

Reattori a sali fusi

In 10 anni si potrebbe costruire il prototipo di un reattore a sali fusi: una opzione nucleare più sicura e più pulita delle attuali.

Richard Martin, Kevin Bullis, Alessandro Ovi

Per anni gli scienziati e gli ingegneri nucleari hanno parlato di una ripresa dei reattori a sali fusi, alimentati da un combustibile liquido invece che da barre di combustibile solido. Si tratterebbe secondo molti della scintilla capace di avviare il tanto atteso “rinascimento nucleare”.

Gli sviluppi recenti indicano che questa alternativa nucleare sta finalmente facendo progressi graduali verso la industrializzazione. Ad agosto un consorzio di istituti di ricerca e università che lavorano sotto l'egida della Commissione europea, tra cui l'Università della Tecnologia di Delft, nei Paesi Bassi, il Centro nazionale francese per la ricerca scientifica e il Centro comune di ricerca della Commissione a Bruxelles, ha intrapreso un programma di ricerca di quattro anni per dimostrare i benefici per la sicurezza dei reattori a sali fusi. Denominato *Valutazione della sicurezza del reattore veloce Molten Salt*, o Samofar, lo sforzo porterà alla realizzazione di un prototipo di reattore all'inizio degli anni 2020, se tutto andrà come previsto.

Costruito e testato nel 1960, all'Oak Ridge National Laboratory, il prototipo di un reattore a sali fusi sarebbe oggi il primo di una tecnologia mai provata su scala industriale nel corso degli ultimi tre decenni, ma in grado di raggiungere il mercato. Non produce CO₂, usa una soluzione radioattiva che fonde combustibile nucleare con un sale liquido, può funzionare con uranio, ma è anche ideale per il torio, un combustibile nucleare alternativo, più pulito, più sicuro e più abbondante dell'uranio.

I reattori a sali fusi offrono anche vantaggi di sicurezza intrinseci, perché il carburante è liquido e si espande quando riscaldato, rallentando così il tasso di criticità delle reazioni nucleari e rendendo il reattore capace di auto-governo.

I *molten salt* sono costruiti come un *vessel*, con uno scarico nella parte inferiore, bloccato da un tappo che, se qualcosa porta a un surriscaldamento, si scioglie e permette la caduta del nocciolo del reattore in un contenitore sotterraneo schermato.

Possono funzionare come produttori di energia termica o come reattori “bruciatori” che consumano scorie nucleari prodotte dai reattori convenzionali.

In sostanza, i reattori a sali fusi potrebbero risolvere i due problemi che hanno tormentato l'industria nucleare: sicurezza e rifiuti. Mentre i vantaggi ne sono stati compresi da tempo, i reattori a sali fusi rimangono nella fase di ricerca e sviluppo perché, nell'era post-Fukushima del basso prezzo del gas naturale, è difficile convincere gli investitori a finanziare qualsiasi tecnologia nucleare alternativa. Negli Stati Uniti si può perdere un decennio o più, e centinaia di milioni di dollari, solo per portare un nuovo design del reattore alla Nuclear Regulatory Commission per una domanda di licenza.

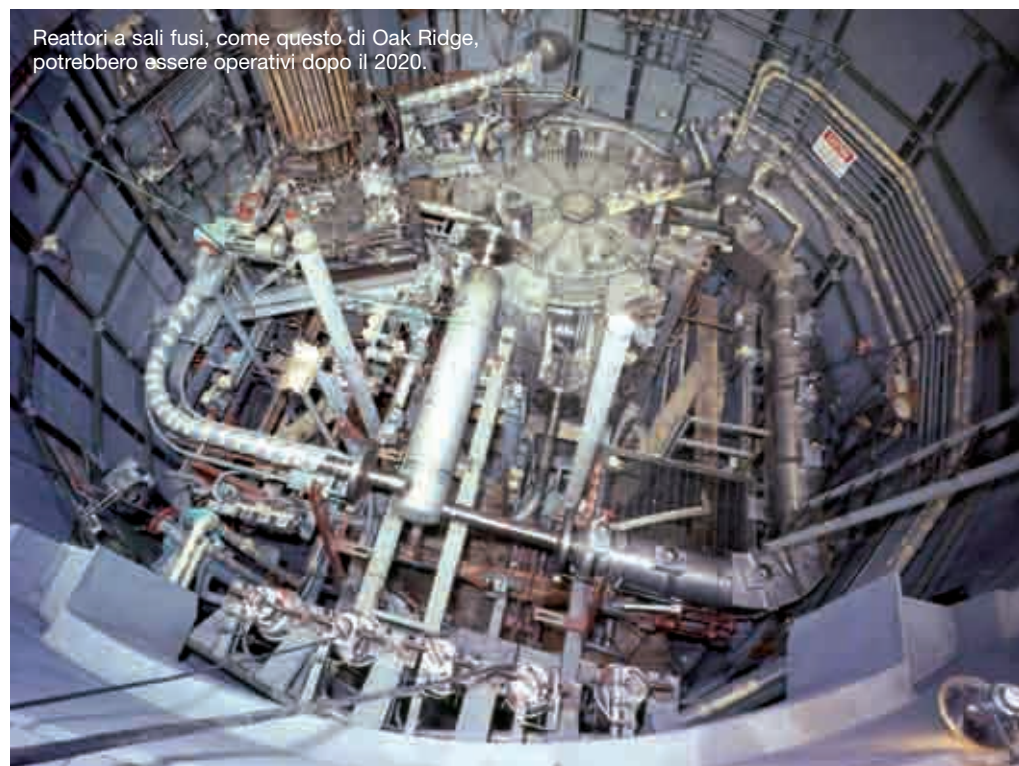
Samofar è focalizzata sui reattori veloci, che sono più efficienti dei reattori ad acqua leggera convenzionali e possono riciclare elementi fissili da scorie nucleari. Per costruire impianti non soltanto sperimentali e di labo-

ratorio, i ricercatori dovranno fare un grande lavoro sul reattore per testare la geometria del tappo, i rivestimenti del *vessel*, i materiali delle tubature, il comportamento del combustibile liquido durante la circolazione e altri parametri chiave della sicurezza.

Il progetto rappresenta «il primo passo verso la validazione su vasta scala e la dimostrazione della tecnologia», dichiara Jan-Leen Kloosterman, professore di fisica nucleare presso il TU Delft e ricercatore principale per Samofar. «Speriamo che i risultati possano portare a un maggiore impegno della grande industria nucleare».

Ottenere tale impegno non è facile. Il programma più avanzato per combustibili liquidi, i reattori a base torio, si trova in Cina, dove l'Istituto di fisica applicata di Shanghai intende costruire un prototipo nei prossimi anni. Il programma di Shanghai nasce da una collaborazione con Oak Ridge National Laboratory.

A Oak Ridge era stata sviluppata l'idea dei sali fusi grazie ad Alvin Weinberg, un importante fisico che aveva lavorato al progetto Manhattan e successivamente inventato il reattore ad acqua pressurizzata, il più diffuso ancora oggi. Come Direttore dell'Oak Ridge National Laboratory, aveva guidato la progettazione e lo sviluppo del



Reattori a sali fusi, come questo di Oak Ridge, potrebbero essere operativi dopo il 2020.

reattore a sali fusi, intrinsecamente sicuro, inclusa la versione a fluoruro di torio, una fonte di combustibile pressoché illimitata. Il prototipo era stato un reattore da 10 MW con fluoruro di uranio sciolto in sali fusi di fluoro di litio e berillio.

Nel 1966 è stato avviato il Molten Salt Reactor Experiment (MSRE) da 7,5 MW, che è proseguito fino al 1969. Questo prototipo non ha incluso la versione torio-uranio ed è stato testato con uranio-235 e uranio-233. Al prototipo non era collegato alcun generatore di elettricità e l'energia da fissione veniva dissipata con uno scambiatore sale-aria.

Ma il sogno di Weinberg non si è mai realizzato nella sua vita. Il lavoro Oak Ridge è stato interrotto quando il presidente Nixon decise che gli scienziati e gli ingegneri avrebbero dovuto lavorare al reattore autofertilizzante a sodio liquido, in California. Più tardi Weinberg dichiarò che «quella dei sali fusi era una tecnologia di successo, che venne abbandonata perché troppo diversa dalle principali linee di sviluppo di un reattore».

Ora l'interesse per i reattori a sali fusi sta rinascendo, non solo grazie all'impegno europeo, ma anche alla nascita di start-up americane finanziate da investitori visionari.

Il rinnovato interesse per questa filiera di reattori (che pare avere superato con nuove tecnologie i problemi da cui era stata bloccata in passato) è dimostrato dalla comparsa di Flibe Energy, Moltex Energy, ThorCon Power, Seaborg Technologies, Terrestrial Energy, Transatomic Power, con segnali incoraggianti per i prossimi 10 anni. C'è anche un importante progetto in Cina.

Dal punto di vista del MIT è molto interessante Transatomic Power, una start-up che sta sviluppando un concetto di reattore nucleare a sali fusi. Gli esperimenti sono stati finanziati con 2,5 milioni di dollari da Founders Fund, la società di venture capital patrocinata da Peter Thiel (il fondatore di PayPal), e da due fondi della famiglia di Leslie Dewan, CEO e cofondatrice di Transatomic Power, già negli elenchi dei TR35, i giovani innovatori di MIT Technology Review.

Transatomic Power ha avviato una serie di esperimenti per verificare il suo progetto o inviarlo di nuovo al tavolo da disegno. Questo progetto potrebbe anche consumare le scorie nucleari e utilizzare materiale nucleare che non può facilmente venire usato per produrre armi nucleari. Il progetto introduce anche nuovi materiali che potrebbero rendere il nucleare ancora più economico e compatto.

Leslie Dewan ha precisato che Transatomic Power intende determinare se questi nuovi materiali si comporteranno come previsto in un ambiente radioattivo, ad alta temperatura e nelle condizioni altamente corrosive presenti in un reattore. Transatomic Power sta utilizzando, a pagamento, gli impianti al MIT nell'ambito di un accordo triennale. Gli esperimenti costituiscono un passo fondamentale nella ambiziosa prospettiva di costruire un reattore dimostrativo negli Stati Uniti entro il 2020.

Per quanto si stia andando avanti, molti commentatori e lettori, ritengono «stupefacente che ci sia bisogno di reinventare tutto. Questa tecnologia esisteva già, grazie a Weinberg, oltre 50 anni fa; perché allora dovremmo avere bisogno di 4 o 5 anni per svilupparla di nuovo?».

Su una simile linea si muovono anche le valutazioni di Sergio Garribba, attualmente esperto per l'energia presso il Ministero degli Affari Esteri: «Nel nucleare, il problema non è solo quello di dimostrare la sicurezza di una tecnologia; ancora prima è necessario dimostrare un distacco completo dal passato. Il prototipo a *molten salt* della fine degli anni Sessanta, a Oak Ridge, non è una buona "presentazione" per rendere il nuovo progetto accettabile al grande pubblico». ■

Nuove tecnologie per il nucleare

Sergio Garribba

Lo sviluppo e la realizzazione di nuovi impianti nucleari sono oggi frenati nella quasi totalità dei paesi industrializzati da problemi di accettazione sociale. Deterrenti formidabili sono il rischio di incidenti nucleari e la questione irrisolta della sistemazione definitiva dei rifiuti nucleari radioattivi a vita lunga. Si aggiungono i timori per la proliferazione di tecnologie e materiali nucleari suscettibili di doppio uso civile e militare.

Cosa fare quindi se non si vuole rinunciare del tutto all'opzione nucleare? Con il contributo dell'Agenzia per l'Energia Nucleare dell'OCSE più di 13 paesi e Organizzazioni internazionali hanno dato vita al Generation IV International Forum (GIF) che si propone di studiare, valutare e sperimentare sei tipologie di reattori, fra cui anche quelli a sali fusi.

Oggi si stanno proponendo o costruendo reattori nucleari di terza generazione con un progresso tecnologico lento e incrementale. Tuttavia, solo un salto tecnologico consentirebbe di superare le molte obiezioni che incontrano le attuali tecnologie.

Quali sarebbero i vantaggi dei reattori nucleari a sali fusi? Due vantaggi innanzitutto: la maggiore sicurezza in caso di incidenti e un migliore utilizzo del combustibile nucleare, con una forte riduzione della produzione di rifiuti radioattivi a vita lunga.

Ma gli impianti basati su queste tecnologie, qualora si dimostrassero competitivi dal punto di vista dei costi, sarebbero anche in grado di superare le difficoltà di accettazione sociale dell'energia nucleare? La risposta all'interrogativo non può essere univoca. I timori nei confronti dell'energia nucleare sembrano dipendere più da fattori esterni di natura non tecnologica, come la fiducia delle popolazioni verso le istituzioni e le Autorità di regolazione che devono sorvegliare e concedere le autorizzazioni. Né vi è un limite al livello di sicurezza nucleare che viene richiesto, dato che nessun sistema nucleare può essere a rischio radioattivo zero. Tuttavia, il grado di accettazione nei confronti dell'energia nucleare potrebbe evolvere nel tempo. In conclusione è opportuno investire in nuove tecnologie e proporre soluzioni attraenti.

Sergio Garribba è consulente del Ministero dello Sviluppo Economico ed esperto per l'energia presso il Ministero degli Affari Esteri.