

Il cunicolo atomico

Dove mettere le scorie nucleari radioattive? In Francia stanno sperimentando una fortezza sotterranea sotto uno strato d'argilla e roccia di 500 metri. Funzionerà? Focus l'ha visitata.

Il nostro multimedia sulle scorie e altri approfondimenti su:
www.focus.it/nucleare

➤ In profondità.

Una delle gallerie scavate a 500 metri di profondità, nel massiccio di argilla geologica e roccia sedimentaria di Bure, in Francia. È il laboratorio dove si sperimentano in scala reale alcune soluzioni di stoccaggio dei rifiuti nucleari più pericolosi.

Punti chiave

- ⊖ Le centrali nucleari producono anche scorie che rimangono radioattive, e quindi pericolose, per almeno 250 mila anni.
- ⊖ Finora non si sono trovati depositi per conservarle in condizioni di assoluta sicurezza.
- ⊖ Oggi in Francia si sta testando il più avanzato mai costruito: a 500 metri di profondità tra rocce su cui camminavano i dinosauri milioni di anni fa.



← **Tutto robotizzato.** Due momenti della fase più delicata del trasporto degli "assemblaggi" di combustibile nel centro di La Hague. Qui un braccio meccanico estrae le barre dal veicolo in cui hanno viaggiato.



→ **In frigo.** L'assemblaggio viene esaminato, poi inserito in un pozzetto di raffreddamento prima di essere portato alla piscina. Le foto sono state scattate attraverso un vetro speciale spesso oltre 1 metro.

Da 500 kg di barre di combustibile, col riprocessamento si recupera circa il 95% di

uranio e l'1% di plutonio. Il resto, 4-5%, è "scoria" radioattiva da seppellire

Francia del nord, regione dello Champagne. Appena fuori Bure, in un paesaggio da favola da tanto è morbido e verde, c'è un edificio quadrato, moderno, anonimo. Dentro, c'è un ascensore che scende a 500 metri di profondità, nel cuore di un massiccio composto di argilla e roccia sedimentaria. Quest'ultimo è una formazione dello spessore di 160 metri, resa compatta e omogenea da milioni di anni di pressione degli strati soprastanti. È qui che la società francese che gestisce i rifiuti radioattivi, l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, l'equivalente dell'italiana Sogin, Società gestione impianti nucleari), cerca di risolvere il tallone d'Achille dell'energia nucleare: trovare un posto sicuro dove depositare scorie che resteranno pericolose per migliaia di anni. Finora le soluzioni adottate hanno dato risultati insoddisfacenti (v.

250
mila

Il numero minimo di anni di isolamento dei rifiuti ad alta radioattività.

Parole chiave per archiviare

- Energia
- Elettricità
- Nucleare
- Rifiuti radioattivi
- Scorie • Uranio
- Plutonio • Bure

40

tonnellate. I rifiuti radioattivi "condizionati" prodotti ogni anno da una centrale.

riquadro a pag. xxx) e i francesi hanno il difficile compito, alla vigilia del rilancio dell'energia nucleare in Italia, di dimostrare che una soluzione sicura esiste.

La discesa nel laboratorio di Bure è un viaggio indietro nel tempo: quei 500 metri che l'ascensore percorre in 8 minuti corrispondono infatti a 160 milioni di anni. «L'età del massiccio, che si è formato tra il Giurassico e il Cretaceo» spiega Marc-Antoine Martin, ingegnere minerario di Andra «e la sua composizione, che fa da schermo alle radiazioni, ne fanno un candidato ideale a ospitare i rifiuti più pericolosi».

Le scorie del nucleare. Prima di arrivare qui, in forma di materia vetrificata o compressa, sigillati in bidoni a prova di radiazioni per 4 o 5.000 anni, pronti a essere isolati dall'ambiente e dall'uomo per almeno 250.000 anni, i rifiuti delle centrali nucleari fanno però un

percorso, lungo qualche decina di anni, che inizia quando una centrale ha bisogno di un "rabbocco" di combustibile. Ogni anno è sostituito in media 1/3 del carico d'uranio del reattore: è il "combustibile irraggiato", altamente radioattivo. Di questo, dopo un'attesa di 10-15 anni per ridurne la radioattività e il "riprocessamento", cioè il trattamento che ha anche lo scopo di ridurne il volume, il 5% finirà in buchi nella Terra simili a quello che si sta sperimentando a Bure.

Il 5% di 1/3... Non è semplice avere un quadro preciso della quantità di scorie. Il ricambio di combustibile dipende dal tipo di reattore, dallo specifico progetto di quel preciso reattore, dal grado di arricchimento dell'uranio utilizzato... Un "reattore ideale" di 1.000 MWe (megawatt elettrici), viene alimentato con 157 "assemblaggi", ossia gruppi di 264 barre alte circa 4 metri. Sono per la maggior parte

barre di combustibile: tubi d'acciaio che contengono ognuno 300 pastiglie di uranio. In ogni gruppo ci sono anche alloggiamenti vuoti, usati per alzare e abbassare le barre di controllo e strumenti che misurano ciò che accade nel cuore del reattore. Ogni assemblaggio di barre pesa 500 kg, con oltre il 90% della massa costituita da uranio. Sostituire 1/3 del carico del reattore significa perciò ritrovarsi ogni anno con 52 assemblaggi, ossia 26 tonnellate di materiale radioattivo e velenoso per l'uomo e l'ambiente. Il combustibile irraggiato è anche molto caldo: estratto dalla centrale è a circa 300 °C. L'estrazione avviene "a bagno", sotto un battente d'acqua, per evitare che la temperatura salga per effetto delle radiazioni e superi quella di fusione delle barre, provocando una gravissima contaminazione.

A bagno. Gli assemblaggi vengono trasportati in speciali contenitori - >>

I nuovi reattori Epr sono davvero convenienti?

È davvero conveniente costruire centrali nucleari? A parte i problemi della sicurezza e delle scorie, è anche la loro convenienza economica che oggi viene messa in discussione dagli antinuclearisti. Molto dipende da quanto costerà costruirli. Le centrali che si vogliono costruire in Italia sono del tipo Epr (Evolutionary Power Reactor): il reattore più potente mai progettato (1.600 MWe) utilizza uranio arricchito al 5% (anziché al 3%) e, grazie a soluzioni innovative, dovrebbe produrre il 17% in meno di rifiuti. Ma, non essendone ancora stato costruito uno interamente, non è chiaro in quanto tempo si possa davvero realizzare e quanto possa costare. Quattro miliardi di euro, sostiene il governo italiano; almeno 7, ribattono gli ambientalisti sulla scorta di ciò che avviene in uno dei cantieri Epr, in Finlandia. E dalla durata dei lavori dipendono ovviamente anche i costi.

Prova su strada. I primi due Epr al mondo sono infatti in costruzione a Olkiluoto (Finlandia)

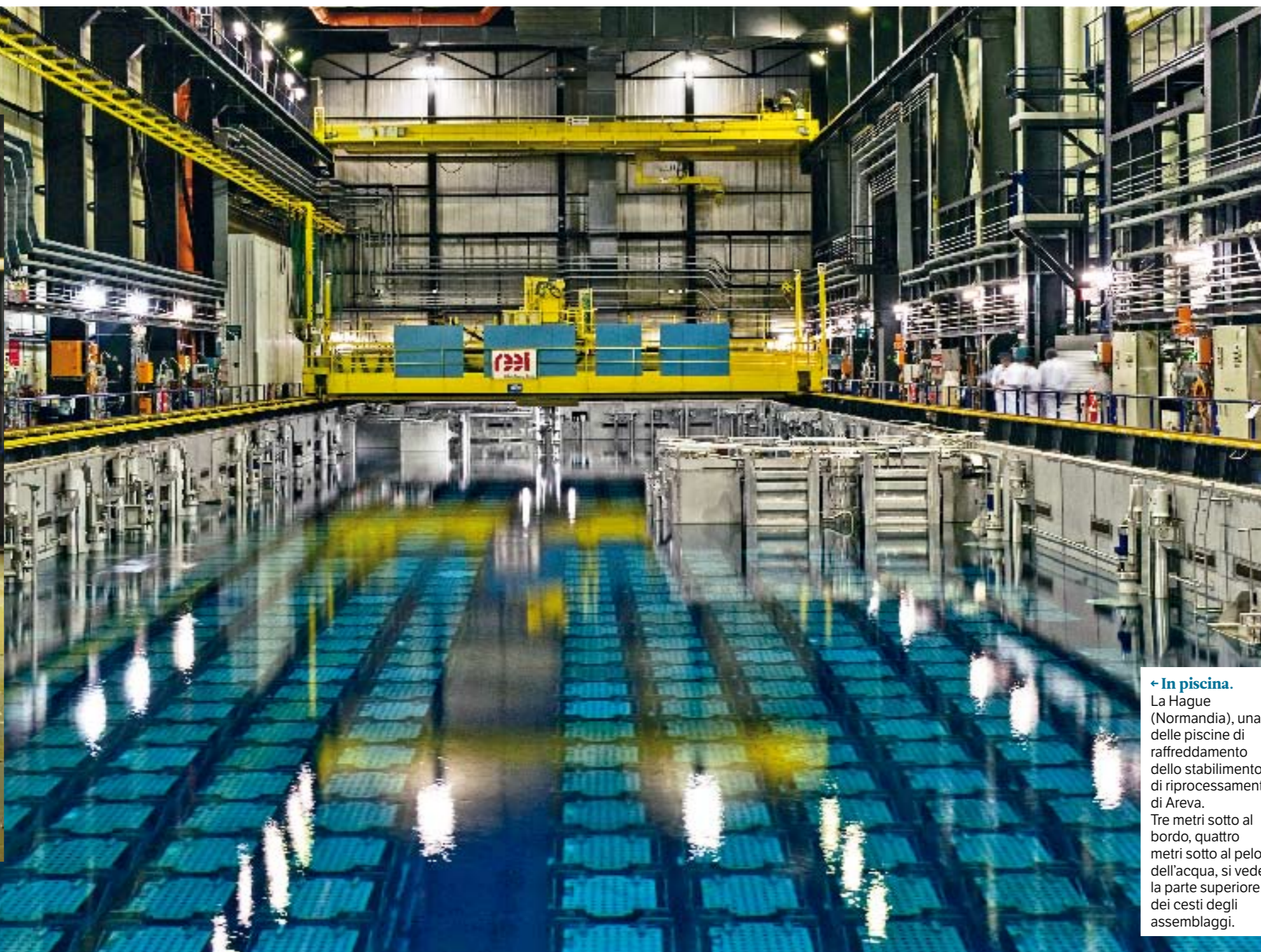


↑ Flamanville: la base del nuovo reattore Epr in costruzione.

a opera della francese Areva (costruttore di centrali e fornitore di servizi, dall'estrazione all'arricchimento al riprocessamento del combustibile) e a Flamanville, in Francia, dalla Edf (l'Enel francese). Ma la centrale di Olkiluoto doveva essere operativa nel 2009 e oggi già si parla di 2011: due anni di ritardi dovuti, secondo i costruttori, a contestazioni da parte dell'Agenzia di controllo finlandese che, secondo Areva, sono però solo "di natura burocratica".



↑ **In attesa.** Nel deposito Areva di La Hague i rifiuti più pericolosi, impilati in pozzi, aspettano una destinazione definitiva. Ci sono anche quelli italiani.



← **In piscina.** La Hague (Normandia), una delle piscine di raffreddamento dello stabilimento di riprocessamento di Areva. Tre metri sotto al bordo, quattro metri sotto al pelo dell'acqua, si vede la parte superiore dei cesti degli assemblaggi.

Tre tentativi, nessuna certezza



↑ Rifiuti nucleari ammassati ad Asse.

Quello di trovare un rifugio sicuro per rifiuti radioattivi che rimangono pericolosi per migliaia di anni è da sempre uno dei principali problemi dell'energia nucleare. E finora tutti i tentativi per risolverlo sono falliti o sono esperimenti in corso. Ecco alcune di queste storie.

Asse. Tra il 1967 e il '78 nella ex miniera di sale di Asse (Germania) sono stati stoccati 130.000 barili di rifiuti radioattivi. I problemi sono sorti nel 1988, quando si è rilevata brina 8 volte più radioattiva della soglia di sicurezza. Il fatto è stato nascosto o minimizzato fino al 2008, quando il governo ha dovuto infine ammettere la gravità della situazione. Oggi si lavora per isolare il liquido radioattivo all'origine del problema e sigillare la miniera.

Yucca Mountain. La storia del deposito della Yucca Mountain (Nevada) inizia nel 1978. Avrebbe dovuto essere completato nel 2017, ma ha subito uno stop nel 2009 sulla scorta di studi che mettono in dubbio le valutazioni iniziali del dipartimento Usa dell'energia: la montagna si troverebbe al centro di un'area sismica e vulcanica... Se sarà dimostrato, Yucca chiuderà.

Onkalo. Onkalo è una struttura di ricerca sorta tra il 1987 e il 2001 in prossimità di Olkiluoto (Finlandia), con un progetto simile a quello allo studio per Bure. Rispetto ai francesi, i finlandesi hanno un vantaggio di tempo, ma anche alcuni problemi differenti. Uno per tutti è il timore che una nuova era glaciale possa fare aumentare la pressione oltre i limiti di resistenza dei materiali, frantumando i contenitori dei rifiuti con conseguenze facilmente immaginabili.

DAVIDE SHER

Il combustibile irraggiato può restare in piscina anche 10 o 15 anni, a raffreddarsi.

Poi bastano pochi giorni per completare il ciclo

» tori (i cosiddetti "cask" **1**) fino a piscine come quella del centro di riprocessamento di La Hague, in Normandia (nelle foto in questa pagina: l'unico in Francia e il primo al mondo per capacità di stoccaggio). Prima di essere immersi nelle vasche d'acqua a circuito chiuso, le barre sono sottoposte a controlli di integrità (si cercano eventuali fessurazioni nell'acciaio) e raffreddate fino a 80 °C.

1 Cask

"Radiator" da 110 tonnellate d'acciaio per il trasporto di 10 tonnellate di materiale radioattivo.

A questo punto vanno a bagno e ci stanno per 3, 5, 10, 15 anni... o solo per poche settimane se hanno già subito questo trattamento altrove, come nel caso del combustibile arrivato a La Hague dalle piscine della ex centrale nucleare italiana di Caorso (Pc) per essere riprocessato (in Italia non esiste infatti un centro come quello di La Hague). L'intermezzo nell'acqua serve ad abbattere radioattività e tempe-

ratura, per gestire le fasi successive con qualche complicazione in meno.

In pochi giorni. L'obiettivo successivo è separare l'uranio e il plutonio, prodotto nel reattore dal decadimento dell'uranio, dagli **attinidi** **2** e da altri prodotti di fissione: questi e il metallo degli assemblaggi (non recuperabile) sono appunto quel 5% residuo che oggi non si sa

in quale modo neutralizzare. Ma, oltre agli ovvi rischi radiologici per chi vi lavora, il riprocessamento implica questioni di **sicurezza** **3** militare, anche dove viene attuato per scopi civili, e non è possibile documentarlo direttamente. Tra la piscina e il deposito temporaneo, il percorso nello stabilimento si snoda in corridoi dove non c'è porta che siamo autorizzati a varcare, né oblò ai quali affacciarsi. È

2 Attinidi

Metalli molto radioattivi. Meno dell'1% del combustibile spento. Ma vanno isolati per tempi geologici.

3 Sicurezza

Su Focus.it una animazione sul riprocessamento.

un percorso breve: 200 metri per noi, pochi giorni per la cosiddetta "filiera di recupero", cioè quell'insieme di operazioni che permettono di recuperare il 95% del combustibile. In questa fase gli assemblaggi sono ridotti in pezzi e centrifugati per separare i componenti: il metallo da una parte, il combustibile dall'altra. Il primo sarà compresso, annegato nel cemento e sigillato in speciali bidoni. Il secondo ver- >>

↓ **Annegati:** A sinistra, blocchi di cemento in cui saranno annegati i rifiuti metallici condizionati; a destra, galleria per i test di stoccaggio dei rifiuti radioattivi vetrificati.



»rà trasformato in gas, da cui si estrarrà ciò che è recuperabile: il resto, ridotto in polvere, fuso insieme all'ossidiana, sarà colato dentro ad altri bidoni. Partendo da 26.000 chili di combustibile irraggiato si arriva a 1.300 kg di rifiuti ad alta e media attività a vita lunga prodotti ogni anno, sigillati in un centinaio di colli per un peso complessivo di circa 40 tonnellate. Per la Francia una soluzione sicura (in fase di verifica) per stocarle potrebbe essere un deposito geologico nell'area del laboratorio di Bure che però, per legge, potrà ospitare solo scorie francesi. I residui del combustibile nucleare italiano arrivati da Caorso dovranno quindi tornare in Italia, dove sarà necessario trovare un deposito sicuro: impresa certamente non facile in un Paese sismico e vulcanico come il nostro.

I dubbi da risolvere. Fuori dall'ascensore di Bure, a quota -500 metri, dominano il grigio delle pareti, l'arancio dei cavi, i fari dei mezzi elettrici che trasportano macchinari e roccia frantumata. Rumori e voci sono accompagnati dal soffio degli aeratori. Il laboratorio traccia la strada per la costruzione, nel 2025, del primo deposito geologico del mondo: adesso è una serie di gallerie, ognuna dedicata a un gruppo di esperimenti. Si cerca ad esempio di capire meglio come reagirà l'argilla al progressivo au-

Letture: pro



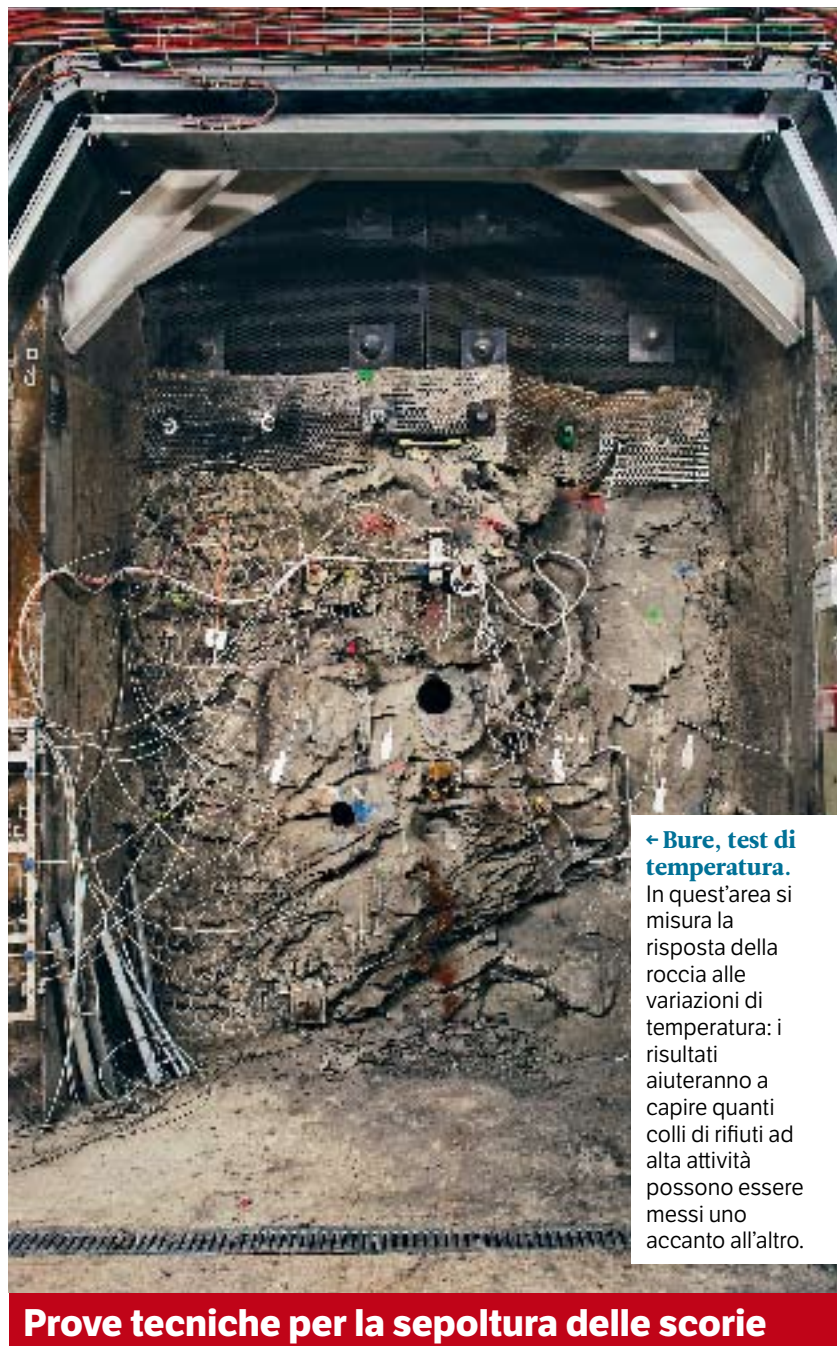
C. Lombardi, E. Pedrocchi, **Introduzione all'energia nucleare.** Polipress

Letture: contro



John D'Agata, **Una montagna.** Isbn edizioni

Acquista questi libri online su: <http://focuslibri.bol.it> **Sconti e offerte speciali!**



← Bure, test di temperatura.

In quest'area si misura la risposta della roccia alle variazioni di temperatura: i risultati aiuteranno a capire quanti colli di rifiuti ad alta attività possono essere messi uno accanto all'altro.

Prove tecniche per la sepoltura delle scorie

mento di temperatura dovuto alle radiazioni. O che cosa succederà tra 4-5.000 anni, quando i colli sottoposti dal loro interno a radiazioni ed emissioni di particelle si saranno sfaldati: quanto tempo ci vorrà allora perché la radioattività giunga in superficie e quale sarà il suo valore? Bisognerà poi avere idee più precise su umidità e condensa: sono messe in conto, ma in quali quantità? E quale sarà la composizione dei liquidi? Infine si sta cercando di capire come dovranno essere costruite le gallerie in modo da poterne garantire la completa agibilità per un secolo almeno.

Tre pacchi al giorno. È dalla rispo-

sta a queste domande che dipende il futuro del deposito geologico francese. Se le conclusioni saranno rassicuranti e convincenti, il deposito sarà messo in cantiere nel 2017 ed entrerà in funzione nel 2025. Da quel momento in poi accoglierà scorie al ritmo di 3 colli al giorno: i francesi calcolano che ci vorranno 100 anni per riempirlo. Raggiunta la massima capacità, nel 2125, dovrebbe infine essere sigillato, a condizione che la scienza non abbia nel frattempo trovato soluzioni migliori per liberarci dai rifiuti del nucleare. In quel caso bisognerà tirare fuori tutto. ■

Raymond Zreick