conoscenza specialistica e la percezione pubblica, che ha portato alla recentissima "dichiarazione sulla comunicazione" della geotermia¹. Organizzando una serie di incontri internazionali, la comunità geotermica ha osservato la frammentazione nella comunicazione nel settore, con associazioni geotermiche che adottano approcci diversi e incoerenti nella divulgazione dei benefici dell'energia geotermica. La mancanza di un messaggio univoco sta generando confusione e rischia di ostacolare la diffusione di questa fonte energetica. Tra le raccomandazioni emerse, spiccano la necessità di stabilire una definizione condivisa di energia geotermica e di sviluppare una narrazione semplice e coinvolgente che metta in luce la geotermia come una fonte energetica stabile, sostenibile e sicura, permettendo così di raggiungere un pubblico più ampio e diversificato.

È necessario che i partecipanti alla comunità scientifica del settore si impegnino nelle varie occasioni di disseminazione e divulgazione ad esporre in modo chiaro e semplice i concetti alla base della geotermia, spiegando come questa

¹ Baseload Capital and Geothermal Rising, White Paper "Declaration of Communication", 2024, https://geothermaldoc.com/Declaration_of_Communication_2024.pdf (ultimo accesso: 15 novembre 2024).

fonte di energia rinnovabile funzioni e quali vantaggi offre rispetto alle fonti tradizionali. È, inoltre, fondamentale anticipare e affrontare con trasparenza le preoccupazioni del pubblico, in particolare quelle legate agli impatti ambientali. Fornire esempi concreti e visibili, attraverso esperienze di comunità che utilizzano la geotermia, può rendere la tematica più tangibile e interessante. La narrazione, in questo caso, diventa uno strumento in grado di costruire ponti tra la conoscenza tecnica e la percezione comune, contribuendo a colmare il divario tra esperti e pubblico.

Esempi virtuosi di percorsi comunicativi efficaci, ci possono venire da altri paesi e da casi di successo. L'Islanda ad esempio ha saputo trasformare la geotermia in una risorsa strategica per il proprio sviluppo, integrandola pienamente nel suo tessuto sociale ed economico. In questo paese, i progetti geotermici sono percepiti come un elemento fondamentale per lo sviluppo locale e sono accompagnati da un forte coinvolgimento delle comunità. Grazie a una visione a lungo termine e a una forte collaborazione tra i diversi attori coinvolti, l'Islanda è diventata un punto di riferimento internazionale per la diffusione delle conoscenze e delle buone pratiche in ambito geotermico (Rohse *et al.*, 2024).

La psicologia sociale insegna che la trasparenza e la partecipazione sono elementi chiave per costruire la fiducia del pubblico. Coinvolgendo le comunità nelle decisioni e fornendo informazioni chiare e precise sulle tecnologie e sui controlli ambientali, è possibile ridurre significativamente le preoccupazioni legate ai nuovi progetti energetici (Devine-Wright, 2009).

Un percorso ideale prevederebbe il coinvolgimento attivo delle comunità locali fin dalle prime fasi di un progetto, attraverso incontri pubblici, forum di discussione e consultazioni, per costruire un ambiente di fiducia e collaborazione. La mancanza di questa partecipazione può generare attriti e rallentamenti problematici. Payera (2018) ne riporta un esempio, illustrando come i membri di una comunità locale cilena hanno lamentato la mancanza di coinvolgimento nei processi decisionali relativi ai progetti energetici, sottolineando la necessità di un approccio comunicativo bottom-up.

Un approccio equilibrato per giungere a decisioni consapevoli richiede l'integrazione di solidi dati scientifici con la comprensione del quadro geologico e con una profonda conoscenza del contesto locale, (Ryder *et al.*, 2023). È fondamentale che tutti gli attori coinvolti nel processo decisionale adottino una visione olistica, valutando non solo i benefici energetici, ma anche gli impatti

ambientali, sociali ed economici. In questo modo, le comunità possono prendere decisioni consapevoli sulla futura fornitura di energia, tenendo conto delle loro priorità e valori (Ejderyan *et al.*, 2020). Inoltre, una comunicazione di successo richiede una profonda conoscenza del pubblico di riferimento. Attraverso un'attenta analisi delle esigenze e delle aspettative della comunità di riferimento, è possibile sviluppare messaggi chiari che affrontino le principali preoccupazioni e rispondano alle domande più comuni.

Oltre alla comunicazione scritta e orale, anche quella visiva è chiamata a svolgere un ruolo fondamentale nell'avvicinare la società civile ad una corretta percezione delle tecnologie geotermiche. Molte delle immagini in circolazione relative alla geotermia si concentrano sulla vista di imponenti torri di raffreddamento alle quali sono associati vistosi pennacchi gassosi. Queste rappresentazioni, prive del loro contesto, possono creare nel pubblico un'immagine negativa e distorta, favorendo l'associazione – tanto intuitiva quanto fuorviante – del vapore acqueo proveniente dalle torri con presunte emissioni inquinanti, non potendo sottolineare invece la natura innocua di questo fenomeno.

È necessario sviluppare un nuovo linguaggio visivo che metta in evidenza i benefici ambientali e sociali di questa fonte di energia, e che sia in grado di comunicare in modo chiaro e semplice i principi fondamentali della geotermia. Al di là delle suggestive immagini di regioni vulcaniche, la comunicazione visiva sulla geotermia dovrebbe abbracciare una prospettiva più ampia, mostrando come questa energia rinnovabile sia integrata nel tessuto urbano e nelle comunità locali. Prodotti grafici adeguati potrebbero aiutare a visualizzare come i singoli cittadini - o le comunità - possono trarre benefici diretti dall'uso della risorsa geotermica nella vita di tutti i giorni, dall'utilizzo energetico privato, o aziendale, sino al raffrescamento e riscaldamento di edifici. È importante rappresentare la geotermia non solo come una risorsa energetica, ma anche come un elemento che contribuisce al benessere delle comunità e alla valorizzazione del territorio.

Per ridurre le barriere comunicative che separano il pubblico dalla comprensione dei processi geotermici, è necessario un investimento nelle attività educative, nella creazione di contenuti accessibili, nell'utilizzo di un linguaggio chiaro e comprensibile a un pubblico non specialistico e nell'utilizzo di strumenti di comunicazione diversificati, che comprenda sia contenuti web e social, sia eventi locali e la distribuzione di materiale divulgativo. Iniziative come percorsi interattivi, animazioni e simulazioni possono offrire una rappresentazione più intuitiva dei fenomeni, avvicinando il pubblico a un tema che altrimenti risulterebbe astratto e complesso. Anche il coinvolgimento delle scuole e delle università

nel diffondere una cultura scientifica di base sulla geotermia potrebbe aiutare a costruire una comprensione più profonda e duratura.

4. *La geotermia in immagini e parole: approcci ed esperienze*

La geotermia è stata recentemente protagonista di numerose attività di divulgazione scientifica a cura del team di autrici, espressamente concepite per avvicinare diversi tipi di pubblico a questa fonte energetica sostenibile. Alcune di queste attività sono state realizzate nel contesto di eventi divulgativi, caratterizzati da un'interazione diretta con un pubblico non specializzato. Altre, invece, hanno riguardato la produzione di contenuti grafici e testuali finalizzati alla comunicazione verso un pubblico di professionisti e decisori pubblici.

Il team, caratterizzato da una formazione multidisciplinare, ha concentrato i propri sforzi nella produzione di contenuti personalizzati e mirati, con l'obiettivo di rendere il tema della geotermia più accessibile, concreto e coinvolgente.

Un'importante occasione di dialogo con il pubblico si è realizzata in concomitanza con le celebrazioni per il Centenario del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Il 15 giugno del 2023 presso l'Area della Ricerca del CNR di Padova è stata organizzata una giornata dedicata all'innovazione energetica, durante la quale la cittadinanza ha avuto l'opportunità di percorrere il "viale dell'energia sostenibile" e incontrare ricercatori e ricercatrici.

Il contributo presentato – un roll-up intitolato "La geotermia per la decarbonizzazione" (fig. 1) – ha offerto una raffigurazione intuitiva della correlazione tra profondità, temperatura del sottosuolo e possibili applicazioni geotermiche. Guidati dal poster e dalle ricercatrici, i visitatori hanno potuto esplorare l'ampio ventaglio di utilizzi delle risorse geotermiche, a partire da quelli a bassa temperatura – quali l'acquacoltura e la coltivazione in serra – fino a quelli basati sulle temperature più elevate, come la produzione di energia elettrica. Focalizzando l'attenzione sulle risorse presenti nel territorio padovano, in particolare il distretto termale di Abano, l'attività ha voluto promuovere un senso di appartenenza e partecipazione attiva alla valorizzazione delle energie rinnovabili.

La Notte Europea della Ricerca, un'iniziativa promossa dalla Commissione Europea, è un'importante vetrina per la divulgazione scientifica, offrendo a cittadini, studenti, studentesse e comunità locali l'opportunità di avvicinarsi al mondo della ricerca in modo diretto e coinvolgente. Nell'edizione 2023, tra le tante attività proposte nelle diverse città italiane, è stata organizzata nell'Area della ricerca CNR di Pisa una sessione di mini-TED Talk, che ha rappresen-

tato un'ulteriore occasione per stimolare la curiosità e la voglia di approfondire diverse tematiche scientifiche. Il format, caratterizzato dall'utilizzo di un linguaggio semplice e diretto e dall'impiego di aneddoti personali, si è dimostrato uno strumento efficace nel rendere il tema della geotermia accattivante per un pubblico ampio e variegato. Il mini-TED proposto si è concentrato sullo speciale ruolo che da sempre ha giocato la Regione Toscana – e l'area di Larderello (PI) in particolare – nello sviluppo delle applicazioni geotermiche, grazie a peculiari conformazioni geologiche del sottosuolo. Sin dal titolo – “I Toscani lo sanno?” – si è voluto stimolare la curiosità del pubblico locale ed evidenziare la vicinanza di quanto narrato con il vissuto personale dei presenti.

Le immagini evocative, come quella della cucina di casa (fig. 2), hanno reso tangibile l'impatto della geotermia sulla vita quotidiana, mentre l'enfasi sul ruolo della Toscana ha contribuito a creare un senso di appartenenza e di orgoglio locale (fig. 3). Il risultato è stato creare in soli 8 minuti un messaggio chiaro e coinvolgente, in grado di stimolare la curiosità del pubblico e di promuovere una maggiore consapevolezza delle potenzialità di questa fonte di energia rinnovabile.



Figura 2

Immagine estratta dalla presentazione dinamica del mini-TED talk: componenti di una abitazione che possono ricevere contributi da applicazioni della geotermia

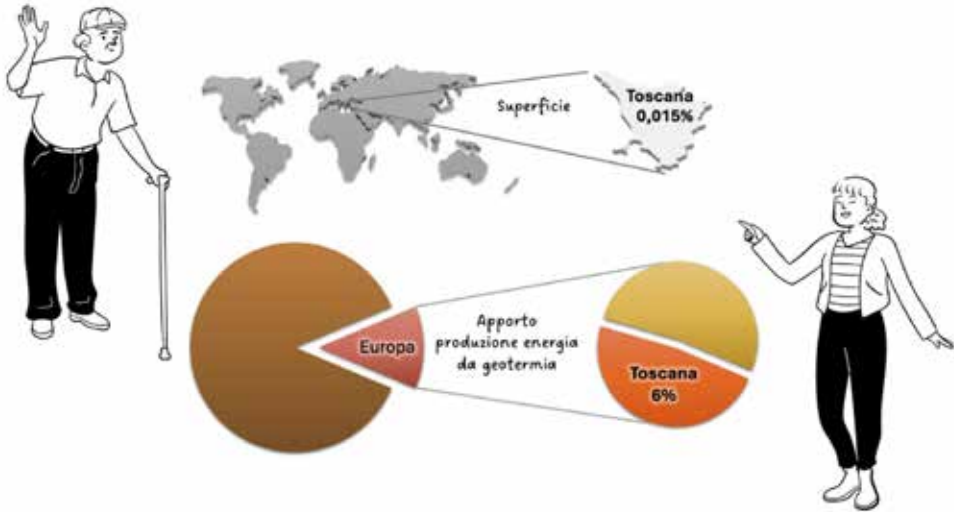


Figura 3

Immagine estratta dalla presentazione dinamica del mini-TED talk:
il contributo della Toscana alla produzione di energia elettrica da geotermia.
n territorio che occupa lo 0,015% delle terre emerse
fornisce il 6% della produzione mondiale

L'evento organizzato il 19 giugno 2024 presso la Ludoteca Universitaria Scientifica di Pisa "L'energia del futuro ha i piedi per terra: le risorse geologiche contro i cambiamenti climatici" è stata un'opportunità magnifica per avvicinare i più piccoli al mondo della geotermia attraverso esperimenti pratici e giochi interattivi. Per l'occasione, è stato realizzato un modellino 3D di un sistema idrotermale (fig. 4), dotato di un meccanismo a soffione (simulato con farina). Esso ha permesso di visualizzare in modo semplice e intuitivo il funzionamento di un sistema idrotermale: il meccanismo che consente la ricarica delle rocce serbatoio, l'influenza che una anomalia geotermica esercita sulla temperatura dei fluidi nel sottosuolo, il processo di risalita naturale dei fluidi geotermici in superficie, e la loro estrazione da parte di un semplice impianto. Una seconda attività – basata su un poster magnetico e su un set di calamite mobili (fig. 5) – ha consentito ai bambini e alle bambine di confrontarsi tra loro, ipotizzando quali temperature del fluido geotermico sono necessarie per le diverse applicazioni geotermiche (terme, serre, riscaldamento domestico, acquacoltura, generazione

Comunicare la geotermia

di corrente elettrica). Questa attività interattiva ha aiutato i piccoli partecipanti a comprendere la versatilità della geotermia e le sue applicazioni pratiche, rendendo l'apprendimento un'esperienza ludica e coinvolgente.



Figura 4
Modello 3D del sistema idrotermale



Figura 5
Gioco magnetico per applicazioni geotermiche

Oltre a progettare attività di divulgazione, il gruppo di lavoro è stato incaricato, in diverse occasioni, della realizzazione di materiale grafico destinato a prodotti tecnici per la disseminazione. Se nel primo caso i destinatari della comunicazione erano pubblici generici non specializzati, in questo contesto i prodotti erano destinati ad utenti in possesso di conoscenze geotermiche di base, solitamente aventi ruoli tecnici e decisionali, in entrambi i settori pubblico e privato.

Numerose rappresentazioni tecniche e grafici sono reperibili in letteratura per illustrare processi, componenti o sintetizzare tecnologie. Tuttavia, il livello di approfondimento o lo stile grafico delle immagini disponibili spesso non risultano funzionali alla comunicazione del messaggio verso un pubblico diverso da quello per cui sono state prodotte. In alcuni di questi casi può essere sufficiente procedere con un riadattamento mirato dei prodotti grafici disponibili; in altri si rende necessario progettare nuove visualizzazioni e sintesi funzionali. Si riportano nelle figure 6a e 6b due esempi di riadattamento a partire da immagini di letteratura. Nel primo caso Dickson e Fanelli (2004) fornivano una rappresentazione estremamente efficace di un sistema idrotermale, che conteneva già in sé tutti i contenuti desiderati (fig. 6a), ma risultava poco leggibile a causa di scelte cromatiche e formali poco felici. È stato sufficiente procedere ad un aggiornamento estetico per ottenere un risultato stilisticamente più adatto al contesto di riferimento e visivamente più riposante (fig. 6b).

Similmente si è proceduto nel caso riportato in figura 7. La necessità in questa circostanza era quella di rielaborare un'immagine originale, spostando l'attenzione del lettore su nuovi elementi. Se la prima versione era tesa a descrivere nel dettaglio la corrispondenza delle principali aree geotermiche con i margini delle zolle crostali (fig. 7a), nella seconda si voleva invece focalizzare l'attenzione su una informazione di nuova introduzione, la distribuzione geografica della produzione geotermica (fig. 7b). Per ottenere questo obiettivo senza appesantire eccessivamente la rappresentazione si è scelto di semplificare i dettagli geologici non essenziali, e di utilizzare il colore per introdurre il nuovo strato informativo. Questa scelta ha permesso di mantenere la ricchezza dell'informazione, pur non impattando sulla leggibilità della figura. I colori e i simboli sono stati scelti per ottimizzare il contrasto cromatico e l'accessibilità visiva. È stata anche adottata una proiezione geografica più diffusa, selezionata appositamente per risultare più familiare e favorire una comprensione immediata dell'immagine.

In altre situazioni si è reso necessario produrre rappresentazioni grafiche ex-novo per sintetizzare o integrare concetti anche complessi, ed ottimizzarne

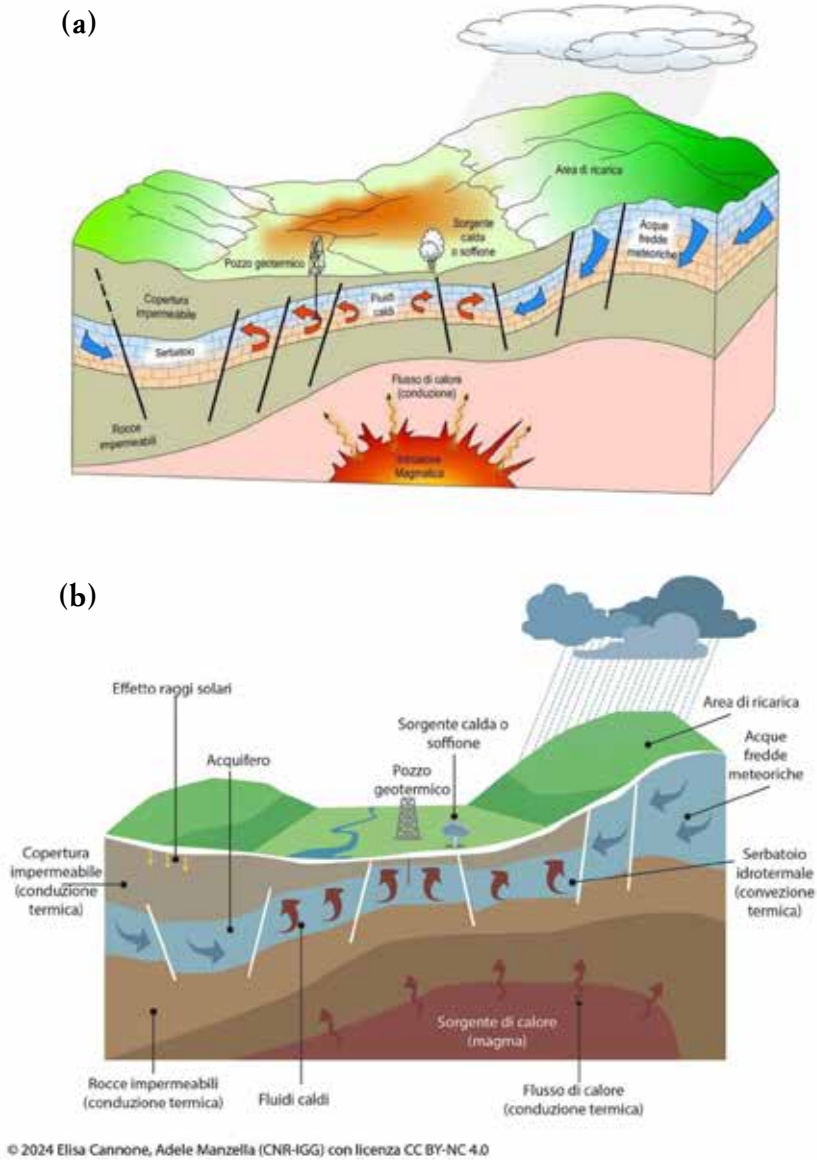
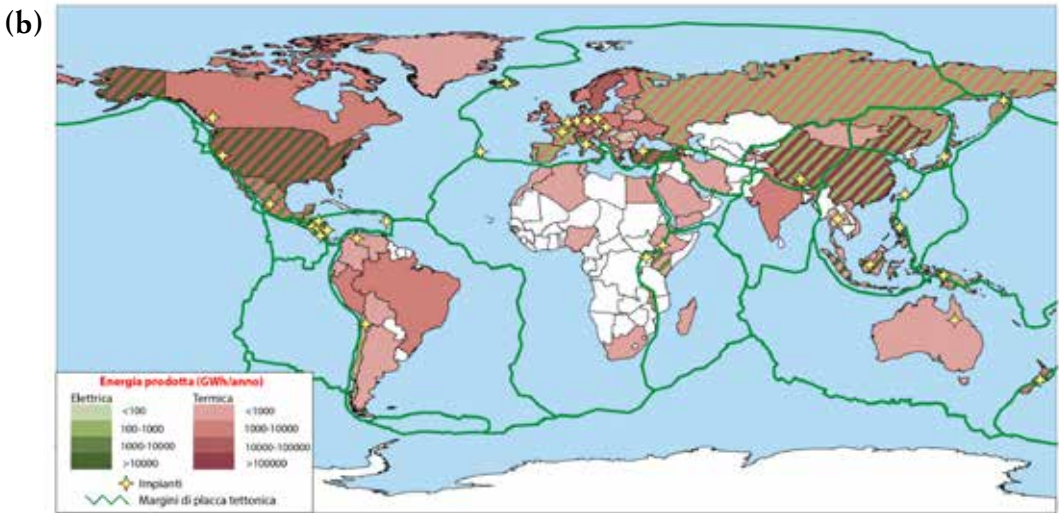


Figura 6
Confronto tra lo schema del sistema idrotermale
di Dickson e Fanelli (2004) (a), e la nuova edizione (b)



This work © 2024 by Laura Criscuolo, Elisa Cannone, Martina Rosa Galione, Adele Manzella (CNR-IGG) is licensed under CC BY-NC 4.0

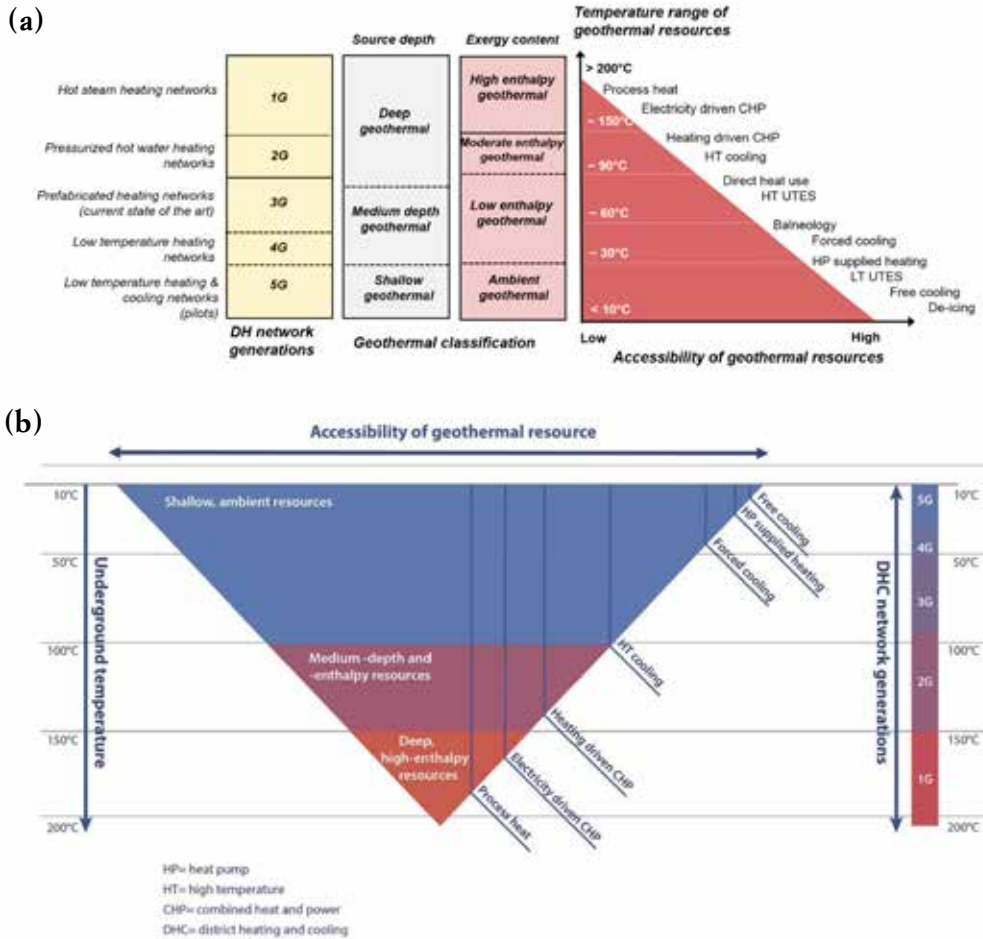
Figura 7

Confronto fra l'illustrazione di ispirazione originaria, che mostra la corrispondenza delle principali aree geotermiche con i margini delle zolle crostali secondo Dickson e Fanelli (2004) (a), e l'illustrazione prodotta aggiungendo il dato circa la distribuzione geografica della produzione geotermica (b)

la leggibilità per un pubblico già focalizzato (tecnici, amministratori pubblici, aziende private).

Un caso esemplare è stato affrontato nel corso dell'incarico ricevuto nell'ambito della COST Action europea "Geothermal District Heating and Cooling" (C.A. 18219). Sebbene alcune rappresentazioni tecniche fossero state recuperate o prodotte dal team della COST Action, esse apparivano talvolta di difficile lettura, concentrando più livelli informativi in schemi affollati di difficile interpretazione. Lo schema di fig. 8a, ad esempio, rappresenta in un'unica composizione – che vorrebbe essere sintetica – diversi sistemi di classificazione delle reti di teleriscaldamento geotermico, uniti all'informazione di come varia l'accessibilità delle varie tecnologie in base alla temperatura richiesta. Diverse buone pratiche di comunicazione visiva sono state adottate per rielaborare e rendere più leggibile il messaggio contenuto in questa rappresentazione, senza perdere contenuto informativo. Innanzitutto è stato necessario isolare il principale messaggio che l'immagine vuole veicolare, ovvero il fatto che le risorse geotermiche profonde e di alta temperatura sono disponibili in modo limitato, mentre con le risorse più superficiali – e le tecnologie geotermiche che le utilizzano – hanno disponibilità progressivamente crescente. La recente diffusione di tecnologie di teleriscaldamento ad approvvigionamento superficiale risulta di conseguenza strategica per la sua ampia applicabilità. Tale concetto è stato reso centrale nella rappresentazione di fig. 8b, nella quale un triangolo rovesciato visualizza l'andamento correlato di profondità e accessibilità della risorsa, sfruttando il posizionamento convenzionale delle risorse profonde in basso e di quelle superficiali in alto (posizionamento ribaltato rispetto al grafico precedente). L'uso del colore crea contrasto dallo sfondo, facilita la lettura ed introduce l'informazione circa la classificazione basata sull'entalpia, collegandola intuitivamente alle temperature sotterranee. La profondità delle risorse associate alle diverse tecnologie è rappresentata in maniera discreta con linee verticali, associabili intuitivamente ai pozzi di estrazione. L'ulteriore classificazione, basata sulle generazioni delle tecnologie di teleriscaldamento, è riportata su una barra verticale a destra, che riprende la convenzione cromatica e non distoglie l'attenzione dal messaggio centrale. Le stesse informazioni di fig. 8a sono così rielaborate in fig. 8b in maniera da accompagnare l'utente in una lettura guidata più semplice ed intuitiva dei concetti rappresentati.

Ancora nell'ambito della COST Action europea si è reso necessario normalizzare la rappresentazione grafica delle principali tecnologie di teleriscaldamento geotermico. Le stesse venivano infatti descritte nei prodotti della ricerca appoggiandosi ad immagini di letteratura di varia provenienza, tra loro estre-



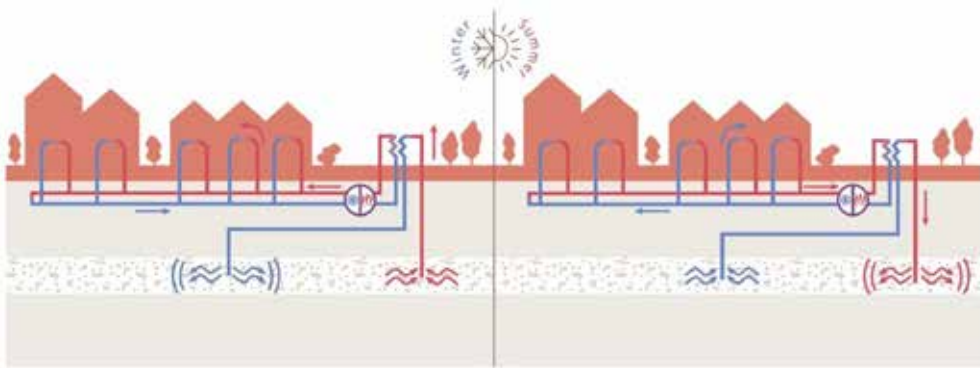
This figure © 2024 by Laura Criscuolo, Elisa Cannone, Martina Rosa Galone, Adele Manzella (ICNR-IGG) is licensed under CC BY-NC 4.0

Figura 8

Rappresentazione schematica delle principali tecnologie di teleriscaldamento geotermico in funzione delle temperature della risorsa e in rapporto a diverse classificazioni (Goetzl *et al.*, 2022) (a) e rielaborazione degli autori (b)

mamente diversificate, come stile e contenuti, e per questo non confrontabili. Il gruppo di lavoro ha proposto e realizzato una serie di rappresentazioni aventi una simbologia omogenea e uno stile uniformato, con elementi grafici stilizzati, in cui il lettore possa concentrarsi sugli elementi principali del sistema e sulle

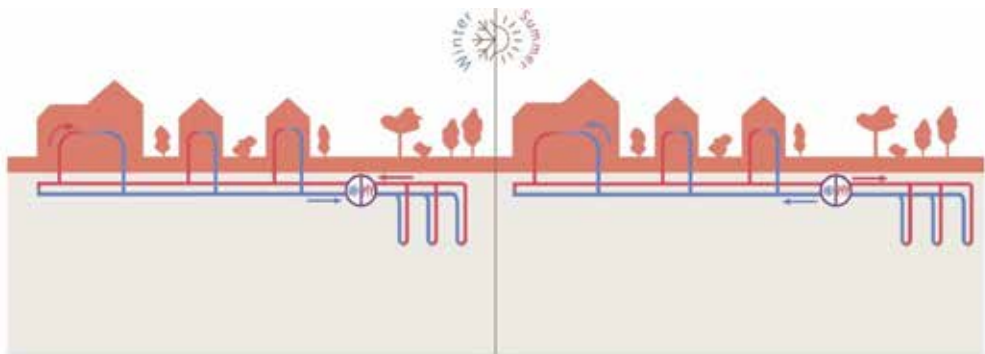
caratteristiche che differenziano le diverse tecnologie. Si riportano, a titolo di esempio, due figure della serie, che comprende in totale 7 tecnologie. La figura 9 mostra lo schema più semplice della serie, una rete di teleriscaldamento alimentata mediante presa e restituzione in sottosuolo di fluidi sotterranei (tecnologia ATEs, *Aquifer Thermal Energy Storage*). La figura 10 rappresenta una analoga



This figure © 2024 by Laura Criscuolo, Elisa Cannone, Martina Rosa Galione, Adele Manzella (CNR-IGG) is licensed under CC BY-NC 4.0

Figura 9

Schema di sistemi di teleriscaldamento con presa e restituzione di acqua sotterranea sotterranei, in modalità invernale (riscaldamento, a sinistra) ed estiva (raffrescamento, a destra)



This figure © 2024 by Laura Criscuolo, Elisa Cannone, Martina Rosa Galione, Adele Manzella (CNR-IGG) is licensed under CC BY-NC 4.0

Figura 10

Schema di sistemi di teleriscaldamento con scambiatori di calore sotterranei, in modalità invernale (riscaldamento, a sinistra) ed estiva (raffrescamento, a destra)

rete, in cui il fluido circola in una serie di tubi chiusi, senza che vi sia prelievo dall'acquifero (tecnologia GCHP, *Ground Coupled Heat Pump*). Entrambi gli schemi rappresentano il funzionamento dei sistemi in inverno e in estate, per produrre rispettivamente il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti serviti. La diffusione di immagini di questo tipo collabora nel mostrare come i sistemi di riscaldamento e raffrescamento geotermici possano adattarsi a diversi scenari geologici, alle condizioni stagionali e alle diverse esigenze energetiche, migliorando l'efficienza energetica e riducendo le emissioni di carbonio nelle applicazioni residenziali e commerciali.

5. Considerazioni conclusive

La comunicazione scientifica è considerata essenziale per un'efficace partecipazione del pubblico al dibattito pubblico e al progresso scientifico. Tuttavia, come evidenziato da diversi autori (Hartz, Chappell, 1997; Nelkin, 1995; Ziman, 1992), le attuali pratiche comunicative presentano diverse criticità in termini di chiarezza, accessibilità e inclusività. La complessità dei contenuti scientifici, il divario tra esperti e pubblico e l'inadeguatezza dei formati tradizionali a coinvolgere un pubblico diversificato rappresentano alcune delle principali sfide da affrontare.

Nel settore geotermico, queste carenze si traducono in una scarsa consapevolezza pubblica e in un'adozione limitata delle tecnologie. Nonostante i significativi benefici ambientali della geotermia, tra cui la riduzione delle emissioni di gas serra e la dipendenza dai combustibili fossili, questa tecnologia resta meno conosciuta rispetto ad altre fonti rinnovabili come l'eolico e il solare². A causa dello svantaggio percettivo, la geotermia rischia di rimanere ignorata e di non avere il supporto pubblico, politico ed economico necessario per la crescita di questo settore.

Per affrontare tali sfide, è essenziale una comunicazione chiara, coerente e inclusiva, capace di bilanciare comprensibilità e accuratezza attraverso una semplificazione mirata (il cosiddetto "trade-off della semplificazione"). Gli strumenti visuali come infografiche e modelli 3D possono rendere concetti

² IRENA (International Renewable Energy Agency), "Geothermal Energy", <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Geothermal-energy> (ultimo accesso: 15.11.2024).

complessi più comprensibili, ma devono evitare di offrire una visione parziale (Akin, Scheufele, 2017).

Parallelamente, il settore geotermico deve adottare pratiche di coinvolgimento sociale che siano inclusive e continue, rispondendo sia alle specificità tecniche sia alle sfide sociali. Processi di consultazione e deliberazione pubblica, dove le tecnologie geotermiche siano presentate come opzioni concrete per il futuro energetico, possono favorire una valutazione consapevole da parte dei cittadini. Presentare i benefici concreti alle comunità locali – come le opportunità lavorative, la possibilità di risparmio energetico, il potenziale coinvolgimento nella gestione dei progetti – rafforza ulteriormente il consenso. La trasparenza sui rischi e sulle misure di mitigazione, accompagnata da un dialogo continuo con le comunità, è inoltre essenziale per consolidare il supporto pubblico.

Per raggiungere un'adozione più ampia e consapevole della geotermia, è auspicabile inoltre che il mondo della ricerca si applichi nel rafforzare lo sforzo di comunicazione e nel sostenere collaborazioni interdisciplinari tra scienze tecniche e scienze sociali, a supporto di una crescita equa e sostenibile del settore.

Bibliografia

- Akin H., Scheufele D.A. (2017), *Overview of the science of science communication*, «The Oxford Handbook of the Science of Science Communication», pp. 25-33.
- Breakwell G.M. (2014), *The Psychology of Risk*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Chen S., Zhang Q., Andrews-Speed P., Mcllellan B. (2020), *Quantitative assessment of the environmental risks of geothermal energy: A review*, «Journal of Environmental Management», 276, 111287. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111287>.
- Dickson M., Fanelli M. (2024), *Che cos'è la geotermia?*, pubblicazione online di Unione Geotermica Italiana. [http://www.unionegeotermica.it/pdfiles/cos'è%20l'energia%20geotermica.pdf](http://www.unionegeotermica.it/pdfiles/cos%20è%20l'energia%20geotermica.pdf) (ultimo accesso: 15.11.2024).
- Devine-Wright P. (2009), *Rethinking NIMBYism: The role of place attachment and place identity in explaining place-protective action*, «Journal of Community & Applied Social Psychology», 19(6), pp. 426-441.
- Ejderyan O., Ruef F., Stauffacher M. (2020), *Entanglement of top-down and bottom-up: Sociotechnical innovation pathways of geothermal energy in Switzerland*, «The Journal of Environment and Development», 29(1), pp. 99-122. <https://doi.org/10.1177/1070496519886008>.
- Goetzl G. et al. (2022), *Pathways to better integrate geothermal energy at its full techno-*

- logical scale in European heating and cooling networks*, «European Geologist Journal, The Journal of the European Federation of Geologists», 54.
- Gombert P., Lahaie F., Cherkaoui A. (2018), *State of knowledge about the risks, impacts and potential inconveniences associated with deep geothermal*. INERIS. https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/DRS-18-171541-05971A-RAP-risques_geothermie-v19c-english-finale%20%28003%29.pdf (ultimo accesso 15.11.2024).
- Hartz J., Chappell R. (1997), *How Distance between Science and Journalism Threatens America's Future*, First Amendment Center, Nashville (TN).
- Manzella A. et al. (2018), *Environmental and social aspects of geothermal energy in Italy*, «Geothermics», 72, pp. 232-248.
- Manzella A., Ungarelli C. (2011), *La geotermia*, il Mulino, Bologna.
- Nelkin D. (1995), *Selling Science: How the press covers science and technology*, rev. ed., Freeman, New York.
- Payera S.V. (2018), *Understanding social acceptance of geothermal energy: Case study for Araucanía region, Chile*, «Geothermics», 72, pp. 138-144.
- Ryder S.S., Dickie J.A., Devine-Wright P. (2023), "Do you know what's underneath your feet?": *Underground landscapes and place-based risk perceptions of proposed shale gas sites in rural British communities*, «Rural Sociology», 88(4), pp. 1131-1162. <https://doi.org/10.1111/ruso.12513>.
- Rohse M. et al. (2024), *Prioritise Inclusive, early, and continuous societal engagement to maximise the benefits of geothermal technologies*, in A. Crowther, C. Foulds, R. Robison, G. Gladkykh (eds), *Strengthening European Energy Policy*, Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-66481-6_3.
- Treise D., Weigold M.F. (2002), *Advancing science communication: A survey of science communicators*, «Science Communication», 23(3), pp. 310-322.
- Westlake S., John C.H.D., Cox E. (2023), *Perception spillover from fracking onto public perceptions of novel energy technologies*, «Nature Energy», 8, pp. 149-158.
- Ziman J. (1992), *Not knowing, needing to know, and wanting to know*, in B. Lewenstein (ed.), *When Science Meets the Public*, American Association for the Advancement of Science, Washington DC, pp. 13-20.