



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

## Il Progetto DTT e la fusione nucleare

Il progetto DTT - Divertor Tokamak Test, ideato dall'ENEA in collaborazione con CNR, INFN, Consorzio RFX, CREATE e alcune tra le più prestigiose università italiane, ha come obiettivo la realizzazione di una macchina sperimentale che dovrà rispondere ad alcuni dei nodi più complessi sul cammino della fusione nucleare, il processo per produrre energia rinnovabile, sicura, inesauribile con lo stesso meccanismo che 'accende' gli astri; una sfida che coinvolge migliaia di scienziati in tutto il mondo e che vede l'Italia in prima linea nei grandi programmi internazionali di ricerca ITER<sup>1</sup>, Broader Approach e DEMO.

La macchina DTT sarà collocata presso il Centro ENEA di Frascati, all'interno di un polo scientifico e tecnologico all'avanguardia, aperto a ricercatori e scienziati di tutto il mondo; si tratta di un progetto di frontiera del valore di circa 600 milioni di euro che mette insieme grande ricerca, innovazione tecnologica, sviluppo e competitività industriale, con ricadute stimate in un fattore 4, ovvero oltre 2 miliardi di euro solo dal punto di vista economico.

Nei sette anni di realizzazione è prevista la creazione di circa 1.500 nuovi posti di lavoro di cui 500 direttamente e altri 1.000 nell'indotto. Sono state già pubblicate ed aggiudicate le prime gare internazionali per i fili superconduttori ed è stata firmata la Convenzione con la Regione Lazio che ha vinto il bando per la localizzazione del progetto. Quest'anno saranno bandite le gare per la realizzazione dei componenti principali della macchina e i lavori di adattamento del sito.

### Tecnologie avanzate e ricadute per le imprese

Dalla realizzazione della macchina DTT sono attese ricadute di grande rilievo per tutta la comunità scientifica: nello specifico, la DTT nasce quale 'anello' di collegamento tra i grandi progetti internazionali di fusione nucleare ITER e DEMO (il reattore che dopo il 2050 dovrà produrre energia elettrica da fusione nucleare) per fornire risposte scientifiche, tecniche e tecnologiche a problematiche di grande rilievo quali la gestione dei grandi flussi di potenza prodotti dal plasma combustibile e i materiali da usare come 'contenitore' a prova di temperature elevatissime.

Dal punto di vista 'visivo' la DTT sarà una struttura ipertecnologica alta 10 metri con raggio 5, all'interno della quale saranno confinati 33 metri cubi di plasma alla temperatura di 100 milioni di gradi con una intensità di corrente di 6 milioni di Ampere (pari alla corrente di sei milioni di lampade) e un carico termico sui materiali fino a 50 milioni di watt per metro quadrato (oltre due volte la potenza di un razzo al decollo). Gli oltre 40 km di cavi superconduttori, realizzati in niobio, stagno e titanio, opereranno alla temperatura di 269 °C sotto zero e saranno collocati solo a poche decine di centimetri dal plasma portato alla temperatura di 100 milioni di gradi.

### Italia leader nella ricerca sulla fusione

Ad oggi, la ricerca sulla fusione ha portato risultati rilevanti in termini scientifici ed economici con ricadute significative per le imprese italiane fra cui Angelantoni Test Technologies, Ansaldo

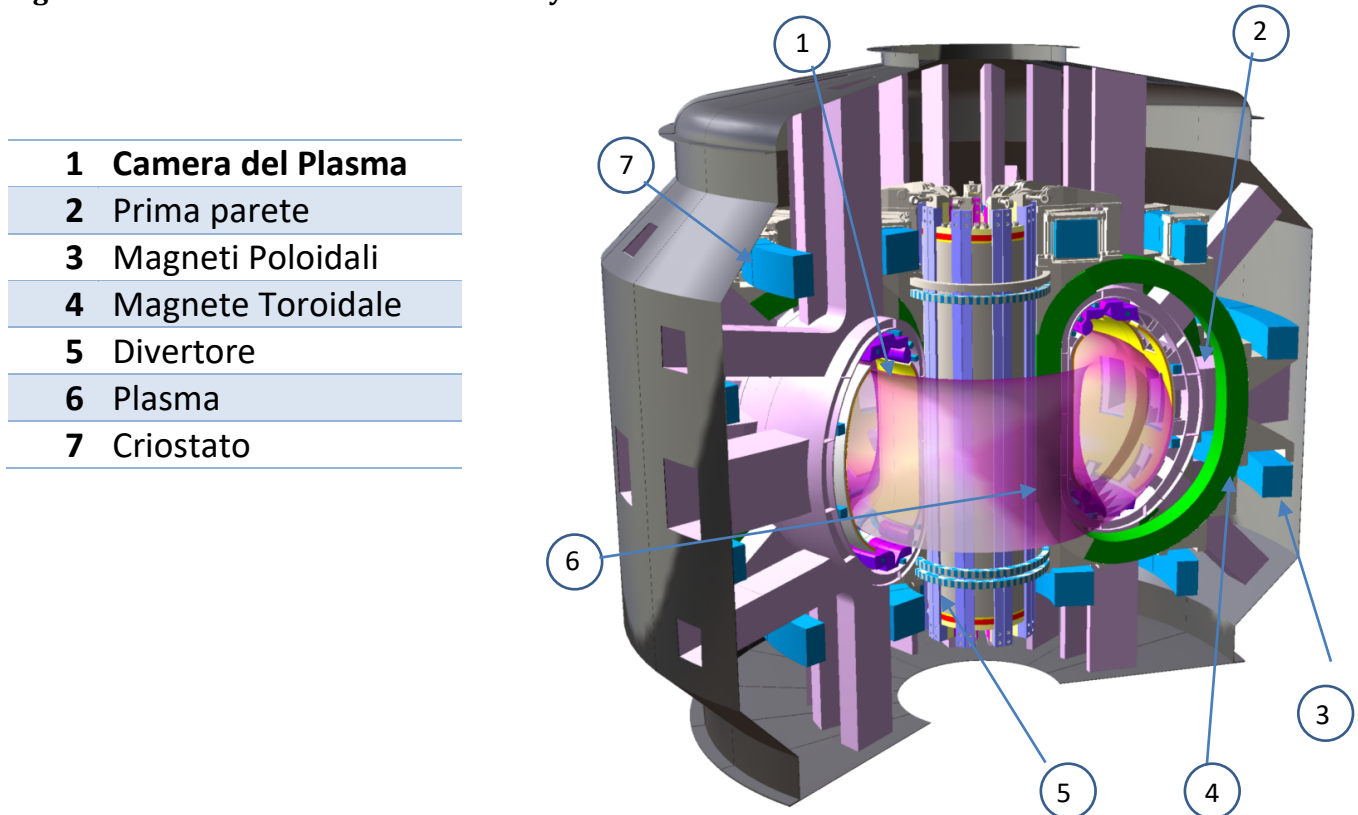
---

<sup>1</sup> ITER è l'International Thermonuclear Experimental Reactor, un impianto sperimentale per dimostrare la fattibilità della produzione di energia da fusione, in via di realizzazione a Cadarache, in Francia con un investimento di 20 miliardi di Euro e l'obiettivo di produrre 500 MW di potenza di fusione. Al progetto partecipano Cina, Giappone, India, Corea del Sud, Russia, USA e Ue, Svizzera. Il progetto Broader Approach vede insieme Europa e Giappone per la realizzazione della macchina da fusione "JT60-SA". L'obiettivo è di affiancare la sperimentazione di ITER con attività complementari, per accelerare la realizzazione dell'energia da fusione. L'ENEA partecipa con la progettazione e la realizzazione di metà del magnete toroidale e del sistema di alimentazione.

Nucleare, ASG superconductors (Malacalza), CECOM, Delta TI, Mangiarotti, OCEM Energy Technology, SIMIC, Vitrociset, Walter Tosto, Zanon.

L'ENEA è il coordinatore del programma nazionale di ricerca sulla fusione e del consorzio ICAS (Italian Consortium for Applied Superconductivity) tra ENEA, Criotec e Tratos, che ha un ruolo attivo nella produzione di componenti nell'ambito del *Broader Approach* e di ITER. Il Dipartimento Fusione e Tecnologie della Sicurezza Nucleare dell'ENEA, con i Centri di Ricerca di Frascati e del Brasimone, è un punto di riferimento riconosciuto a livello scientifico e tecnologico, tra i primi a realizzare impianti per lo studio dei plasmi a confinamento magnetico, macchine per la fusione come il Frascati Tokamak (FT) e il Frascati Tokamak Upgrade (FTU). Contributi sostanziali vengono forniti in campo di: superconduttività, componenti interfacciati al plasma, neutronica, sicurezza, remote handling e fisica del plasma. Negli ultimi 20 anni, le attività sulla fusione hanno prodotto oltre 50 brevetti con ricadute significative per lo sviluppo e la competitività delle industrie nazionali.

**Fig. 1 DTT Divertor Tokamak Test facility**



### **La fusione nucleare: un processo sicuro, completamente diverso dalla fissione**

L'obiettivo della ricerca sulla fusione è di sviluppare una tecnologia economicamente competitiva, sicura e sostenibile per ottenere grandi quantitativi di energia elettrica per sostituire i combustibili fossili e raggiungere i target di decarbonizzazione.

In sostanza, si tratta di riprodurre la sorgente d'energia del sole e delle stelle, una sfida tecnologica e scientifica che sta impegnando la comunità scientifica di tutto il mondo nei grandi progetti internazionali ITER, Broader Approach e DEMO.

**La fusione nucleare si basa su un processo del tutto diverso e opposto a quello della fissione, senza rischi e senza produrre scorie.** L'energia scaturisce dall'unione di due nuclei di elementi molto leggeri quali ad esempio l'idrogeno, e i prodotti della reazione sono un neutrone e un gas nobile ampiamente utilizzato nella vita quotidiana, l'elio.

Nella fissione, ovvero nel nucleare tradizionale, l'energia viene invece generata a seguito dell'urto fra un neutrone e i nuclei di atomi molto pesanti (fissili, quali l'uranio) che si rompono in frammenti più piccoli e producono rifiuti radioattivi che restano tali per decine di migliaia di anni.

**L'assenza di residui radioattivi a lunga vita esclude la possibilità di incidenti che coinvolgano la popolazione ed eventuali criticità future.** L'unico materiale radioattivo è all'interno della camera di reazione che non ha contatti con l'esterno. Inoltre, la fusione non produce gas serra ed è quindi una tecnologia che supporta il contrasto al cambiamento climatico e il raggiungimento degli obiettivi di riduzione. Si tratta inoltre di una fonte praticamente inesauribile, data l'estrema abbondanza della 'materia prima' utilizzata: l'acqua.

**Per questi motivi è possibile affermare che la fusione costituisce un processo intrinsecamente sicuro, pulito e inesauribile.**

La ricerca sulla fusione, inoltre, ha portato allo sviluppo di tecnologie innovative applicabili nel campo della salute, dei materiali hi-tech e della difesa del territorio. Fra i vantaggi della fusione vi sono quindi:

- abbondanza ed economicità dei combustibili, facilità di estrazione, distribuzione geografica omogenea
- assenza di scorie
- rispetto dell'ambiente e zero impatto da estrazione dei combustibili
- assenza di emissioni di gas a effetto serra
- sicurezza intrinseca
- sviluppo di tecnologie innovative applicabili in numerosi campi

## Come avviene la fusione

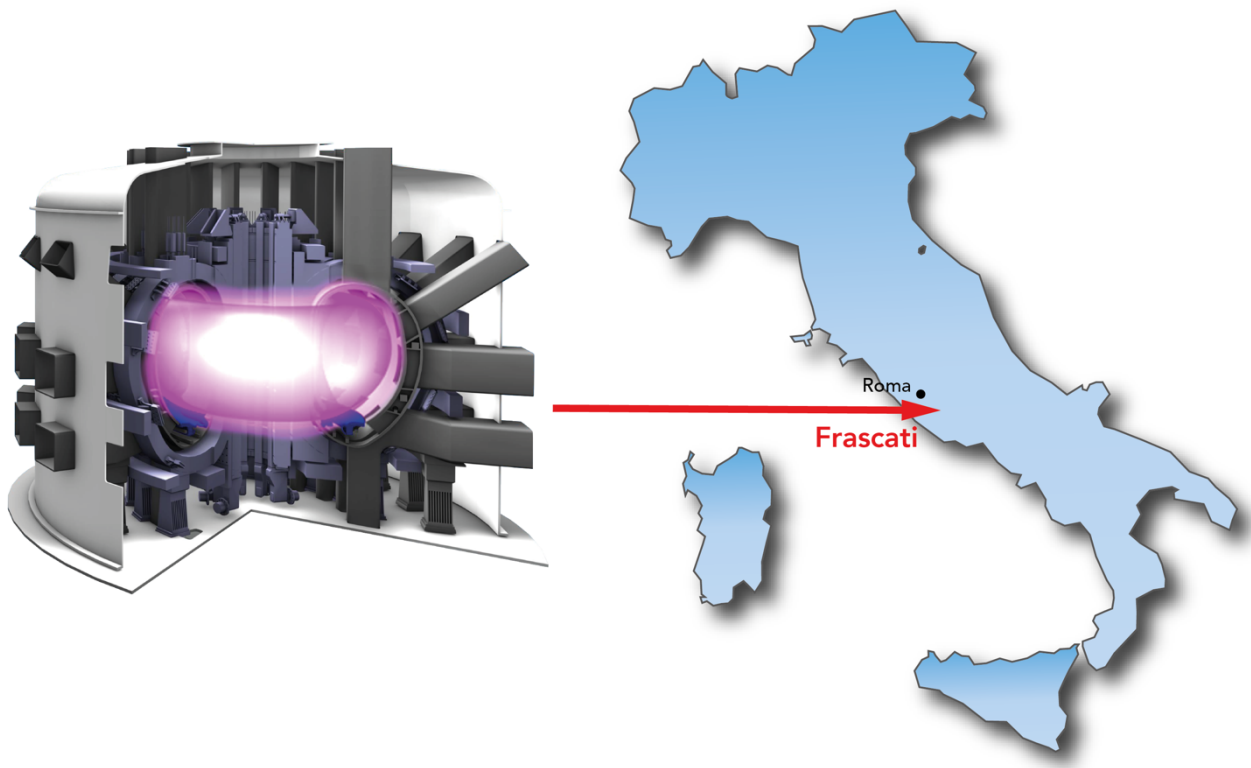
Ad oggi per riprodurre il meccanismo che accende gli astri, la ricerca scientifica utilizza una macchina denominata tokamak, di forma toroidale, caratterizzata da un involucro cavo, con all'interno un'apposita 'camera di reazione' rivestita da un mantello costituito da contenitori di litio, un metallo presente in abbondanza sulla terra. Fra le diverse configurazioni magnetiche studiate (stellarator, tokamak, ecc.) il tokamak si è dimostrato la soluzione tecnologica più efficace per la sua stabilità e capacità di assicurare i lunghi tempi di confinamento necessari a mantenere il plasma in condizioni di temperatura e densità sufficientemente lunghe per farle collidere e fondersi.

La reazione di fusione viene riprodotta all'interno del tokamak utilizzando il litio presente nel rivestimento, il deuterio, un isotopo dell'idrogeno di cui è ricca l'acqua di mare (30 g/m<sup>3</sup>) e il trizio, generato direttamente all'interno del tokamak, in un ciclo chiuso. Deuterio e trizio vengono immessi

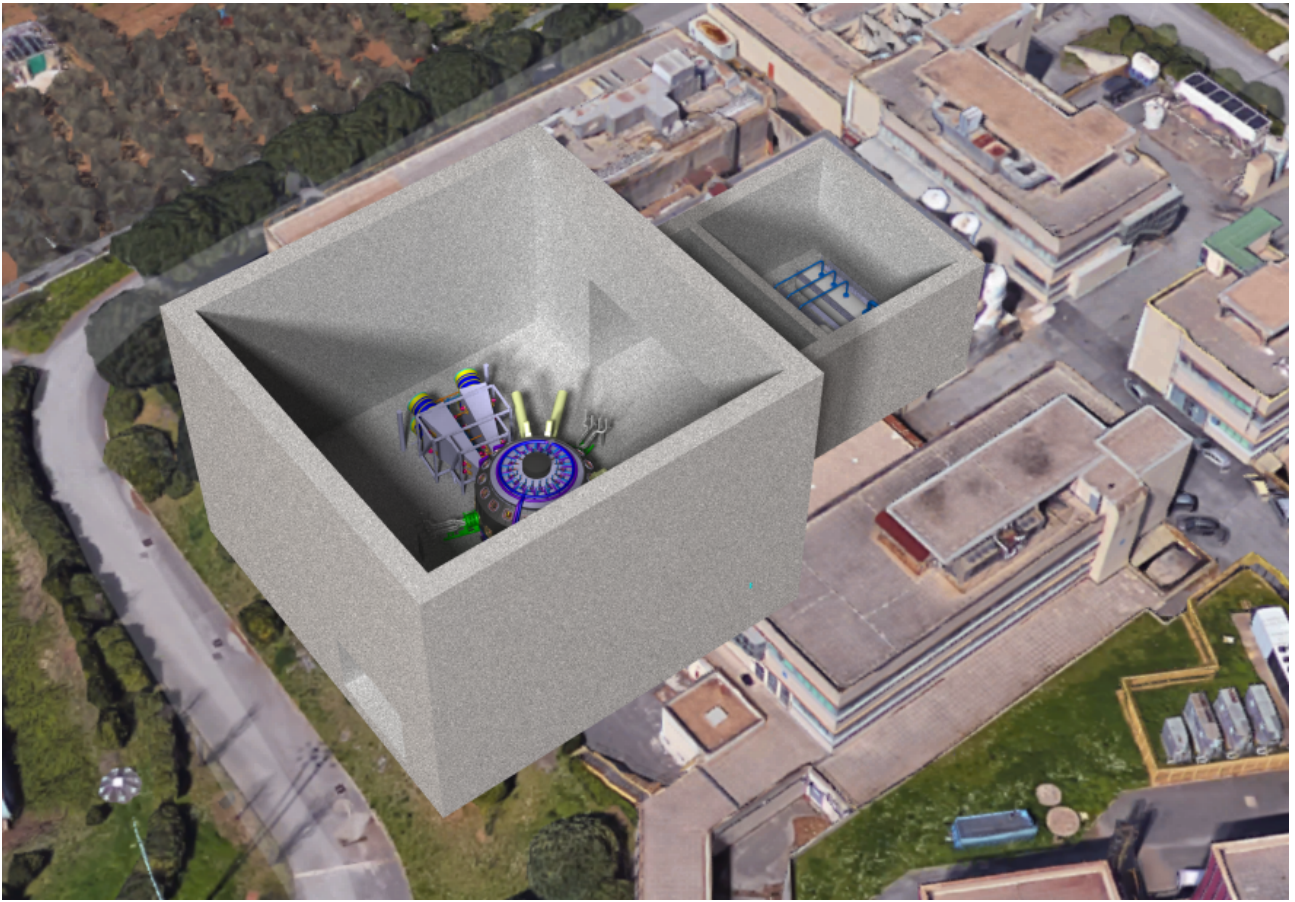
nella camera di reazione e portati a temperature di 200 milioni di gradi, oltre dieci volte l'interno del sole, trasformandosi in un composto di particelle cariche separate, nuclei ed elettroni, ovvero in plasma. Per arrivare a questo risultato si impiegano sistemi altamente sofisticati, basati sull'uso di onde elettromagnetiche o di fasci di particelle neutre.

Per evitare che le particelle di plasma si muovano disordinatamente, urtando e danneggiando le pareti, perdendo energia preziosa e inibendo la reazione di fusione, intorno alla camera di reazione all'interno del tokamak vengono collocati grandi magneti che devono produrre campi magnetici in grado di 'confinare' il plasma. La produzione di energia elettrica avviene attraverso i neutroni generati dall'unione fra il deuterio e il trizio: l'energia dei neutroni viene depositata all'interno del mantello della camera di reazione dove si trasforma in vapore che alimenta una gigantesca turbina per produrre energia elettrica. L'elio che residua nei diversi passaggi del processo è smaltito senza problemi.

La caratteristica fusione è la capacità di autosostenersi grazie all'energia prodotta nella fusione stessa; tuttavia, il processo va costantemente alimentato iniettando gas di deuterio e trizio nella camera di reazione e rimuovendo l'elio prodotto. Infatti, se l'iniezione cessa, la reazione si spegne immediatamente. Da qui l'intrinseca sicurezza del sistema.



**fig. 2 DTT sito: torus hall**



**fig. 3 Divertore**

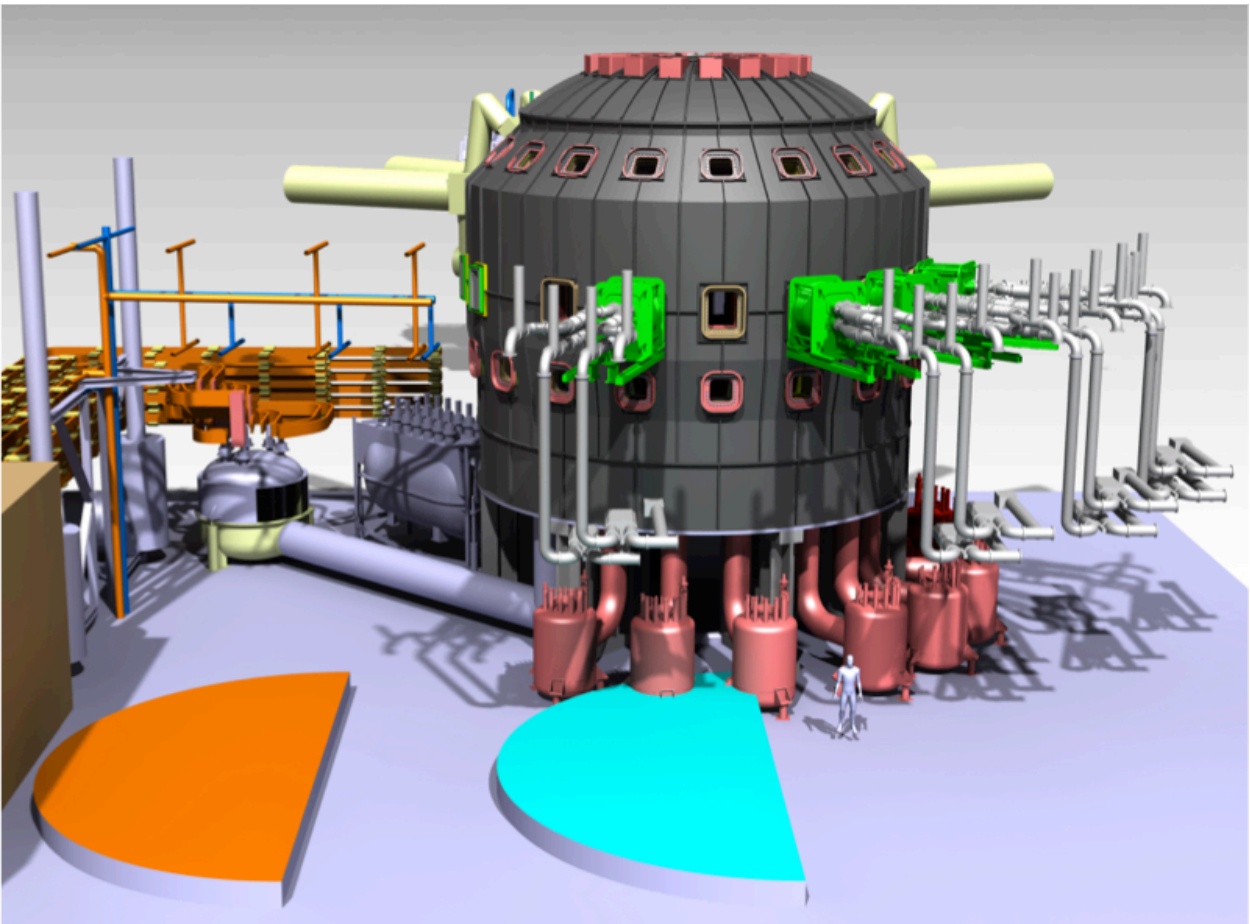
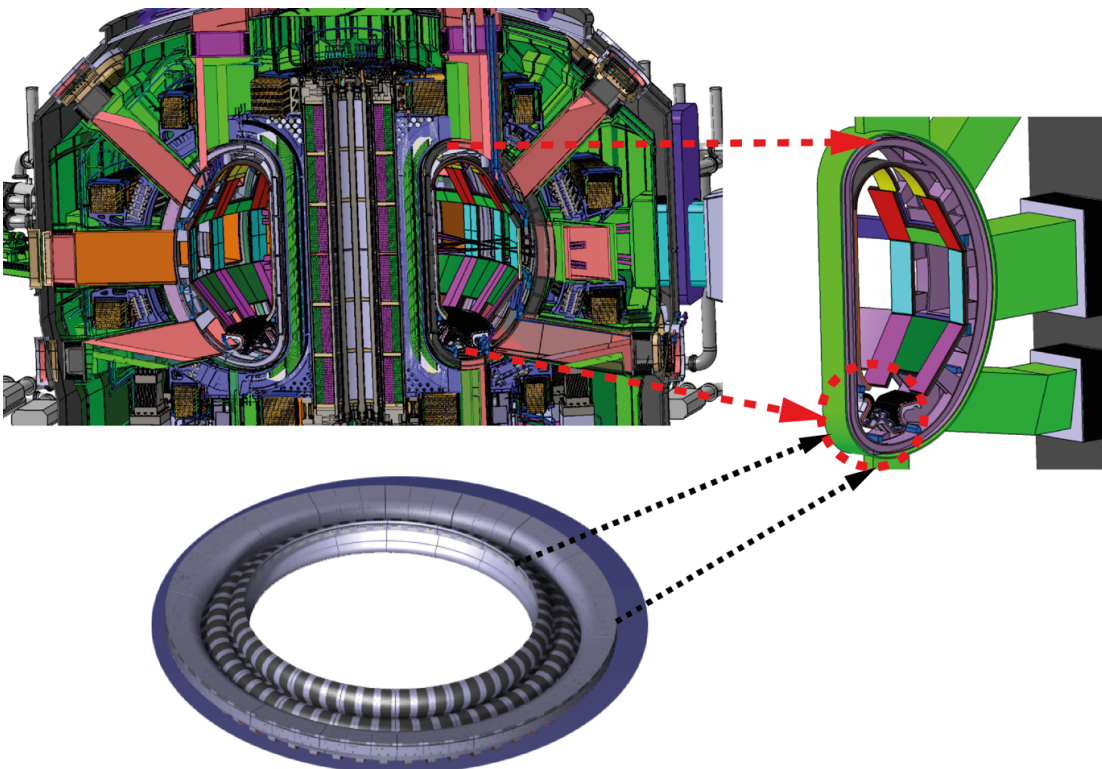
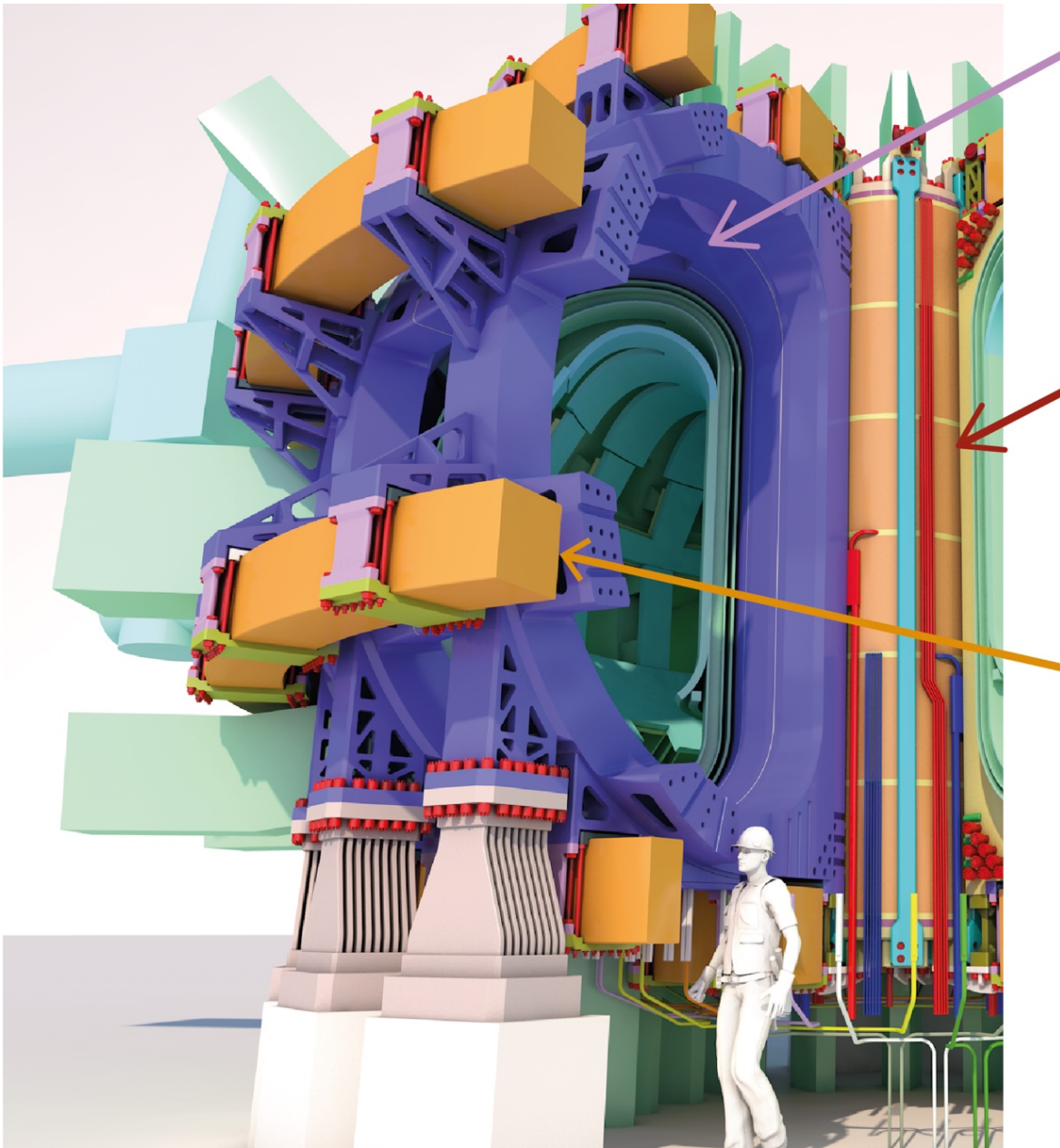


fig. 4 Divertore: schema dell'impianto



**fig. 5 Sistema di magneti superconduttori: panoramica**



**fig. 6 Vista complessiva interna della Torus Hall di DTT**

