

Il progetto DTT - Divertor Tokamak Test

La costruzione di DTT è una sfida e un'opportunità per il sistema Paese: vincerla richiede di riconoscere la fusione come progetto nazionale. Ad oggi DTT s.c.ar.l. è il più rilevante esempio di partnership pubblico-privato nel mondo della fusione, in grado di mettere assieme le conoscenze delle istituzioni di ricerca e delle università italiane e l'esperienza di costruzione e gestione di grandi impianti della maggiore società energetica italiana. Questa interazione di esperienze diverse è un esperimento nell'esperimento, ma è destinata ad avere effetti fecondi.

DOI 10.12910/EAI2023-062



di **Francesco Romanelli**, *Presidente DTT s.c.ar.l.*

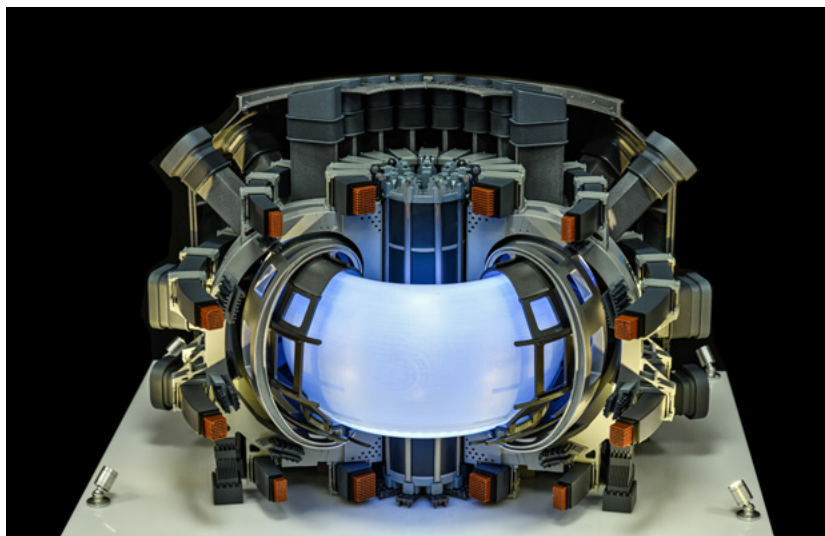
L'aumento della popolazione mondiale, il miglioramento della condizione delle popolazioni dei Paesi emergenti mediante una maggiore disponibilità di energia pro-capite e la necessità di ridurre l'impatto dei cambiamenti climatici spingono a una progressiva decarbonizzazione della produzione di energia. La soluzione 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 più importante in quanto ha alcuni vantaggi importanti:**

- **il combustibile è praticamente illimitato e diffuso – ne abbiamo sulla Terra per decine di milioni di anni;**
- **non produce gas serra;**
- **il processo è intrinsecamente sicuro;**
- **ha un limitato impatto ambien-**

tale – 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.

Oggi la fusione ha raggiunto alcuni

traguardi importanti. JET, il maggiore esperimento di fusione a confinamento magnetico in operazione, ha dimostrato la produzione in maniera controllata di circa 60MJ di energia e la National Ignition Facility, il maggiore esperimento di fusione inerziale, ha ottenuto energia da



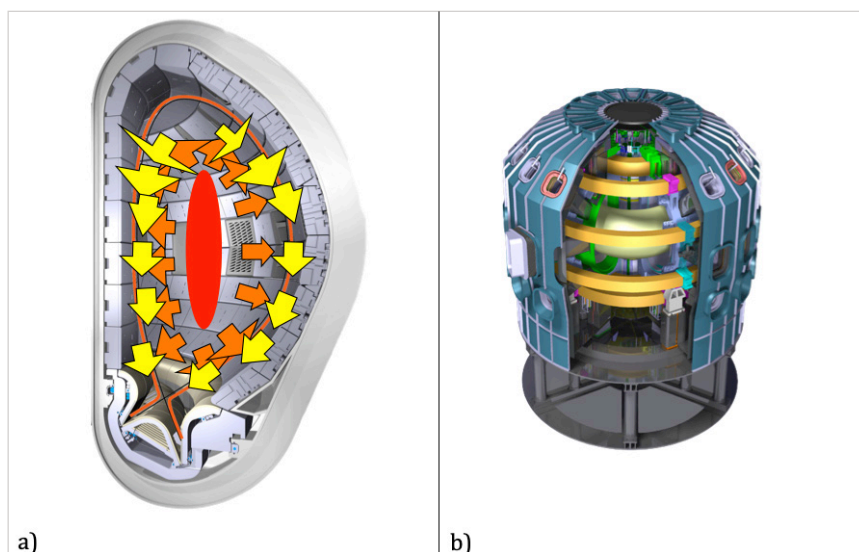


Figura 1. A sinistra lo schema di una macchina da fusione con il divertore in basso. Il calore generato dalle reazioni di fusione attraversa il bordo del plasma (linea arancione) e fluisce in uno stretto strato (frecche gialle) verso il divertore da cui viene estratto. A destra uno spaccato di DTT

fusione in eccesso rispetto a quanto iniettato nella capsula (holraum) in cui avviene la reazione.

Altre sfide da superare

Per poter procedere alla costruzione di un impianto di potenza occorre però superare altre sfide. Tra queste, come proposto nella Roadmap alla energia da fusione ¹, una delle più critiche è quella della estrazione del calore. Facendo riferimento alla Fig.1a, il calore prodotto dalle reazioni di fusione viene trasportato per conduzione e convezione 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 raggiun-

gere gli stessi valori della superficie del Sole! È possibile costruire componenti che possono sopravvivere in tali condizioni?

Per affrontare questa questione la Roadmap propone la costruzione di una Divertor Tokamak Test facility (DTT – Fig.1b) 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).

Per costruire DTT nel 2019 è stata fondata la società consortile DTT s.c.ar.l. che oggi vede 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. I fondi per la costruzione sono forniti interamente da ENEA e includono fondi dei ministeri, anche attraverso un grant PNRR di 55M di euro, della Regione Lazio e del Consorzio EUROfusion. I fondi per il funzionamento della società sono divisi pro-quota tra i soci. La proprietà dell'impianto rimarrà di ENEA. La società avrà inoltre la responsabilità delle operazioni dell'impianto.

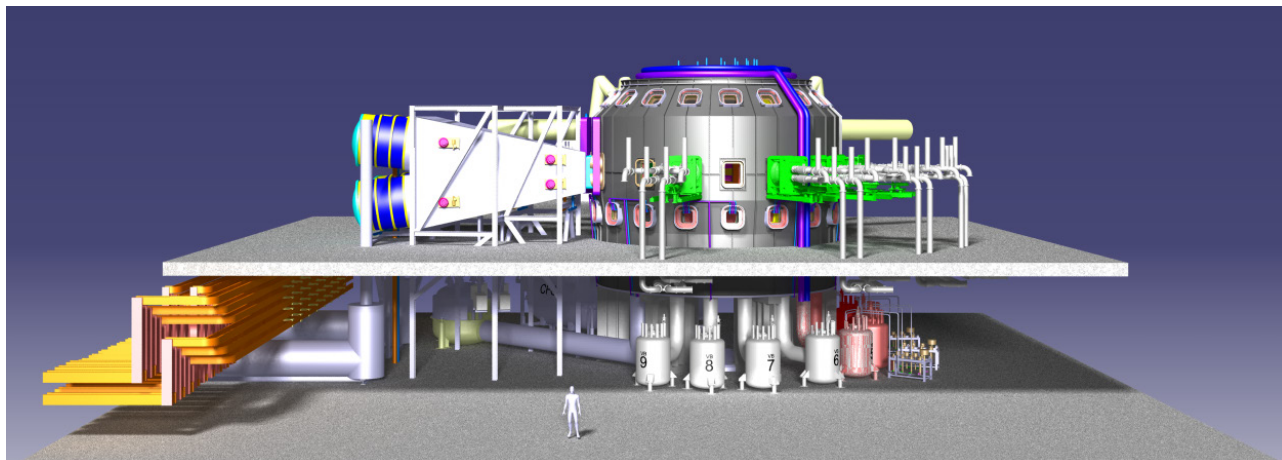
DTT è il più importante esempio di partnership pubblico-privato nel mondo della fusione

È importante notare che 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.

La novità più importante nel mondo della fusione degli ultimi anni è la nascita di diverse start-up private che hanno raccolto finanziamenti per circa sei miliardi di dollari.

Di conseguenza il panorama della fusione vede oggi tre distinti attori: i laboratori di ricerca, le industrie della fusione e i supplier. Ciascuno di questi attori da solo non sarà

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/wp-content/uploads/2013/01/JG12.356-web.pdf>



in grado di portare la fusione allo stadio di sfruttamento industriale. **Solo combinando le conoscenze in questo campo presenti nel mondo della ricerca, l'approccio pragmatico delle industrie sulla fusione e l'esperienza sulla costruzione dei componenti dei supplier sarà possibile accelerare lo sviluppo della fusione.**

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

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 1.8 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.**

DTT è in piena fase di costruzione. È stato impegnato circa un terzo del budget previsto. La fornitura dello strand superconduttore per la costruzione del magnete toroidale e di quattro delle sei bobine poloidali è stata completata. È stato prodotto circa il 20% del cavo superconduttore per il magnete toroidale e la produzione di serie degli avvolgimenti dovrebbe iniziare nel 2024.

Tra la fine del 2023 e l'inizio del 2024 arriveranno i primi alimentatori del magnete toroidale che verranno utilizzati per la test facility in cui ver-

ranno provate le bobine. La facility è in costruzione da parte di ENEA. Il prototipo della sorgente di onde millimetriche (gyrotron) per il riscaldamento del plasma di DTT è stato completato ed è attualmente sotto test presso la facility FALCON in Svizzera. A valle del test verrà iniziata la fornitura degli altri 15 gyrotrons. La progettazione degli edifici che ospiteranno l'infrastruttura e del sistema di distribuzione elettrica è in fase di completamento e si prevede di lanciare la gara per entrambi i lavori all'inizio del 2024. A inizio 2023 è stato approvato il progetto per la linea a 150kV dal nodo di Roma est al Centro Ricerche ENEA di Frascati. Il completamento è previsto entro il 2028.

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