Sismicità indotta

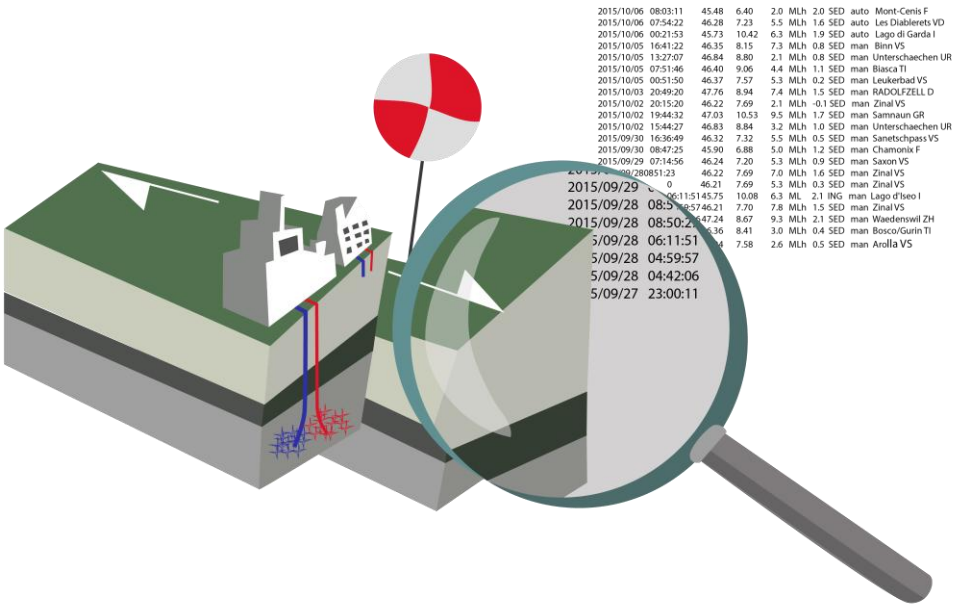
Versione agosto 2025

Materiale didattico sviluppato dal Servizio Sismico Svizzero (SED) con sede all'ETH di Zurigo in collaborazione con l'Università di Losanna e il Centro Formativo Prevenzione Sismica (CPPS) di Sion.

Accesso
Pubblica

Questioni legali
Questa unità didattica può essere scaricata senza limitazioni e utilizzata gratuitamente per scopi didattici. Sono consentite anche modifiche e adattamenti. Il riferimento all'origine dei materiali e alla fonte corretta, ad esempio per i grafici e le immagini, non può essere rimosso.

Ulteriori informazioni
Ulteriori informazioni su questa unità didattica e su altri moduli sono disponibili sul sito web del Servizio Sismico Svizzero (SED) con sede all'ETH di Zurigo all'indirizzo www.seismo.ethz.ch.



Panoramica

Durata	– 4 x 45 min. (due lezioni doppie)
Conoscenze preliminari	– Modulo introduttivo sul tema dei terremoti – Rischio sismico e pericolosità sismica in Svizzera – Strategia climatica ed energetica della Svizzera (facoltativo)
Obiettivi di apprendimento (Livelli cognitivi)	– Gli allievi comprendono cosa sono i terremoti indotti. – Gli allievi conoscono diverse cause naturali e antropiche che possono provocare terremoti. – Gli allievi sono in grado di riflettere criticamente sul rischio di terremoti indotti nei progetti di geotermia. – Gli allievi sono in grado di contribuire con argomenti corretti da diverse prospettive al dibattito pubblico sul tema della geotermia.
Materiale necessario	– Computer portatile o tablet – Connessione Internet
Ulteriori Informazioni	– Terremoti indotti: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/causes-of-earthquakes/induced – La geotermia in breve: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/geothermal-energy-earthquakes/geothermal-energy-in-a-nutshell – BedrettoLab: www.bedrettolab.ethz.ch – Geo-Energie Suisse – Centro svizzero di competenza per la geotermia profonda: www.geo-energie.ch – Obiettivi e strategie della politica climatica: www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/clima/klimapolitik/ziele-und-strategien.html – Raccolta di Raspberry Shake sulla sismicità indotta (in inglese): https://shop.raspberryshake.org/category/induced-seismicity/?srsltid=AfmBOopT0fnpM1P5NP2KRWPo_VV_IOTeog-ahVp1BDgCjzx8Z-u2O3NJ – Associazione federale tedesca per la geotermia – vari materiali didattici sulla geotermia: https://www.geothermie.de/bibliothek/downloads – Pubblicazione TA-Suisse “Energia elettrica dal sottosuolo”: https://www.ta-swiss.ch/publikationen

Struttura e contenuti del modulo

1. Terremoti: causati dall'uomo? 4

2. Cosa sono i terremoti indotti? 5
2.1 Indotti vs. naturali 5

3. Geotermia 9
3.1 La terra calda come fonte di energia 9
3.2 Geotermia profonda 10
3.3 Stimolazione idraulica: il principio 14
3.4 Terremoti indotti nei progetti di geotermia 15
3.5 Geotermia nel dibattito: ricerca, società e politica 17

1. Terremoti: causati dall'uomo?

Domanda iniziale: Gli esseri umani o altri fattori possono provocare terremoti?

- Formate un gruppo di 3 o 4 persone.
- Discutete insieme queste domande e prendete appunti sulle vostre idee, così da poterle presentare successivamente alla classe:

1. Credete che gli esseri umani possano provocare terremoti? Se sì, come potrebbero farlo? Se no, perché no?

2. Riuscite a immaginare che, oltre alla tettonica delle placche, esistano altre cause che possono provocare terremoti? Se sì, quali potrebbero essere? E come potrebbe verificarsi un terremoto di questo tipo?

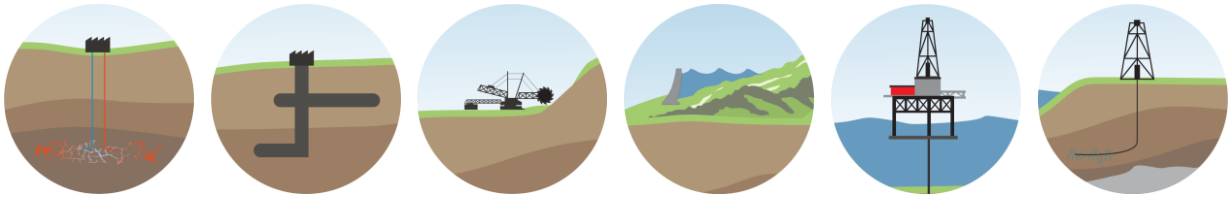
Figura 1. Immagine simbolica © Adobe Stock

2. Cosa sono i terremoti indotti?

La Terra è in continuo movimento: da qualche parte nel mondo c'è sempre un terremoto. Il Centro nazionale di informazione sismica degli Stati Uniti localizza ogni anno circa 20 000 terremoti in tutto il mondo, ovvero circa 55 al giorno. Tuttavia, si tratta solo dei terremoti rilevati dalle stazioni di misurazione sismica. In realtà, ce ne sono molti altri che passano inosservati.

La causa principale dei terremoti è la tettonica delle placche, ma alcuni sono provocati dall'uomo. In questo caso, la scienza parla di «**terremoti indotti**», «**sismicità indotta**» o «**terremoti causati dall'uomo**».

I terremoti indotti sono causati principalmente da interventi tecnici di grande entità nel sottosuolo, che provocano variazioni di tensione nella crosta terrestre. Ne sono un esempio:



Geotermia | **Lavori dell'industria mineraria** | **Scavi a cielo aperto** | **Laghi artificiali** | **Estrazione di petrolio e gas, stoccaggio della CO_2** | **Gas de argille, fracking**

2.1 Indotti vs. naturali

I terremoti indotti **non** differiscono fisicamente dai terremoti naturali. Anch'essi sono causati da un improvviso rilascio di tensione lungo le fratture della crosta terrestre. Per questo motivo, i terremoti indotti sono difficilmente distinguibili dai terremoti naturali.

Con poche eccezioni, i terremoti indotti sono **molto piccoli** e **non percepibili** o **appena percettibili** in superficie. La posizione esatta, la forza e il momento in cui si verificano i terremoti indotti non possono essere controllati.

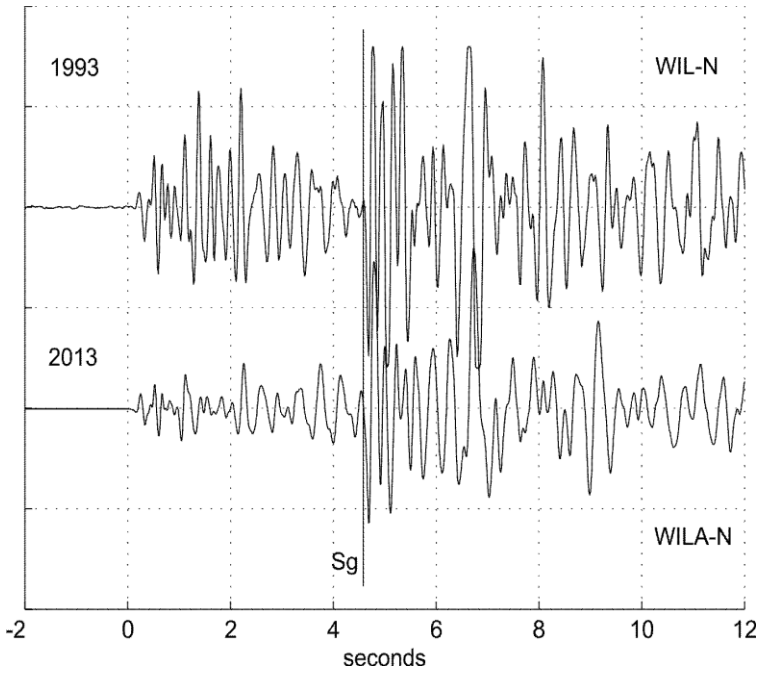


Figura2 Sismogramma di un terremoto naturale (1993) e di un terremoto indotto (2013).

Esercizio 1: Cause dei terremoti indotti

- Apri la seguente infografica interattiva: www.seismo.ethz.ch/de/static/interactive_images/eq_induced/manmade_eq_IT.html
- Rispondi alle seguenti tre domande cliccando sui diversi cerchi nell'infografica:

Figura 3. Origini dei sismi causati dall'uomo.

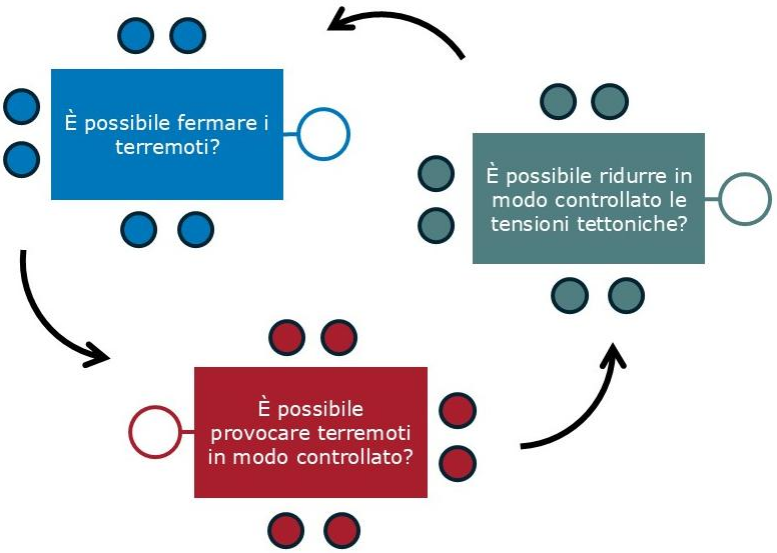
1. Qual è la causa di un possibile terremoto indotto in **laghi artificiali**?

2. Quali attività umane possono causare **variazioni di volume** e cosa si intende esattamente con questo?

3. Cosa può aumentare **la pressione nei pori** della roccia e perché questo può provocare terremoti?

Esercizio 2: Esperimenti mentali

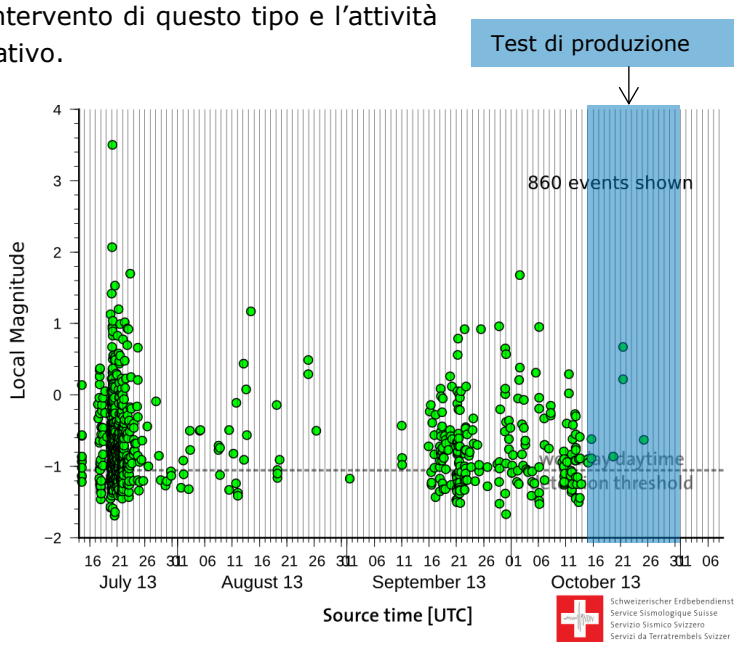
1. Ci sono tre esperimenti mentali, ciascuno dei quali prevede un tavolo di discussione.
2. Scegliete un moderatore o una moderatrice per ogni tavolo. Questa persona condurrà la discussione e supervisionerà il rispettivo esperimento mentale. I moderatori rimangono sempre allo stesso tavolo.
3. Dividete la classe in tre gruppi.
4. Ogni gruppo ha 15 minuti di tempo per discutere le domande del tavolo corrispondente.
5. Il moderatore o la moderatrice annota i punti più importanti su carta (o in formato digitale).
6. Dopo 15 minuti, ogni gruppo cambia tavolo (i moderatori rimangono al loro posto).
7. Alla fine, ogni moderatore presenta alla classe ciò che è stato discusso al proprio tavolo.



Esperimento mentale 1: È possibile fermare i terremoti?

Immaginiamo di poter ridurre la pressione dei pori lungo una faglia pompando via l'acqua dalla roccia. In teoria, ciò dovrebbe ridurre la probabilità di ulteriori scosse. A San Gallo, nel 2013, è stato effettivamente realizzato un intervento di questo tipo e l'attività sismica è diminuita in modo significativo.

Domanda di discussione:
Sarebbe possibile ridurre in modo mirato la probabilità dei terremoti?



Esperimento mentale 2: È possibile ridurre in modo controllato le tensioni tettoniche?

Invece di rischiare un forte terremoto con danni ingenti, non sarebbe meglio se le tensioni nel sottosuolo si riducessero sotto forma di tanti piccoli terremoti? Non dovremmo quindi essere grati per i terremoti indotti?

Questo argomento è in discussione già da tempo ed è stato ripreso dopo i progetti realizzati a Basilea e San Gallo. In parte, sembra davvero funzionare.

Ma quanto è forte un terremoto di magnitudo 7, ad esempio?
- Un terremoto di questo tipo ha tipicamente una lunghezza di rottura di circa 50 km, pari alla distanza tra Zurigo e Lucerna, con uno spostamento di diversi metri.

E un terremoto di magnitudo 1?
- Un terremoto di questo tipo ha tipicamente una lunghezza di frattura di soli circa 10 metri e uno spostamento dell'ordine dei millimetri.

Domanda di discussione:
Dovremmo provocare in modo mirato piccoli terremoti indotti in Svizzera per ridurre in modo controllato le tensioni nel sottosuolo, nella speranza di prevenire in futuro terremoti più devastanti?

Esperimento mentale 3: È possibile provocare terremoti in modo controllato?

Sarebbe ipotizzabile provocare intenzionalmente un forte terremoto, ovvero ridurre in modo controllato le tensioni tettoniche su una faglia attiva? In teoria è possibile: iniettando in modo mirato acqua ad alta pressione lungo una faglia nota.

Scenario:
Immaginate di vivere a San Francisco, proprio sulla zona di faglia di Hayward. È lunga oltre 100 chilometri e attraversa quartieri densamente popolati.

La probabilità che in un determinato anno si verifichi un forte terremoto è circa del 2–3%

Opzione 1: lasciate fare alla natura. Forse non succederà nulla per molto tempo e, con un po' di fortuna, il terremoto si verificherà solo quando vi sarete già trasferiti altrove.

Opzione 2: il terremoto viene provocato in modo pianificato in un determinato mese. Potete prepararvi, mettere in salvo le vostre famiglie e mettere in sicurezza la casa, ma questa potrebbe comunque subire danni o essere distrutta.

Domanda di discussione:
Quale opzione scegliereste e perché? Cosa è più importante per voi: il controllo sul momento o il rischio dell'incertezza?

3. Geotermia

L'energia geotermica, o «calore terrestre», è l'energia termica presente sotto la superficie terrestre. Insieme ad altre **energie rinnovabili**, la geotermia è una risorsa promettente per la produzione di elettricità e calore, sfruttando l'enorme quantità di calore presente nelle profondità del sottosuolo.

Rispetto alle energie rinnovabili come l'energia eolica e solare, che dipendono dalle condizioni meteorologiche, l'energia geotermica è una **fonte stabile e costante**. La geotermia può essere utilizzata per diversi scopi, tra cui la produzione di energia elettrica e il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici.

3.1 La terra calda come fonte di energia

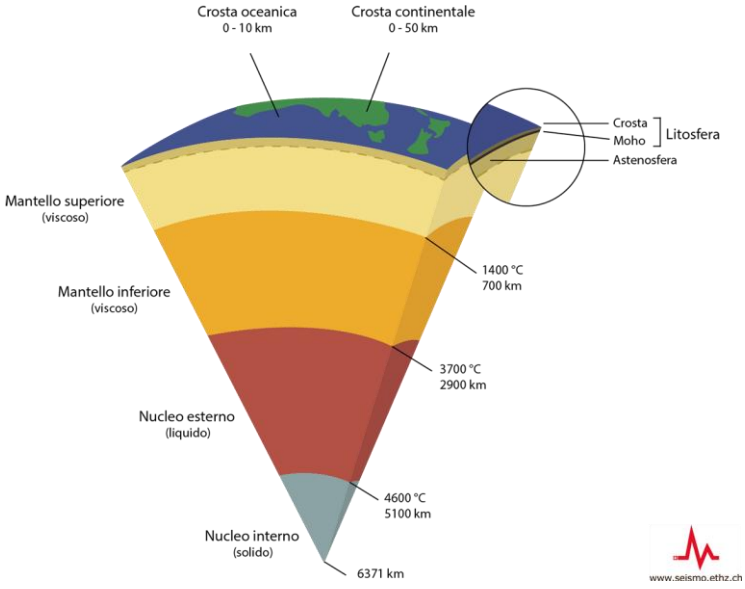


Figura 4. Struttura della Terra

Il globo terrestre è un enorme accumulatore di calore. Più si scende in profondità, più la temperatura aumenta. Nella litosfera, la temperatura cresce di circa **3 °C ogni 100 m** di profondità. All'interno della Terra si raggiungono addirittura temperature (circa 5'000–6'000 °C) paragonabili a quelle della superficie del Sole.

I diversi «strati di temperatura» non hanno una profondità costante. In alcune regioni, già a poche centinaia di metri di profondità, la temperatura diventa molto elevata: si parla in questo caso di cosiddette **anomalie termiche**. In queste zone anche la natura dà una mano: **l'acqua calda può risalire attraverso fessure e crepe nella roccia.**

Questo è il caso, ad esempio, di paesi come Islanda, Italia, Indonesia o Nuova Zelanda. Qui ci sono vulcani, geyser e sorgenti termali calde, dove il calore proveniente dall'interno arriva direttamente alla superficie terrestre. Ma anche in Svizzera si trovano sorgenti termali, ad esempio a Zurzach (AG), Schinznach (AG), Lavey-les-Bains (VD) o Leukerbad (VS).

Figura 5. Geyser Strokkur in Islanda © Adobe Stock

Figura 6. Vulcano Geldingadalir in Islanda © Adobe Stock

Figura 7. Sorgente termale calcarea Pamukkale in Turchia © Adobe Stock

3.2 Geotermia profonda

A seconda della profondità e del calore utilizzato, si distinguono due forme di geotermia:

- **Geotermia superficiale** (< 400 metri): comprende sonde geotermiche e campi di sonde, sfruttamento del calore delle acque sotterranee, pali energetici e geostrutture; in questo caso è improbabile che si verifichino terremoti indotti.
- **Geotermia profonda** (> 400 metri): può causare terremoti indotti.

Poiché questo modulo tratta dei terremoti indotti, nei capitoli seguenti ci concentreremo sulla geotermia profonda.

La geotermia profonda attinge a strutture rocciose che si trovano ad almeno 400 metri di profondità nel sottosuolo. A seconda delle temperature nel sottosuolo, sono possibili diversi utilizzi.

Gli acquiferi (strati acquiferi) situati a una profondità compresa tra **400 e 2 000 metri** presentano temperature comprese tra **20 e 70 °C**. L'acqua termale in essi contenuta è molto adatta per la **produzione di calore**.

A **4 000 metri** di profondità, le temperature in Svizzera raggiungono i **150–200 °C**. I progetti geotermici che attingono a questi strati rocciosi utilizzano di norma una parte dell'energia ottenuta direttamente per la **produzione di energia elettrica**. Il resto può essere immesso in una **rete di teleriscaldamento**.

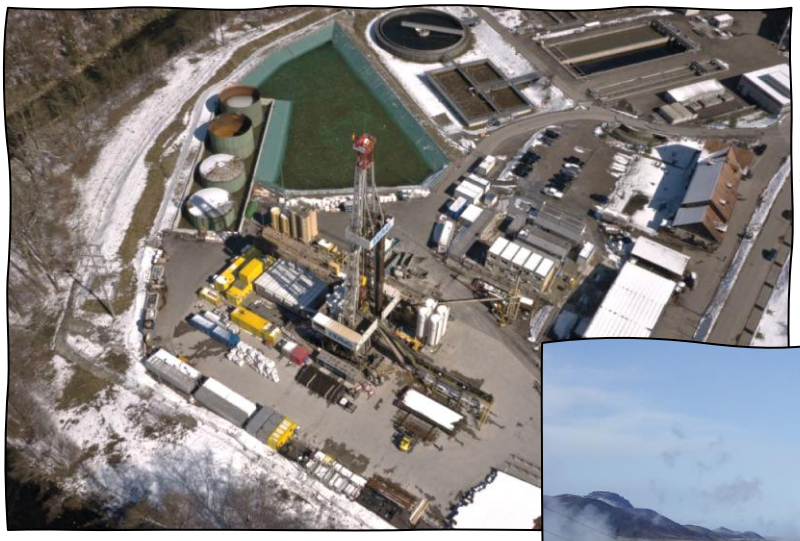


Figura 8. Il progetto geotermico di San Gallo del 2013 prevedeva di utilizzare l'acqua che circola naturalmente negli acquiferi esistenti a oltre 4 000 metri di profondità per la produzione di energia elettrica. © Città di San Gallo / Azienda municipalizzata di San Gallo

Figura 9. La centrale elettrica di Hellisheiði in Islanda produce elettricità e acqua calda con 50 pozzi che raggiungono una profondità di 2 200 metri. (© ThinkGeoEnergy, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10907139)

Si possono distinguere due sistemi per la produzione di energia a grandi profondità:

Sistema petrotermale

Con questo metodo, l'acqua viene pompata ad alta pressione nel sottosuolo caldo per diversi giorni, solitamente in **roccia dura e cristallina**. In questa roccia sono spesso presenti **fessure** naturali attraverso le quali l'acqua può circolare e riscaldarsi.

La pressione dell'acqua iniettata crea ulteriori piccole fessure nella roccia, che possono provocare piccoli terremoti (**microterremoti**) (**pozzo di iniezione**). Questi microterremoti non sono però un effetto collaterale indesiderato, ma uno **strumento** importante. L'obiettivo è modificare la roccia in modo che l'acqua possa fluire meglio al suo interno. Si crea così una rete di fratture (**sistema di fessure**) ideale per sfruttare il calore geotermico.

La maggior parte di questi terremoti è così debole da non essere percepita dall'uomo. La sismicità indotta viene monitorata rigorosamente e, se necessario, l'induzione viene adeguata per ridurla al minimo.

Successivamente, attraverso una seconda perforazione (**pozzo di produzione**), viene creato un **circuito artificiale**: l'acqua fredda viene pompata verso il basso, si riscalda nel sottosuolo e risale in superficie sotto forma di liquido caldo. Questo calore può quindi essere sfruttato. L'acqua raffreddata utilizzata viene poi pompata nuovamente in profondità tramite il pozzo di iniezione.

La sfida di questo metodo consiste nel creare un sistema di fessure sufficientemente ampio. L'acqua deve scorrere il più uniformemente possibile attraverso un grande volume di roccia, senza prendere «scorciatoie». Queste si verificano quando l'acqua scorre troppo velocemente da un pozzo all'altro senza riscaldarsi a sufficienza. Allo stesso tempo, è necessario prestare attenzione a non provocare forti terremoti che potrebbero causare danni.

Altri termini utilizzati per indicare la geotermia petrotermica sono «Hot Dry Rock», «Deep Heat Mining» o «Enhanced Geothermal System» (EGS).

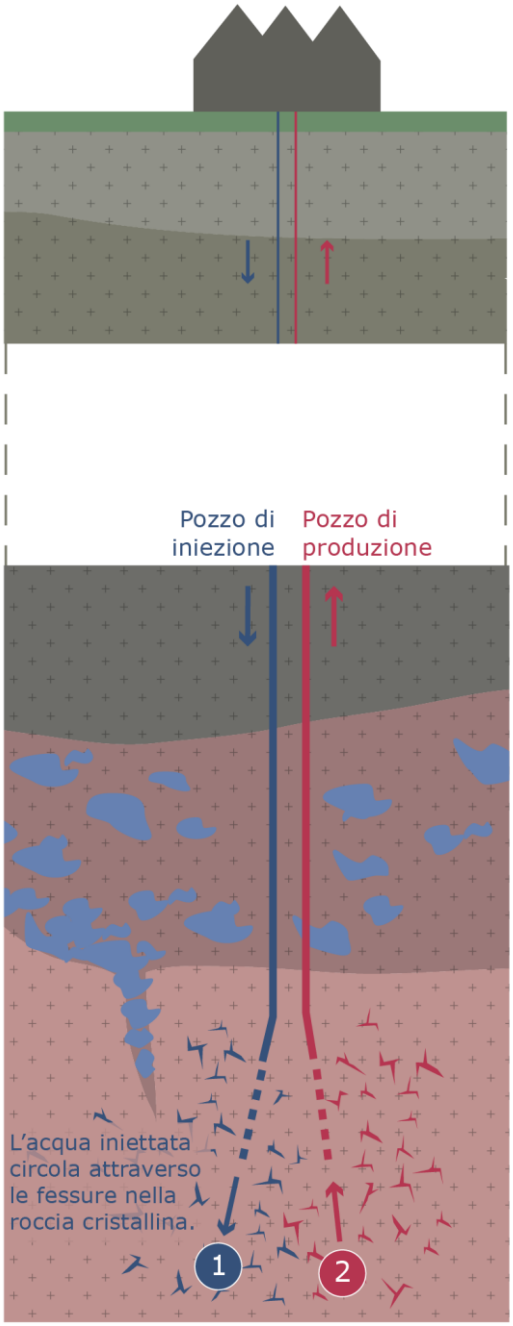


Figura 10. Funzionamento del sistema petrotermale.

Sistema idrotermale

In un sistema idrotermale viene utilizzata **l'acqua calda** che si trova naturalmente negli strati rocciosi **acquiferi** nelle profondità della Terra.

I sistemi idrotermali funzionano solo dove sono già presenti **acquiferi** con acqua sufficientemente calda, con temperature superiori a 100 °C, e **un sistema di fessure ben permeabile**.

Pertanto, possono essere realizzati solo in **determinati luoghi**. Spesso è quindi necessario effettuare una complessa prospezione sismica preliminare per trovare un sito adatto.

Anche nel caso del sistema idrotermale sono necessari almeno **due pozzi**:

- **(1) Pozzo di produzione**: con il primo pozzo, l'acqua calda viene pompata dalla roccia alla superficie per sfruttarne il calore.
- **(2) Pozzo di iniezione**: l'acqua raffreddata viene poi reintrodotta nel sottosuolo attraverso il secondo pozzo.

Se in profondità scorre già una quantità sufficiente di acqua, la roccia non deve essere modificata artificialmente. Per questo motivo, nei sistemi idrotermali non si verificano quasi mai microterremoti. Tuttavia, anche in questo caso può verificarsi **sismicità indotta**, poiché l'iniezione di acqua ad alta pressione può modificare le tensioni nella roccia.

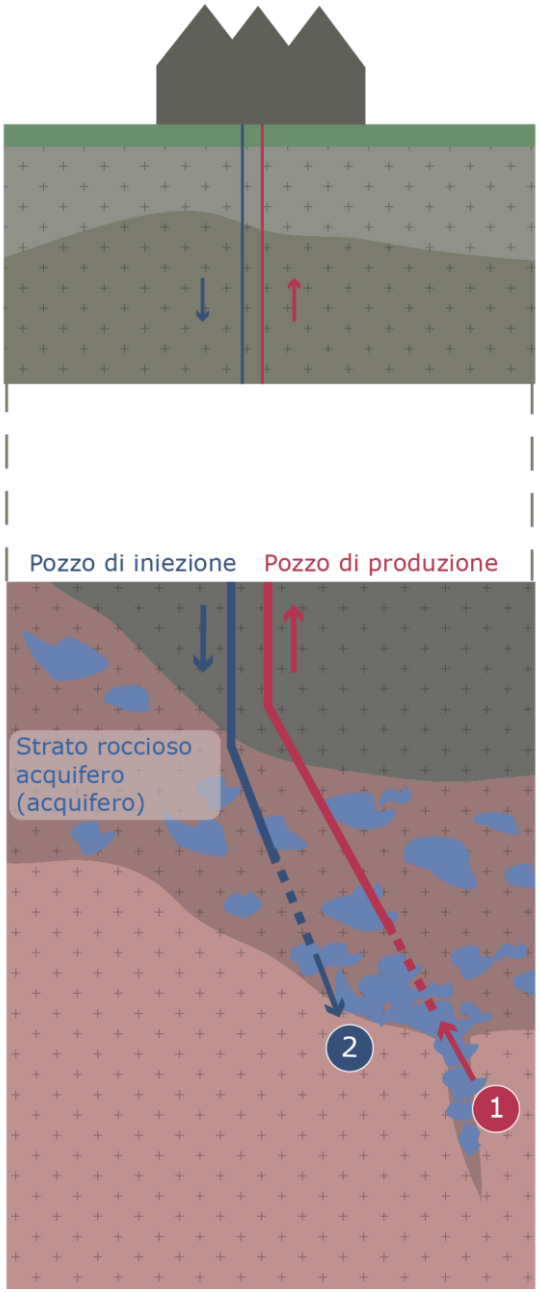


Figura 11. Funzionamento del sistema idrotermale.

Importante: nella pratica, un campo geotermico comprende solitamente diversi pozzi di produzione e un numero significativamente maggiore di pozzi di iniezione. Ad esempio, la centrale geotermica di Hellisheiði in Islanda dispone di circa 50 pozzi che raggiungono una profondità massima di 2200 metri (Figura 9).

Esercizio 4: Forme di energia geotermica

Etichetta l'infografica con i termini corretti. Attenzione: ci sono più termini che spazi vuoti!

Geotermia profonda
400-5000 m

Idrotermale

Geotermia superficiale
0-400 m

400 m

Petrotermale

Idraulico

700 m

Serbatoio

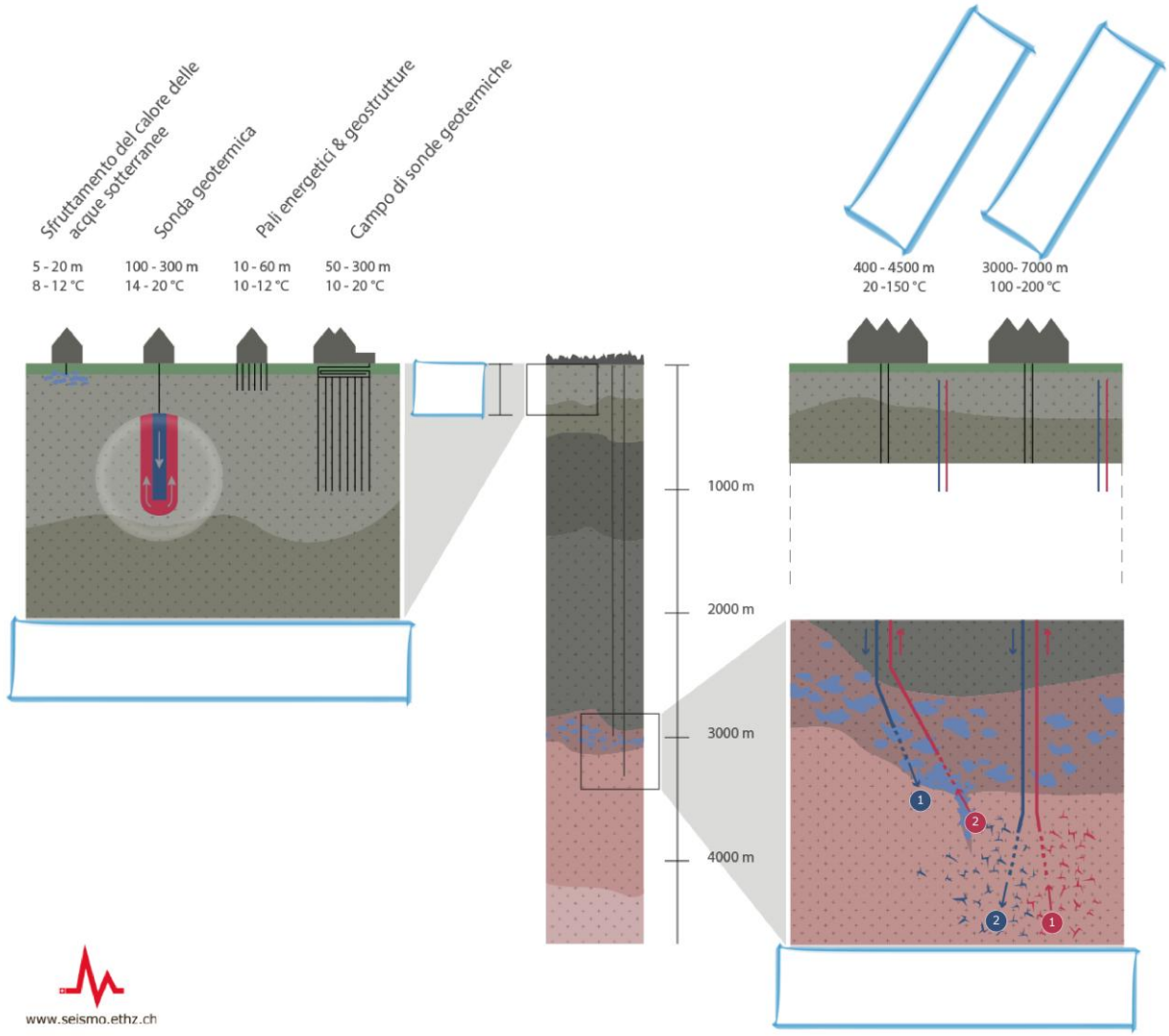


Figura 12. Forme di geotermia

3.3 Stimolazione idraulica: il principio

Il principio alla base del verificarsi dei terremoti sembra, in teoria, molto semplice. Questa «ricetta» funziona quasi ovunque:

1. Perforare una faglia geologica attiva.
2. Iniettare acqua ad alta pressione nel sottosuolo.
3. In questo modo, i processi tettonici naturali vengono notevolmente accelerati.

I terremoti svolgono un ruolo importante soprattutto nei progetti petrotermali. Essi contribuiscono a creare un serbatoio di calore nelle profondità della Terra. L'obiettivo è preparare la roccia, inizialmente poco permeabile, in modo che l'acqua possa fluire al suo interno e portare il calore in superficie.

Affinché ciò avvenga, la roccia nel sottosuolo deve diventare idraulicamente permeabile. Ciò si ottiene aprendo piccole fessure già esistenti o creando nuove fessure. A tal fine, l'acqua viene introdotta ad alta pressione nella roccia. L'acqua aumenta la pressione nella roccia («pressione del fluido interstiziale»). Quando la tensione è sufficientemente elevata, si scarica con un movimento improvviso e brusco, provocando un terremoto indotto.

La grande sfida è questa: si desiderano terremoti sufficientemente forti da modificare la roccia, ma abbastanza deboli da non causare danni o essere percepiti.

In alcuni strati rocciosi (ad esempio nelle falde acquifere) è già presente molta acqua. Questa pressione contrasta le tensioni tettoniche preesistenti. Se si immette ulteriore acqua e la pressione interstiziale continua ad aumentare, la struttura delle tensioni può diventare instabile. Ciò può infine portare a un terremoto indotto lungo una faglia (ad esempio nei sistemi idrotermali).

3.4 Terremoti indotti nei progetti di geotermia

I terremoti indotti sono stati osservati già oltre **cento anni** fa in relazione all'estrazione del carbone, ad esempio in Germania. Con poche eccezioni, questi terremoti sono difficilmente percepibili o addirittura impercettibili. In alcuni casi, tuttavia, i terremoti indotti hanno provocato ingenti perdite economiche e persino feriti.

Nel novembre 2017, un terremoto di magnitudo 5,5 ha scosso la città **sudcoreana** di Pohang. Il bilancio: oltre cento feriti e danni per circa 300 milioni di dollari. Poco tempo dopo si è ipotizzato che il terremoto potesse essere stato causato da un progetto di geotermia profonda nelle vicinanze. Studi successivi e una commissione internazionale di esperti hanno confermato questo sospetto.

In **Svizzera**, i terremoti provocati dall'uomo sono noti principalmente in relazione a progetti di geotermia profonda, in particolare ai progetti petrotermali. A Basilea, ad esempio, nel 2006 l'iniezione di acqua ad alta pressione nel sottosuolo ha provocato un terremoto di magnitudo 3,4. Il 20 luglio 2013, nei pressi di San Gallo, sono state registrate diverse scosse di magnitudo fino a 3,5 a una profondità di circa 4000 metri.

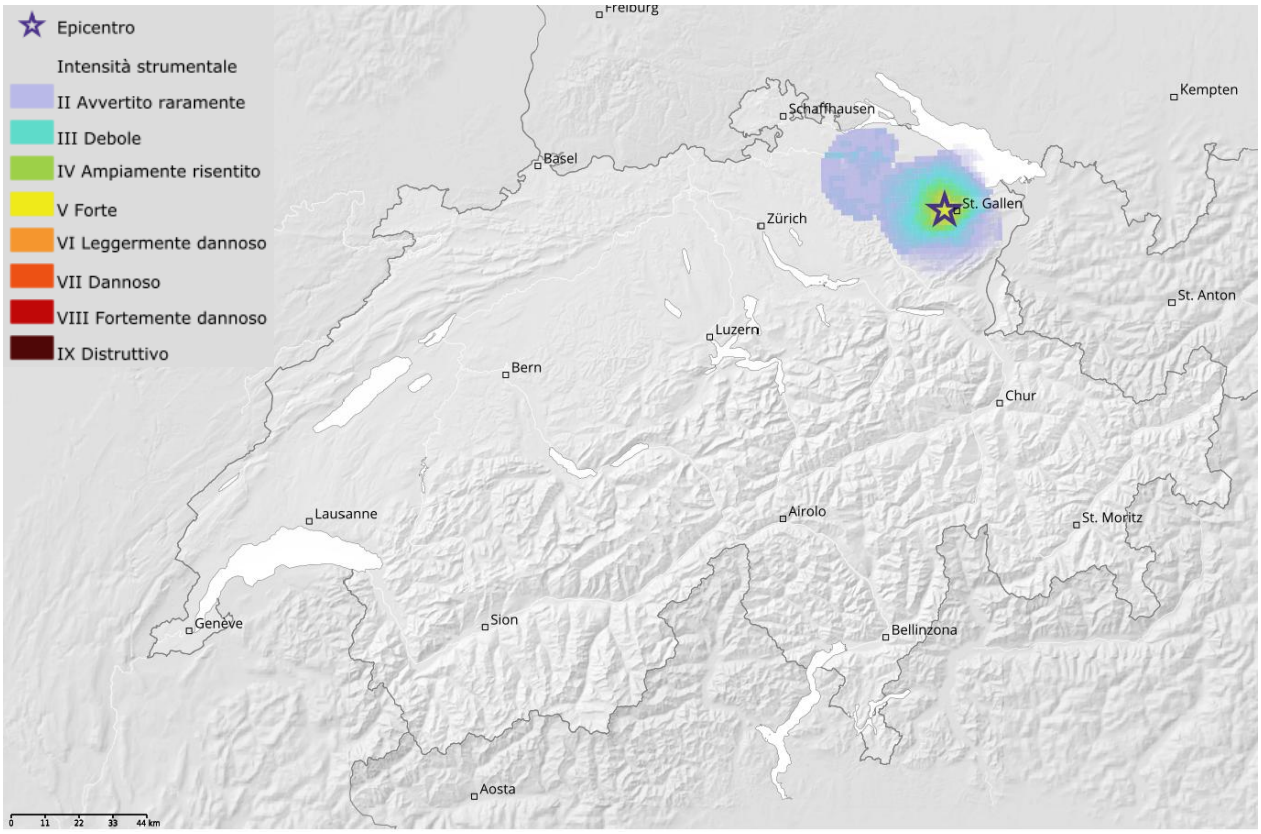


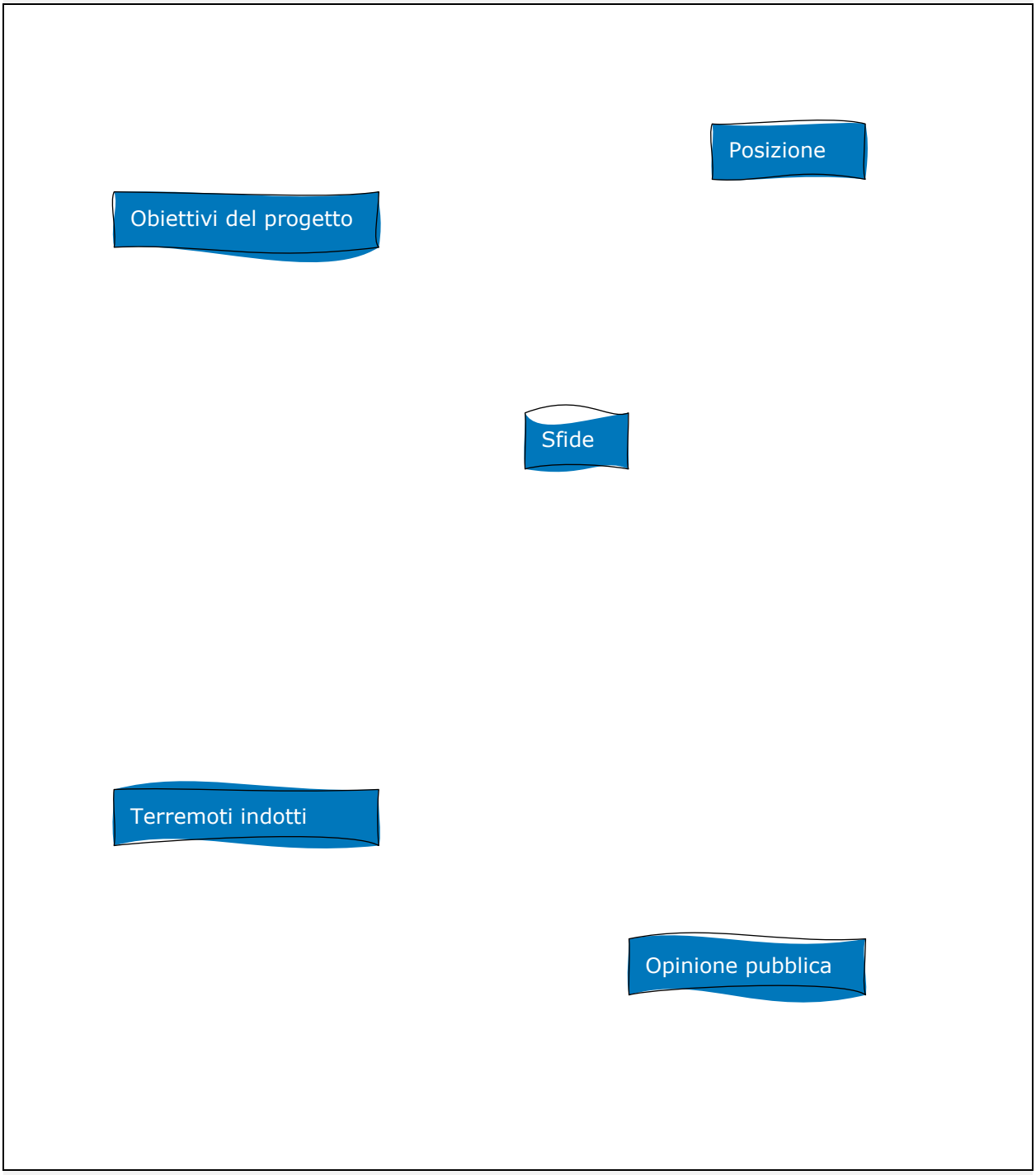
Figura 13. Il terremoto indotto di magnitudo 3,5, avvenuto a San Gallo il 20 luglio 2013, è stato avvertito in un raggio di circa 15 km.

Esercizio 3: Progetti di geotermia in Svizzera

1. Formate coppie di due persone.
2. Ognuno di voi crei una mappa mentale – sul progetto geotermico di Basilea oppure di San Gallo. Cercate su Internet informazioni mirate sui punti elencati qui sotto:

Possibili fonti:

- Progetto geotermico di San Gallo: www.seismo.ethz.ch/it/monitoring/special-networks/past-projects/geothermal-st-gallen/
- Progetto geotermico di Basilea: www.seismo.ethz.ch/it/monitoring/special-networks/past-projects/geothermal-basel/



3. Presentatevi a vicenda le mappe mentali e spiegate cosa avete imparato sui progetti.

3.5 Geotermia nel dibattito: ricerca, società e politica

La Svizzera si è impegnata a raggiungere l'obiettivo concordato a livello internazionale nell'Accordo di Parigi sul clima. Ciò significa che la Svizzera mira a limitare il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2 °C, preferibilmente a 1,5 °C, rispetto ai livelli preindustriali. Il riscaldamento globale è causato dalle emissioni di gas serra, di cui l'anidride carbonica (CO_2) rappresenta la quota maggiore. Per raggiungere l'obiettivo di temperatura globale, le emissioni devono essere ridotte a zero netto entro il 2050. Zero netto significa che le emissioni di gas serra devono essere ridotte il più possibile a zero.

Nell'ambito di questo accordo, la strategia energetica svizzera mira a raggiungere una produzione di 2 terawattora (TWh) di elettricità da energia geotermica entro il 2050. In Svizzera esiste un potenziale considerevole per progetti di geotermia profonda. Tuttavia, l'identificazione di siti adatti richiede molto tempo e gli esperimenti non sempre hanno esito positivo.

Esercizio 5: Puzzle di gruppo

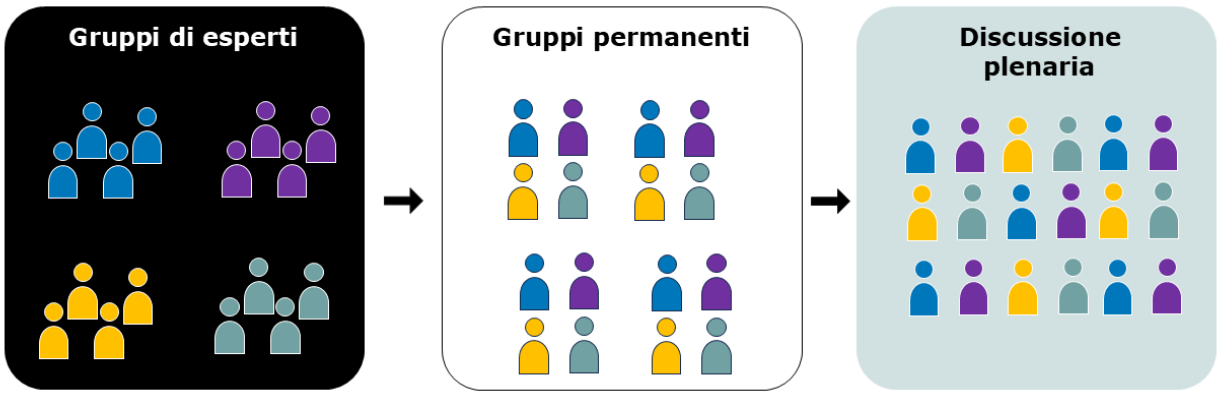
Per comprendere meglio il dibattito sociale sul tema della geotermia, realizzeremo un cosiddetto **puzzle di gruppo**.

Inizialmente lavorerete in **gruppi di esperti**: ogni gruppo si occuperà di una prospettiva specifica sul tema della geotermia (ad es. autorità cantonali, organizzazioni ambientaliste, società di gestione, residenti). In questo modo acquisirete una conoscenza approfondita del vostro ruolo.

Successivamente vi riunirete in **gruppi permanenti**. In questi nuovi gruppi ogni ruolo sarà rappresentato una volta. Discuterete insieme questioni importanti, apportando le vostre **conoscenze specifiche**. L'obiettivo è quello di conoscere diversi punti di vista e riflettere insieme sulle opportunità e sulle sfide della geotermia.

Al termine si terrà una **discussione plenaria** in cui verranno raccolti i risultati più importanti e le questioni aperte di tutti i gruppi e si rifletterà insieme.

Durata: a seconda di quanto approfondito si desidera trattare il puzzle di gruppo, è necessaria almeno una lezione. La lettura delle descrizioni dei ruoli dei diversi gruppi di esperti può anche essere assegnata in anticipo come compito a casa.



Di cosa si tratta

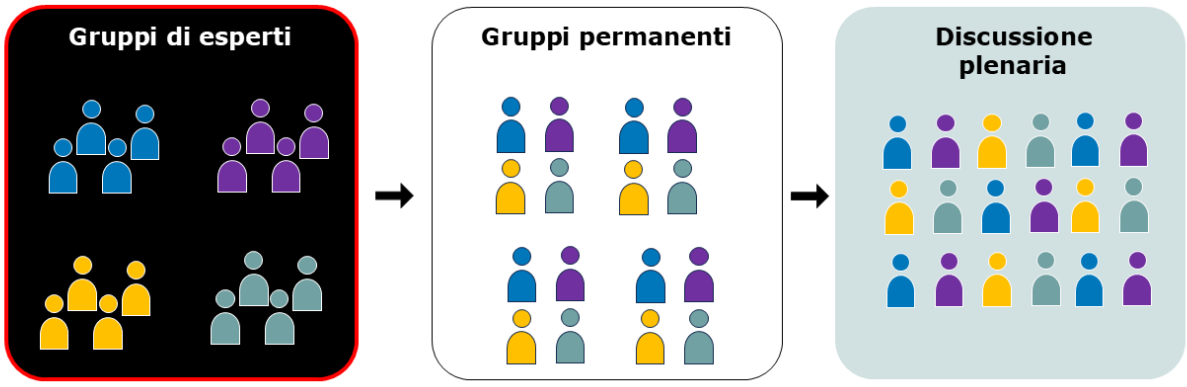
La Geothermie AG progetta la costruzione di una centrale geotermica nel comune di Scuolonia. A tal fine viene utilizzata la tecnologia dell'«Enhanced Geothermal System» (EGS) (sistema petrotermale). Con l'aiuto di un processo in più fasi, si intende creare uno scambiatore di calore a una profondità di circa 4,5 km, aumentando la permeabilità idraulica della roccia cristallina.

Il comune di Scuolonia vi invita a una tavola rotonda. Durante questo evento, rappresentanti della popolazione locale, della società di gestione, delle autorità cantonali e di un'organizzazione ambientalista discuteranno dei rispettivi interessi, delle richieste, delle opportunità e dei rischi di un impianto geotermico di questo tipo.

Per approfondire

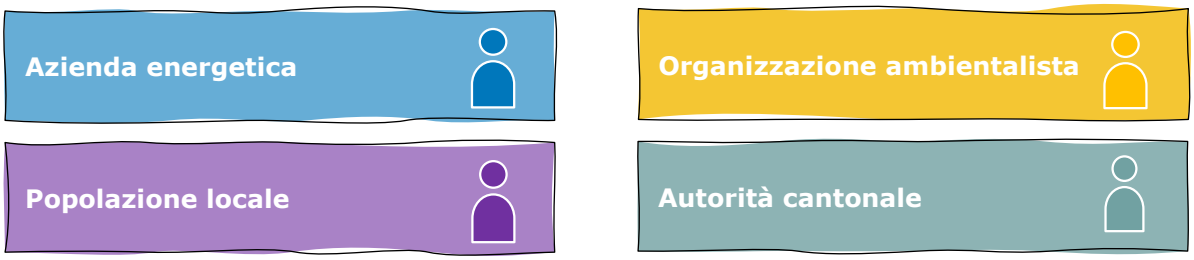
- La geotermia in breve: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/geothermal-energy-earthquakes/geothermal-energy-in-a-nutshell/
- Misure per contenere la sismicità indotta: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/geothermal-energy-earthquakes/measures-to-control-induced-seismicity/
- Ufficio federale dell'energia: https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/approvvigionamento/energie-rinnovabili/geotermia.html
- Associazione svizzera per la geotermia: https://geothermie-schweiz.ch/

Fase 1: Gruppi di esperti



1. Leggete individualmente le informazioni relative al vostro ruolo e all'argomento assegnato.
2. Prendetevi **15 minuti** per cercare ulteriori informazioni su Internet.
3. Prendete appunti e discutete le rispettive domande di discussione.

Profili dei ruoli



Profilo del ruolo 1: Azienda energetica (=società operatrice)

Chi siete?
Lavorate per un'azienda energetica che desidera costruire un impianto geotermico. Siete convinti che l'energia geotermale rivesta un ruolo importante per il futuro dell'approvvigionamento energetico: pulita, rinnovabile, locale e indipendente.

Cosa volete?

- Costruire l'impianto geotermico e gestirlo a lungo termine
- Produrre elettricità o calore a livello locale
- Ottenere un alto grado di accettazione da parte della popolazione
- Minimizzare i rischi, ma lavorare in modo redditizio

Cosa vi preoccupa?

- Dovete investire molto denaro e vi assumete un rischio finanziario
- Ci sono incertezze riguardo ai terremoti indotti e alla resistenza dell'opinione pubblica
- Dovete ottenere le autorizzazioni e negoziare con molti gruppi di interesse

Informazioni di base

Voi, la Geothermie AG, avete in programma la costruzione di una centrale geotermica nel comune di Scuolonia. A tal fine verrà utilizzata la tecnologia «Enhanced Geothermal System» (EGS) (sistema petrotermale). Con l'aiuto di una procedura in più fasi, si intende creare uno scambiatore di calore a una profondità di circa 4,5 km, aumentando la permeabilità idraulica della roccia cristallina.

A differenza della geotermia idrotermale, l'EGS non si basa, o lo fa solo in misura minima, sull'utilizzo di permeabilità idrauliche già esistenti, come quelle che si trovano ad esempio nelle grandi zone di faglie tettoniche o nelle strutture geologiche carsiche. L'EGS può quindi essere teoricamente utilizzato in numerosi ambienti geologici. L'EGS comporta un aumento intenzionale della permeabilità idraulica delle reti di fessure esistenti nel sottosuolo, utilizzando come strumento molti piccoli terremoti provocati dall'iniezione di acqua ad alta pressione.

La stimolazione della roccia avviene in più fasi. In questo modo è possibile osservare meglio come il sottosuolo reagisce all'iniezione di acqua. Ciò riduce il rischio di provocare terremoti inutili da un lato e di non creare fessure utilizzabili per il trasporto di calore dall'altro. Con questo approccio si cerca di stimolare solo un volume limitato di roccia e di creare gradualmente un serbatoio geotermico sufficientemente grande in più fasi di stimolazione separate l'una dall'altra. Questo processo si differenzia dalla strategia di stimolazione massiccia in una sola fase, utilizzata ad esempio nei progetti EGS a Basilea nel 2006 o a Pohang nel 2017.

Il processo di stimolazione multistadio mira a migliorare il controllo del processo di stimolazione, rendendolo più facile da gestire e più sicuro. È già stato testato con successo su piccola scala nel BedrettoLab dell'ETH di Zurigo.

Per approfondire

www.bedrettolab.ethz.ch | https://geothermie-schweiz.ch/ | https://vgks-zh.ch/

I vostri appunti

Possibili argomenti di discussione

- Come convincere la popolazione ad accettare il progetto?
- Quali misure di sicurezza intendete adottare?
- Come gestirete le notizie negative riportate dai media?

Profilo del ruolo 2: Popolazione locale

Chi siete?
Vivete nei pressi del sito previsto per l'impianto geotermico a Scuolonia. Avete già sentito parlare di altri progetti che hanno causato terremoti. In linea di principio siete aperti alle nuove energie, ma avete anche delle preoccupazioni.

Cosa volete?

- Sicurezza e protezione per le vostre case e il vostro quartiere
- Avere voce in capitolo ed essere ben informati
- Nessun inquinamento acustico o traffico
- Nessuna perdita di valore dei vostri immobili

Cosa vi preoccupa?

- Avete paura dei danni causati dai terremoti
- Non vi sentite sufficientemente coinvolti
- Non siete sicuri che le promesse della società di gestione (azienda energetica) siano veritiere

Informazioni di base

In Svizzera ci sono stati finora due progetti pilota di geotermia profonda che hanno provocato terremoti: a Basilea (2006) e a San Gallo (2013). Entrambi sono stati sospesi a seguito dei terremoti.

Nel progetto di Basilea, l'acqua è stata pompata nel sottosuolo per diversi giorni al fine di creare fessure nella roccia (progetto petrotermale). Dopo un terremoto di magnitudo 2,6, l'iniezione è stata interrotta. Poche ore dopo si è verificato un altro terremoto di magnitudo 3,4, avvertito in città e che ha causato lievi danni agli edifici. In totale sono stati registrati oltre 200 terremoti, molti dei quali percepiti dalla popolazione. Il danno ammonta a circa 6 milioni di franchi svizzeri. Il progetto è stato interrotto nel 2009.

Il progetto geotermico di San Gallo del 2013 prevedeva di utilizzare l'acqua che circola naturalmente negli acquiferi esistenti a oltre 4000 metri di profondità per la produzione di energia elettrica (progetto idrotermale). Progetti simili nel sud della Germania, che perforano gli stessi strati rocciosi, sono gestiti con successo. Il progetto di San Gallo è stato interrotto nel 2014 a causa di preoccupazioni relative alla sicurezza, rischi sismici e scarsa portata d'acqua nel sottosuolo. Si sono verificati diversi terremoti, tra cui uno avvertibile con magnitudo 3,6. Le opinioni sul progetto erano contrastanti: alcuni elogiavano la fonte di energia rispettosa del clima, altri avevano problemi di fiducia e preoccupazioni per i possibili rischi.

Negli ultimi anni, la ricerca nel campo della geotermia ha acquisito molte nuove conoscenze per diventare più efficiente e sicura. Dal 2019, il ETH di Zurigo gestisce un laboratorio di ricerca in Valle Bedretto (TI), dove vengono testate e sviluppate tecnologie, metodi e strumenti relativi alla geotermia profonda in condizioni controllate. Ciononostante, i rischi sismici rimangono un tema centrale: il sottosuolo è difficile da comprendere e molti dati importanti vengono raccolti solo nel corso di un progetto. Esistono tuttavia misure per monitorare e controllare al meglio la sismicità indotta nell'ambito dei progetti di geotermia profonda.

Per approfondire

- Misure per contenere la sismicità indotta: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/geothermal-energy-earthquakes/measures-to-control-induced-seismicity/
- Prospettive energetiche 2050+: https://www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/politica/prospettive-energetiche-2050-plus.html/
- Panoramica e informazioni dettagliate sui diversi progetti geotermici in Svizzera (attuali e passati): www.seismo.ethz.ch/it/monitoring/special-networks/overview/

I vostri appunti

Possibili argomenti di discussione

- Cosa dovrebbe succedere affinché decidiate di sostenere il progetto?
- Quale grado di partecipazione desiderate?
- Cosa significa per voi personalmente «rischio»?
- Stipulereste un’assicurazione per proteggere finanziariamente le vostre case o proprietà immobiliari?

Profilo del ruolo 3: organizzazione ambientalista

Chi siete?
Siete membri di un'organizzazione ambientalista. Sostenete lo sviluppo delle energie rinnovabili, ma solo se l'ambiente, la natura e le persone non ne risentono. Seguite con molta attenzione questi progetti.

Cosa volete?

- Produzione di energia sostenibile, ma non a tutti i costi
- Controlli ambientali rigorosi e procedure trasparenti
- Protezione delle falde acquifere, del suolo e degli ecosistemi
- Non solo il bilancio di CO_2 deve essere corretto, ma anche l'impatto complessivo sulla natura e sulla società

Cosa vi preoccupa?

- Il sottosuolo è un sistema delicato: ogni perforazione può causare danni
- Sono necessarie misure di protezione dai rischi quando non è possibile escludere danni
- Spesso mancano studi a lungo termine sui rischi ambientali
- Avete la sensazione che gli interessi economici abbiano spesso la precedenza e che gli organismi di controllo non siano completamente indipendenti

Informazioni di base

Secondo il rapporto «Energia elettrica dal sottosuolo», la geotermia profonda richiede meno materiali, il cui sfruttamento ha un impatto negativo sulla natura, rispetto ad altre forme di energia rinnovabile. Il maggiore impatto ambientale deriva dalla perforazione, ad esempio dalle emissioni di CO_2, dalle polveri sottili, dal consumo di acqua o dall'uso di sostanze chimiche. A seconda dell'impianto, le emissioni sono comprese tra 8 e 46 g di CO_2 equivalenti per chilowattora. Si tratta di una quantità nettamente inferiore rispetto alla maggior parte delle altre fonti energetiche, ad eccezione dell'energia idroelettrica. Anche tenendo conto della costruzione dell'impianto, l'impatto ambientale complessivo rimane basso.

La durata di vita prevista di un impianto geotermico in Svizzera è di circa 30 anni. Successivamente, il serbatoio sotterraneo deve rimanere inattivo per un periodo prolungato affinché possa rigenerarsi. Dal punto di vista delle organizzazioni ambientaliste, è importante che tali risorse naturali vengano utilizzate in modo sostenibile e con parsimonia. Per i progetti di geotermia profonda con una potenza termica superiore a 5 megawatt, la legge prescrive una valutazione di impatto ambientale. L'azienda gestrice deve dimostrare il rispetto delle norme di protezione ambientale relative alle acque sotterranee e alla protezione dal rumore. Anche la gestione del rischio di terremoti rappresenta un tema centrale.

Gran parte dell'impronta ecologica è causata dalla stimolazione della roccia: diversi milioni di litri d'acqua vengono pompati nel sottosuolo sotto pressione. La quantità d'acqua necessaria dipende dalla composizione della roccia. Durante la successiva fase operativa, l'acqua circola in un circuito chiuso, il che riduce notevolmente il consumo. A seconda dell'ubicazione, possono essere disturbati gli habitat, generato rumore o compromesse le aree ricreative locali. È quindi necessario verificare se esistono alternative più sensate, ad esempio sotto forma di utilizzo dell'energia solare o del calore residuo.

Per approfondire

- Pubblicazione TA-Suisse «Energia elettrica dal sottosuolo»: https://www.ta-swiss.ch/publikationen
- Associazione federale per la geotermia, la protezione dell'ambiente e del clima: www.geothermie.de/geothermie/einstieg-in-die-geothermie/umwelt-und-klimaschutz
- «Monitoring the environment around geothermal sites»: https://destress.ethz.ch/en/BestPractices/Environment/index.html

I vostri appunti

Possibili argomenti di discussione

- Come rendere la geotermia compatibile con l'ambiente?
- Cosa deve essere regolamentato per legge?
- Dove tracciate il confine tra benefici e rischi?
- Come si potrebbe indurre la società a stabilizzare o ridurre il consumo energetico: attraverso la persuasione, gli incentivi o la coercizione?

Profilo del ruolo 4: Autorità cantonale

Chi siete?
Lavorate presso un'autorità cantonale che deve approvare progetti di geotermia. Siete neutrali e volete esaminare attentamente il progetto. Inoltre, dovete mediare tra diversi interessi e garantire il rispetto delle leggi e degli standard di sicurezza.

Cosa volete?

- Procedure trasparenti e giuridicamente sicure
- Garantire la sicurezza della popolazione e dell'ambiente
- Proteggere l'ambiente e le acque sotterranee
- Sostenere le energie rinnovabili per contribuire agli obiettivi climatici della Confederazione

Cosa vi preoccupa?

- Siete sottoposti a pressioni politiche e pubbliche
- Dovete valutare relazioni tecniche, nonostante molte incertezze
- Dovete creare fiducia e risolvere i conflitti di interesse tra i diversi gruppi

Informazioni di base

La Svizzera dipende fortemente dalle importazioni di energia. Allo stesso tempo, la protezione del clima richiede una significativa riduzione delle emissioni di CO_2. La geotermia profonda potrebbe essere d'aiuto in questo senso, poiché fornisce energia rinnovabile direttamente sul territorio nazionale. Tuttavia, i progetti sono spesso tecnicamente complessi e comportano dei rischi. Per questo motivo sono necessarie regole chiare, una buona pianificazione e autorità cantonali che valutino e controllino attentamente.

Le autorità cantonali svolgono un ruolo centrale nei progetti di geotermia profonda. Sono responsabili del rilascio delle autorizzazioni, in particolare di quelle di perforazione, e controllano il rispetto delle norme ambientali e di sicurezza. Per gli impianti con una potenza termica superiore a 5 megawatt è prevista per legge una valutazione di impatto ambientale. La società operatrice deve dimostrare come intende evitare rischi quali terremoti, rumore e inquinamento delle acque sotterranee. Solo se tutti i requisiti di legge sono soddisfatti è possibile procedere alla perforazione. Anche dopo il rilascio dell'autorizzazione, il Cantone continua a monitorare l'attività. Può imporre condizioni, ad esempio per quanto riguarda la velocità massima di iniezione o il monitoraggio in tempo reale. In caso di incidenti, come microterremoti o fughe di gas, deve reagire rapidamente. L'autorità cantonale informa inoltre il pubblico e gestisce i ricorsi. Deve comunicare il progetto in modo chiaro e creare fiducia, un compito importante in un ambito tecnicamente complesso e potenzialmente controverso.

Il Servizio sismologico svizzero (SED) con sede all'ETH di Zurigo sostiene normalmente i Cantoni a titolo gratuito e con competenze specialistiche indipendenti. Aiuta a valutare i rischi sismici, fornisce raccomandazioni e può assumersi il monitoraggio sismico. Anche l'informazione del pubblico rientra tra i suoi compiti.

Per approfondire

- Misure per contenere la sismicità indotta: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/geothermal-energy-earthquakes/measures-to-control-induced-seismicity/

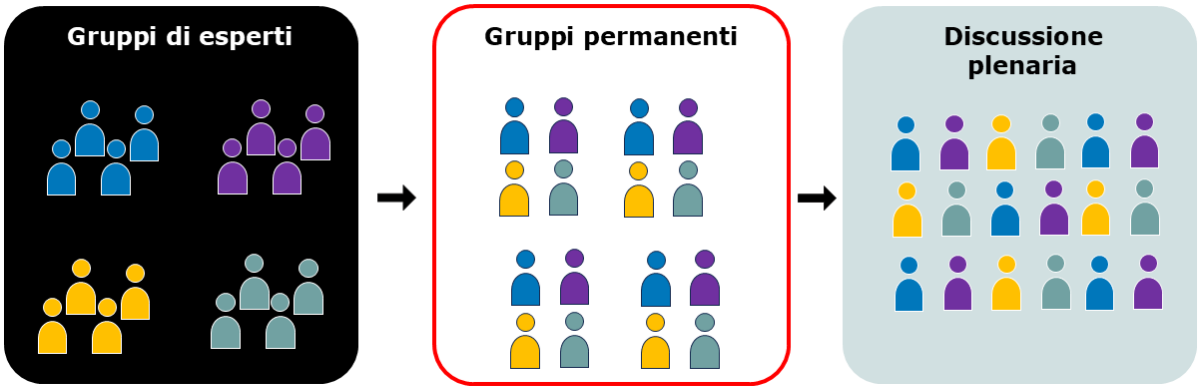
- Geotermia e SED: www.seismo.ethz.ch/it/knowledge/geothermal-energy-earthquakes/geothermal-energy-and-the-sed/
- Promozione della geotermia: www.bfe.admin.ch/bfe/it/home/promozione/energie-rinnovabili/promozione-della-geotermia.html
- Obiettivo delle emissioni nette pari a zero: www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/clima/klimapolitik/ziele-und-strategien/netto-null-ziel-2050.html
- Legge sul clima e sull'innovazione: www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/temi/clima/dossier/legge-sul-clima.html

I vostri appunti

Possibili argomenti di discussione

- Come valutereste i diversi interessi della popolazione, delle organizzazioni ambientaliste e delle aziende energetiche?
- Quali requisiti porreste per approvare il progetto? Pensate all'ambiente, alla sicurezza, alla sismicità e all'opinione pubblica.
- Quali rischi ritenete accettabili (ad es. microterremoti, rumore)?
- Quali misure potreste adottare per ridurre i rischi o per sospendere il progetto?
- Cosa accadrebbe se il vostro team non disponesse delle competenze necessarie per affrontare queste sfide?

Fase 2: Discussione nei gruppi permanenti



Ora sedetevi con un esperto di ciascuno degli altri gruppi di interesse. Scegliete tre delle domande riportate di seguito e discutetele nel gruppo. Annotate le vostre risposte in forma sintetica. Una persona del gruppo dovrebbe inoltre riassumere i punti salienti della discussione. Prendetevi 15–20 minuti.

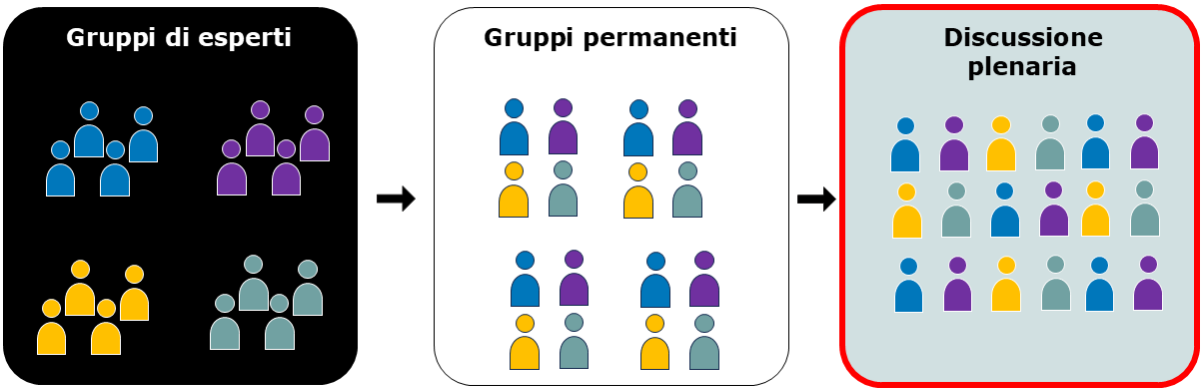
Questioni fondamentali e decisionali

1. Dovremmo sostenere il progetto geotermico a Scuolonia, contribuendo così alla strategia energetica e climatica della Svizzera?
2. Quali requisiti devono essere soddisfatti affinché il progetto possa essere realizzato con successo?

Rischi, accettazione e prospettive di ruolo

3. Come è possibile ridurre al minimo i rischi potenziali e aumentare le possibilità di successo di un progetto geotermico?
4. Fenomeno «Not-in-my-backyard (NIMBY)»: alcuni sondaggi hanno dimostrato che le persone accettano più facilmente i progetti geotermici purché non vengano realizzati nelle loro immediate vicinanze. Come si può promuovere in modo mirato l'accettazione da parte della popolazione locale di Scuolonia e delle organizzazioni ambientaliste?
5. Quale ruolo potrebbe svolgere la ricerca nel progetto di geotermia profonda di Scuolonia e quali vantaggi ne deriverebbero per il progetto e per la società?
6. Quali sono le richieste del nostro gruppo (ad es. organizzazione ambientalista / popolazione locale / autorità cantonale / azienda energetica) e dove potrebbero esserci conflitti di interesse con altri gruppi?

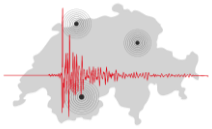
Fase 3: Discussione plenaria



1. Una persona per ogni gruppo di base presenta in 3 minuti i principali risultati della rispettiva discussione.
2. Tavola rotonda finale / sintesi da parte dell'insegnante

Ulteriore materiale didattico

Volete saperne di più sui terremoti? Potete trovare maggiori informazioni qui:



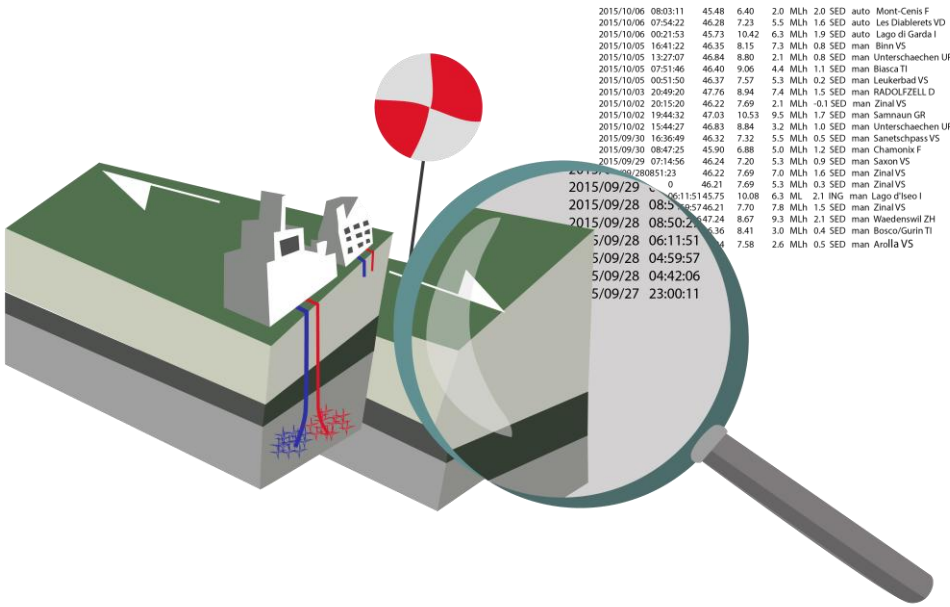
Modulo introduttivo – Nozioni di base e concetti principali
Scarica

Disinformazione e competenze mediatiche sul tema dei terremoti
Scarica

Pericolosità sismica e rischio sismico in Svizzera
Scarica

Monitoraggio dei terremoti e Raspberry Shake
Scarica

Ulteriori informazioni sul tema dei terremoti sono disponibili sul sito web del Servizio Sismico Svizzero (SED) con sede all'ETH di Zurigo all'indirizzo www.seismo.ethz.ch.

Siamo lieti di ricevere domande e suggerimenti sui moduli didattici o su altri argomenti relativi all'insegnamento dei terremoti nelle scuole.

Scriveteci una e-mail: seismo_at_school@sed.ethz.ch