



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



RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Rapporto sull'adeguamento dell'area sperimentale destinata alle
sperimentazioni full scale in condizioni rappresentative del target IFMIF

Gioacchino Micciché, Luciano Lorenzelli

Report RdS/2012/263

RAPPORTO SULL'ADEGUAMENTO DELL'AREA SPERIMENTALE DESTINATA ALLE SPERIMENTAZIONI FULL SCALE IN CONDIZIONI RAPPRESENTATIVE DEL TARGET IFMIF

Gioacchino Micciché (ENEA)

Luciano Lorenzelli (ENEA)

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Governo, gestione e sviluppo del sistema elettrico nazionale

Progetto: 1.3.2 Fusione nucleare: attività di fisica e tecnologia della fusione complementari a ITER

Responsabile del Progetto: Aldo Pizzuto, ENEA

Indice

Sommario	4
<i>Introduzione</i>	<i>5</i>
<i>Validazione delle operazioni di Manutenzione del Target Assembly di IFMIF.....</i>	<i>5</i>
<i>La Divertor Refurbishment Platform (DRP).....</i>	<i>6</i>
<i>Aggiornamento della DRP</i>	<i>8</i>
<i>Nuovi dispositivi per la manutenzione.....</i>	<i>8</i>
<i>Struttura di supporto manipolatori</i>	<i>8</i>
<i>Nuovo sistema di avvitanento.....</i>	<i>9</i>
<i>Nuova stazione per il design dei dispositivi e per la realtà virtuale</i>	<i>11</i>
<i>Progetto del prototipo del Target assembly per prove di Remote Handling</i>	<i>12</i>
Conclusioni	14
Riferimenti bibliografici	14
Abbreviazioni ed acronimi	14

Sommario

Il Target Assembly (TA) di IFMIF a causa della sua esposizione all'alto flusso neutronico deve essere mantenuto almeno una volta l'anno. Tale tipo d'intervento richiede l'uso di sofisticate tecnologie e l'impiego di tecniche di manutenzione remotizzata. La validazione di tutte le operazioni di manutenzione da eseguire è uno degli aspetti da tenere in considerazione per la conferma che il progetto del TA soddisfa i requisiti propri della manutenzione remotizzata: fattibilità delle operazioni e tempo necessario alla loro esecuzione.

Attualmente per tale concetto di TA sono state progettate tutte le procedure di per la sua rimozione e per il suo ricondizionamento. Le attività di test ed ottimizzazione di queste procedure saranno eseguite al CR ENEA Brasimone presso il laboratorio di manutenzione remotizzata " Divertor Refurbishment Platform" (DRP). A tal fine il laboratorio è stato fornito di nuove funzionalità e dispositivi a completamento di quanto fatto negli anni passati. Sono adesso disponibili tutte le attrezzature per poter eseguire le principali attività di manutenzione ed a breve il laboratorio sarà anche fornito dell'ultimo dispositivo mancante che è quello utilizzato per la pulizia delle superfici a contatto con il litio. Inoltre è stato completato il progetto del prototipo del Target assembly e della sezione della test cell (TC) che sarà utilizzato per la validazione di tutte le operazioni di manutenzione remotizzata. Il rapporto presenta l'area sperimentale della DRP in generale e gli ultimi adeguamenti introdotti per tale attività di validazione.

Introduzione

L'International Fusion Materials Irradiation Facility (IFMIF) è un impianto che sarà utilizzato per il test e la qualifica dei materiali strutturali dei futuri reattori a Fusione nucleare. Si tratta di un acceleratore lineare di deutoni che produce un altissimo ed energetico flusso neutronico generato dalla reazione $D^+ - Li$. Il target a Litio disponibile in IFMIF è quindi il generatore di neutroni.

Nel'ambito di tale progetto l'ENEA ha la responsabilità della progettazione Ingegneristica del Target Assembly (TA) di tale impianto. Essa comprende anche la progettazione dei cicli di manutenzione remotizzata a cui tale componente viene sottoposto annualmente. La manutenzione di tale componente richiede la disponibilità di dispositivi robotici appositamente progettati e di procedure che passano attraverso diversi stadi di ottimizzazione con gli obiettivi principali di: eseguire le operazioni di manutenzione in modo sicuro ed eseguirle entro un tempo limite che garantisca la disponibilità d'impianto. Attualmente si stanno sviluppando due concetti di TA: Il concetto Europeo conosciuto come target a Baionetta[1] ed il target Integrale[2] (IT- Integral Target) sviluppato dai Giapponesi del JAEA (Japan Atomic Energy Agency). I due Target perfettamente identici dal punto di vista funzionale differiscono soprattutto dal punto di vista della manutenzione. Infatti l'IT è interamente saldato ed è connesso con la restante parte dell'impianto a litio per mezzo di flange anch'esse saldate. Tale approccio oltre ad essere costoso in termini di dispositivi robotici da impiegare presenta ancora diversi problemi relativi alla risaldabilità delle flange oltre all'eventuale inquinamento dell'ambiente in cui esso opera a causa dei residui prodotti durante il taglio. Il Target Europeo è stato sviluppato con gli obiettivi di semplificare le operazioni di manutenzione e di ridurre il materiale attivato da smaltire. Tutte le procedure e quindi le operazioni di manutenzione remotizzata devono essere validate ed ottimizzate. Andrà inoltre verificata la mancanza di eventuali debolezze del progetto stesso che possono compromettere le operazioni di manutenzione. Le operazioni andranno quindi valutate a seguito di un lungo periodo di test per verificare la loro idoneità d'impiego e la affidabilità del componente. Tutte le attività di test della manutenzione remotizzata saranno eseguite nel laboratorio Divertor Refurbishment Platform (DRP) dell'ENEA Brasimone. Le prove saranno eseguite su di un prototipo del TA in scala reale che sarà installato nel laboratorio in Gennaio 2013. In questo rapporto viene presentato l'adeguamento di tale area sperimentale per l'esecuzione di tutta l'attività di manutenzione remotizzata. In particolare nel rapporto viene fornita una descrizione generale dell'area sperimentale e dei nuovi sistemi e dispositivi introdotti. Inoltre viene fornita una descrizione del prototipo di TA che sarà utilizzato per la campagna di validazione.

Validazione delle operazioni di Manutenzione del Target Assembly di IFMIF

Il TA di IFMIF, così come gli altri componenti installati all'interno della Test Cell (TC), è soggetto ad un ciclo di manutenzione preventiva annuale. A causa dell'alto livello di dose gamma residuo atteso presente nella TC tutte le operazioni di manutenzione devono essere eseguite per mezzo di sistemi robotici comandati da remoto. Le principali operazioni di manutenzione sul TA ricadono in una delle seguenti categorie:

- 1) Sostituzione del TA : operazione che viene normalmente eseguita durante la manutenzione preventiva annuale;
- 2) Ricondizionamento del TA: operazioni che vengono eseguite per ripristinare tutte le funzionalità
In caso di guasto di un componente: manutenzione correttiva.

La tabella 1 riporta le tipiche operazioni di manutenzione remotizzata che saranno eseguite sul TA di IFMIF e la criticità dell'operazione stessa.

Tab.1 Operazioni di manutenzione del TA

Componente	Operazione di manutenzione	Criticità (bassa,media,alta)
Target Assembly	Sostituzione Bersaglio	Media/alta
	Pulizia litio solido da superfici	Alta
	Ispezione visiva	Media
	Ripristino connettori dei cavi di segnale e di potenza	Media
	Sostituzione Diagnostica	Alta
	Apertura sistemi di connessione FDS tra TA ed Li loop	Media
	Sostituzione Target	Media/alta
	Test del Target :prova di vuoto; test delle connessioni elettriche; test corretto posizionamento TA	Media/Bassa Il problema è la durata dei tests e come organizzarli per la loro esecuzione all'interno della TC

Tutte le operazioni di manutenzione devono essere opportunamente validate ed ottimizzate in modo da soddisfare una delle principali richieste di IFMIF che è la disponibilità d'impianto, attualmente fissata al 70%. Tutte le attività di validazione saranno eseguite presso il laboratorio DRP del CR ENEA del Brasimone. A tal fine l'area sperimentale è stata dotata di alcuni nuovi strumenti e funzionalità in preparazione della campagna di validazione delle procedure di remote handling (RH).

La Divertor Refurbishment Platform (DRP)

La DRP è un laboratorio che è stato realizzato per le prove di manutenzione remotizzata delle cassette del divertore di ITER, ma è abbastanza generale da permettere di ospitare diverse altre attività di manipolazione remotizzata sia di grossi componenti che di piccoli.

Il laboratorio è attrezzato con un carrozzone su cui è installato un trolley che porta un braccio pesante di tipo telescopico a cui è possibile connettere due diversi manipolatori: uno per operazioni su componenti pesanti tipo il bersaglio- vedi Fig. 1 ed un altro avente 4 gradi di libertà aggiuntivi rispetto all'altro manipolatore e che consente di raggiungere ogni posizione del TA su cui occorre operare- vedi fig. 2. Quest'ultimo manipolatore viene usato per portare in posizione i dispositivi usati per la manipolazione: avvitatori, dispositivi di pulizia, micro camere. La funzionalità di utilizzare due manipolatori sullo stesso braccio telescopico viene fornita da un flangia speciale della ditta Schunk. L'area è dotata di una area di operazioni e di una sala controllo vedi Fig. 3 e 4. La sala controllo e l'area di operazioni sono divise da pannelli che impediscono all'operatore la visione diretta delle operazioni. La sala controllo è equipaggiata con un sistema di monitors connessi con le telecamere installate nell'area di operazione. Le telecamere sono installate a parete, su piedistallo e a bordo dei dispositivi robotici. Dalla Sala controllo è inoltre possibile cambiare la configurazione del sistema dei monitors per ottimizzare la visualizzazione dell'operazione in corso e la registrazione di tutte le operazioni. Tutti i dispositivi robotici utilizzati nell'area di operazioni sono comandati dalla sala controllo per mezzo di software su PC e di consolle (joystick).



Fig. 1 Manipolatore pesante con bersaglio



Fig. 2 Manipolatore con dispositivo di avvitamento.



Fig.3 Sala controllo DRP

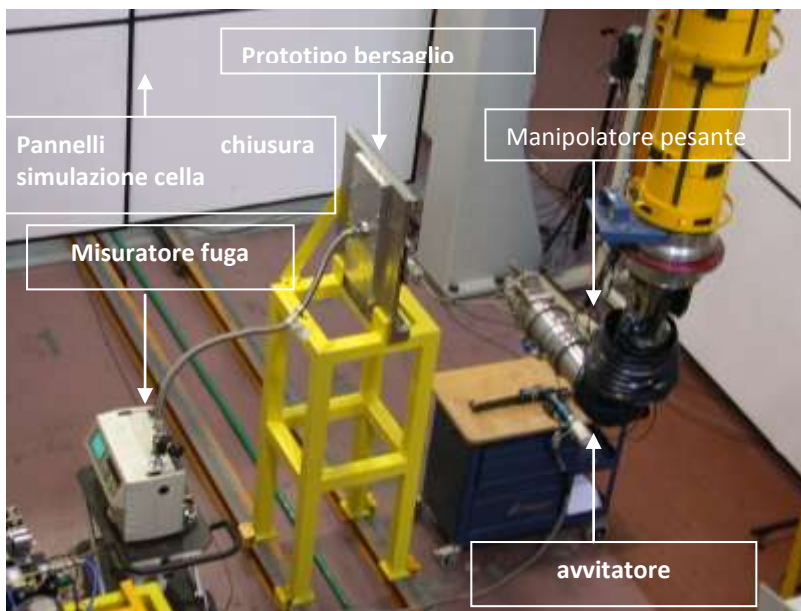


Fig. 4 Area operazioni DRP: Per le prove di sostituzione del Bersaglio

Aggiornamento della DRP

Nel periodo di riferimento la DRP è stata integrata con diversi mezzi necessari sia per lo sviluppo di sistemi robotici sia in termini di nuovi dispositivi per la conduzione di altre attività di manutenzione remotizzata. In particolare essa è stata arricchita di alcune funzionalità e mezzi che permettono di portare a termine quasi tutte le operazioni di manutenzione del TA di IFMIF e di migliorare la capacità progettuale del gruppo di Ingegneria che si occupa della progettazione del TA e del suo RH. In particolare sono state introdotte:

- 1) Un nuovo sistema di avvitamento: sistema che sarà utilizzato per avvitare/svitare i sistemi a rapida connessione –“ Fast Disconnecting System (FDS)- per le tubazioni del Target di IFMIF;
- 2) Il supporto per lo stoccaggio dei manipolatori quando non sono in uso;
- 3) Due nuove stazioni grafiche per il design dei dispositivi e per la visualizzazione di modelli virtuali dei componenti in manutenzione con la possibilità di connessione in tempo reale con l'ambiente operativo.

Nuovi dispositivi per la manutenzione

Struttura di supporto manipolatori

L'attuale configurazione della DRP, come anticipato, permette l'uso di due manipolatori per l'esecuzione delle operazioni di manutenzione remotizzata. La realizzazione di terzo sistema di manipolazione per le prove di rimozione del TA, che è comunque necessario per il sollevamento del TA il cui peso è di circa 1 ton, è stata rimandata perché il progetto del TA è stato completato da alcuni mesi e pertanto non vi erano i tempi tecnici per finalizzarne il progetto.

La presenza di due manipolatori implica che uno di due deve essere disponibile su una struttura pronta per essere impiegato. A tale fine è stata preparata una struttura- vedi fig.5- per lo stoccaggio due manipolatori quando non sono in uso.



Fig. 5 Struttura di supporto manipolatori

La struttura è modulare e può essere facilmente estendibile a più posizioni. Essa funge anche da sistema di sicurezza per l'aggancio/sgancio dei manipolatori. E' infatti provvista di piastrine metalliche che attivano dei contatti elettrici installati sui manipolatori che servono a verificare la corretta posizione di aggancio /sgancio del manipolatore stesso. Tali segnali sono ripetuti in sala controllo a disposizione dell'operatore. Tale sistema di supporto è stato anche proposto per l'ottimizzazione della camera di accesso della Test Cell (TC) di IFMIF che ospita tutti i dispositivi da impiegare durante le operazioni di manutenzione da eseguire nella TC stessa.

Nuovo sistema di avvitamento

Il nuovo dispositivo di avvitamento viene utilizzato per l'apertura/chiusura del sistema FDS del target di IFMIF- vedi Fig.6. La manovra di tali dispositivi richiede la disponibilità di un dispositivo di avvitamento avente alte prestazioni in termini di coppia, precisione e controllo. La chiusura dell'FDS richiede una coppia di circa 120Nm. L'FDS presenta all'esterno due sole interfacce per la vite di manovra ma tutto il meccanismo è racchiuso all'interno dell'isolamento termico e di conseguenza non vi alcun accesso visivo della struttura della catena.

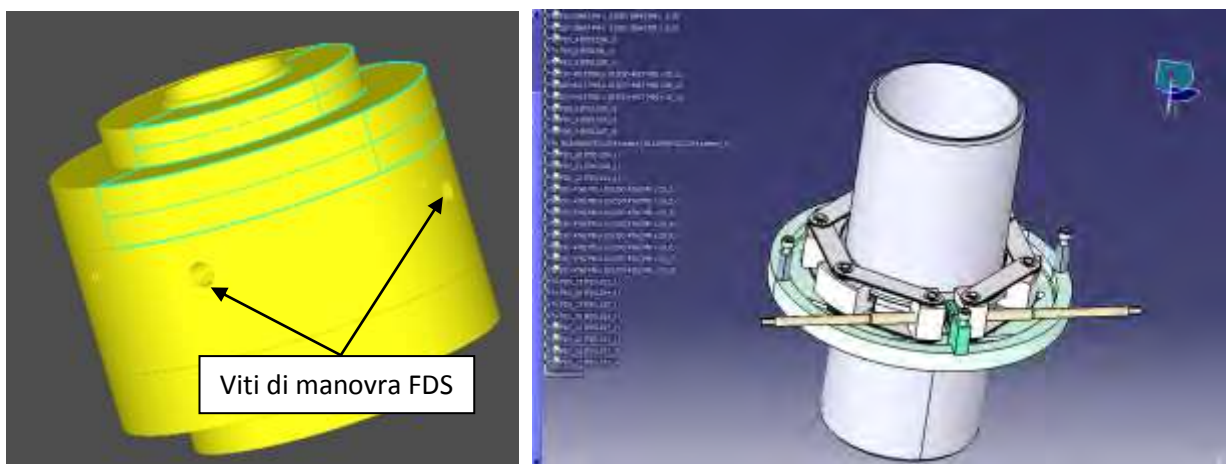


Fig. 6 Sistema FDS del TA

La chiusura è quindi guidata dal valore di coppia che garantisce una spinta sulla guarnizione idonea a sigillare le due flange della tubazione mentre l'apertura deve essere guidata dal controllo sul numero di giri della vite di manovra durante l'operazione(la coppia non può essere utilizzata perché essa va a zero dopo qualche giro della vite di manovra).

La scelta è ricaduta su un sistema commerciale della OBER S.P.A. Vedi Fig. 7



Fig. 7 sistema Avvitamento OBER SPA

Si tratta dell'avvitatore della serie ACE 400 – 80 150, avente le seguenti caratteristiche:

- 1) Coppia Max 150 Nm
- 2) Velocità 2- 230 rpm
- 3) Precisione 3% sul fondo scala della coppia;
- 4) Controllo in coppia ed angolo;
- 5) Fornito di sistema di controllo con pannello di programmazione
- 6) Fino a 25 programmi di avvitamento memorizzabili

L'avvitatore è inoltre predisposto per il cambio automatico della bussola in uso-devi Fig. 8

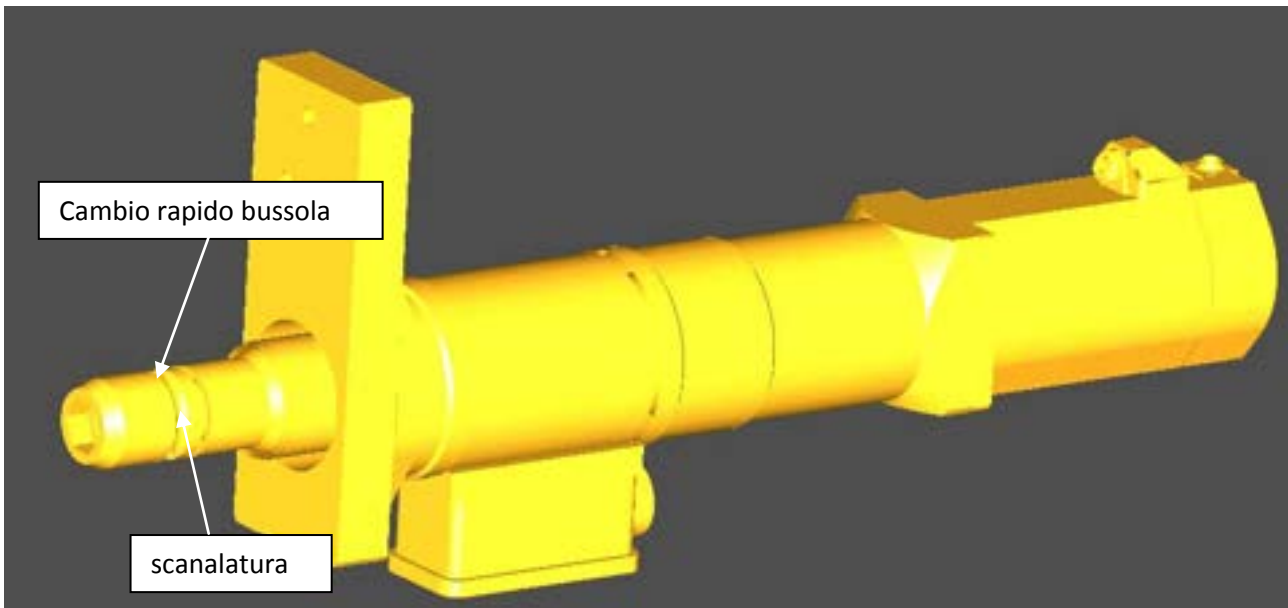


Fig. 8 Modello avvitatore ACE 80-150

Per quest'ultima funzionalità il dispositivo è fornito di una bussola che porta una scanalatura. In sede di cambio bussola la scanalatura viene inserita in una forchetta appositamente progettata che permette il rilascio e lo stoccaggio della stessa. Una volta rimossa la bussola in uso è quindi possibile inserirne una nuova. L'operazione viene eseguita con l'ausilio del manipolatore ed è eseguita da postazione remota.

[Nuova stazione per il design dei dispositivi e per la realtà virtuale](#)

La realtà virtuale è un mezzo indispensabile per la progettazione e prima verifica della correttezza delle procedure e delle operazioni di manutenzione remotizzata. Essa tra l'altro può essere considerato un mezzo "alternativo" ai sistemi di visione per mezzo di telecamere. E' possibile infatti attraverso l'ausilio di diversi sensori avere una ripetizione in tempo reale dello scenario corrente della zona di manipolazione. Tecniche ed algoritmi per evitare gli ostacoli da parte dei manipolatori sono in continuo sviluppo e permettono l'automatizzazione di molte operazioni che devono essere eseguite in ambiente ostile[]. La DRP è stata dotata di due stazioni per la simulazione per mezzo della realtà virtuale- vedi fig 9.

Si tratta di due workstation HP Z2600 ognuna equipaggiata con due Monitors. Il sistema comprende anche un monitor da 46" a disposizione degli operatori per la visualizzazione delle operazioni in realtà virtuale. Il software utilizzato per la realtà virtuale è Division Mockup già utilizzato in passato in DRP e su cui ENEA ha una buona esperienza. Inoltre sono state acquistate alcune licenze del software Matlab e relativi pacchetti applicativi per la progettazione dei dispositivi.



Fig. 9 Nuova postazione per realtà virtuale e per la progettazione dei dispositivi

Progetto del prototipo del Target assembly per prove di Remote Handling

Il progetto del TA è stato completato insieme alla sezione della TC rappresentativa dell'ambiente in cui il TA è installato. Il modello 3 D del TA è mostrato in fig. 10

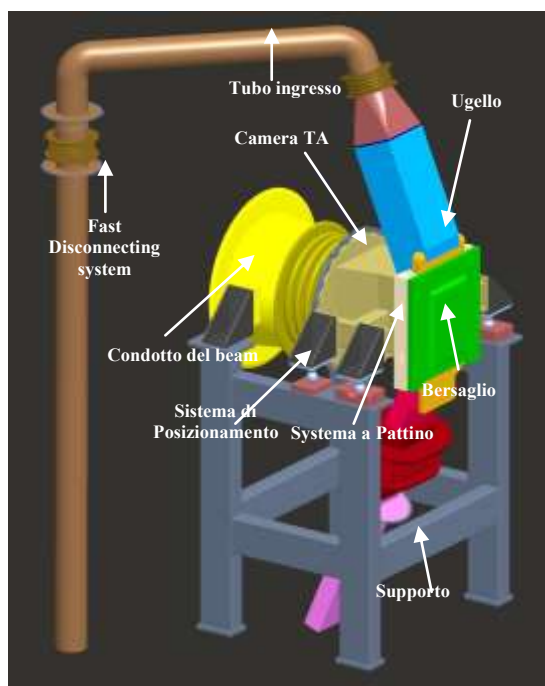


Fig. 10 modello 3D TA

Il prototipo che sarà realizzato avrà le seguenti caratteristiche:

- 1) Prototipo del bersaglio in scala reale
- 2) Prototipo della struttura di sostegno in scala reale;
- 3) Struttura del TA solamente simulata (non sono comprese le lavorazioni interne – ininfluenti ai fini delle prove di manutenzione). Tuttavia il corpo del target sarà realizzato con una distribuzione di massa tale da garantire lo stesso centro di massa di quello reale.
- 4) I tre attacchi a rapida connessione FDS in scala reale.

Per tale prototipo sono stati realizzati già i costruttivi di fabbricazione – vedi Fig. 11

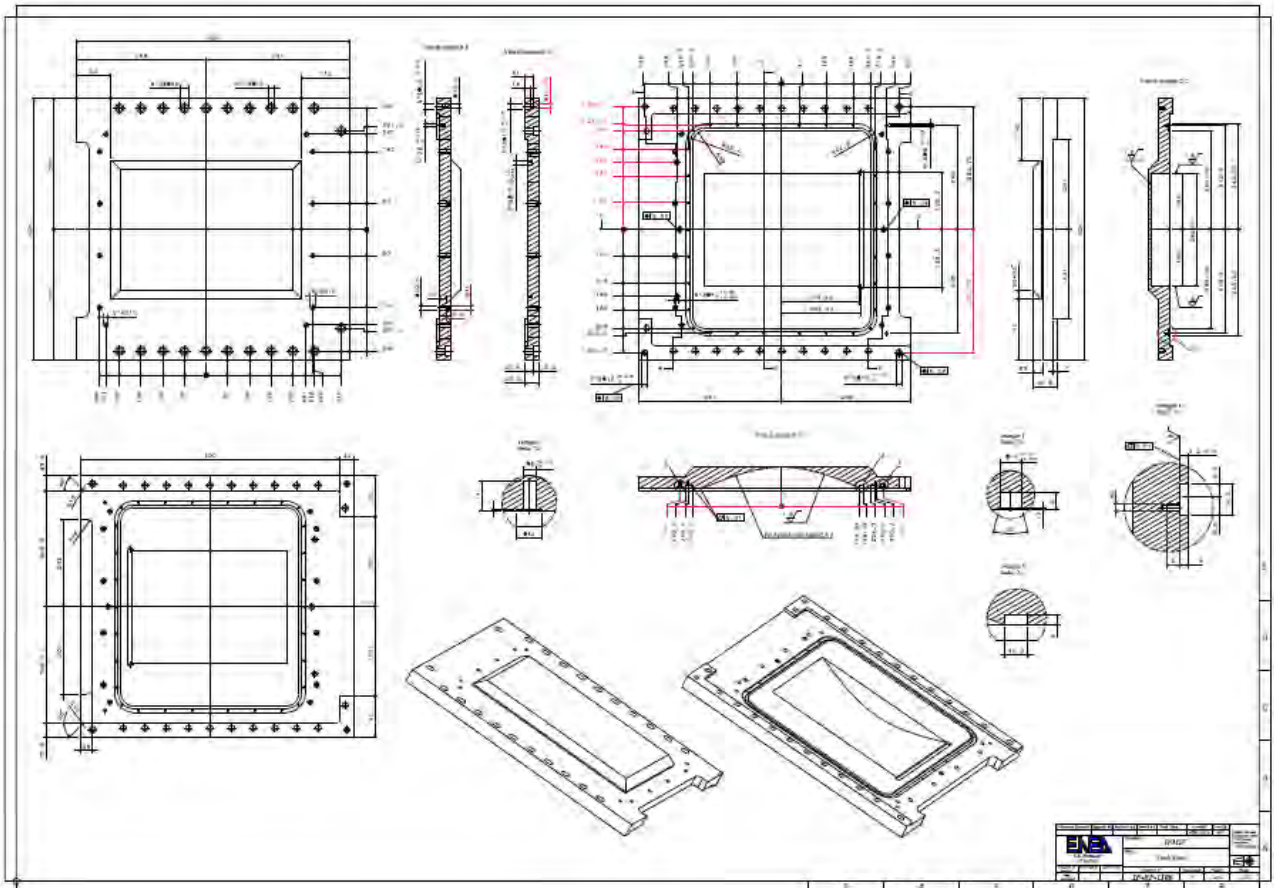


Fig. 11 Disegno costruttivo del bersaglio

Infine sarà realizzato il prototipo di una sezione della TC . Si tratta di una struttura metallica che ricostruisce esattamente l'ambiente, in termini di spazio, in cui il TA è installato, vedi Fig. 12.

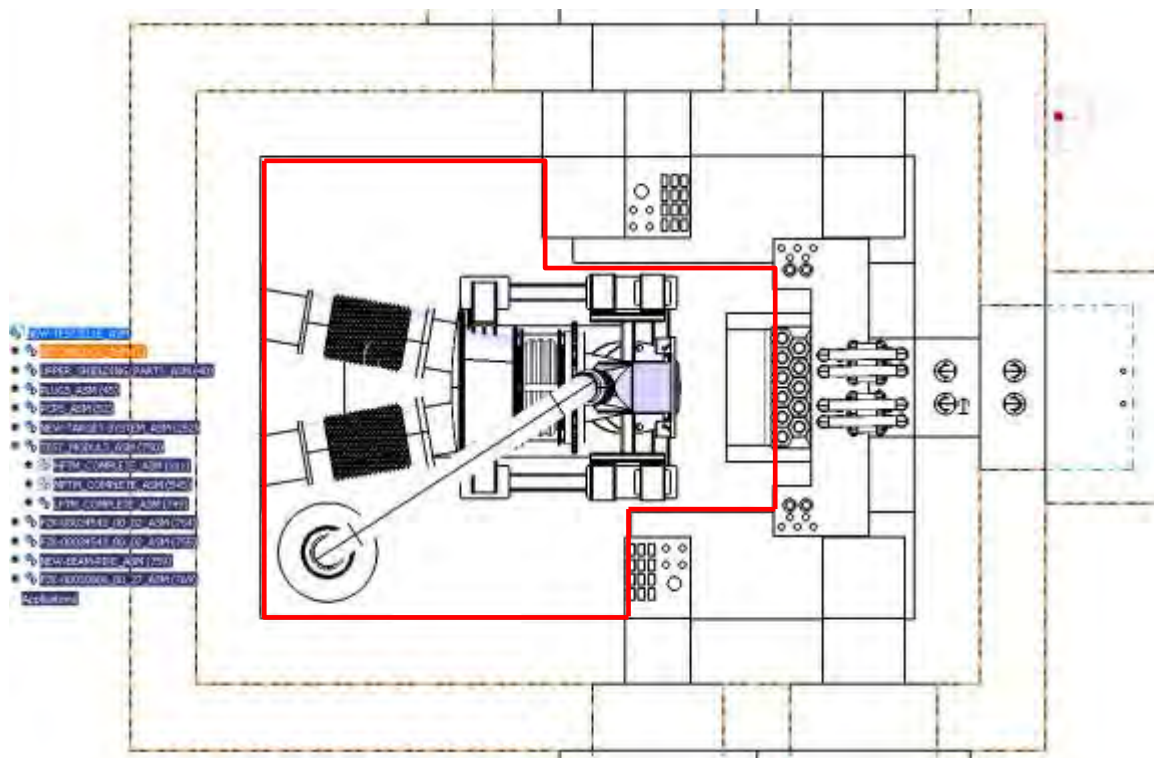


Fig. 12 Prototipo per la simulazione dell'area delle operazioni di manutenzione TA

I prototipi da realizzare sono quelli compresi all'interno dell'area racchiusa dalla linea rossa. La realizzazione dei prototipi è prevista per la fine del 2012 con collaudo di accettazione all'inizio del 2013.

Conclusioni

La DRP è adesso configurata per le prove di manutenzione remotizzata del TA. Le prime prove di manutenzione remotizzata pianificate per l'anno corrente sono quelle di qualifica dei sistemi FDS. Successivamente, nel 2013, con la consegna del prototipo del TA e del nuovo manipolatore per il sollevamento TA il sistema di manipolazione della DRP sarà completo per l'esecuzione di tutto il ciclo di manutenzione previsto per il TA di IFMIF

Riferimenti bibliografici

Abbreviazioni ed acronimi

FDS	Fast Disconnecting System
IFMIF	International Fusion Materials Irradiation Facility
RH	Remote Handling
TA	Target Assembly
TC	Test Cell