Il Gazzettino di Bedretto

Numero 6 (luglio 2026)

Care e cari abitanti della Val Bedretto, care lettrici e cari lettori,

è possibile che ad aprile abbiate sentito parlare del BedrettoLab alla radio o in TV, o forse vi è capitato di leggere un articolo sul nostro grande esperimento in cui abbiamo generato dei terremoti artificiali.
In questo numero del Gazzettino vogliamo portarvi con noi nel nostro ambiente di ricerca e presentarvi più da vicino questo esperimento e le persone che vi lavorano.
Buona lettura!

Il team del BedrettoLab

Il grande esperimento al BedrettoLab

Il 22 aprile, quando si è chiuso il portone d'ingresso del BedrettoLab, il team era consapevole di trovarsi di fronte a un punto di svolta della propria ricerca. Sin dall'inaugurazione del BedrettoLab studiamo che cosa succede nella montagna iniettandovi dell'acqua in diverse modalità e innescando in questo modo dei piccolissimi terremoti. Le conoscenze così acquisite ci aiutano a comprendere meglio i processi fisici che avvengono all'interno della Terra e, in futuro, a utilizzare in sicurezza l'energia geotermica. Era giunto il momento di generare per la prima volta un terremoto di magnitudo superiore a quelle raggiunte finora: una scossa di magnitudo 1. L'esperimento rientra nel grande progetto di ricerca «Fault Activation and Earthquake Rupture» (FEAR), finanziato dall'Unione Europea attraverso un Synergy Grant e avviato nel 2020.

Un tunnel come laboratorio sismico

In teoria, il processo è semplice: l'acqua viene pompata all'interno della roccia attraverso fori di trivellazione posizionati con grande precisione, per innescare un terremoto controllato lungo una faglia individuata in anticipo. Nella pratica, tuttavia, è presto emersa la complessità di questo progetto.
Prima di tutto era necessario scavare appositamente un nuovo tunnel laterale che si snodasse il più vicino possibile alla zona della faglia individuata. Questa struttura geologica, dalla quale in passato avevano già avuto origine dei terremoti naturali, era destinata a diventare il campo di sperimentazione del progetto FEAR. La costruzione del tunnel laterale ha richiesto circa due anni, dal 2024 al 2026. Successivamente, sono stati realizzati i numerosi fori attraverso i quali sarebbe stata introdotta l'acqua e sarebbero stati monitorati i processi conseguenti.
Il progetto ha richiesto enormi risorse in termini di personale e logistica, anche perché nel frattempo l'attività di ricerca nel BedrettoLab è proseguita regolarmente. «Già solo la costruzione del tunnel ha messo a dura prova il nostro team: le attività di ricerca continuavano in parallelo, e in una stretta galleria a una canna le operazioni di brillamento e logistiche sono particolarmente complesse», spiega Stefan Wiemer, direttore del Servizio Sismico Svizzero (SED) con sede all'ETH di Zurigo.

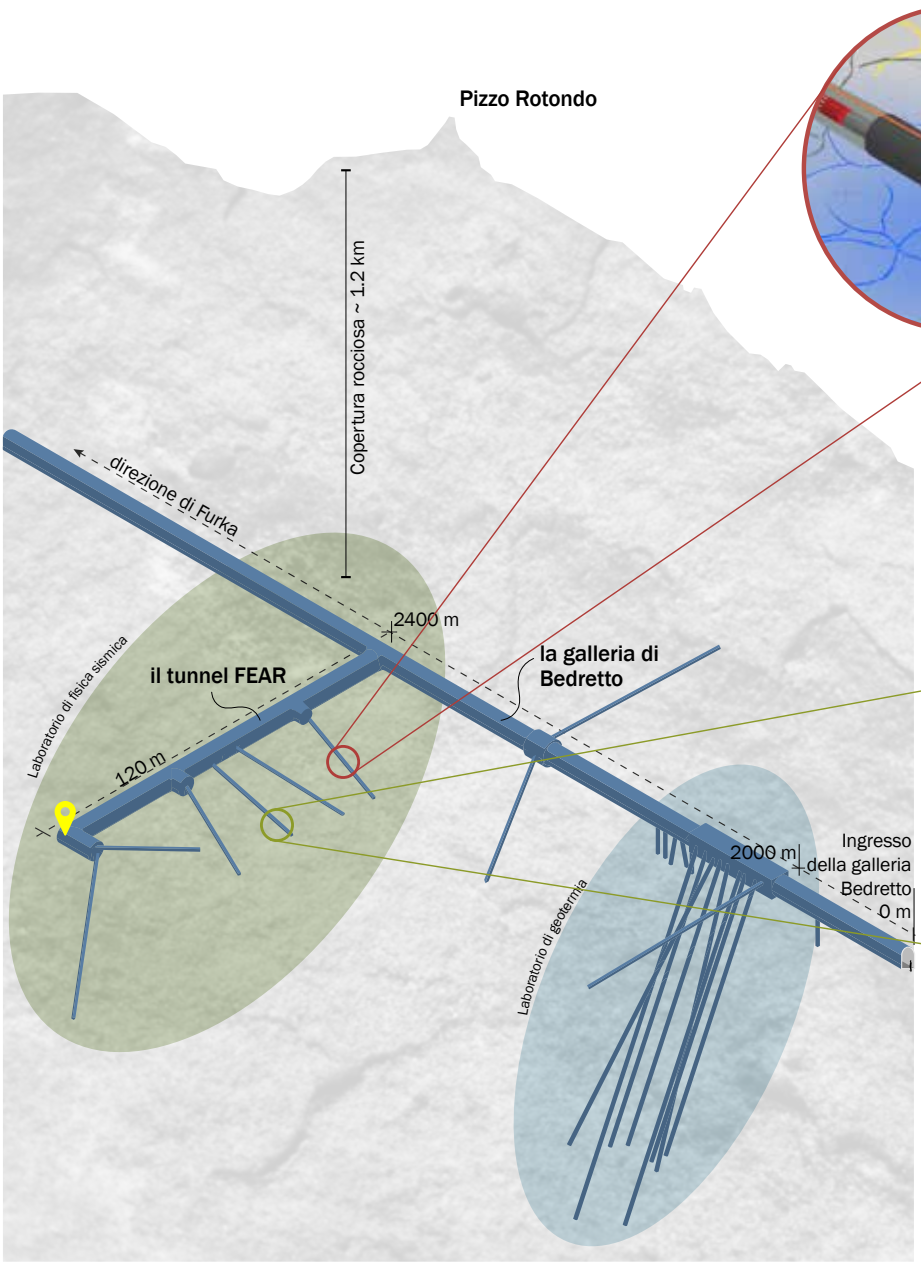
Come il tunnel principale, anche la galleria laterale necessitava di un sistema di aerazione, elettricità e linee dati per trasmettere a Zurigo i dati delle misurazioni. Il tunnel si snoda parallelamente alla faglia, a una trentina di metri di distanza, e permette dunque di raggiungerla in modo mirato tramite i fori di trivellazione.
Questi ultimi hanno due funzioni principali: da un lato, vengono usati per l'iniezione di acqua nella faglia, dall'altro consentono l'installazione di una fitta rete di sensori di vario tipo, dai sismometri ai cavi in fibra ottica fino ai sensori di pressione e deformazione ad alta risoluzione. Molti di questi strumenti si trovano nelle immediate vicinanze della faglia o addirittura sulla stessa. Del resto, solo ciò che si riesce a misurare con precisione può poi essere compreso. Tutto ruota attorno agli interrogativi chiave della sismologia: come iniziano i terremoti? E perché cessano?
Alla fine di giugno, il doppio terremoto avvenuto in Venezuela ha mostrato ancora una volta quanto siano complessi i processi sismici. Il primo terremoto, di magnitudo 7,2, ha provocato una redistribuzione delle tensioni nella crosta terrestre e probabilmente innescato una seconda scossa di magnitudo 7,5, avvenuta meno di un minuto dopo. Con le tecnologie attuali non è possibile prevedere un simile evento né spiegare con certezza perché si verifichi un secondo terremoto e perché le magnitudo possano raggiungere livelli tanto distruttivi. Il team FEAR spera che gli esperimenti condotti al BedrettoLab possano un giorno fornire indizi sui meccanismi alla base di questi processi, contribuendo a una migliore comprensione dei terremoti.

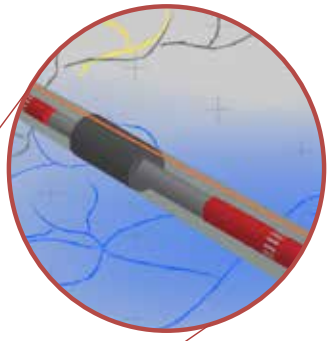
Il cuore: l'esperimento

Una volta calibrati tutti i sensori, predisposte le pompe e presidiata la centrale di controllo presso l'ETH di Zurigo, nel primo pomeriggio di mercoledì 22 aprile ha avuto inizio la fase decisiva: l'iniezione di acqua. Prima di premere il pulsante di avvio, nella centrale di Zurigo il team ha passato in rassegna un'ultima lista di controllo. Tutti seguivano con il fiato sospeso le varie notifiche sugli schermi che consentono di monitorare strumentazioni tecniche e sensori.
Inizialmente l'acqua è stata introdotta nel foro di iniezione a una pressione relativamente bassa. Poco alla volta la pressione è stata aumentata, controllando in tempo reale tutti i dati di misurazione. Già poco dopo l'avvio i sensori hanno iniziato a rilevare i primi lievissimi terremoti.
«Quando siamo riusciti a misurare questi piccoli eventi sismici ci siamo resi conto che il setup dell'esperimento funzionava», dichiara Federica Lanza, sismologa e ammi-

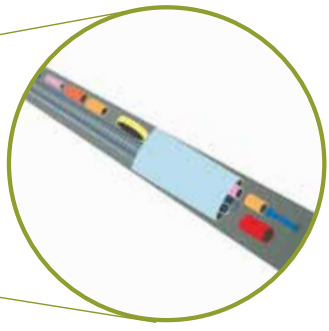
Il tunnel FEAR rimane vuoto durante l'esperimento (la foto è stata scattata in precedenza)

Gli ultimi test di sistema prima del grande esperimento





Nel **pozzo di iniezione**, i packer assicurano che l'acqua venga immessa solo in determinate zone del pozzo



Strumenti nei pozzi per misurare:

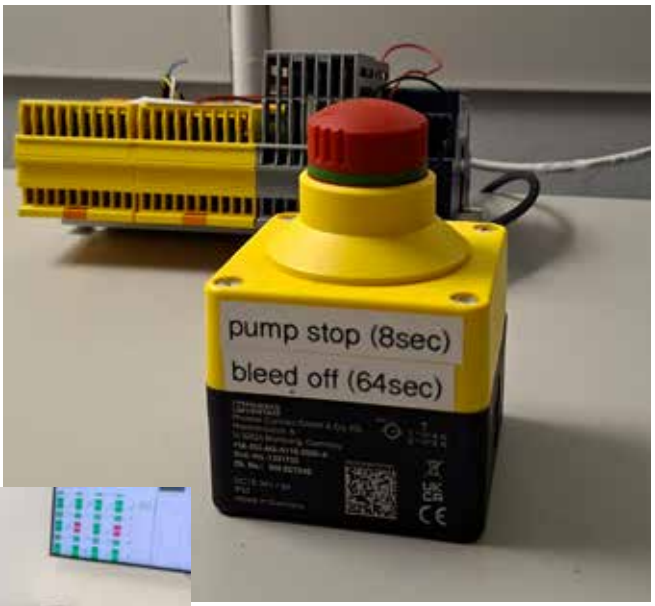
- Terremoti
- Temperatura
- Pressione
- Portata dell'acqua

Schema del nostro laboratorio di fisica sismica presso il BedrettoLab

nistratore principale del BedrettoLab.
Questi microsismi sono impercettibili per gli esseri umani. Tuttavia, sono importantissimi ai fini della ricerca, in quanto dimostrano che la faglia si comporta come previsto. Poco a poco ha trovato conferma anche il fatto che i microsismi avvenissero effettivamente lungo la zona prevista: un grande successo per il team, dal momento che la preparazione dell'esperimento, unico al mondo in questa forma, ha richiesto anni.

Fermarsi al momento giusto

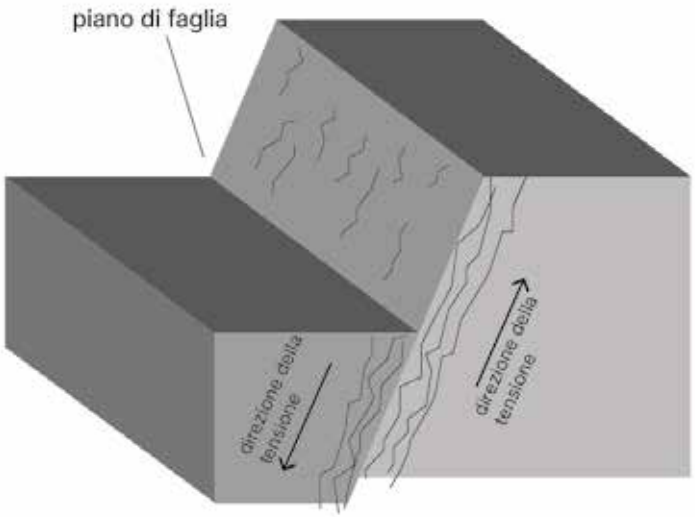
L'esperimento era progettato in modo da poter continuare ininterrottamente fino a sette giorni e sette notti. Per il monitoraggio sono stati organizzati dei turni di lavoro. Tuttavia, poco dopo la mezzanotte tra mercoledì e giovedì si è verificato un imprevisto: in un punto sono fuoriuscite quantità inaspettatamente grandi di acqua dalla roccia, provocando un cortocircuito. L'esperimento ha dovuto essere temporaneamente sospeso.
Il mattino dopo, il team si è incontrato per una riunione di emergenza. Il danno era lieve e un tecnico lo ha riparato in giornata. Nel pomeriggio è stato possibile continuare l'esperimento in sicurezza.
Non appena l'acqua ha ricominciato a fluire, è tornata anche l'attività sismica. Restava la domanda chiave: è possibile arrivare alla magnitudo 1, obiettivo dell'esperimento? Dopo oltre 40 ore di iniezione, la rete di misurazione ha registrato un evento che ha attirato l'attenzione dell'intero team: un terremoto di magnitudo –0.14.
Questo terremoto corrisponde a una superficie di rottura di circa 10 metri quadrati, lungo la quale la roccia si è spostata. Per un terremoto indotto artificialmente, osservato da distanza ravvicinata e con una rete di sensori di eccezionale densità, si tratta di un valore notevolmente elevato.
Dopo un totale di 50 ore di iniezione d'acqua e circa 12.000 microsismi indotti e registrati, il team ha infine concluso, per il momento, l'esperimento. Il sofisticato sistema di strumenti di misura installati nella roccia ha funzionato perfettamente, così come il sistema di controllo dell'esperimento.
L'iniezione è stata interrotta quando l'attività sismica ha iniziato gradualmente a spostarsi al di fuori della zona monitorata più da vicino. Per questo motivo non è stato raggiunto l'obiettivo di provocare un terremoto di magnitudo 1. Nonostante ciò, l'esperimento ha prodotto un insieme di dati estremamente ampio e di straordinario valore scientifico, che ci aiuterà a comprendere meglio i meccanismi di attivazione delle faglie. Su questo ricco patrimonio di dati ed esperienza si baserà ora la progettazione del prossimo esperimento. ■



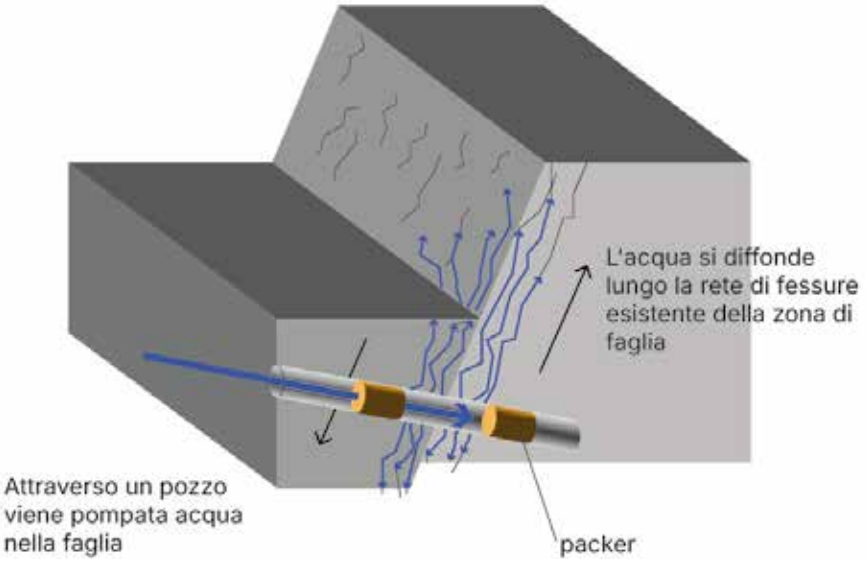
Un pulsante fondamentale: se qualcosa va storto, basta premerlo per interrompere tutto

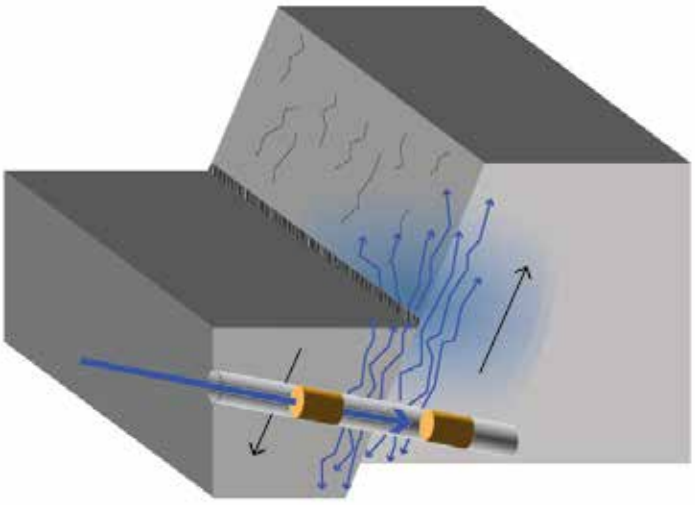
Poco dopo l'inizio dell'esperimento, circa 10 persone (Federica Lanza al centro) osservano ciò che accade nel tunnel FEAR.

Come si attiva una faglia?



Schema di una zona di faglia





L'acqua accumulata riduce l'attrito tra i due massicci rocciosi, consentendo alla tensione accumulata di scaricarsi sotto forma di terremoti

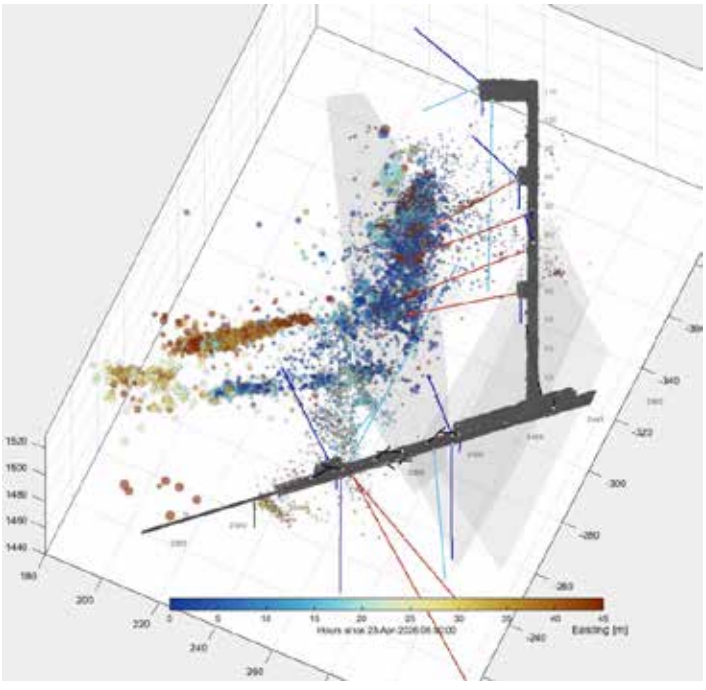
L'esperimento FEAR 2 in breve

FEAR analizza le modalità in cui si generano e si sviluppano i terremoti, provocando lievissime scosse nel sottosuolo, in condizioni rigorosamente controllate, così da poterle studiare da vicino e con un approccio scientifico.

Come si è svolto in concreto l'esperimento FEAR 2?
Mediante diversi fori di trivellazione all'interno del nuovo tunnel laterale del BedrettoLab (tunnel FEAR) è stata pompata in modo controllato acqua in una faglia. Quest'ultima si tratta di una zona di frattura naturale nella roccia soggetta a terremoti naturali. L'obiettivo era quello di innescare il processo artificialmente, generando microsismi.

- La tecnica utilizzata (stimolazione) era già stata impiegata in precedenti esperimenti nel BedrettoLab ed è una tecnica ormai consolidata nella geotermia profonda. I processi all'interno e in prossimità della faglia sono stati registrati tramite strumenti di misurazione ad alta sensibilità, che hanno rilevato circa 12.000 terremoti di lievissima entità.
- I terremoti indotti avevano magnitudo compresa tra -5 e -0.14. L'obiettivo era innescare un terremoto di magnitudo 1. Tale obiettivo non è stato raggiunto in questo esperimento, ma sarà oggetto di ricerca in quelli successivi.

Perché vengono indotti terremoti artificiali nel BedrettoLab?
Gli esperimenti puntano a rispondere a domande fondamentali sui terremoti, ancora oggi senza risposta: come iniziano i terremoti? Perché si arrestano?



Ogni punto rappresenta un terremoto che è stato rilevato e localizzato grazie ai sensori di alta sensibilità

Sono da prevedersi ripercussioni nella galleria di Bedretto?
Per valutare i rischi è stato condotto in precedenza uno studio approfondito. Da esso è emerso che l'infrastruttura della galleria e le persone presenti al suo interno sono le più a rischio. Per questo motivo tutti gli esperimenti sono controllati da Zurigo e tutte le operazioni sono monitorate in tempo reale. In caso di superamento dei valori soglia definiti o di malfunzionamenti tecnici, un esperimento può essere interrotto immediatamente. Il terremoto simulato, con una magnitudo di 1,0, potrebbe causare danni molto lievi alle pareti e agli impianti della galleria, situati a una distanza compresa tra i 30 e i 50 metri.

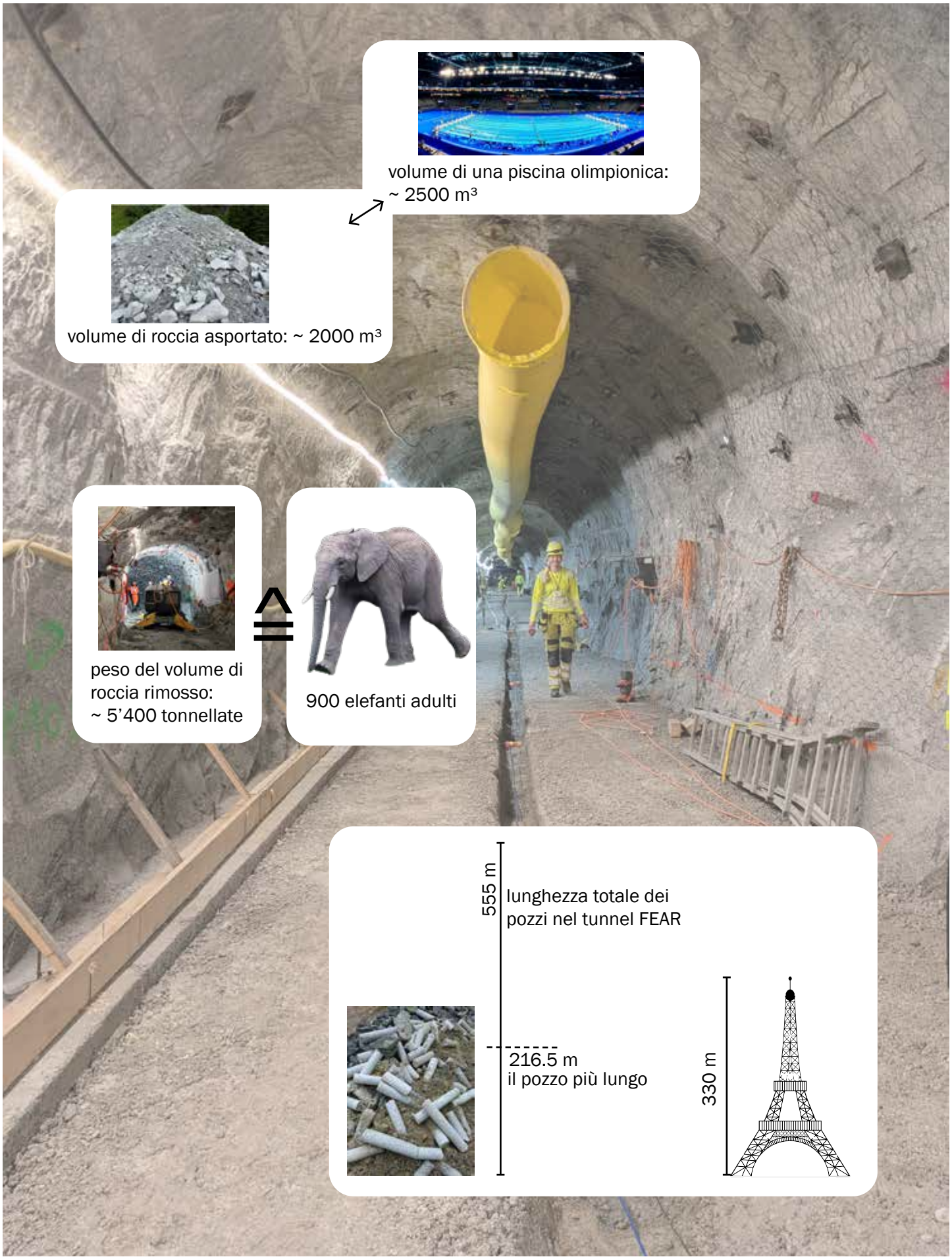
Sono previste ripercussioni all'esterno della galleria?
Secondo i nostri calcoli, basati su precedenti esperimenti condotti al BedrettoLab e su studi di rischio e pericolo del Servizio sismologico svizzero dell'ETH di Zurigo, un terremoto di magnitudo 1,0 non causerebbe danni all'esterno della galleria. Si potrebbero prevedere danni all'esterno del tunnel solo in caso di un terremoto significativamente più forte (magnitudo 4,5 o superiore).
La probabilità di danni all'esterno del tunnel di Bedretto è pari a circa lo 0,01% (1 su 10'000) ed è quindi nettamente inferiore al rischio di un terremoto naturale nella regione nello stesso periodo. Il terremoto provocato nell'esperimento, di magnitudo pari a circa 0, non è stato avvertito all'esterno del tunnel.

Cosa abbiamo scoperto finora?
Abbiamo potuto dimostrare che è possibile attivare la faglia in modo controllato mediante iniezioni d'acqua ad alta pressione e che la nostra rete di misurazione è in grado di quantificare con precisione la deformazione e l'attività sismica nell'intero volume. L'insieme di dati così ottenuto costituisce la base più importante per rispondere agli interrogativi dei ricercatori nell'ambito del progetto FEAR. Un'analisi più approfondita richiederà ancora del tempo e impegnerà il team di ricerca nei prossimi anni.

Qual è la prossima tappa?
Si prevede che in autunno si svolgeranno ulteriori esperimenti. Lo comunicheremo tempestivamente sul nostro sito web. Sia la Matterhorn Gotthard Bahnen che il Comune di Bedretto saranno informati in anticipo in merito ai nostri esperimenti.

Avete ulteriori domande in merito?
Contattateci all'indirizzo bedrettolab@eaps.ethz.ch.

Curiosità sul tunnel FEAR



Le persone dietro FEAR

Mathilde Wimez, responsabile delle operazioni
Con FEAR ho potuto coniugare al meglio la mia esperienza pratica con le mie competenze scientifiche. Quando ho iniziato a lavorare al BedrettoLab circa due anni fa, i preparativi erano già in pieno svolgimento. È stato bello vedere di aver contribuito al successo dell'esperimento.

Luca Scarabello software engineer
In quanto software engineer del sistema di monitoraggio sismico di Bedretto, il mio lavoro consiste nel trasformare i "rumori" sotterranei in dati utilizzabili dai ricercatori. Dopo abbastanza anni passati a lavorare con questo sistema complesso, mi sembra che i terremoti siano quasi più prevedibili del software. Ma per quanto difficile sia il problema, il caffè fa sempre parte della soluzione.

Kacper Biłko, Fisico specializzato nell'acquisizione dati (a sinistra nella foto)
L'inizio dell'esperimento FEAR-2 è stato come il decollo di un razzo. La nostra sala di controllo era piena di scienziati, ingegneri e giornalisti, tutti intenti a seguire ciò che stava accadendo all'interno del BedrettoLab. Eravamo entusiasti dell'avvio impeccabile e della raccolta dati di grande successo, grazie al nostro complesso sistema di monitoraggio.

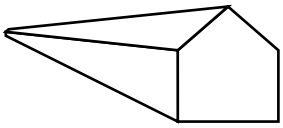
Marian Hertrich, responsabile del laboratorio BedrettoLab:
Ho seguito il progetto FEAR sin dai suoi primi passi. La costruzione del tunnel FEAR è stata una sfida enorme per tutto il team. Il fatto che quest'anno siamo finalmente riusciti a condurre lì il nostro primo esperimento ha rappresentato una pietra miliare importante per il BedrettoLab e per me.

Martina Rosskopf, Post-dottorato e sismologa
FEAR-2 è andato ben oltre il monitoraggio sismico di routine che svolgiamo abitualmente presso il SED. L'elevato numero di eventi sismici ci ha tenuti impegnati 24 ore su 24, 7 giorni su 7, rendendo questo periodo incredibilmente stimolante ma anche molto intenso per l'intero team.

Thomas Haag, ingegnere elettrico e specialista in tecnica di misura
In FEAR ho avuto modo di sviluppare e seguire in prima persona molte innovazioni tecniche. Era una sorta di parco giochi per ingegneri, ma anche molto stressante, perché alla fine bisognava finire tutto in fretta.

Al progetto FEAR partecipano circa 70 persone provenienti dai settori della ricerca, dell'amministrazione, della comunicazione e della tecnologia dell'ETH di Zurigo, della RWTH di Aquisgrana e dell'INGV di Roma.

Gli edifici vengono catalogati in base al loro volume. Il BedrettoLab è l'edificio più grande dell'ETH, con una sezione trasversale di circa 10 m² e una lunghezza di 5'200 m, per un **volume complessivo di circa 52'000 m³**. Si tratta essenzialmente di un unico grande locale/piano.



Collaboratori del BedrettoLab

21 donne

24 uomini

Lunghezza totale di tutti i fori nel BedrettoLab

4,154 m

Collaboratori del BedrettoLab: Ivo Graber

In qualità di responsabile informatico del BedrettoLab, Ivo Graber lavora principalmente nel suo ufficio presso l'ETH Zürich. Da lì supervisiona la complessa infrastruttura IT del laboratorio, i server e i sistemi di archiviazione dati dell'ETH, nonché l'intera rete di comunicazione che collega tutto. Una o due volte al mese, tuttavia, scende nelle profondità del BedrettoLab per verificare di persona che tutto funzioni correttamente. Nel tempo libero, Ivo coltiva interessi completamente diversi: gli piace nuotare, dedicarsi a piccoli progetti di fai-da-te oppure giocare una partita a flipper.

Qual è il tuo ruolo e quali sono i tuoi compiti al BedrettoLab?
Sono responsabile dell'intera infrastruttura IT. Questo include tutti i computer e i dispositivi elettronici come sensori o strumenti di misura nel tunnel, così come i server qui all'ETH Zürich che ricevono i dati. Fa parte delle mie responsabilità anche l'intera rete dati che collega tutti questi dispositivi tra loro e, in definitiva, anche con il resto del mondo. Mi assicuro che le grandi quantità di dati di misurazione raccolti nel tunnel arrivino in modo affidabile all'ETH e possano essere archiviati ed elaborati in sicurezza.
Una parte fondamentale del mio lavoro consiste quindi nel garantire il funzionamento continuo dell'infrastruttura IT. Inoltre, lavoriamo costantemente per sviluppare ulteriormente i sistemi in termini di efficienza, stabilità e sicurezza.

«Nonostante i miei 20 anni di esperienza nell'IT, l'inizio al BedrettoLab è stato per me un salto nel vuoto.»

Qual è stata finora la sfida più grande nel tuo lavoro?
Senza dubbio l'inserimento iniziale. Nonostante i miei 20 anni di esperienza nell'IT, l'inizio al BedrettoLab è stato per me un vero salto nel vuoto. Per il passaggio di consegne dell'intera infrastruttura – e stiamo parlando di centinaia di dispositivi e di una rete complessa – io e il mio predecessore avevamo esattamente un solo giorno. Nei primi sei mesi ho quindi dedicato molto tempo a familiarizzare con il sistema. Oggi, dopo oltre un anno, mi sono ambientato e mi sento a mio agio con tutto il sistema.

Qual è stata la tua esperienza più bella o più emozionante?
Ho avuto l'opportunità di assistere a un'esplosione per la costruzione del nuovo tunnel laterale del progetto FEAR. Era una normale giornata di lavoro, ma per l'esplosione abbiamo dovuto interrompere brevemente le attività e spostarci in una zona sicura. Da lì eravamo abbastanza lontani per essere al sicuro, ma abbastanza vicini per assistere all'evento. Tutti guardavamo con attenzione nel tunnel principale. Quando è stata innescata l'esplosione, si poteva vedere chiaramente l'onda d'urto propagarsi lungo il tunnel. È stato un momento molto impressionante che ricordo ancora vividamente.

Cosa ti piace fare nel tempo libero quando non lavori per il BedrettoLab?
In passato mi piaceva occuparmi di temi legati all'IT anche nel tempo libero, ad esempio programmare. Oggi è diverso: ci sono semplicemente troppe altre cose che mi danno soddisfazione. Mi piace soprattutto passare tempo con la mia famiglia. Mio figlio di 15 anni non è particolarmente interessato al mio lavoro nell'IT, ma ha chiaramente una predisposizione tecnica.
Inoltre, amo viaggiare, realizzare piccoli progetti di fai-date e, ogni tanto, giocare ai videogiochi o fare una partita al flipper. Per mantenermi in forma, vado regolarmente a nuotare.

Ivo Graber in officina

Il BedrettoLab riaprirà le porte ai visitatori a partire da giugno

Il Museo Sasso San Gottardo ripropone anche quest'estate le visite guidate aperte al pubblico:

- Venerdì 7 agosto 2026

Ulteriori date saranno pubblicate a breve sul sito web. È inoltre possibile prenotare una visita guidata per gruppi. Biglietti per le visite guidate e richieste di visite guidate per gruppi al seguente link:
sasso-sangottardo.ch/bedrettolab

Mangia e Cammina

La prossima edizione della Mangia e Cammina si terrà il 9 agosto 2026. Il BedrettoLab sarà nuovamente presente con visite guidate, giochi e una mostra.

◄ Le guide del Museo Sasso San Gottardo hanno recentemente seguito un nuovo corso di aggiornamento presso il BedrettoLab.
Tutto il team del BedrettoLab e del Museo Sasso San Gottardo non vede l'ora di darvi il benvenuto.

Attendiamo il vostro feedback!

Vi è piaciuto il sesto numero del Gazzettino?
C'è qualche argomento su cui vi piacerebbe ricevere maggiori informazioni?
Saremo lieti di ricevere il vostro feedback all'indirizzo:
stefanie.zeller@sed.ethz.ch.

Impressum

Il Gazzettino di Bedretto è la rivista del BedrettoLab dell'ETH di Zurigo per la popolazione di Bedretto.
www.bedrettolab.ethz.ch