



Il Gazzettino di Bedretto

Numero 5 (Giugno 2025)

**Cari residenti di Bedretto,
cari lettori,**

Il calendario del BedrettoLab è stato fitto di appuntamenti nel 2024, con esperimenti, lavori di costruzione per il nostro nuovo tunnel laterale e visite guidate pubbliche. Il team del BedrettoLab proseguirà con lo stesso ritmo anche nel 2025.

Forse avete anche avuto l'opportunità di visitare il nostro tunnel in una di queste occasioni. Se così non fosse, potete rallegrarvi, perché nel 2025 offriremo nuovamente visite guidate.

In questa edizione potete leggere in merito ai progetti in programma per l'anno 2025.

Vi auguriamo una buona lettura!
Il team del BedrettoLab



BEACH - Inaugurato un nuovo esperimento sull'accumulo di calore nella roccia

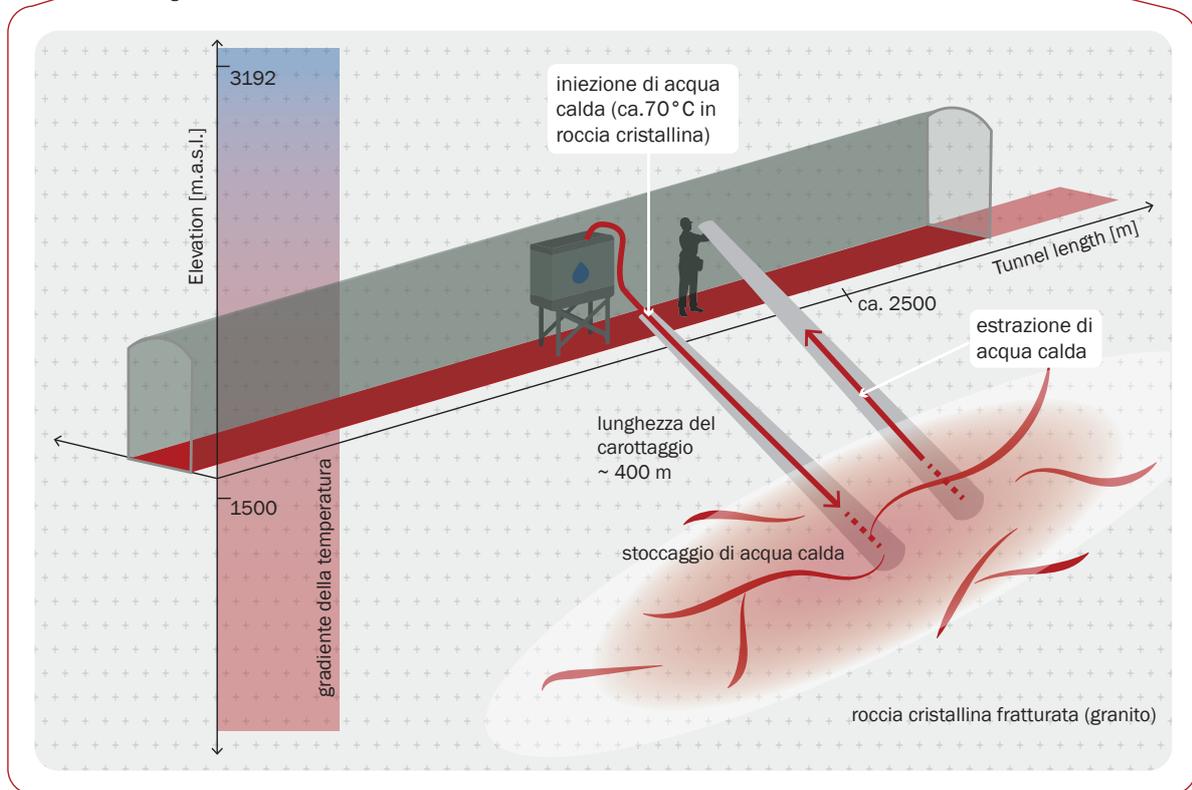
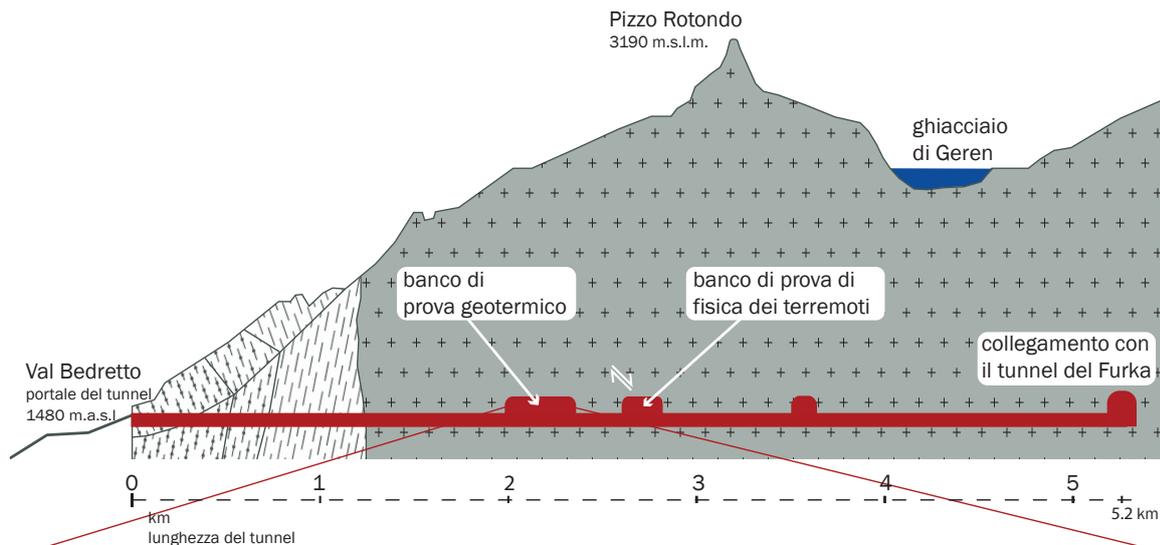
Il progetto pilota e dimostrativo BEACH (Bedretto Energy Storage and Circulation of Geothermal Energy) indaga per la prima volta la possibilità di immagazzinare calore nel substrato roccioso cristallino, ossia nel granito. All'inizio di giugno è iniziata una prima prova di iniezione della durata di alcuni giorni.

Il concetto studiato in BEACH è già consolidato e commercialmente disponibile nelle rocce sedimentarie. Questo tipo di accumulo nel sottosuolo è sfruttato da grandi edifici, p. es. la sede del parlamento federale tedesco, per il riscaldamento invernale. Combinando più perforazioni il sistema può essere usato anche per il raffrescamento estivo. In Svizzera la roccia predominante, che costituisce il 60 % della superficie nazionale, è cristallina. A differenza di quella sedimentaria, questa non presenta la porosità che consente l'effetto di accumulo. Tuttavia, la roccia cristallina potrebbe essere sfruttata in virtù delle piccole fessure potenzialmente utilizzabili per immagazzinare acqua e calore.

Finora non era mai stato testato un procedimento simile in questo tipo di roccia. Per prepararsi a questo obiettivo, i ricercatori hanno già creato dei modelli numerici che si basano sui dati raccolti in precedenti esperimenti nel BedrettoLab in merito al volume roccioso circostante. Nell'esperimento, l'acqua viene ora immessa nel foro di iniezione per riscaldarla nella roccia circostante. Inizialmente, l'acqua rimarrà nella roccia solo per pochi giorni, ma in ulteriori esperimenti nell'ambito del progetto BEACH, verrà lasciata per periodi più lunghi e verrà anche iniettata acqua calda per testare l'accumulo di calore.

Accumulo di calore nella roccia

In un progetto reale, il calore in eccesso prodotto in estate, p. es. tramite energia solare, potrebbe essere utilizzato per riscaldare l'acqua per poi accumularla nella roccia profonda. Le profondità previste sarebbero di circa 1,5 km, dove la temperatura media è approssimativamente di 60 °C. A seconda della velocità di deflusso nel



sottosuolo si determina la posizione del secondo foro finalizzato a trasportare nuovamente l'acqua in superficie e sfruttarla, dopo averne preservato il calore.

Il BedrettoLab si avvicina a queste condizioni reali, dal momento che il laboratorio di geotermia è coperto da circa un chilometro di roccia e questa dispone di un adeguato sistema di fessure. «Sfruttiamo le fessure esistenti e i fluidi che circolano al loro interno e aggiungiamo ulteriore acqua in tali strutture», spiega Maren Brehme, responsabile del progetto. Sono già disponibili molti dati importanti sul volume di roccia nel BedrettoLab. Per esempio, è anche probabile che una certa quantità di acqua venga dispersa e non segua esclusivamente la direzione del flusso principale. Tuttavia, ai fini della fattibilità l'importante è scoprire se almeno una gran parte del volume di

acqua immesso possa essere nuovamente prelevato. Oltre agli esperimenti in corso presso il BedrettoLab, il team del progetto BEACH è già in contatto con un'azienda di Sciaffusa che ha manifestato interesse a una collaborazione con i ricercatori BEACH per mettere in pratica in un impianto pilota la strategia sperimentata presso il BedrettoLab.

Il progetto BEACH è già stato presentato nel programma televisivo "10vor10" (in tedesco):

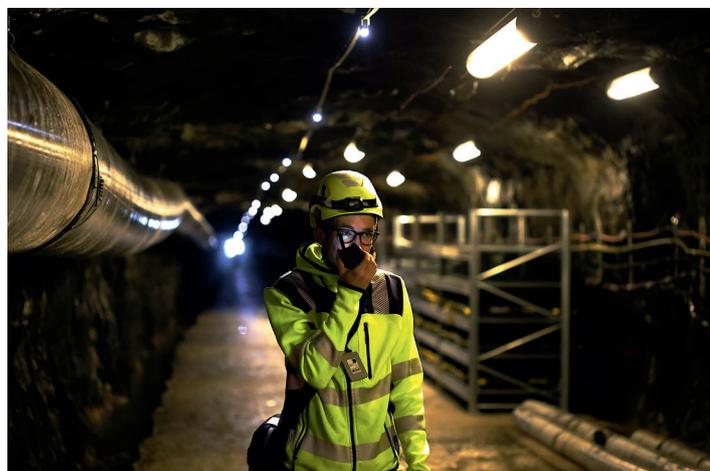


Un viaggio attraverso il BedrettoLab: dalla tesi di master al dottorato

Kai Bröker ha recentemente conseguito il dottorato conducendo una ricerca sulle misurazioni dello sforzo e sul modo in cui queste ultime possono essere utilizzate per comprendere e ottimizzare le stimolazioni idrauliche nelle rocce cristalline. Nata durante gli studi di geofisica applicata, la sua passione per questo ambito è stata sin dagli esordi strettamente legata al BedrettoLab.

Alla fine del programma di master dovevo scegliere un argomento per la tesi, e ho colto con entusiasmo l'opportunità di lavorare con Xiadong Ma al BedrettoLab. All'epoca il laboratorio era ancora agli inizi, ed erano in corso preparativi e misurazioni per predisporre l'ambiente sperimentale geotermico. La combinazione di lavoro sul campo e teorico mi ha appassionato, tanto da farmi proseguire l'impegno presso il BedrettoLab.

Per la tesi di master ho effettuato dei mini test di fratturazione per comprendere il campo di sforzo nel volume roccioso in cui avevamo in programma di effettuare successive stimolazioni idrauliche. In quel periodo il laboratorio non era un ambiente facile: l'illuminazione era discontinua e dovevamo farci strada in un tunnel pieno di fango. Nonostante le difficoltà, le lunghe campagne di misurazione in diversi pozzi all'interno della galleria di Bedretto sono state al tempo avventurose.



Nell'intento di approfondire le conoscenze della mia tesi di master, ho deciso di proseguire con il dottorato. Contemporaneamente sono iniziati gli esperimenti di stimolazione del progetto VALTER, nei quali io e il mio supervisore Xiadong abbiamo avuto ruoli fondamentali. Progettavamo i protocolli di stimolazione ed eravamo presenti attivamente nel corso degli esperimenti. Essendo coinvolto nel rapido sviluppo del BedrettoLab, la continuazione della mia tesi di dottorato era una scelta naturale. Una particolare motivazione per me era costituita dalla possibilità di contribuire allo sviluppo dell'energia geotermica.



Specializzazione

Durante la mia ricerca di dottorato ho approfondito ulteriormente le misurazioni della sollecitazione e la variabilità naturale del campo di sforzo. La seconda parte della mia tesi rientrava nel progetto VALTER, finalizzato allo sviluppo di procedure di stimolazione idraulica volte all'estrazione sicura dell'energia geotermica profonda: un'esperienza davvero appassionante.

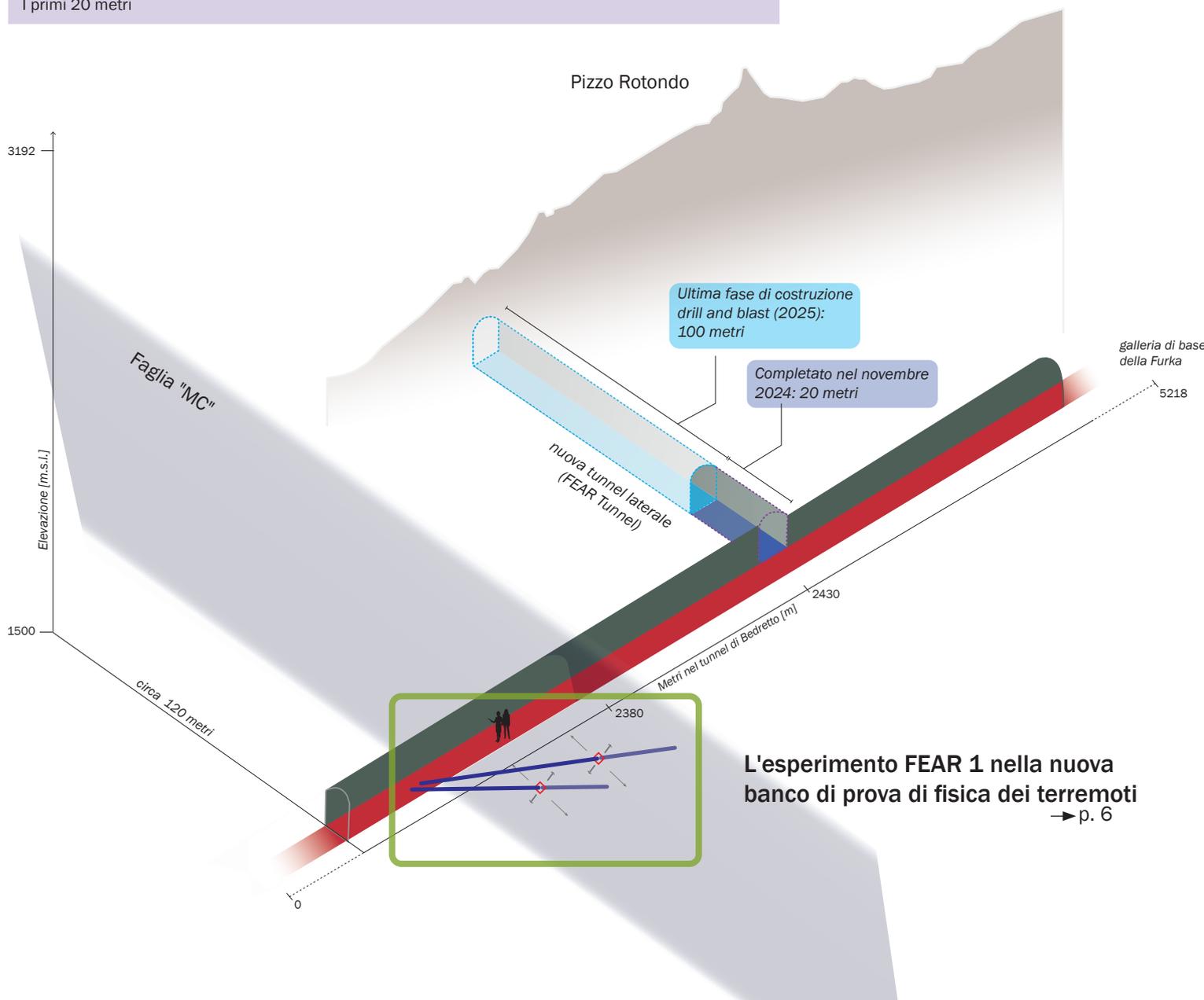
Con l'allargarsi del team del BedrettoLab, si è rafforzato l'approccio interdisciplinare a varie tematiche, con effetti molto positivi sulla mia ricerca. Le attività geotermiche richiedono una vasta gamma di conoscenze sulla sismicità potenziale, la geologia del sottosuolo, l'idrogeologia e la geomeccanica. Ho avuto la fortuna di ricevere preziose informazioni da altri dottorandi, che hanno condiviso con me le loro conoscenze nelle rispettive discipline e con i quali ho stretto una profonda amicizia.

Dopo quattro anni di lavoro alla tesi e cinque al BedrettoLab, alla fine del 2023 ho portato a termine la mia ricerca di dottorato. Ora sono un ricercatore post-dottorale all'Università di Neuchâtel, e mi sto dedicando alla geomeccanica dei pozzi geotermici profondi e allo sviluppo di nuove tecniche di misurazione della sollecitazione. Nel frattempo, continuo a contribuire alla ricerca in corso al BedrettoLab.

Immagini dalla costruzione del tunnel



I primi 20 metri



Quando la costruzione di un tunnel guida la ricerca

Nel settembre 2023 sono iniziati i lavori di costruzione di un nuovo tunnel laterale nell'ambito del progetto FEAR. Questo tunnel si sviluppa parallelo a una zona di faglia naturale, che sarà esaminata da vicino per comprendere meglio come si evolvono e si arrestano i terremoti. I lavori di scavo hanno sostenuto anche un altro progetto di ricerca -PRECODE- incentrato sul comportamento delle rocce cristalline come barriera geologica per lo smaltimento delle scorie nucleari. L'obiettivo di questo progetto è lo studio della risposta della roccia adiacente alle attività di scavo, in particolare in termini di stabilità, e come si evolve nel tempo la Zona di Danno da Scavo (EDZ), ossia le pareti del tunnel e il volume di roccia direttamente interessato dallo scavo. La EDZ è un fattore cruciale nella ricerca di un deposito di scorie nucleari adeguato. Per rispondere ai quesiti scientifici del progetto PRECODE, il volume di roccia interessato è stato minuziosamente

roccia, che è utilizzato per frantumare il materiale interno. L'obiettivo dello scavo morbido è quello di ridurre al minimo i danni indotti dallo scavo, consentendo al progetto di valutare l'evoluzione dei danni causati esclusivamente dalla redistribuzione delle tensioni, a differenza dei danni indotti dallo scavo e dall'esplosione.

I risultati iniziali dimostrano chiaramente lo sviluppo della EDZ intorno al tunnel in risposta allo scavo. L'identificazione delle caratteristiche di questa EDZ a breve termine - in particolare la sua posizione e la sua estensione - ha aperto la strada al team di ricerca PRECODE per concentrarsi sull'area di interesse per il monitoraggio a lungo termine, dove studierà come il danno si evolve nel tempo a causa del cambiamento delle condizioni ambientali.

Dopo questa sezione di prova, lo scavo è proseguito per altri 80 metri circa, utilizzando il metodo di perforazione e brillamento più rapido. Alla fine di aprile, lo scavo della galleria laterale è stato completato. Sono ora in corso le operazioni finali, tra cui la pavimentazione del tunnel con



Gli ultimi 100 metri

dotato di strumentazione in anticipo con varie tecniche di monitoraggio, quali metodi sismici, idraulici, di deformazione e geofisici. Un'importante incognita riguarda l'impatto dei metodi di scavo sulla EDZ, compreso il confronto tra due tecniche. L'obiettivo è osservare l'evoluzione della EDZ in un periodo di tre-cinque anni.

I primi dieci metri della nuova galleria sono stati scavati con un'esplosione controllata, mentre i restanti undici metri sono stati scavati con una tecnica nota come "Line Drilling and Rock Breaking" (perforazione in linea e rottura della roccia), internamente chiamata "Soft Excavation (scavo morbido)". Questo metodo prevede la realizzazione di numerosi piccoli fori lungo la circonferenza del tunnel per fungere da punti di ancoraggio per uno spacca

calcestruzzo e l'installazione di una rete metallica sul soffitto per garantire un ambiente di lavoro sicuro. Questo mese è prevista la perforazione dei primi pozzi dal nuovo tunnel laterale per continuare con gli obiettivi di ricerca. Il progetto PRECODE è guidato da un gruppo di ricerca del RWTH Aachen. I partner del progetto sono il Politecnico di Zurigo, la York University (Canada), la Dalhousie University (Canada) e la BGE Technology GmbH (Germania).

Esperimento di iniezione riuscito presso il nuovo testbed di fisica dei terremoti del BedrettoLab

Un esperimento di iniezione (FEAR 1) della durata di tre settimane presso il nuovo testbed di fisica dei terremoti del BedrettoLab è stato completato con successo nei mesi di novembre e dicembre 2024. L'obiettivo era quello di caratterizzare come la struttura di faglia bersaglio del progetto FEAR (Fault Activation and Earthquake Rupture) risponde all'iniezione di acqua ad alta pressione. I risultati serviranno come base di riferimento per una serie di esperimenti previsti nei prossimi due anni, che mirano a comprendere i processi di deformazione delle zone di faglia.

l'esperimento ha rivelato una maggiore complessità della zona di faglia rispetto a quanto ipotizzato in precedenza. Durante l'iniezione ad alta pressione, si sono verificati piccoli eventi sismici a più di 50 metri di distanza dal sito di iniezione e suggeriscono la presenza di un'estesa rete di fratture.

Questi risultati confermano che la zona di faglia può essere attivata e forniscono informazioni cruciali per la progettazione dei prossimi esperimenti FEAR, che si concentreranno sull'attivazione controllata di specifici intervalli di faglia.



I collaboratori posizionano i sensori nel pozzo

Dopo un'ampia preparazione, che comprende la creazione di pozzi, l'installazione di sensori e la produzione di una sonda di deformazione appositamente progettata, l'esperimento è iniziato a fine novembre. Nel corso di tre settimane, sono stati iniettati circa 1.100 metri cubi d'acqua nella zona di faglia bersaglio attraverso due pozzi, utilizzando un sistema di controllo remoto progettato su misura. Questo volume equivale all'incirca a 5'600 vasche da bagno. È importante notare come tutta l'acqua utilizzata provenisse dai pozzi del tunnel, garantendo che non venisse sprecata acqua potabile.

L'iniezione avrebbe dovuto indurre una risposta nella struttura della faglia a causa dell'aumento della pressione nella roccia circostante. L'analisi iniziale indica lievi movimenti della faglia; sono in corso calcoli dettagliati per determinare l'entità dello spostamento. Inoltre,



L'elevata pressione necessaria per l'esperimento è stata generata da una serie di pompe.

Collaboratori del BedrettoLab: Mathilde Wimez

Mathilde Wimez ha iniziato a lavorare come project manager presso il BedrettoLab l'anno scorso. Dopo la formazione come sismologa in Francia, ha accumulato un ampio bagaglio di esperienza pratica e di ricerca negli USA, in Bolivia e in Alaska, e pertanto dispone delle competenze ideali per questo lavoro. Nel tempo libero ama fare escursioni e scalate in montagna.

Quali sono i tuoi compiti al BedrettoLab?

Come project manager, faccio da ponte tra gli scienziati che lavorano a Zurigo e il team operativo nella galleria. Ho la responsabilità di garantire il buon funzionamento dei processi nel laboratorio e di organizzare varie campagne di esperimenti e misurazioni. I miei compiti variano molto a seconda dell'esperimento o della campagna. Per i progetti più piccoli, rientra nelle mie responsabilità anche offrire vari tipi di formazione, ad esempio sui protocolli di sicurezza, la modellazione idrogeologica, il monitoraggio sismico e l'utilizzo dei packer nei pozzi. Questi corsi di formazione sono principalmente rivolti a scienziati, studenti e tecnici che vengono a lavorare nel tunnel. Svolgo inoltre anche compiti nell'ambito della sicurezza, in particolare per garantire l'efficienza dei sistemi radio e di allarme, che devono essere sottoposti regolarmente a interventi di controllo e manutenzione.



Mathilde Wimez in officina

Un'altra sfida interessante è la barriera linguistica: a Zurigo la squadra parla principalmente inglese o tedesco, mentre Bedretto usiamo per lo più il francese o l'italiano.

Come si svolge una giornata di lavoro tipo al BedrettoLab?

Al BedrettoLab non esiste una «giornata di lavoro tipo»! Sono una persona molto strutturata, e questo mi aiuta a restare organizzata. Di solito, una volta giunta alla baracca di Bedretto, inizio controllando le consegne e revisionando l'inventario per gli esperimenti. Dopodiché, spesso vado nella galleria per controllare le attività. Poi riferisco ai membri del team interessati e documento ciò che ho fatto. Sebbene lavori in modo indipendente, mi affido al supporto di tecnici e studenti assistenti.

Qual è stata la sfida più grande che hai affrontato da quando lavori al BedrettoLab?

Il BedrettoLab presenta molte sfide poiché richiede una stretta collaborazione tra varie figure professionali, il che lo rende un ambiente unico. Una sfida specifica per me è tradurre il linguaggio «scientifico» nella lingua «della galleria». I progetti sperimentali degli scienziati di Zurigo devono essere implementati nel tunnel e adattati di consegu-

enza. Inoltre, la galleria è un cantiere permanente con lavori in corso, cosa che lo rende molto diverso dai laboratori tradizionali: ho imparato molto in questo contesto. Un'altra sfida interessante è la barriera linguistica: a Zurigo la squadra parla principalmente inglese o tedesco, mentre Bedretto usiamo per lo più il francese o l'italiano. Questo porta a delle conversazioni divertenti e mi dà molte opportunità di imparare.

Qual è stata la tua esperienza migliore presso il laboratorio?

Ho partecipato a esperimenti che non avevo mai visto prima. Recentemente, ad esempio, abbiamo aperto un pozzo che rimase sigillato per oltre un anno. Quando viene aperto, l'acqua fuoriesce e la pressione nel pozzo scende da 60 volte la pressione atmosferica a 1 atmosfera. Durante questo deflusso e depressurizzazione, abbiamo condotto test su cambiamenti di pressione, flusso d'acqua, sismicità e deformazione della roccia. Il lavoro con i pozzi e vari strumenti di misurazione era un'assoluta novità per me e mi affascina moltissimo.

Il BedrettoLab riapre le sue porte ai visitatori a partire da giugno

Quest'anno, grazie a una collaborazione con il Museo Sasso San Gottardo, siamo stati in grado di offrire per la prima volta visite guidate pubbliche al BedrettoLab in diversi sabati. Le guide del museo hanno ricevuto una formazione al BedrettoLab all'inizio di luglio 2024 e poco dopo si è svolta la prima delle tre giornate di visite. 50 e 70 persone hanno visitato il BedrettoLab in quattro tour. L'elevata richiesta di biglietti e il buon svolgimento delle giornate di visita ci motivano, insieme alle guide del Sasso San Gottardo, a offrire anche quest'anno visite guidate pubbliche.

Le visite guidate pubbliche si svolgeranno nelle seguenti date:

- Sabato 14 giugno
- Domenica 13 luglio
- Venerdì 8 agosto (visite guidate in questa data solo in tedesco)
- Sabato 20 settembre
- Sabato 11 ottobre

I biglietti per le visite guidate possono essere acquistati al seguente link:

sasso-sangottardo.ch/bedrettolab



Mangia e Cammina

La prossima edizione di Mangia e Cammina si terrà il 10 agosto 2025. Il BedrettoLab sarà nuovamente presente con visite guidate, giochi e una mostra.

Per concludere ...



Visitatori insoliti nel tunnel nel settembre 2024

Attendiamo il vostro feedback!

Vi è piaciuto il secondo 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

ETH zürich