

**Memoria audizione 8<sup>a</sup> Commissione Senato (Ambiente, transizione ecologica, energia, lavori pubblici, comunicazioni, innovazione tecnologica)**

**Indagine conoscitiva in materia di energia prodotta mediante fusione nucleare**

Francesco Romanelli  
Università di Roma "Tor Vergata"

Presidente DTT s.c.ar.l.

Ringrazio prima di tutto dell'opportunità di presentare un contributo a questa indagine conoscitiva.

I messaggi che vorrei trasmettere a questa commissione sono i seguenti:

1. La fusione ha raggiunto un certo grado di maturità. Con un approccio pragmatico sarà possibile intraprendere la costruzione di un impianto di potenza
2. La chiave per accelerare i tempi dello sfruttamento dell'energia da fusione sono le partnership pubblico-private e DTTscarl è il migliore esempio di partnership nella fusione.
3. L'Italia è in una posizione unica per un approccio accelerato alla fusione e occorre cogliere questa opportunità.

La società consortile DTT s.c.ar.l. è stata fondata nel 2019 per costruire l'infrastruttura di ricerca Divertor Tokamak Test (DTT) ed oggi conta 11 soci: ENEA, ENI (i due soci di maggioranza), CNR, INFN, Consorzio CREATE, Consorzio RFX, Politecnico di Torino, le Università di Milano Bicocca, di Roma "Tor Vergata", della Tuscia e la società CETMA.

Occorre sottolineare che DTT è il più importante esempio di partnership pubblico-privato nel mondo della fusione, un tema su cui tornerò in seguito perché rilevante ai fini della questione dei tempi di realizzazione della fusione.

Oggi ci sono molte aspettative sulla fusione. La fusione è oggetto di programmi ambiziosi in molti paesi ed ha attirato oltre **6 miliardi di dollari** per start-up private nel settore. Il maggiore esperimento in questo campo (**ITER**) è cofinanziato dalle maggiori economie. Il fatto che si vada consolidando la considerazione della fusione come elemento fondamentale del mix energetico deriva dagli **enormi vantaggi** che essa ha. La soluzione per un'economia decarbonizzata non verrà da una singola tecnologia, ma da un portafoglio di tecnologie che include le rinnovabili e il nucleare da fissione. In questo contesto **la fusione è destinata a giocare un ruolo sempre maggiore in quanto ha alcuni vantaggi importanti:**

- il combustibile è praticamente illimitato e diffuso – abbiamo deuterio e litio nell'acqua di mare per decine di milioni di anni;

- non produce gas serra;
- il processo è intrinsecamente sicuro e le analisi di incidenti derivanti da un malfunzionamento di un impianto di potenza a fusione mostrano che in nessun caso si richiede l'evacuazione del pubblico;
- ha un limitato impatto ambientale – i neutroni prodotti nelle reazioni di fusione possono attivare la camera di reazione ma con una opportuna scelta dei materiali la radioattività decade a valori accettabili nel giro di 100 anni.

**La fusione ha raggiunto un notevole grado di maturità scientifica.** Oggi si riesce a produrre in maniera controllata energia da fusione in una quantità paragonabile o addirittura in eccesso rispetto a quanto immesso nella camera di reazione.

Ancora più importante è il fatto che questi **risultati confermano i modelli teorici** di dinamica dei plasmi e ci consentono di estrapolare con una certa confidenza alle condizioni di un plasma che brucia.

Naturalmente questo non significa che sia tutto noto. La condizione di plasma che brucia non è mai stata raggiunta ma molti degli aspetti innovativi attesi sono stati analizzati teoricamente, studiati negli esperimenti in operazione e saranno anticipati ad esempio in DTT.

Qual è l'obiettivo di DTT?

Il calore prodotto dalle reazioni di fusione viene trasportato verso il bordo del plasma. Una volta attraversato il bordo, il calore fluisce in uno stretto strato di plasma verso una nicchia posta in fondo alla camera di reazione dove sono disposte delle piastre (il divertore). Il calore viene depositato sul divertore e da qui viene estratto mediante un circuito di raffreddamento. Il punto è che lo strato è così stretto e la quantità di calore così alta che il carico termico sul divertore può raggiungere gli stessi valori della superficie del Sole! È possibile costruire componenti che possono sopravvivere in tali condizioni?

Per affrontare questa questione la Roadmap Europea all'elettricità da fusione propose la costruzione di una Divertor Tokamak Test facility lasciando alla comunità scientifica il compito di proporre opportune soluzioni. Nel dibattito che si svolse tra i laboratori Europei afferenti al Consorzio EUROfusion negli anni successivi emerse la proposta di ENEA di una macchina tokamak a campo relativamente alto (6 Tesla), corrente di 5.5 milioni di Ampère, dimensioni compatte (raggio maggiore di 2.2m) e elevata potenza di riscaldamento (45MW).

Per comprendere le capacità dell'esperimento possiamo dire che DTT sarebbe in grado di raggiungere condizioni prossime al pareggio della potenza (breakeven) se operata con una miscela di deuterio trizio (DTT opererà con solo deuterio per evitare problemi di attivazione). Dunque DTT si pone come prestazioni ai primi posti tra gli esperimenti di fusione, in Europa seconda solo a ITER. DTT studierà e qualificherà configurazioni magnetiche e materiali innovativi per il divertore in condizioni molto vicine a quelle previste in un impianto di potenza.

Oltre ad affrontare il problema dell'estrazione del calore dal divertore DTT svolgerà un ruolo unico nella preparazione delle operazioni di ITER. Per questo motivo abbiamo firmato un accordo di collaborazione DTT-ITER.

DTT è in costruzione presso il centro ENEA di Frascati. Al momento sono impegnate in contratti con l'industria circa un terzo delle risorse previste. La maggior parte delle risorse vanno all'industria nazionale (ICAS, ASG, OCEM, Ansaldo Nucleare). L'esperimento dovrebbe entrare in funzione per la fine di questo decennio.

Oltre all'estrazione del calore dal divertore esistono altre sfide per costruire un impianto di potenza. Queste sfide sono riassunte nella Roadmap Europea all'elettricità da fusione la cui prima versione è del 2012. Alcune delle sfide sono state già menzionate a questa commissione negli interventi della scorsa sessione: i materiali, la produzione di trizio, elettricità da fusione a basso costo.

L'esistenza di sfide potrebbe far concludere che la fusione è destinata a rimanere ancora per un po' attività di sola ricerca. Nella Roadmap del 2012 ci ponemmo il problema di come accelerare. Per procedere rapidamente (qui veniamo al nocciolo del problema) occorre passare da un programma science-driven e basato sui laboratori di ricerca ad un approccio technology-driven e basato sull'industria. Il ruolo dei partner industriali deve evolvere da quello di provider di componenti ad alta tecnologia a quello di guida dello sviluppo della fusione.

E' infatti importante sottolineare che per tutte queste sfide sono state identificate possibili soluzioni e alcune di esse sono già state parzialmente provate. Non sono perfette ma con miglioramenti limitati potrebbero essere utilizzate in un impianto di potenza di prima generazione.

Consideriamo l'esempio dei materiali per la fusione. La sfida è quella di avere materiali che mantengano le caratteristiche strutturali sotto il bombardamento neutronico. Questa sfida è rilevante per l'economicità dell'impianto (si richiede che il mantello triziogeno non debba essere sostituito troppo frequentemente) ma la sicurezza dell'impianto (la garanzia che in caso di incidente non ci sia fuoriuscita di materiale radioattivo) è assicurata da materiali già esistenti e qualificati con cui verrà fatta la camera da vuoto. E' stato già sviluppato un acciaio (Eurofer) che ha caratteristiche vicine a quelle che servono per il mantello triziogeno. Lo si sa produrre in quantità industriali. Con limitati miglioramenti potrebbe essere impiegato in un impianto di potenza.

Trizio. E' stato dimostrato da tempo che la produzione di trizio nel mantello è in accordo con le previsioni teoriche. Si tratta però di dimostrare sistemi di estrazione e purificazione efficienti che consentano di mantenere la produzione di trizio superiore a quanto consumato in maniera tale da consentire in tempi dell'ordine dei cinque anni di accumulare una riserva sufficiente per far partire un nuovo impianto di potenza. Esiste una grandissima competenza in Italia sulle tecnologie del piombo per applicazioni a reattori di IV generazione che sono alla

base di un concetto di mantello triziogeno e che possono essere ulteriormente valorizzate per applicazioni fusionistiche.

In sintesi, anche se non tutte le tecnologie sono qualificate, con un programma ben focalizzato ed un approccio pragmatico di tipo industriale sarà possibile intraprendere la costruzione di un impianto di potenza. Quando questo avverrà dipenderà da due fattori:

- dal rischio economico che si vuole assumere in presenza di tecnologie non ancora ad alto TRL;
- dalla chiara definizione del quadro normativo (procedura di licensing)

In merito al secondo punto occorre segnalare l'orientamento preso di recente da Regno Unito e da Stati Uniti d'America che va nella direzione di non classificare un impianto a fusione come impianto nucleare. Ad esempio il licensing di DTT è stato ottenuto come sorgente radiogena di categoria A. Occorre pertanto che anche l'Italia decida tempestivamente quale orientamento seguire.

In merito al primo punto, è importante ricordare che nel corso degli ultimi anni sono nate diverse start-up. Sono stati raccolti da investitori privati oltre sei miliardi di dollari. In molte di queste si punta su concetti estremamente innovativi. In alcuni casi però (è questo il caso di Commonwealth Fusion System) la base di conoscenze su cui si fonda il progetto è quella consolidata che ha prodotto i parametri di ITER ma si punta su tecnologie più avanzate ad esempio per generare campi magnetici più intensi e ridurre le dimensioni dell'impianto. A mio parere è questo secondo tipo di iniziative che può rappresentare un game changer nella ricerca sulla fusione.

E' chiaro che l'investitore privato è pronto ad assumere rischi che difficilmente vengono assunti dal finanziatore pubblico. Tuttavia per il successo dell'impresa occorre che anche l'investitore privato abbia pieno accesso al know-how sviluppato nei centri di ricerca e nelle università ad esempio mediante partnership pubblico-privato.

Per questo motivo, nella Roadmap del 2012 proponemmo un approccio che coniugasse il pragmatismo dei privati con la conoscenza dei problemi (e delle soluzioni) sviluppata nel mondo accademico.

La novità è che con DTT in Italia ci siamo avviati a realizzare questo modello.

**DTT s.c.ar.l. è al momento il più rilevante esempio di partnership pubblico-privato nel mondo della fusione.** La società mette assieme le conoscenze nel campo della fusione delle istituzioni di ricerca e delle università italiane e l'esperienza di costruzione e gestione di grossi impianti della maggiore società energetica italiana. Questa interazione di esperienze diverse è un esperimento nell'esperimento, ma è destinata ad avere effetti fecondi.

Il Regno Unito si sta muovendo in questa direzione con la costruzione del reattore STEP nell'ambito di un progetto nazionale sotto la direzione della UKAEA che prevede di coinvolgere importanti compagnie private.

**L'Italia è in una posizione unica per giocare un ruolo di primo piano nella realizzazione dell'energia da fusione.** L'industria italiana è quella che ha maggiormente partecipato alla costruzione di ITER con commesse ad oggi pari a due miliardi di euro, DTT s.c.ar.l. è un consorzio che coinvolge i maggiori attori pubblici e privati ed infine la costruzione di DTT richiede non solo la padronanza delle singole tecnologie della fusione ma anche l'integrazione di queste tecnologie in un progetto coerente. **Occorre quindi che anche l'Italia consideri la fusione come progetto nazionale.**

**La costruzione di DTT è una sfida e un'opportunità per il sistema Paese. Vincere questa sfida richiede riconoscere la fusione come progetto nazionale.**

[1] F. Romanelli et. al. *Fusion electricity - A Roadmap to the realization of fusion energy* ISBN 978-3-00-040720-8 <https://www.euro-fusion.org/wpcms/wp-content/uploads/2013/01/JG12.356-web.pdf>