WIKIPEDIA

Difference between revisions of "ITER"

From Wikipedia

Revision as of 17:49, 8 May 2018 (edit) Botcrux (talk | contribs) m (→Collegamenti esterni: Bot: Aggiungo controllo di autorità) ← Older edit	**Revision as of 03:16, 19 August 2018 (edit) (undo)** StevenBKrivit (talk | contribs) (correzioni alle dichiarazioni di potenza) Newer edit →
Line 3:	**Line 3:**
|caption={{simbolo|Red pog.svg|8}} La posizione del complesso di ITER}}	|caption={{simbolo|Red pog.svg|8}} La posizione del complesso di ITER}}
'''ITER''' (acronimo di '''International Thermonuclear Experimental Reactor''', inteso anche nel significato originale latino di "percorso", o "cammino") è un progetto internazionale che si propone di realizzare un [[reattore a fusione nucleare]] di tipo sperimentale, in grado di produrre ~~più energia~~ di ~~quanta il processo ne consumi per l'innesco~~ e il ~~sostentamento della [[fusione nucleare|reazione~~ di ~~fusione]]~~. Nello specifico, ITER è un reattore [[deuterio]]-[[trizio]] in cui il [[Fusione a confinamento magnetico|confinamento]] del plasma è ottenuto in un campo magnetico all'interno di una macchina denominata [[Tokamak]].	'''ITER''' (acronimo di '''International Thermonuclear Experimental Reactor''', inteso anche nel significato originale latino di "percorso", o "cammino") è un progetto internazionale che si propone di realizzare un [[reattore a fusione nucleare]] di tipo sperimentale, in grado di produrre **un plasma** di **fusione con più potenza rispetto alla potenza richiesta per riscaldare** il **plasma. Il reattore stesso è progettato per essere equivalente a un reattore** di **potenza zero (netto). <ref>http://www.jt60sa.org/b/FAQ/EE2.htm</ref>** Nello specifico, ITER è un reattore [[deuterio]]-[[trizio]] in cui il [[Fusione a confinamento magnetico|confinamento]] del plasma è ottenuto in un campo magnetico all'interno di una macchina denominata [[Tokamak]].
La costruzione è in corso a [[Cadarache]], nel [[Sud della Francia]], ad opera di un consorzio internazionale composto da [[Unione europea]], [[Russia]], [[Cina]], [[Giappone]], [[Stati Uniti d'America]], [[India]], [[Corea del Sud]].	La costruzione è in corso a [[Cadarache]], nel [[Sud della Francia]], ad opera di un consorzio internazionale composto da [[Unione europea]], [[Russia]], [[Cina]], [[Giappone]], [[Stati Uniti d'America]], [[India]], [[Corea del Sud]].
Line 17:	**Line 17:**

== Scopi ==	== Scopi ==
ITER è un reattore sperimentale, il cui scopo principale è il raggiungimento di una reazione di fusione stabile (500 MW prodotti per una durata di circa 60 minuti) validando e, se possibile, incrementando le attuali conoscenze sulla [[fisica dei plasmi|fisica del plasma]]. ~~**L'energia**~~ in eccesso ~~**ottenuta dalla reazione nucleare non sarà immessa sulla rete elettrica, né utilizzata**~~ per ~~**scopi**~~ commerciali.	ITER è un reattore sperimentale, il cui scopo principale è il raggiungimento di una reazione di fusione stabile (500 MW prodotti per una durata di circa 60 minuti) validando e, se possibile, incrementando le attuali conoscenze sulla [[fisica dei plasmi|fisica del plasma]]. **Il reattore non è progettato per produrre potenza** in eccesso **e quindi non è stato progettato per convertire la potenza termica prodotta a elettricità o** per **essere utilizzato a fini** commerciali. **<ref>http://www.jt60sa.org/b/FAQ/EE2.htm</ref>**
Nel corso della costruzione e dell'esercizio di ITER saranno integrate e collaudate molte delle soluzioni tecnologiche nel campo della [[criogenia]], della [[superconduttività]] e delle tecniche di [[vuoto spinto]] necessarie per il futuro prototipo di [[centrale elettrica]] a fusione, denominato [[DEMO]].	Nel corso della costruzione e dell'esercizio di ITER saranno integrate e collaudate molte delle soluzioni tecnologiche nel campo della [[criogenia]], della [[superconduttività]] e delle tecniche di [[vuoto spinto]] necessarie per il futuro prototipo di [[centrale elettrica]] a fusione, denominato [[DEMO]].
Line 108:	**Line 109:**
* '''Rendimento''': > 0,8	* '''Rendimento''': > 0,8
Intendendo per rendimento rapporto tra ~~**l'energia**~~ in uscita sull'~~**energia**~~ in ingresso. Il superamento della soglia del bilancio energetico della fusione ([[criterio di Lawson]]) è un obiettivo primario, finora mai raggiunto, propedeutico ad un uso della fusione per la produzione di energia per uso civile.	Intendendo per rendimento rapporto tra **la potenza** in uscita sull' **potenza** in ingresso. Il superamento della soglia del bilancio energetico della fusione ([[criterio di Lawson]]) è un obiettivo primario, finora mai raggiunto, propedeutico ad un uso della fusione per la produzione di energia per uso civile.
Grazie alle specifiche tecniche di cui sopra, si ritiene che ITER possa produrre ~~**energia**~~ in quantità almeno 10 volte superiore a quella	Grazie alle specifiche tecniche di cui sopra, si ritiene che ITER possa produrre **un plasma di fusione con potenza** in quantità almeno 10 volte

necessaria per ~~**innescare e sostenere**~~ il ~~**processo di fusione**~~.	superiore a quella necessaria per **riscaldare** il **plasma**.
− In una fase iniziale, ~~**l'energia in sovrappiù**~~ prodotta dal plasma sarà asportata con uno "shielding blanket" (mantello protettivo) refrigerato ad acqua.	+ In una fase iniziale, **la potenza** prodotta dal plasma sarà asportata con uno "shielding blanket" (mantello protettivo) refrigerato ad acqua.
Almeno fino al [[2025]] non è previsto l'inserimento nella macchina di un "breeding blanket" (mantello per la produzione di trizio). Il trizio necessario per il mantenimento della reazione di fusione (circa 240 g/giorno) dovrà essere approvvigionato da fonti esterne, probabilmente dai reattori canadesi [[CANDU]], considerando che le altre possibili fonti sono sotto controllo militare.	Almeno fino al [[2025]] non è previsto l'inserimento nella macchina di un "breeding blanket" (mantello per la produzione di trizio). Il trizio necessario per il mantenimento della reazione di fusione (circa 240 g/giorno) dovrà essere approvvigionato da fonti esterne, probabilmente dai reattori canadesi [[CANDU]], considerando che le altre possibili fonti sono sotto controllo militare.
Line 126:	**Line 127:**
== Successori ==	== Successori ==
− Come già indicato gli obiettivi dell'ITER sono la realizzazione di un ~~**reattore a**~~ fusione in grado di produrre più ~~**energia**~~ di ~~**quanta ne venga consumata**~~ e in grado di sostenere la fusione nucleare per un tempo superiore ai pochi secondi degli esperimenti analoghi.	+ Come già indicato gli obiettivi dell'ITER sono la realizzazione di un **plasma di** fusione in grado di produrre più **potenza** di **rispetto alla potenza richiesta per riscaldare il plasma** e in grado di sostenere la fusione nucleare per un tempo superiore ai pochi secondi degli esperimenti analoghi.
ITER non è progettato per produrre energia elettrica sfruttabile da utenze esterne, un compito che è invece assegnato al progetto successivo, chiamato [[DEMO]]. DEMO sarà un progetto più grande e costoso di ITER dato che sarà necessario realizzare delle strutture sensibilmente più complesse per la produzione del trizio direttamente nell'impianto ([[blanket]]). Inoltre, le necessità di efficienza nella produzione di energia costringeranno all'uso di refrigeranti diversi	ITER non è progettato per produrre energia elettrica sfruttabile da utenze esterne, un compito che è invece assegnato al progetto successivo, chiamato [[DEMO]]. DEMO sarà un progetto più grande e costoso di ITER dato che sarà necessario realizzare delle strutture sensibilmente più complesse per la produzione del trizio direttamente nell'impianto ([[blanket]]). Inoltre, le necessità di efficienza nella produzione di energia costringeranno all'uso di refrigeranti diversi

dall'acqua utilizzata invece in ITER, richiedendo per questo tecnologie più avanzate e, quindi, più costose.

dall'acqua utilizzata invece in ITER, richiedendo per questo tecnologie più avanzate e, quindi, più costose.

Revision as of 03:16, 19 August 2018

ITER (acronimo di **International Thermonuclear Experimental Reactor**, inteso anche nel significato originale latino di "percorso", o "cammino") è un progetto internazionale che si propone di realizzare un reattore a fusione nucleare di tipo sperimentale, in grado di produrre un plasma di fusione con più potenza rispetto alla potenza richiesta per riscaldare il plasma. Il reattore stesso è progettato per essere equivalente a un reattore di potenza zero (netto).[1] Nello specifico, ITER è un reattore deuterio-trizio in cui il confinamento del plasma è ottenuto in un campo magnetico all'interno di una macchina denominata Tokamak.

La posizione del complesso di ITER

La costruzione è in corso a Cadarache, nel Sud della Francia, ad opera di un consorzio internazionale composto da Unione europea, Russia, Cina, Giappone, Stati Uniti d'America, India, Corea del Sud.

Inizialmente il progetto prevedeva l'accensione del tokamak (la cosiddetta ignizione del Primo Plasma) per il 2019, a un costo complessivo di costruzione stimato di 10 miliardi di Euro.

Nel 2009 i costi di costruzione sono stati rivisti al rialzo a 15 miliardi di Euro, con un costo operativo di circa 290 milioni di Euro all'anno (al cambio del 2010) una volta che il tokamak sarà a regime.[2][3]

Inoltre il 16 giugno 2016 il Consiglio Direttivo di ITER ha annunciato ufficialmente che la previsione iniziale per la data di ignizione del Primo Plasma è da spostarsi in avanti a più di 5 anni, indicando il Dicembre 2025 quale data più realistica[4]. Il 17 novembre 2016 il Consiglio Direttivo ha annunciato che gli esperimenti di fusione deuterio-trizio veri e propri inizieranno solo a partire dal 2035[5].

La durata operativa dell'impianto è prevista in circa 20 anni e si prevede che, già dal 2037, l'impianto inizierà la fase di disattivazione, della durata prevista di 5 anni[2].

Contents

Scopi
Avanzamento dei lavori
Specifiche Tecniche
Obiettivi
Successori
Note
Voci correlate

Altri progetti

Collegamenti esterni

Scopi

ITER è un reattore sperimentale, il cui scopo principale è il raggiungimento di una reazione di fusione stabile (500 MW prodotti per una durata di circa 60 minuti) validando e, se possibile, incrementando le attuali conoscenze sulla fisica del plasma. Il reattore non è progettato per produrre potenza in eccesso e quindi non è stato progettato per convertire la potenza termica prodotta a elettricità o per essere utilizzato a fini commerciali.[6]

Nel corso della costruzione e dell'esercizio di ITER saranno integrate e collaudate molte delle soluzioni tecnologiche nel campo della criogenia, della superconduttività e delle tecniche di vuoto spinto necessarie per il futuro prototipo di centrale elettrica a fusione, denominato DEMO.

Più di 40 differenti sistemi di monitoraggio saranno installati all'interno di ITER per ottenere il maggior numero possibile di informazioni sul comportamento del plasma alle condizioni operative previste per la fusione nucleare.[7].

Avanzamento dei lavori

- 2005: il 28 giugno viene annunciata, in via ufficiale, la scelta del sito di Cadarache (Francia) come luogo per la costruzione di ITER.
- 2006: iniziano i lavori preparatori per i vari cantieri e l'adeguamento del collegamento con la costa; la sede stradale è ampliata e modificata così da consentire il passaggio dei carichi eccezionali rappresentati da varie parti del reattore assemblate all'estero e spedite via mare.
- 2009: completamento della costruzione della vasta spianata (400m x 1000m) su cui sorgeranno l'impianto e i laboratori di ricerca.
- 2010 (agosto): iniziano i primi lavori di scavo per la costruzione degli edifici che ospiteranno il tokamak, la zona di assemblaggio dei magneti e la direzione.
- 2012 (primavera): completamento dell'edificio di assemblaggio dei magneti; nello stesso periodo sono completate e testate la sottostazione elettrica e il relativo allacciamento alla rete ad alta tensione francese, infrastrutture necessarie a fornire l'energia richiesta per alimentare l'impianto.
- 2012 (estate): iniziano i lavori di scavo per la camera di assemblaggio principale adiacente alla camera del tokamak, mentre sono completate le fondamenta del tokamak e il palazzo uffici della direzione.
- 2012 (ottobre): inizia il trasferimento del personale nei nuovi uffici della direzione. A regime l'edificio ospiterà circa 500 persone.
- 2013: il 17 gennaio il palazzo uffici della direzione è ufficialmente inaugurato.
- 2013 (primavera): posa delle fondamenta della camera di assemblaggio principale e del laboratorio criogenico, due strutture accessorie che faranno parte dell'edificio del tokamak.
- 2013 (estate): inizia la costruzione di una serie di strade interne e edifici accessori (uffici, mensa, infermeria) necessari a gestire il grosso dei lavoratori previsti sul cantiere durante il picco delle attività che si verificherà nel 2015.
- 2013 (settembre): inizia la costruzione del laboratorio criogenico. È completata la rete sotterranea di drenaggio e di tunnel tecnici sotterranei scavata all'interno della spianata su cui sorgerà il tokamak. È effettuato un primo test su strada - dalla costa all'impianto - del mezzo di trasporto eccezionale che sarà utilizzato per inviare al cantiere i componenti più grandi di ITER assemblati all'estero.
- 2013 (novembre): iniziano i lavori preparatori per l'ampliamento del palazzo uffici della direzione, così da raggiungere, a regime, una capacità di circa 800 persone.
- 2013 (dicembre): inizia la copertura delle fondamenta antisismiche della camera del tokamak.
- 2014 (febbraio): sono completati gli edifici accessori (uffici, mensa, infermeria) necessari alle maestranze aggiuntive previste nel periodo di picco dei lavori di costruzione.
- 2014 (aprile): è completata la costruzione del laboratorio criogenico.
- 2014 (agosto): sono completate le fondamenta antisismiche della camera del tokamak.
- 2014 (ottobre): è completato l'ampliamento del palazzo uffici della direzione.
- 2014 (ottobre): iniziano i lavori di costruzione della camera di assemblaggio principale.

- 2015 (aprile): iniziano i lavori di costruzione dello scudo biologico (bioshield), una parete di cemento armato spessa 3 metri che circonderà il nucleo del tokamak e il criostato.
- 2015 (maggio): è installato il primo dei quattro trasformatori principali dell'impianto.
- 2015 (giugno): è completato il magazzino principale per lo stoccaggio dei componenti in attesa di installazione.
- 2015 (luglio): inizia l'allestimento dell'edificio di assemblaggio dei magneti con due camere bianche e con i vari macchinari necessari alla costruzione degli avvolgimenti magnetici.
- 2015 (autunno): iniziano i lavori di costruzione dell'edificio dei servizi, necessario alla distribuzione di diversi servizi industriali (acqua di raffreddamento, ecc.) alle altre strutture del complesso di ITER.
- 2015 (ottobre): iniziano i lavori di scavo per l'edificio dell'impianto criogenico.
- 2015 (ottobre): iniziano i lavori preparatori alla costruzione degli edifici che conterranno i giganteschi convertitori magnetici di ITER.
- 2015 (ottobre): è completata l'installazione dei quattro trasformatori dell'impianto per il servizio in regime stazionario.
- 2015 (dicembre): iniziano i lavori di scavo per l'edificio di riscaldamento a radiofrequenza.
- 2016 (febbraio): iniziano i lavori preparatori per le fondamenta del sistema di torri e bacino di raffreddamento.
- 2016 (aprile): sono completate le fondamenta e le strutture sotterranee (gallerie tecniche) dell'edificio dell'impianto criogenico.
- 2016 (aprile): sono costruite le colonne del livello B1 della camera del tokamak. La cima delle colonne coincide con il livello stradale, portando quindi a completamento la parte sotterranea del tokamak.
- 2016 (luglio): inizia la costruzione del complesso di passaggio, una camera adiacente all'edificio di assemblaggio principale destinata a accogliere i vari componenti da assemblare e a operare come diaframma tra l'edificio di assemblaggio e l'esterno.
- 2016 (agosto): è completato l'edificio dei servizi, e iniziano i lavori di allestimento dei suoi impianti interni.
- 2016 (settembre): sono completate le fondamenta del sistema di torri e bacino di raffreddamento.
- 2016 (settembre): il magazzino di stoccaggio principale inizia a accogliere i primi componenti in attesa di installazione.
- 2016 (settembre): inizia la costruzione dell'edificio dell'impianto criogenico
- 2016 (ottobre): è installato il primo dei tre grandi trasformatori per il servizio in regime impulsato.
- 2017 (maggio): completata la costruzione del primo dei 18 magneti superconduttori nello stabilimento della Asg Superconductors di La Spezia (che ne ha in produzione un totale di 9), sito nei pressi della locale centrale termoelettrica, ed in collaborazione con l'ENEA e il Cnr. Ogni magnete ha una forma toroidale, è lungo 10 metri e largo 16 metri, per un peso di 120 tonnellate e un costo di circa 53 milioni di euro, opera ad una temperatura di 150 milioni di gradi circoscritto da un sistema di raffreddamento, che lavora a 269 gradi sotto zero.[8][9][10][11][12][13]

Nel corso del 2016 il numero di operai attivi contemporaneamente nei vari cantieri del complesso ha raggiunto le 1000 unità. Si prevede che il numero di operai attivi raggiungerà un picco di 4000 persone nel 2021/2022.[14]

Secondo la tabella di marcia, gli edifici principali del complesso saranno completati entro il 2019[15]

Il primo plasma dovrebbe essere generato entro il mese di dicembre del 2025[16].

Specifiche Tecniche

Il plasma sarà contenuto all'interno di una camera a vuoto di forma toroidale del volume di 1400 metri cubi nella quale sarà creato un alto vuoto iniziale a una pressione di circa 0.1 Pa.[17].

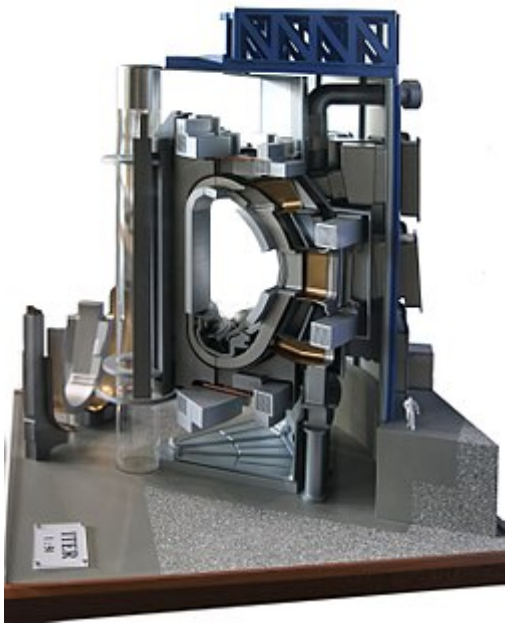
La miscela gassosa di deuterio-trizio che formerà il plasma sarà iniettata molto velocemente nella camera a vuoto tramite un sistema di pompaggio con portata media di 200 Pa*m3/s e quindi trasformata in un plasma tramite ionizzazione indotta da un sistema elettrico. La massa complessiva di combustibile deuterio-trizio necessaria per il funzionamento di ITER sarà inferiore a 1 grammo[18].

I 440 pannelli che comporranno la parete interna della camera a vuoto (prima parete), ossia quella che affronterà direttamente il plasma, saranno costituiti da uno strato di 6–10 mm di berillio, mentre gli strati più esterni saranno costruiti in rame ad alta resistenza e in acciaio inossidabile[19]. Tutto il sistema sarà raffreddato da un circuito ad acqua che manterrà la parete in berillio alla temperatura di circa 240 °C[20]. Le pareti dovranno trasmettere efficientemente al

sistema di raffreddamento il calore prodotto dal plasma e dovranno catturare il maggior numero possibile di neutroni provenienti dalle reazioni di fusione, così da ridurre il danneggiamento degli strati esterni del reattore a seguito dell'attivazione neutronica.

L'insieme dei vari strati protettivi della camera a vuoto è denominato blanket (coperta).[21]. Il test degli strati protettivi - specialmente della prima parete in berillio - a condizioni di esercizio comparabili con quelle di ITER sarà effettuato utilizzando il reattore sperimentale JET, che attualmente è l'unico esistente al mondo in grado di utilizzare una miscela di Deuterio-Trizio per la reazione di fusione[22].

Il campo magnetico all'interno del tokamak sarà prodotto da un solenoide centrale e da 24 bobine superconduttrici, 18 delle quali in lega di Niobio tri-Stagno (NbSn3) disposte sul piano perpendicolare all'anello del toroide (avvolgimenti toroidali, 9+1 costruiti a La Spezia dall'italiana ASG Superconductors e 8 costruiti in Giappone) e 6 in lega di niobio titanio (NbTi) disposte sul piano a esso parallelo (avvolgimenti poloidali, costruiti direttamente in sito dietro supervisione italiana sempre di ASG).[23] Ogni avvolgimento sarà composto da 16 strati sovrapposti di pannelli in lega, all'interno dei quali si troveranno i canali di raffreddamento. La costruzione degli avvolgimenti di ITER ha più che raddoppiato la produzione mondiale di lega superconduttrice al NbTi.



Modello dell'ITER. Notare le dimensioni del toroide paragonate a quelle del tecnico in tuta bianca in basso a destra

Per garantire la superconduttività dei magneti, tutto il tokamak sarà inserito all'interno di una "camera fredda" (criostato) nella quale un circuito a elio liquido supercritico manterrà gli avvolgimenti alla temperatura di 4 K. La camera fredda richiederà la costruzione del più grande sistema di raffreddamento criogenico del mondo[24].

Il plasma all'interno del tokamak sarà riscaldato fino alla temperatura di fusione tramite l'iniezione nella camera a vuoto di atomi di idrogeno ad alta velocità che, tramite collisioni, trasferiranno la loro energia ai componenti del plasma. Due sistemi aggiuntivi a radiofrequenza (40-55 MHz e 170 GHz) saranno inoltre utilizzati per riscaldare tramite risonanza rispettivamente gli ioni e gli elettroni del plasma.[25]

Il consumo elettrico previsto dal tokamak durante le operazioni con il plasma (iniezione di atomi, attivazione dei magneti, riscaldamento del plasma, ecc:) è intorno ai 300 MW in corrente continua, da confrontarsi con i 100 MW aggiuntivi in corrente alternata previsti per i sistemi ausiliari come l'impianto criogenico, l'impianto di raffreddamento a acqua e l'impianto di miscelazione del trizio[26]

Nei punti di intersezione delle linee di campo magnetico prodotte dagli avvolgimenti è possibile che il plasma possa entrare in contatto con le pareti del tokamak. In questi punti saranno quindi disposti dei bersagli a elevata resistenza termica e magnetica che trasformeranno in calore l'energia in eccesso e lo scaricheranno su un divertore esterno, composto da blocchi di tungsteno disposti sul fondo della camera del tokamak[27]. Si prevede che i blocchi di tungsteno riceveranno un flusso termico di 10-20 MW per metro quadrato[28] e che raggiungeranno una temperatura di 1200 °C. La temperatura dei blocchi sarà controllata da un sistema di raffreddamento ad acqua a 70 °C che, riscaldandosi fino alla temperatura di 120 °C, rimuoverà il calore in eccesso.[28][29] Un robot a controllo remoto sarà in grado di rimuovere e sostituire le sezioni del divertore usurate durante l'esercizio del reattore. Sono previste 2-3 sostituzioni di tutti i componenti del divertore nel corso della vita operativa di ITER[30].

Il controllo delle instabilità del plasma (Edge Localized Modes - ELM - che generano concentrazioni localizzate di plasma ad alta energia con riduzione dell'efficienza del tokamak) sarà effettuato tramite iniezione di proiettili di deuterio-neon congelati del diametro di 25 mm, sparati ad alta velocità (300 m/s) all'interno delle regioni del plasma in cui un ELM sta per formarsi[31],[32]. L'effetto inteso dei proiettili è quello di modificare la densità del plasma e quindi di dissipare gli ELM prima che possano diventare critici. Un tipo di proiettile alternativo, a base di granuli di Litio è stato testato con successo nel 2014 dal Princeton Plasma Physics Laboratory[33]. Un'ulteriore alternativa è basata sull'iniezione di gas - neon, argon, deuterio o elio - a alta velocità all'interno del plasma.[32]

I dati tecnici del tokamak sono i seguenti:

- **Altezza edificio**: 24 m
- **Larghezza edificio**: 30 m
- **Raggio esterno del plasma**: 6,2 m
- **Raggio interno del plasma**: 2 m
- **Temperatura di plasma**: $1{,}5 \times 10^8$ K
- **Potenza in ingresso**: 620 MW
- **Potenza in uscita**: 500-700 MW
- **Volume del plasma**: 837 m³
- **Superficie del plasma**: 678 m²
- **Massimo campo magnetico toroidale al raggio maggiore del plasma**: 11,8 T
- **Durata dell'impulso di fusione**: > 300 s
- **Rendimento**: > 0,8

Intendendo per rendimento rapporto tra la potenza in uscita sull' potenza in ingresso. Il superamento della soglia del bilancio energetico della fusione (criterio di Lawson) è un obiettivo primario, finora mai raggiunto, propedeutico ad un uso della fusione per la produzione di energia per uso civile. Grazie alle specifiche tecniche di cui sopra, si ritiene che ITER possa produrre un plasma di fusione con potenza in quantità almeno 10 volte superiore a quella necessaria per riscaldare il plasma.

In una fase iniziale, la potenza prodotta dal plasma sarà asportata con uno *shielding blanket* (mantello protettivo) refrigerato ad acqua. Almeno fino al 2025 non è previsto l'inserimento nella macchina di un *breeding blanket* (mantello per la produzione di trizio). Il trizio necessario per il mantenimento della reazione di fusione (circa 240 g/giorno) dovrà essere approvvigionato da fonti esterne, probabilmente dai reattori canadesi CANDU, considerando che le altre possibili fonti sono sotto controllo militare.

Obiettivi

Oltre alla grande sfida ingegneristica e gestionale rappresentata dal progetto, tra gli obiettivi di ITER vi è anche la verifica delle proprietà teoriche previste per un plasma di deuterio-trizio ad alta temperatura. In particolare, il funzionamento di ITER consentirà di:

- dimostrare che è possibile produrre un plasma avente caratteristiche vicine a quelle richieste per la fusione e che è possibile mantenere questo plasma in condizioni stabili e controllate per tempi dell'ordine dei minuti;
- dimostrare che le particelle alfa prodotte dalle reazioni di fusione sono in grado di riscaldare efficientemente la parte centrale del plasma stesso;
- caratterizzare le regioni di formazione di instabilità, individuando quali energie e condizioni operative consentono di mantenere stabile il toro di plasma. Questa procedura costituisce la prassi per la messa in esercizio di ogni tokamak costruito finora, ma non è mai stata applicata a condizioni operative utili per applicazioni commerciali, come invece avverrà in ITER.[34].
- verificare la fattibilità del sistema di riduzione delle instabilità tramite iniezione di piccoli proiettili di materia, o di getti di gas, all'interno del toro di plasma, così da disperdere l'energia accumulata durante l'instabilità prima che questa possa diventare critica.[35].

- dimostrare l'efficacia del sistema di rimozione dal centro del plasma delle particelle alfa in eccesso: il sistema di rimozione è basato su una configurazione a X del campo magnetico che permette di dirottare le particelle cariche in uscita dal toro di plasma su specifici bersagli rimpiazzabili posti lungo le pareti della camera di confinamento. L'insieme dei bersagli viene denominato divertore. Il divertore è già utilizzato negli esperimenti tokamak esistenti, ma non è stato mai testato nelle condizioni di alti flussi termici che saranno tipiche di ITER. Nell'ottobre 2013 è stato stabilito che il divertore sarà composto da bersagli di tungsteno[36]
- testare i sistemi di riscaldamento del plasma, in particolare le antenne a radiofrequenza e gli iniettori di atomi neutri; verificare l'interazione di questi metodi di riscaldamento con le particelle alfa prodotte dalla fusione.

Successori

Come già indicato gli obiettivi dell'ITER sono la realizzazione di un plasma di fusione in grado di produrre più potenza di rispetto alla potenza richiesta per riscaldare il plasma e in grado di sostenere la fusione nucleare per un tempo superiore ai pochi secondi degli esperimenti analoghi.

ITER non è progettato per produrre energia elettrica sfruttabile da utenze esterne, un compito che è invece assegnato al progetto successivo, chiamato DEMO. DEMO sarà un progetto più grande e costoso di ITER dato che sarà necessario realizzare delle strutture sensibilmente più complesse per la produzione del trizio direttamente nell'impianto (blanket). Inoltre, le necessità di efficienza nella produzione di energia costringeranno all'uso di refrigeranti diversi dall'acqua utilizzata invece in ITER, richiedendo per questo tecnologie più avanzate e, quindi, più costose.

Note

1. **^** http://www.jt60sa.org/b/FAQ/EE2.htm
2. (**EN**) ITER, *ITER FAQ*, (URL consultato il 17 novembre 2016).
3. **^** (**EN**) ITER, *Money Talks*, (URL consultato il 17 novembre 2016).
4. **^** (**EN**) Daniel Clery, *Fusion megaproject confirms 5-year delay, trims costs*, (URL consultato il 16 giugno 2016).
5. **^** (**EN**) ITER Newsline, *Council endorses updated project schedule*, (URL consultato il 17 novembre 2016).
6. **^** http://www.jt60sa.org/b/FAQ/EE2.htm
7. **^** (**EN**) FAQs - Potenza prodotta da fusione nucleare (http://www.iter.org/faq#How_much_power_would_a_fusion_reactor_be_able_to_deliver_and_at_what_cost_Would_it_be_competitive) (URL consultato il 09/01/2014)
8. **^** E. Dusi, *Il sogno italiano per la fusione nucleare: terminato il primo magnete*, su *repubblica.it/ Scienze*, 19 maggio 2017. URL consultato il 24 febbraio 2018.
9. **^** *L'energia delle stelle. Viene da La Spezia la bobina per la fusione*, su *corriere.it, Economia*, 17 febbraio 2017. URL consultato il 24 febbraio 2018.
10. **^** *Magnete italiano apre la strada alla fusione nucleare. Produrrà energia. Nel 2025 la prima sperimentazione*, su *redazione ANSA.it*, 20 maggio 2017. URL consultato il 24 febbraio 2018.
11. **^** L. Grassia, *Fusione nucleare più vicina con il super magnete italiano dei Malacalza e dell'ENEA. Pesa 300 tonnellate ed è fatto per confinare il plasma a 150 milioni di gradi.*, su *lastampa.it, Economia*, 20 maggio 2017. URL consultato il 24 febbraio 2018.
12. **^** A. Bonatti, *"La fusione nucleare è un sogno per tutta l'umanità"*, su *cittadellaspezia.it*, 2 febbraio 2018. URL consultato il 24 febbraio 2018.
13. **^** L. Cresci, *Il futuro dell'area Enel stuzzica i Malacalza: la dismissione della centrale diventa tema di dibattito.*, su *ilsecoloxix.it, cronaca locale*, 20 maggio 2017. URL consultato il 24 Febbraio 2918.
14. **^** (**EN**) [1] (http://www.iter.org/faq#How_many_workers_are_expected_on_the_ITER_worksite_in_the_years_to_come_What_percentage_will_come_from_outside_of_France_) (URL consultato il 17/11/2016)
15. **^** (**EN**) Bilancio a cinque anni dall'inizio dei lavori (http://www.iter.org/proj/itermilestones) (URL consultato il 4/10/2015)
16. **^** (**EN**) Annuncio ufficiale del Consiglio di ITER (https://www.iter.org/newsline/-/2482) (URL consultato il 21/06/2016)
17. **^** (**EN**) - Camera a vuoto (https://www.iter.org/mach/vacuum) (URL consultato il 12/06/2014)
18. **^** (**EN**) - Ciclo del combustibile (http://www.iter.org/mach/fuelcycle) (URL consultato il 12/06/2014)
19. **^** (**EN**) - Prototipi di costruzione del blanket (http://www.iter.org/newsline/-/2002) (URL consultato il 22/09/2014)
20. **^** (**EN**) - Sistema di raffreddamento ad acqua (http://www.iter.org/mach/coolingwater) (URL consultato il 12/06/2014)
21. **^** (**EN**) - Blanket (https://www.iter.org/mach/Blanket) (URL consultato il 12/06/2014)

22. ^ (EN) [2] (http://www.iter.org/newsline/-/1957) (URL consultato il 30/06/2014)
23. ^ (EN) - Magneti (http://www.iter.org/mach/magnets) (URL consultato il 12/06/2014)
24. ^ (EN) - Newsline assegnazione contratto per sistema criogenico ITER (http://www.iter.org/newsline/-/1928) (URL consultato il 12/06/2014)
25. ^ (EN) - Riscaldamento (http://www.iter.org/mach/heating) (URL consultato il 12/06/2014)
26. ^ (EN) - Consumi elettrici di ITER (https://www.iter.org/newsline/-/2589) (URL consultato il 30/11/2016)
27. ^ (EN) - Descrizione del divertore (http://www.iter.org/newsline/-/2016) (URL consultato il 08/10/2014)
28. (EN) - Sistema acustico di individuazione del regime di flusso (http://www.iter.org/newsline/-/2055) (URL consultato il 12/12/2014)
29. ^ (EN) - Divertore (http://www.iter.org/mach/divertor) (URL consultato il 12/06/2014)
30. ^ (EN) - Sistema di controllo remoto del divertore (http://www.iter.org/newsline/-/1936) (URL consultato il 12/06/2014)
31. ^ (EN) - Iniettore di pellets deuterio-trizio (http://www.iter.org/mach/fuelcycle) (URL consultato il 12/06/2014)
32. (EN) - Iter Newsline, 15 ottobre 2014 (http://www.iter.org/newsline/-/2007) (URL consultato il 16/10/2014)
33. ^ (EN) - ITER Newletter: Princeton testa in laboratorio particelle di Litio per mitigare ELM (http://www.iter.org/newsline/-/2010) (URL consultato il 04/10/2014)
34. ^ (EN) ITER FAQs - Conseguenze delle instabilità (http://www.iter.org/faq#What_are_the_consequences_of_disruptions) (URL consultato il 09/01/2014)
35. ^ (EN) ITER FAQs - Sistema di mitigazione delle instabilità (http://www.iter.org/faq#What_disruption_mitigation_system_is_planned_for_ITER) (URL consultato il 09/01/2014)
36. ^ (EN) ITER Newsline #286 (http://www.iter.org/newsline/286/1739) (URL consultato il 24/10/2013)

Voci correlate

- JET
- DEMO
- Reattore nucleare a fusione
- Fusione nucleare
- Impresa comune europea per il progetto ITER e lo sviluppo dell'energia da fusione

Altri progetti

- Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it) contiene immagini o altri file su **ITER (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:ITER?uselang=it)**

Collegamenti esterni

- (EN) *Sito ufficiale di ITER*, su *iter.org*.
- *Sito europeo (EU) sulla fusione*, su *ec.europa.eu*.
- *"ITER: la via verso la fusione termonucleare controllata" interessante articolo divulgativo*, su *corrierebit.com*.
- *Fonte divulgativa*, su *repubblica.it*.
- (EN) *F4E (Fusion for energy) - Organismo della Comunità Europea che sta sviluppando ITER*, su *fusionforenergy.europa.eu*.
- *L'attività ENEA sulla fusione*, su *enea.it*.
- Una collezione di documenti (http://archives.eui.eu/en/fonds/154224?item=ITER%5D) costituita da Prof. McCray relativi alla prima fase del progetto ITER (1979 – 1989) è consultabile presso gli Archivi Storici dell'EU (http://www.eui.eu/Research/HistoricalArchivesOfEU/Index.aspx) à Firenze

Controllo di autorità	VIAF (EN) 157367687 (https://viaf.org/viaf/157367687) · LCCN (EN) nb2009014443 (http://id.loc.gov/authorities/names/nb2009014443) · GND (DE) 7578652-7 (https://d-nb.info/gnd/7578652-7) · BNF (FR) cb160882991 (http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb160882991) (data) (http://data.bnf.fr/ark:/12148/cb160882991)

Retrieved from "https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=ITER&oldid=99182261"

Text is available under the Creative Commons Attribution-ShareAlike License; additional terms may apply. See Terms of Use for details.