

# Materiali ceramici per il nucleare sicuro di domani

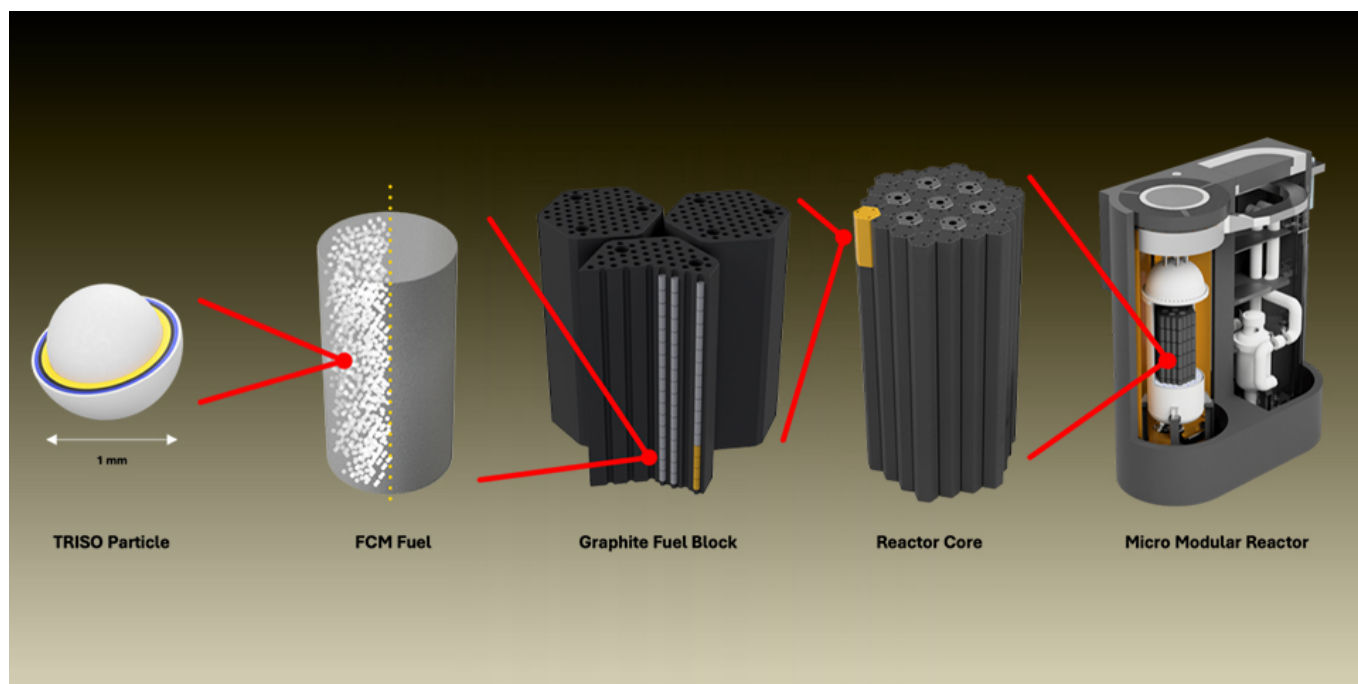
✂ R. De Salvo 📅 31-08-2022 🔗 <http://www.primapagina.sif.it/article/1571>

I reattori nucleari di IV generazione sono profondamente diversi dai loro predecessori. Ce ne sono di molti tipi, diversi l'uno dall'altro: a sali fusi, metalli fusi come il sodio o il piombo, con raffreddamento a gas, alcuni sono ancora raffreddati ad acqua. Le uniche cose in comune sono l'abbandono delle dimensioni mastodontiche e la ricerca della sicurezza.

La gran parte dei nuovi concetti cerca la modularità per sfruttare i vantaggi della produzione in serie e costruire in fabbrica più componenti possibile. Così si ridurranno i costi e ritardi eccessivi dei loro predecessori, che furono spesso esemplari unici.

Faccio qui l'esempio dei micro-reattori della USNC (Ultra Safe Nuclear Corporation, Seattle USA) dove lavoro. Parecchi reattori di IV generazione usano le perline di combustibile TRISO, sferette di ossido di uranio di mezzo millimetro di diametro incapsulate in una struttura a cipolla di carbone attivo (per assorbire scorie gassose), grafite e carburo di silicio, un materiale duro come il diamante e resistente ad altissime temperature. Il combustibile nucleare e tutti i suoi prodotti di decadimento sono quindi confinati indefinitamente a livello millimetrico!

Per maggiore sicurezza e convenienza d'uso, la Ultra-Safe Nuclear incapsula, con un processo proprietario, centinaia di perline in astucci modulari con dimensioni di qualche centimetro, anch'essi di carburo di silicio.



Struttura modulare di un micro-reattore in materiali ceramici: il fuel e i prodotti di decadimento sono confinati per sempre in perline di carburo di silicio, la cartuccia (reactor core), di circa 2 m di diametro, è rimpiazzata ogni 20 anni.

I moduli di combustibile sono a loro volta impilati dentro blocchi esagonali di grafite delle dimensioni di circa 30 centimetri, il moderatore dei neutroni. Questi blocchi sono poi assemblati a formare un piccolo *core* raffreddato con elio, di circa 2 metri di diametro. L'intero reattore è così piccolo da essere trasportabile su un camion.

La filosofia "ultra safe" della USNC consiste nell'usare materiali ad altissima tolleranza termica (fully ceramic core) e utilizzare un design del reattore a bassa densità di potenza con raffreddamento ad elio (non acqua, metalli liquidi o sali fusi). Questa scelta evita ogni possibilità non solo di incidenti con dispersione di materiale radioattivo nell'ambiente, ma anche il danneggiamento del reattore e dell'impianto di potenza, anche in caso di influenze o incidenti esterni. La compagnia dichiara il proprio reattore "walk away safe" e "walk back safe".

Tutti i materiali utilizzati sono ceramici e possono operare ben oltre i 2000°C. L'eliminazione dei componenti metallici rende il *melt-down* impossibile. Senza acqua è impossibile produrre idrogeno ed esplosioni chimiche come quelle di Fukushima.

Per comprendere l'impossibilità del *melt-down* bisogna considerare che i reattori commerciali sono alimentati a uranio arricchito in  $^{235}\text{U}$  al massimo del 5%, per cui il combustibile contiene in maggioranza  $^{238}\text{U}$ . Il punto chiave è che i neutroni in un reattore sono soggetti alle risonanze di assorbimento del  $^{238}\text{U}$ , ma che a temperatura ambiente le risonanze sono così strette da essere poco efficienti. Alla crescita della temperatura, le risonanze si allargano per effetto Doppler e l'assorbimento di neutroni aumenta. Di conseguenza, il coefficiente di reattività del reattore è negativo e la criticità si abbassa al crescere della temperatura.

Il micro-reattore sfrutta il coefficiente di reattività negativo insieme all'alta temperatura di funzionamento permessa dalle ceramiche per eliminare l'uso delle barre di controllo per modulare la potenza: per incrementare la potenza basta alzare il flusso di elio di raffreddamento. Anche se si interrompe completamente il raffreddamento, il reattore si scalda un po' di più, ma la potenza prodotta cala a un punto in cui il reattore è incapace di danneggiarsi.

Alcune perline caricate di boro vengono alternate a quelle di uranio in quantità calibrata. Il boro assorbe neutroni e viene consumato, così bilanciando il consumo del  $^{235}\text{U}$ , e mantenendo una criticità costante senza *refueling*, fino a che i 3 milioni di MW-h contenuti nella batteria sono esauriti. Dopo 7-20 anni, a seconda della potenza richiesta, è necessario caricare una nuova cartuccia e restituire la vecchia per ricarica e riuso. Il livello di sicurezza passiva, e le ridotte dimensioni del reattore sono tali che un reattore (il secondo prodotto) potrà essere installato senza preoccupazioni all'interno del campus universitario di Urbana-Champaign in Illinois.

Tutti i reattori di quarta generazione sono più piccoli e più sicuri dei loro predecessori, alcuni avranno più successo, altri meno, ma insieme potranno fornire, senza emissioni dannose, la potenza "su richiesta" necessaria per compensare la variabilità delle energie solari ed eoliche.



**Riccardo De Salvo** - Ha studiato a Pisa, è inventore e costruttore di strumenti, studioso delle proprietà dei materiali e mentor di tanti giovani. Ha costruito laser, camere a deriva e rivelatori a fibre scintillanti per la fisica delle alte energie, isolazioni sismiche e specchi per rivelatori di onde gravitazionali, sensori per realtà virtuale tattile. Contribuisce allo sviluppo di dispositivi per la produzione di energia nucleare sicura e conveniente.