

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)

**Missione 4, "Istruzione e Ricerca" - Componente 2, "Dalla ricerca all'impresa" -
Linea di investimento 3.1, "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di
infrastrutture di ricerca e innovazione"**

Finanziato dall'Unione europea - NextGenerationEU

Avviso MUR n. 3264 del 28/12/2021

**"New Equipment for Fusion Experimental Research and Technological Advancements
with Rfx Infrastructure (NEFERTARI)"**

D.D. n. 243 del 08.08.2022

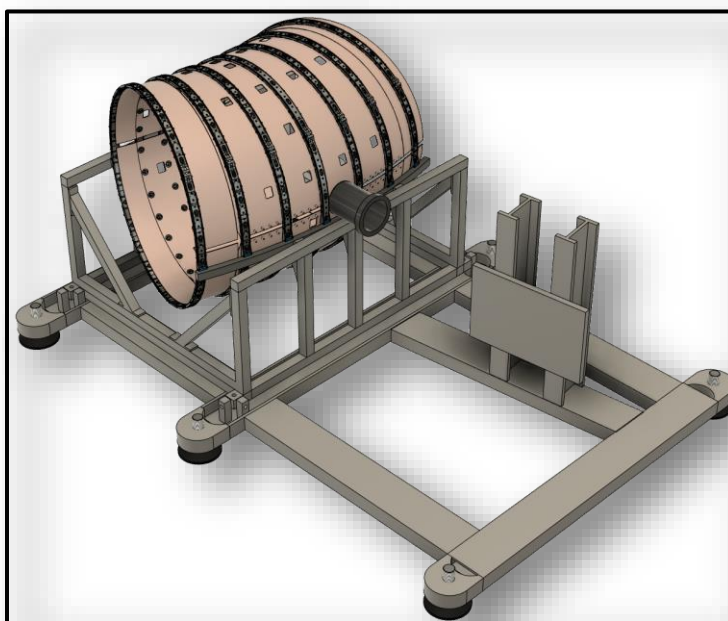
Codice Identificativo: IR0000007 - CUP: B53C22003070006

ALLEGATO 1 alla RDA NEFERTARI-UNINA-DII-DIGIRONIMO

Titolo: FARHA-ONE MOCKUP_TEC-SPEC

Descrizione: Specifiche Tecniche per la fornitura del MOCKUP della facility di Remote Handling FARHA-ONE a servizio della macchina RFX-MOD2

Autori: Giuseppe Di Gironimo, Salvatore Fusco, Alessandro Sofia.



ABSTRACT

Questo documento descrive i requisiti tecnici della struttura meccanica (d'ora innanzi denominata MOCKUP) della Facility di Remote Handling (FARHA-ONE) finalizzata al test delle operazioni di ispezione e manutenzione del reattore sperimentale RFX-mod2 che è in corso di sviluppo presso il consorzio RFX (Padova).

La progettazione e la realizzazione della Facility di Remote Handling rientrano nell'ambito del progetto "New Equipment for Fusion Experimental Research and Technological Advancements with RFX Infrastructure" (NEFERTARI), proposto dal CNR, dall'Università degli Studi di Napoli Federico II e dall'Università di Padova, in risposta all'Avviso pubblico per la presentazione di proposte progettuali n. 3264 del 28 dicembre 2021 "Infrastrutture di ricerca" nell'ambito del PNRR.

Due sistemi funzionalmente identici verranno sviluppati uno presso il consorzio RFX (Padova) e uno presso il laboratorio MARTE della Federico II. La fig. 1 illustra schematicamente l'architettura della facility FARHA-ONE.

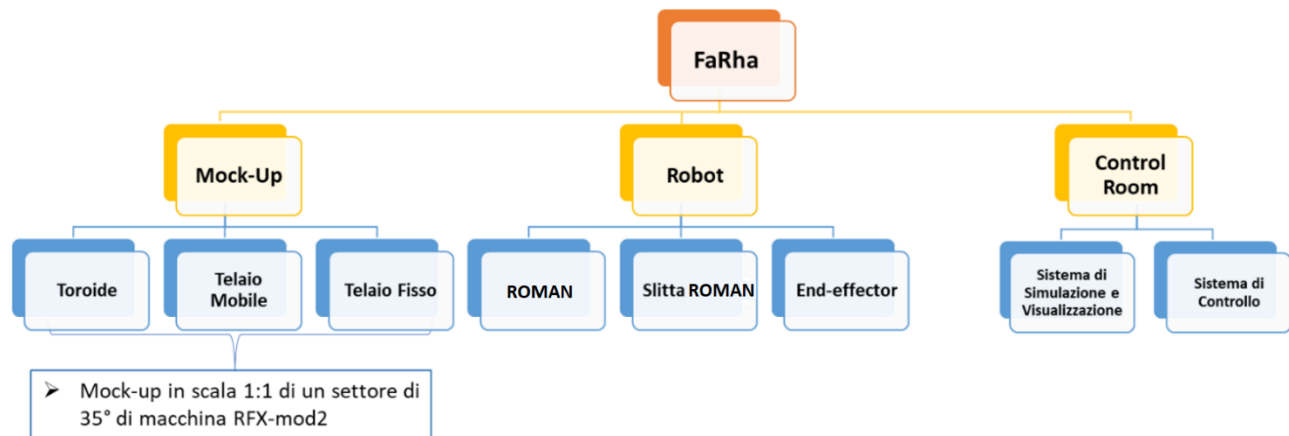


Figura 1. Architettura della facility FARHA-ONE

Indice dei contenuti

INDICE DEI CONTENUTI.....	3
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	5
TERMINI TECNICI E DEFINIZIONI	5
DOCUMENTI FORNITI PER LA REALIZZAZIONE DEI PRODOTTI	5
INTRODUZIONE A RFX-MOD2	6
RFX-MOD2 – FARHA-ONE	8
1 OGGETTO DEL CONTRATTO	9
1.1 ATTIVITÀ INCLUSE NEL CONTRATTO	9
1.2 ARTICOLAZIONE DELLA FORNITURA.....	10
1.3 DEFINIZIONE DELLE RESPONSABILITÀ	10
1.3.1 Responsabilità del Committente	10
1.3.2 Responsabilità del Contraente	11
1.4 SCANSIONE E TERMINI GENERALI DELLE FASI DI PROGETTO	12
1.4.1 Programma temporale di esecuzione dei lavori.....	12
1.4.2 Rapporto sullo stato di avanzamento	12
1.4.3 Disegni e modelli CAD 3D.....	12
1.4.4 Collaudi e Rapporti sui collaudi.....	12
1.4.5 Caratteri tecnici, manuali di istruzione e di manutenzione.....	13
1.4.6 Certificato di conformità	13
1.5 SOMMARIO E SCHEDULING DELLE ATTIVITÀ	14
2 SPECIFICHE TECNICHE DEL MOCKUP	15
2.1 ASPETTI GENERALI SUL MOCKUP DI RFX-MOD2 E SUI TASK OPERATIVI	16
2.2 SETTORE TOROIDALE.....	19
2.2.1 Tegole e locking-bush.....	20
2.2.2 Tegole - Disposizione.....	21
2.2.3 Tegole – Sequenza di smontaggio.....	23
2.2.4 Tegole – Caratteristiche generali.	25
2.3 LAMIERA IN RAME	26
2.4 MODULI ALLOGGIO TEGOLE	29
2.4.1 Elementi di collegamento dei moduli in Torlon.....	31
2.5 PORTA D'ACCESSO STANDARD PER LA MANUTENZIONE	32
2.6 TELAIO MOBILE	32
2.6.1 Sistemi di orientamento tridimensionale	34
2.7 TELAIO FISSO.....	35
2.8 DISPOSITIVO DI TRASPORTO	37
2.9 PRODOTTI HARDWARE DA CONSEGNARE	38
2.10 ASSEMBLAGGIO	39
2.10.1 Assemblaggio settore toroidale.....	40
2.10.1.1 Assemblaggio degli anelli.....	40
2.10.2 Assemblaggio Telaio Mobile.....	41
3 DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA AL CONTRAENTE	43

4	TEST DI ACCETTAZIONE IN AZIENDA FAT	44
4.1	INDICAZIONI GENERALI PER I TEST DI ACCETTAZIONE IN AZIENDA (FAT)	45
4.2	ISPEZIONE VISIVA	46
4.3	ISPEZIONE DIMENSIONALE	48
4.3.1	<i>Sistema di riferimento</i>	49
4.4	ISPEZIONE DELLE SALDATURE	49
5	REQUISITI DI QUALITÀ.....	50
6	REQUISITI LOGISTICI – BENESTARE AL TRASPORTO	50
6.1	IMBALLAGGIO E PROTEZIONI	50
6.2	GUIDE PER IL TRASPORTO E LA CONSEGNA VERSO IL SITO: FEDERICO II.....	51
7	ACCETTAZIONE DEL PRODOTTO IN LOCO SAT.....	51
7.1	ISPEZIONE VISIVA (INCLUSI I COMPONENTI PRE-ASSEMBLATI PRIMA DELLO SMONTAGGIO)	52
7.2	ISPEZIONE DIMENSIONALE	52
8	INFORMAZIONI RICHIESTE IN SEDE DI PRESENTAZIONE DELL’OFFERTA	52
8.1	PRECEDENTI ANALOGHE FORNITURE	52
8.2	PERSONALE DEDICATO AL CONTRATTO. ATTREZZATURE. SUBFORNITORI	52
8.3	INFORMAZIONI SUL PROGETTO	53
8.4	ASSISTENZA TECNICA.....	53
8.5	TEMPO DI CONSEGNA.....	53
8.6	MODIFICHE.....	53
8.7	PREZZI	53
8.7.1	<i>Prezzo complessivo</i>	54
8.7.2	<i>Prezzo sui singoli componenti</i>	54
8.7.3	<i>Prezzo per spese ulteriori</i>	54
9	CONDIZIONI A LUNGO TERMINE	54

Abbreviazioni e acronimi

Acronimo	Descrizione
UnINA	Università degli studi di Napoli Federico II
RFX	Reversed Field eXperiment
RFX-mod2 (Machine)	RFX- modified 2
ROMAN	Bracci robotici con la funzione di manipolatori
TZM	Titanio zirconio Molibdeno
VTSS	Support structure to ensure Vacuum Thightness
PSS	Passive Stabilizing Shell
FARHA-ONE	Facility di Remote Handling da realizzare presso UNINA

Termini tecnici e definizioni

Termine	Definizione	Acronimo
FARHA-ONE-NA-MOCKUP	Seriale da utilizzare per il MOCKUP da installare sul sito 1	FARHA-ONE-NA-MOCKUP
Sito	Laboratorio MARTE Università degli Studi di Napoli Federico II, plesso di San Giovanni, Corso Nicolangelo Protopisani, 70 – 80146 Napoli	
Consorzio RFX	Ente di riferimento per le specifiche tecniche della macchina RFX-mod2. - c/o Area di Ricerca - CNR di Padova C.so Stati Uniti, 4 - 35127 PADOVA Tel. 049.8295990 www.igi.cnr.it	

Documenti forniti per la realizzazione dei prodotti

In questa sezione sono descritti i documenti che UNINA-DII (il committente) fornisce al Contraente come documenti in ingresso per sviluppare il progetto.

1. Il presente documento di specifiche tecniche
2. Modello CAD del MOCKUP di FARHA-ONE (MOCKUP_NA.step) che include:
 - a. Modello di dettaglio del componente toroidale
 - b. Modello concettuale della struttura di sostegno
3. Documento “relazione tecnico economica.pdf”.

1 Introduzione a RFX-mod2

L'esperimento RFX-mod 2 (**R**eversed **F**ield **eX**periment) trae origine dai risultati della macchina RFX-mod che ha operato fino al 2016.

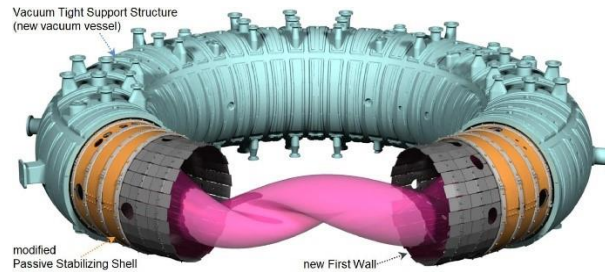


Figure 1. RFX-mod2: Reverse Field eXperiment – mod2, è il secondo upgrade della macchina RFX, progettata e sviluppata presso il consorzio RFX a Padova.

RFX-mod2 è una macchina toroidale, che utilizza il campo magnetico per confinare il plasma sfruttando la configurazione Reversed Field Pinch, alternativa al Tokamak, basata su campi magnetici di intensità minore e sul solo effetto ohmico per il riscaldamento del plasma.

L'esperimento ha lo scopo di studiare la fisica dei plasmi da fusione e il confinamento magnetico in configurazione Reversed-Field-Pinch (RFP).

L'obiettivo di questa nuova macchina è di riuscire a produrre un plasma con parametri molto migliorati rispetto a quelli di RFX-mod e di chiarire se la configurazione RFP possa costituire una valida alternativa alla linea tokamak nella prospettiva di un reattore a fusione.

La macchina **RFX-mod2** ha come obiettivo il completamento dello studio delle proprietà della configurazione RFP nei regimi di corrente di plasma fino a 2MA. A tal fine, sono in fase di realizzazione le modifiche di alcuni componenti della macchina. In particolare, è stata:

- **Rimossa la camera da vuoto** originale dell'esperimento RFX-mod
- **Rinforzata la scocca** stabilizzatrice di rame che caratterizzava l'esperimento RFX-mod
- Resa a **tenuta stagna la struttura in acciaio** di supporto di RFX-mod
- **Diminuire significativamente la resistività** della prima struttura conduttrice che circonda il plasma.
- **Avvicinare il plasma alla scocca** stabilizzatrice in rame

Mentre gli esperimenti RFX ed RFX-mod erano circondati da una camera da vuoto caratterizzata da una resistività molto elevata (Inconel 625), in **RFX-mod2 una struttura in rame**, di resistività molto minore, sarà la superficie conduttiva **più vicina al plasma**. Essa sarà protetta da una parete costituita da tegole di grafite, che costituisce la prima superficie materiale vista dal plasma.

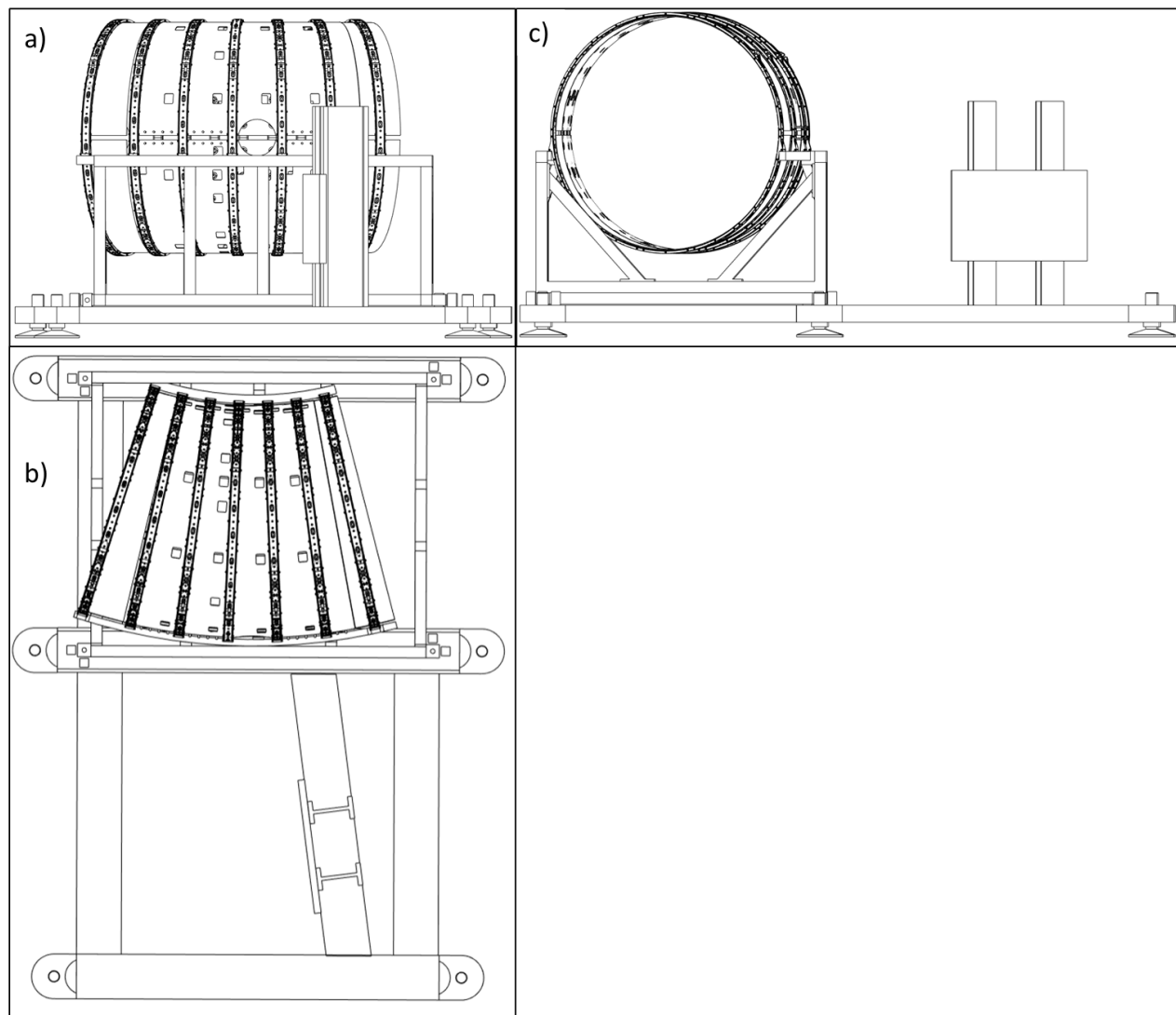
In tal modo ci si aspettano diversi vantaggi:



- La **riduzione della deformazione localizzata** del plasma e di conseguenza il deposito localizzato di potenza sulla prima parete.
- La **riduzione del caos magnetico** all'interno del plasma
- L'accesso ad un regime in cui il plasma ruota spontaneamente fino a **correnti di plasma** dell'ordine di **qualche centinaio di chiloampere**

2 RFX-mod2 – FARHA-ONE

La **FA**cility di **Re**mote **H**andling **FARHA-ONE** (vedi Figura 2) è stata concepita per testare le operazioni di manutenzione all'interno di un settore di 35° della macchina RFX-mod2; l'angolo è misurato a partire dall'asse passante per il piano di mezzeria del primo anello fino all'asse passante per il piano di mezzeria dell'ultimo anello del MOCKUP. Nel MOCKUP non è stata inclusa la camera da vuoto (VTSS), il settore toroidale sarà costituito dalla lamiera toroidale di rame (PSS) (vedi par. 4.3), dagli anelli in Torlon (vedi par. 4.4) con i corrispondenti elementi di collegamento (vedi par. 4.4.1) e dalla first-wall formata dalle tegole di grafite. Le tegole sono collegate agli appositi moduli di alloggiamento tramite elementi di collegamento denominati locking-bush (vedi par. 4.2.2).



*Figura 2. Mockup completo di FARHA-ONE. a) Vista frontale, b) Vista dall'alto, c) Vista laterale sinistra.
Nell'immagine si individuano telaio fisso, Telaio Mobile e Settore toroidale*

Viene fornita in allegato una tavola con le viste Frontale, Laterale e dall'alto del mockup.

3 Oggetto del contratto

L'obiettivo di questo bando è la realizzazione di un MOCKUP che riproduca un settore della macchina **RFX-mod2**; il MOCKUP suddetto deve soddisfare tutti i requisiti tecnici descritti nel paragrafo Specifiche tecniche del MOCKUP.

Il Contraente dovrà sviluppare il progetto esecutivo e provvedere alla costruzione ed al collaudo del sistema.

Il MOCKUP dovrà essere installato presso:

- Laboratorio M.A.R.T.E., Corso Nicolangelo Protopisani, 70, 80146 NAPOLI, complesso universitario SAN GIOVANNI dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

Si elencano qui di seguito tutte le attività attese secondo questo contratto.

3.1 Attività incluse nel contratto

1. Progettazione esecutiva del MOCKUP con relativa distinta base. I documenti richiesti sono descritti in sezione 5;
2. Progettazione del processo di produzione, sulla base della progettazione esecutiva.
3. Realizzazione di **un settore toroidale** le cui caratteristiche sono descritte nel dettaglio nel paragrafo 4.2;
4. Realizzazione di **un Telaio Mobile** (vedi sez. 4.6) per sostenere e orientare il toroide rispetto al piano di appoggio.
5. Realizzazione di un **Telaio Fisso** (vedi sez. 4.7) che garantisca la possibilità di fissare il manipolatore ROMAN al MOCKUP, e che garantisca la possibilità di raggiungere una condizione di planarità con il terreno.
6. Assemblaggio dell'intero sistema MOCKUP costituito dai tre sottosistemi:
 - a. Toroide;
 - b. Telaio mobile;
 - c. Telaio fisso.
7. Collaudo preliminare in azienda per la verifica dei requisiti di progetto (FAT);
8. Trasporto e consegna dell'intero MOCKUP;
9. Fornitura delle attrezzature per il collaudo.
10. Fornitura delle attrezzature per gli allineamenti.
11. Assemblaggio finale in sito.
12. Collaudo finale del MOCKUP in Sito per la verifica dei requisiti di progetto (SAT).
13. Fornire assistenza in loco durante le fasi di integrazione del MOCKUP con il manipolatore per la realizzazione della facility FARHA-ONE.

Gli allegati, la documentazione applicabile ed i documenti informativi di riferimento costituiscono parte integrante della presente. Tutti i componenti da realizzare sono specificati nella sezione 4.9. Lo scopo del presente bando non include attività che non sono state esplicitamente menzionate nel documento stesso (ad esempio il sistema di controllo di alto livello, il manipolatore per la manutenzione remota etc.).

3.2 Articolazione della fornitura

L'intera fornitura si articolerà in **9 FASI** distinte; il passaggio da una fase alla successiva richiede l'approvazione del Committente. Denominiamo da questo momento in poi le fasi con il nome di Work Package (WPx), dove con x si indicherà il numero della corrispondente fase di lavoro.

Qui di seguito gli obiettivi dei singoli WP:

- **WP 0:** KoM - Presentazione da parte del committente del progetto; discussione sui requisiti e sulle specifiche tecniche di gara; discussione sull'offerta tecnica proposta dal contraente comprensiva del **Programma Temporale**.
- **WP 1:** Sviluppo dei rapporti di progetto esecutivo di tutti gli oggetti compresi nella fornitura. Consegna del documento relativo alla progettazione esecutiva ed alla progettazione del processo di produzione (DEL-1).
- **WP 2:** Approvvigionamento dei materiali grezzi e dei componenti off-the-shelf relativi al MOCKUP. Consegna documento di descrizione dei materiali grezzi e dei componenti off-the-shelf (DEL-2).
- **WP 3:** Realizzazione e assemblaggio del **toroide**. Consegna documento di descrizione dei componenti realizzati (DEL-3)
- **WP 4:** Realizzazione e assemblaggio del **Telaio Mobile**. Consegna documento di descrizione e analisi componenti realizzati e collaudo del sistema di orientamento 3D del telaio mobile (vedi sezione 4.6) (DEL-4)
- **WP 5:** Realizzazione e assemblaggio del **Telaio Fisso**. Consegna documento di descrizione e analisi componenti realizzati e collaudo del sistema di regolazione planare (DEL-5)
- **WP 6:** Assemblaggio in fabbrica dell'intero sistema MOCKUP ed esecuzione del FAT. Consegna documento di FAT (DEL-6).
- **WP 7:** Trasporto, assemblaggio ed installazione di tutti gli oggetti compresi nella fornitura presso il Sito. Consegna documento di descrizione delle procedure di trasporto, assemblaggio ed installazione del sistema MOCKUP (DEL-7).
- **WP 8:** Esecuzione del collaudo finale in sito (SAT) di:
 - a. Toroide e sistema di fissaggio del Toroide
 - b. Telaio Mobile e sistema di orientamento 3D
 - c. Telaio fisso, sistema di regolazione planare

e consegna documento di SAT (DEL-8).

Il contraente può proporre modifiche alla struttura dei WP che dovranno essere documentate e approvate da UNINA prima di essere messe in atto.

3.3 Definizione delle responsabilità

3.3.1 Responsabilità del Committente

È responsabilità del Committente che le specifiche funzionali descritte in questo documento siano adeguate alla realizzazione di un MOCKUP in modo da portare a termine le operazioni richieste.

3.3.2 Responsabilità del Contraente

È responsabilità del Contraente:

1. Realizzare un MOCKUP in grado di soddisfare pienamente tutti i requisiti di progetto posti dalle presenti Specifiche Tecniche.
2. Portare a termine tutti i collaudi previsti sui singoli oggetti e sul sistema completo secondo quanto richiesto dalle presenti Specifiche Tecniche.
3. Realizzare o acquisire tutte le attrezzature e gli strumenti necessari ad eseguire i collaudi previsti dalle Specifiche Tecniche.
4. Proporre e chiedere l'autorizzazione al Committente (UniNA) circa qualsiasi modifica delle geometrie o del sistema in generale col fine di raggiungere i requisiti fissati dal committente.
5. Usare per la realizzazione del sistema i materiali e i componenti dichiarati in sede di offerta; eventuali variazioni devono essere approvate dal Committente.
6. Fornire al Committente i certificati di collaudo dei componenti degli azionamenti o eseguire tutte le prove necessarie ad attestare la rispondenza di tali componenti alle caratteristiche dichiarate in sede di offerta.
7. Fornire al Committente tutti i documenti previsti nella sezione 5.
8. Effettuare l'imballaggio e il trasporto di tutta la fornitura in condizioni di sicurezza presso le sedi del progetto.
9. Considerare i modelli CAD del MOCKUP della macchina RFX-mod2, allegati alle presenti Specifiche Tecniche, un vincolo cui l'Azienda contraente deve attenersi nella realizzazione del MOCKUP. **Ove indicato** riferirsi esclusivamente ai dati indicati in questo documento di specifiche e requisiti di progetto.
10. Rispettare il Programma temporale di esecuzione dei lavori definito nella sezione 3.4.1.

Inoltre, si precisa che:

1. I modelli CAD del MOCKUP allegati alle presenti Specifiche Tecniche costituiscono una guida per la realizzazione del MOCKUP stesso e qualsiasi miglioramento e/o modifica deve essere effettuata dopo l'approvazione di UniNA e realizzata nel rispetto delle Specifiche Tecniche. Le tolleranze dimensionali dovranno invece essere definite dal Contraente, essendo responsabilità dell'Azienda eseguire tutti i disegni di dettaglio necessari alla realizzazione dell'opera.
2. Nessuna approvazione di documenti, programmi, fasi di esecuzione o collaudi da parte del Committente esonera il Contraente dalla responsabilità di ottenere le caratteristiche prescritte dalle Specifiche Tecniche.
3. Tutte le comunicazioni e la documentazione relative al Contratto dovranno essere fatte per iscritto.
4. Il Contraente è invitato a proporre in offerta modifiche alle presenti Specifiche Tecniche tendenti a migliorare le caratteristiche dei componenti forniti, nonché a semplificarne la costruzione e il collaudo. Tali modifiche saranno valutate dal Committente sulla base di documentata esperienza realizzativa e di consolidati risultati sperimentali e dovranno essere quotate in alternativa.
5. UniNA si riserva il diritto di modificare il design di dettaglio del MOCKUP, concordando eventualmente variazioni economiche con il contraente, qualora vengano riscontrate criticità o incongruenze, posteriori alla stesura di questo documento tecnico

3.4 Scansione e termini generali delle fasi di progetto

3.4.1 Programma temporale di esecuzione dei lavori

Il Contraente dovrà presentare al Committente, entro due settimane dalla data di stipula del contratto, un **Programma temporale** di esecuzione dei lavori. L'approvazione del suddetto documento o le eventuali osservazioni in merito verranno effettuate dal Committente entro una settimana dal suo ricevimento.

A prescindere dai termini contenuti nel Programma temporale elaborato dal Contraente si precisa che:

Nell'ambito del **WP1**, il Contraente dovrà fornire per ciascun oggetto della fornitura il **Rapporto di progetto esecutivo**. Questo dovrà contenere anche il **Programma temporale** definitivo di esecuzione dei lavori. Il Committente approverà il Rapporto di progetto esecutivo o formulerà le sue osservazioni entro 3 settimane dalla data di ricevimento.

3.4.2 Rapporto sullo stato di avanzamento

Durante la fase di costruzione, il Contraente dovrà trasmettere ogni mese un **Rapporto riassuntivo sullo stato di avanzamento della costruzione**, facendo riferimento al **Programma temporale** di esecuzione dei lavori. Il Rapporto dovrà contenere anche l'eventuale aggiornamento di tale Programma.

3.4.3 Disegni e modelli CAD 3D

Il contraente dovrà fornire disegni 2D e modelli CAD 3D di tutte le componenti costituenti il MOCKUP. I disegni necessari per l'esecuzione del Contratto dovranno essere conformi alle norme I.S.O. e dovranno essere fornite al Committente in formato Portable Document Format (PDF).

Tutti i file di modellazione CAD 3D di tutte le parti progettate e realizzate dovranno essere forniti al Committente in formato :

- .step (Strategic Technologies for Europe Platform) o .CATPart per quanto riguarda tutte le singole componenti.
- .step o CATProduct per quanto riguarda tutti gli assiemi.

I nomi di ogni componente dovranno corrispondere in tutti i documenti forniti (Disegni 2D, Modelli CAD 3D etc.). A seguito di eventuali modifiche di progettazione ogni documento dovrà essere aggiornato.

3.4.4 Collaudi e Rapporti sui collaudi

Il contraente dovrà presentare al Committente, entro 4 settimane dalla data del verbale di Inizio attività, il documento "**Piano dei Collaudi**". L'approvazione del suddetto documento o le eventuali osservazioni in merito verranno effettuate dal Committente entro due settimane dal suo ricevimento.

Al termine della **WP6** il Contraente dovrà presentare al Committente i **Rapporti sul collaudo** dei singoli sotto-assiemi facenti parte della fornitura, a valle dell'esecuzione del FAT.

Al termine della **WP8** il Contraente dovrà presentare al Committente il **Rapporto sul collaudo** dell'intera struttura che costituisce il MOCKUP. Tutti i rapporti dovranno contenere le modalità di collaudo e le caratteristiche dei sistemi di misura adottati.

3.4.5 Caratteri tecnici, manuali di istruzione e di manutenzione

Entro il termine di conclusione del contratto il Contraente fornirà al Committente tutti i disegni, i modelli CAD 3D e tutti i documenti che descrivano i componenti nelle loro dimensioni e caratteristiche finali, così come deve essere fatto per tutto il periodo del contratto. Sono inclusi i documenti relativi all'assemblaggio dei sotto-assiemi, e i manuali di manutenzione, in cui devono essere indicate rispettivamente le direttive circa il montaggio della struttura e gli eventuali aspetti critici da monitorare nel medio-lungo periodo.

3.4.6 Certificato di conformità

Il sistema è da considerarsi come un prototipo, pertanto, la macchina nella sua interezza non dovrà subire procedura di marcatura CE. La ditta dovrà però fornire il certificato di conformità per tutti i componenti off-the-shelf qualora ce ne siano.

3.5 Sommario e scheduling delle attività

Programma temporale proposto			
WPX	Milestone	Termine	Documenti in Uscita
WP 0	-	Settimana #1	Report di analisi documentazione iniziale con evidenza di eventuali criticità e piano operativo preliminare
WP 1	M1	Settimana #8	Deliverable 1: Progetto esecutivo del MOCKUP
WP 2	M2	Settimana #10	Deliverable 2: Relazione acquisto materiali grezzi
WP 3	-	Settimana #24	Deliverable 3: Relazione tecnica sulla costruzione del Toroide
WP 4	-	Settimana #24	Deliverable 4: Relazione tecnica sulla costruzione del Telaio Mobile
WP 5	-	Settimana #24	Deliverable 5: Relazione tecnica sulla costruzione del Telaio Fisso
WP 6	M3	Settimana #26	Deliverable 6: FAT relativo al MOCKUP
WP 7	-	Settimana #27	Deliverable 7: Relazione sul trasporto e installazione del MOCKUP
WP 8	M4	Settimana #28	Deliverable 8: Relazione tecnica sul SAT di tutto il MOCKUP.

La descrizione della ripartizione dei pagamenti relativa al piano di fornitura indicato sopra è riportata nel documento [“relazione tecnico economica.pdf”](#) allegato.

Tutti i contenuti sono dettagliati nei successivi sottoparagrafi.

4 Specifiche tecniche del MOCKUP

In questa sezione si vogliono definire le specifiche tecniche del MOCKUP della macchina RFX-mod2, la cui realizzazione è concepita per testare le operazioni di manutenzione e ispezione remota al suo interno. Si definiscono pertanto le specifiche tecniche di una struttura toroidale, con telaio di sostegno annesso. Nella Tabella 1 vengono riportati i macro-assiemi che costituiscono il MOCKUP. Le funzioni e le caratteristiche di ogni componente, e di ogni singola parte che lo costituisce sono descritte nel paragrafo 4.9. Come si evince dalla Figura 3, il toroide indicato in tabella è privo del VTSS, ed è costituito dalla first wall di tegole in grafite, dagli anelli strutturali in Torlon e da un settore toroidale di lamiera in rame (PSS).

La struttura risulta asimmetrica rispetto alla porta d'accesso (vedi modello CAD del MOCKUP); ci saranno tre anelli nel semi-settore di destra, e quattro anelli nel semi-settore di sinistra.

Tabella 1. Componenti principali dei MOCKUP

FARHA-ONE – MOCKUP	
Componenti	
	Toroide
	Telaio Mobile
	Telaio Fisso
Sito	
	Napoli, Corso Nicolangelo Protopisani, 70

Il MOCKUP dovrà essere installato nella facility di Napoli, indicata come Sito 1:

- Laboratorio M.A.R.T.E. presso la sede di Corso Nicolangelo Protopisani, 70 (NA) dell'università di Napoli Federico II

Ogni documento allegato è da considerarsi parte integrante di questo documento di specifiche tecniche.

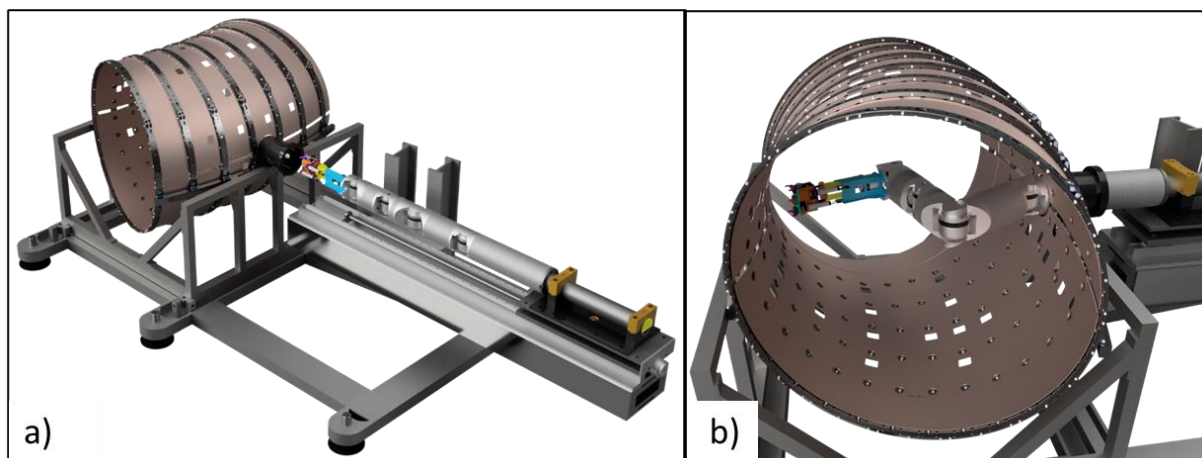


Figura 3. Vista generale del MOCKUP con l'installazione di **ROMAN** (che non è oggetto di queste specifiche tecniche)

4.1 Aspetti generali sul MOCKUP di RFX-mod2 e sui task operativi

Il MOCKUP da realizzare consiste in un settore della macchina reale (RFX-mod2).

La macchina originale è dotata di 12 porte, distribuite ogni 30° lungo il toroide, per mezzo delle quali è garantito l'accesso all'interno della macchina tramite un manipolatore articolato seriale, progettato appositamente per le operazioni di ispezione e manutenzione della macchina. Il MOCKUP ha lo scopo di testare le operazioni di questo manipolatore al suo interno.

Il settore di macchina riprende tutta la struttura interna reale, deve quindi prevedere:

- Una first-wall, costituita da tegole in grafite;
- Un settore toroidale di lamiera in rame;
- Anelli poloidali costituiti da moduli di sezione circolare.

La lamiera di rame è interposta tra gli anelli e i dispositivi meccanici predisposti per l'alloggio tegole, ed è suddivisa in una porzione superiore e una porzione inferiore. Le due porzioni sono assemblate sugli anelli poloidali, che determinano l'effettiva geometria del toroide, e ne costituiscono l'elemento strutturale principale. Gli anelli poloidali sono ottenuti dall'assemblaggio di moduli a sezione circolare. Il montaggio dei suddetti anelli è completato con elementi di lamiera, montati come spalle degli anelli e come elementi di contenimento degli stessi. Su ogni anello due di questi elementi di lamiera sono caratterizzati da un profilo sporgente, progettato per favorire il collocamento dell'intera struttura, nel caso reale, sulla camera da vuoto (VTSS), nel caso del MOCKUP, su un telaio, appositamente progettato.

Il telaio è costituito da una parte mobile e una parte fissa. La parte mobile può orientarsi rispetto alla parte fissa; questo è necessario per garantire la coassialità della porta d'accesso del MOCKUP con l'asse del manipolatore. La parte fissa è dotata di un sistema di regolazione, che garantisce la planarità con il terreno.

Requisito 000.

Il MOCKUP deve garantire l'esecuzione dei test relativi all'ispezione e la manutenzione remota all'interno di RFX-mod2, descritti nella sezione corrente.

Requisito 001.

Il MOCKUP deve riprodurre un settore di 35° della macchina reale (i cui criteri di misurazione sono esplicitati nella sezione RFX-mod2 – FARHA-ONE), comprendendo il PSS, gli anelli strutturali poloidali con i relativi dispositivi di aggancio/sgancio tegole e un certo numero di tegole in grafite, meglio specificato in sez. 4.9.

Il MOCKUP deve essere dotato di una porta d'accesso standard della macchina reale. Il diametro interno di ogni porta è di 155 mm. A partire da questo accesso il suddetto manipolatore, che chiameremo **Robotic Manipulator (ROMAN)**, garantisce uno spazio operativo descritto da un angolo di 35°. ROMAN entra attraverso la porta di accesso standard e avanzando lungo la sezione circolare media del toro, disposta sul piano equatoriale Figura 4, attorno all'asse verticale toroidale, copre 17.5° sia muovendosi verso destra che verso sinistra. Queste due configurazioni operative (configurazione destra e configurazione sinistra), e l'esecuzione stessa dei task operativi sono da considerarsi come l'obiettivo principale, per la realizzazione del MOCKUP.

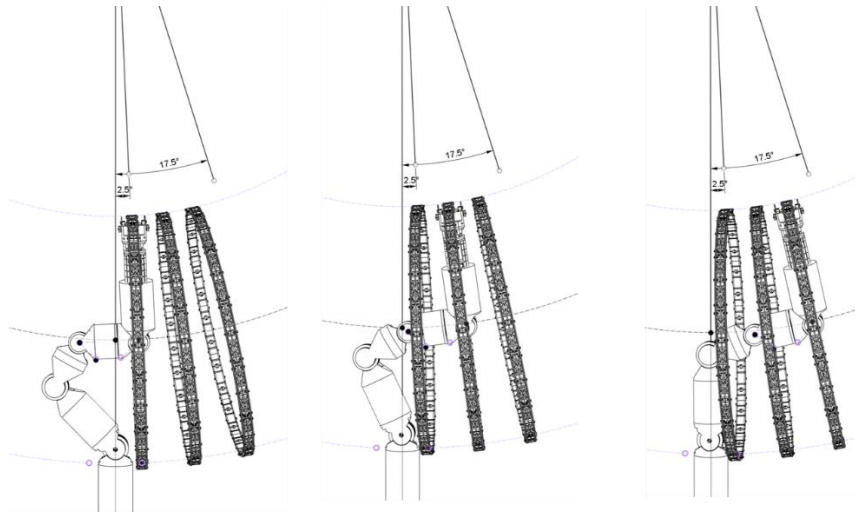


Figura 4. Avanzamento del manipolatore all'interno del settore di macchina, lungo la traiettoria toroidale.

Requisito 002.

Il MOCKUP deve essere dotato di una porta d'accesso, costituita da un elemento cilindrico cavo con diametro interno 155 mm, con un range di tolleranza di $\pm 0.5\text{mm}$. Il diametro interno deve essere tale da far passare senza contatto il manipolatore (che ha un diametro di 150 mm) .

Requisito 003.

Il cordolo di saldatura della cilindro flangiato deve garantire un diametro interno della porta d'accesso di 155mm $\pm 0.5\text{mm}$

Il MOCKUP deve essere realizzato in modo da garantire l'esecuzione dei task di manutenzione e ispezione previsti sulla macchina originale.

Pertanto, il MOCKUP deve avere caratteristiche meccaniche simili ma non deve attenersi a requisiti particolari in merito a materiali e lavorazioni che tengano conto di alte temperature e/o radiazioni dato che tutte le prove relative ai task operativi saranno effettuate a temperatura ambiente e pressione atmosferica.

Il task operativo standard prevede che attraverso l'utilizzo di un manipolatore seriale, si effettui l'ispezione e la manipolazione delle tegole che costituiscono la first wall della macchina, e quindi il montaggio/smontaggio delle tegole dagli anelli poloidali. L'operazione di rimozione delle tegole prevede che il manipolatore raggiunga il foro centrale della chiavetta delle tegole in cui s'impegna attraverso un tool apposito, per eseguirne lo smontaggio dall'anello in cui è alloggiata. L'esecuzione del task prevede che il manipolatore si posizioni in una configurazione che vede l'asse dell'end-effector perfettamente collineare all'asse del foro; in questo modo si garantisce l'agevole inserimento del tool all'interno del meccanismo di montaggio/smontaggio, e che **eserciti una forza assiale di 150 N**, che sarà scaricata in parte sul meccanismo interno alla chiavetta e in parte su tutta la struttura della macchina/MOCKUP.

FARHA-ONE, oltre a riprodurre la geometria della macchina reale deve garantire le stesse caratteristiche elastiche durante l'esecuzione del task di remote handling; la struttura deve quindi garantire una risposta elastica equivalente a quello della macchina completa reale e uno stato deformativo equivalente.

Solo con questi presupposti si sarà in grado di analizzare la fattibilità delle operazioni di manutenzione all'interno di RFX-mod2 così come sono state concepite.

Al fine di garantire questi requisiti, si propone di riutilizzare gli stessi materiali e le stesse geometrie che sono già state usate per la realizzazione della macchina originale, e di riprendere tutti i tipi di collegamenti dei vari moduli e sotto-moduli.

Requisito 004.

Elasticità e geometrie del MOCKUP devono riprodurre le stesse caratteristiche meccaniche della macchina reale, soprattutto quando soggetta a carichi esterni dovuti all'interazione con il manipolatore. Materiali e geometrie della macchina reale devono essere ripresi nel MOCKUP.

Requisito 005.

Non sono previste saldature sulla struttura toroidale, ad eccezione della porta cilindrica sulla lamiera in rame.

4.2 Settore Toroidale

Il settore toroidale (rappresentato nel modello CAD MOCKUP_NA.stp), i cui moduli e sotto-moduli sono indicati in Tabella 5, è descritto nel dettaglio in questa sezione. La sequenza di descrizione è da intendersi dalla prima superficie interna della struttura toroidale verso l'ultima superficie esterna della stessa.

La first wall del MOCKUP è predisposta per alloggiare 196 tegole di grafite (le cui caratteristiche sono descritte in 0) distribuite in modo da coprire tutte le sezioni poloidali interne del settore toroidale. Le tegole sono montate tramite un dispositivo meccanico costituito da una "chiavetta" e una boccola di fissaggio (locking-bush), negli appositi moduli di alloggiamento tegole, che costituiscono gli anelli poloidali. Su ogni settore poloidale è predisposto il montaggio di ventotto tegole, tramite il locking-bush e la chiavetta interna alla tegola. Ogni locking-bush viene montato al modulo di alloggiamento tegole tramite collegamento posteriore con dado e washer.

Tra i moduli in Torlon e i locking-bush è interposta la lamiera in rame (vedi Figura 6), le cui dimensioni sono riportate nel paragrafo 0. Come già si è accennato precedentemente, si sta considerando una lamiera di geometria toroidale suddivisa in due shell identiche, disposte sulla porzione superiore e inferiore della geometria toroidale definita dall'involuppo dei profili interni degli anelli poloidali.

Si rimanda al paragrafo 0 per la sequenza di montaggio.

Requisito 006.

Il settore toroidale del MOCKUP deve essere costituito da sette anelli poloidali. Ogni anello è ottenuto dall'assemblaggio di 14 moduli di alloggiamento tegole. La lamiera di rame va interposta tra i moduli suddetti e le tegole che a loro volta s'impegnano negli appositi alloggi.

4.2.1 Tegole e locking-bush

Come già descritto precedentemente ogni serie poloidale costituente il MOCKUP è predisposta per il montaggio di 28 tegole, per un totale di cento-novantasei (196) tegole distribuite su sette serie poloidali. Il MOCKUP, così come indicato in Tabella 5, ne conterrà 10. Ogni tegola verrà fissata tramite un meccanismo a baionetta che è costituito da una chiavetta con due denti radiali collegati ad un recettore femmina modellato con le tasche corrispondenti al profilo al negativo dei denti della chiave stessa; il meccanismo ricevitore è denominato locking-bush (boccola di bloccaggio). Fare riferimento alla sez. 4.2.1 per i dettagli sul meccanismo. Le chiavi maschio sono già state realizzate ed utilizzate per fissare le tegole della prima versione della macchina (RFX-mod); queste sono state prodotte in lega di titanio-zirconio-molibdeno (TZM) e rivestite con un multistrato di CVD TiC/TiN chiamato GoldMaster®. Il riferimento alla lega utilizzata per la produzione delle chiavette deve essere semplicemente una nozione da cui prendere spunto per la realizzazione delle stesse, l'indicazione di questa lega non costituisce un requisito di progettazione. Il sistema Locking-Bush è stato considerato in termini di proprietà geometriche ed elastiche come un vincolo progettuale per la realizzazione delle tegole. Nel caso specifico di questo bando le tegole devono solo rispettare la geometria di quelle originali; il materiale di queste deve resistere alla presa del gripper che si trova in punta al ROMAN. Per l'assemblaggio e le operazioni di montaggio/smontaggio tegole vedere la sezione 4.2.2.

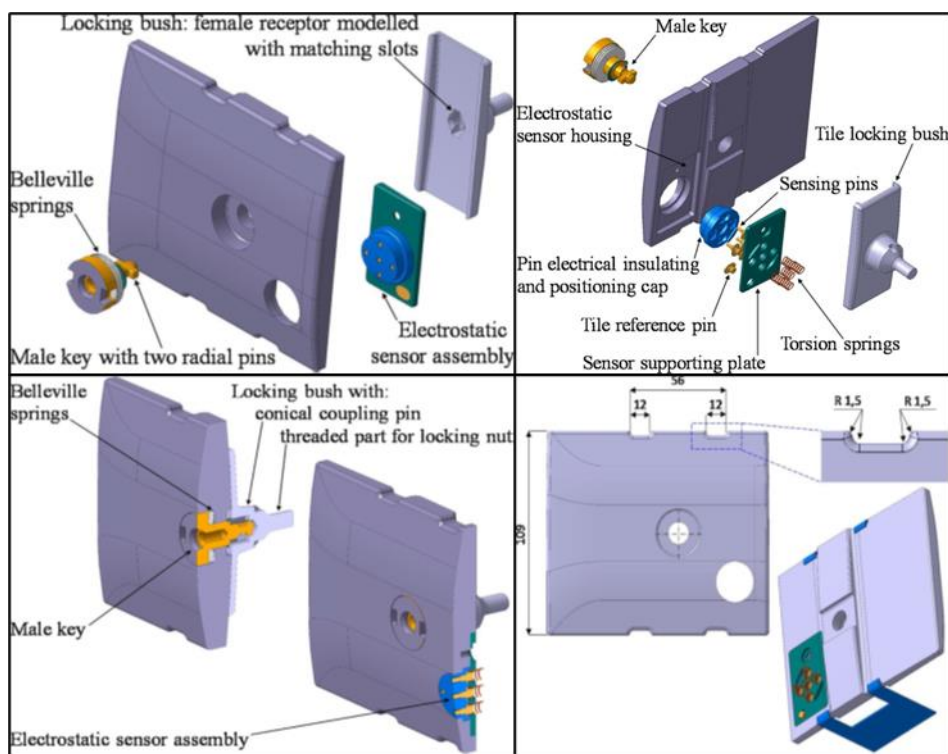


Figura 5. Caratteristiche generali delle tegole di RFX-mod2.

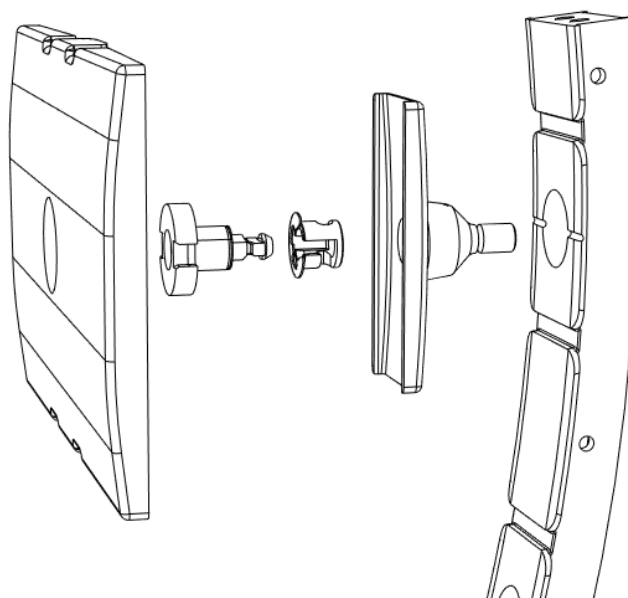


Figura 6. Vista esplosa dell'assieme tegola – chiave – locking-bush – anello di alloggiamento tegola. Si mette in evidenza il meccanismo di montaggio della tegola nella boccia di bloccaggio che è collegata all'anello in Torlon

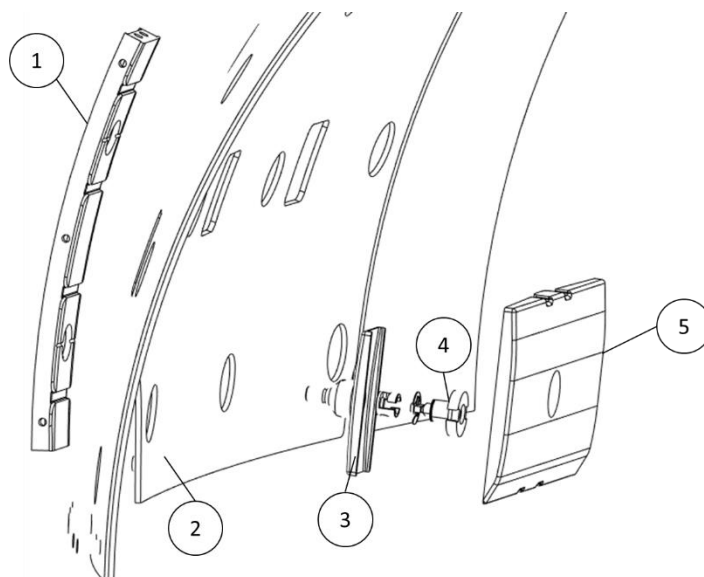


Figura 7. Schema di aggancio tegola compreso di lamiera toroidale. 1 – Modulo di alloggiamento tegola; 2 – Lamiera toroidale; 3 – Locking-bush; 4 – Chiave tegola; 5 – Tegola;

4.2.2 Tegole - Disposizione.

Le tegole in grafite che costituiscono la first wall, costituiscono l'oggetto della manipolazione di ROMAN.

Le tegole sono installate nei moduli di alloggio tegole tramite un sistema a baionetta, costituito da una chiavetta (inserita nella tegola) e una boccia di bloccaggio, che è fissata posteriormente al modulo anulare di alloggio tegole della macchina. In Figura 6 viene riportato il sistema di fissaggio della tegola, mentre in Figura 9 si presenta una vista in sezione del collegamento **tegola – locking-bush – Modulo di alloggiamento**.

In figura 8 sono mostrate le posizioni in cui saranno montate le dieci tegole (+5 fornite da RFX) all'interno del MOCKUP. La scelta della posizione è frutto di un'attenta analisi, volta ad individuare la configurazione che con il numero minimo di tegole potesse coprire la maggior parte delle configurazioni di smontaggio/montaggio.

In

Tabella 2 vengono indicati gli identificativi delle singole tegole da inserire nel MOCKUP.

Tabella 2. Identificativo tegole da inserire nel MOCKUP

Identificativo tegola	Posizione	Fornitura
TILE POS07 – PUMP SECT CIRC – RIGHT	Intorno alla porta d'accesso	RFX
TILE POS07 – PUMP SECT CIRC – LEFT	Intorno alla porta d'accesso	RFX
TILE POS08 – PUMP SECT CIRC – RIGHT	Intorno alla porta d'accesso	RFX
TILE POS08 – PUMP SECT CIRC – LEFT	Intorno alla porta d'accesso	RFX
TILE POS02 – STANDARD	Superficie superiore toroide	RFX
TILE POS015 – STANDARD	Superficie inferiore toroide	Contraente
TILE POS24 – STANDARD	Raggio toroidale interno	Contraente
TILE POS23 – STANDARD	Raggio toroidale interno	Contraente
TILE POS22 – STANDARD	Raggio toroidale interno	Contraente
TILE POS21 – STANDARD	Raggio toroidale interno	Contraente
TILE POS20 – STANDARD	Raggio toroidale interno	Contraente
TILE POS19 – STANDARD	Raggio toroidale interno	Contraente
TILE POS04 – STANDARD	Raggio toroidale esterno	Contraente
TILE POS05 – STANDARD	Raggio toroidale esterno	Contraente
TILE POS08 – STANDARD	Raggio toroidale esterno	Contraente

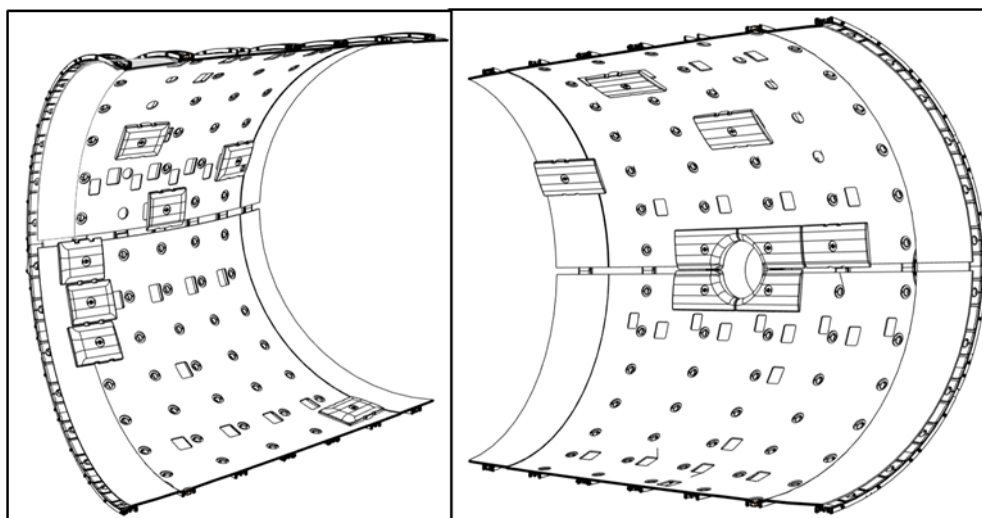


Figura 8. Configurazione della disposizione delle tegole nel MOCKUP.

4.2.3 Tegole – Sequenza di smontaggio.

L'operazione di aggancio/sgancio tegola che il manipolatore ROMAN deve effettuare, basandoci sugli esperimenti effettuati da RFX sull'attuale versione dell'end-effector, viene descritta nel seguito:

1. Approccio alla tegola lungo la direzione coassiale con l'asse del foro della chiave inserita nella tegola.
2. Spinta sulla chiave interna alla tegola attraverso la movimentazione lineare garantita da un giunto prismatico in punta al manipolatore. Garantendo una spinta di 150 N si comprime completamente il pacco di molle a tazza.
3. Rotazione dell'avvitatore di 90°, in senso antiorario, con coppia di valore massimo pari almeno a 1 Nm, regolabile in funzione della posizione della chiave (massima durante la rotazione, minima a fine della stessa);
4. Riduzione del carico sulle molle fino ad un valore prefissato;
5. Chiusura delle dita della mano e presa del tegolo;
6. Estrazione della tegola.

L'operazione di aggancio-tegola differisce per ovvi motivi in alcuni punti:

1. Avanzamento da parte del manipolatore, con la tegola agganciata all'end-effector, verso il locking-bush lungo la direzione coassiale al foro del sistema di aggancio
2. Avanzamento fino a garantire una spinta sulla chiave tale da garantire una compressione prefissata sul pacco molle della tegola, pari alla forza con cui la chiave era stata precaricata al prelevamento dal dispositivo di trasporto. In questo modo, all'apertura del gripper non c'è scivolamento della chiavetta rispetto alla tegola.
3. Apertura delle dita della mano

La spinta massima che il manipolatore esercita sul pacco molle interno alle tegole d diretta lungo l'asse della chiave è di 150 N. In questo modo si garantisce l'azionamento del meccanismo, costituito da una serie di molle a tazza e la chiave che deve essere ruotata di 90° per potersi sganciare dalla boccola di fissaggio.

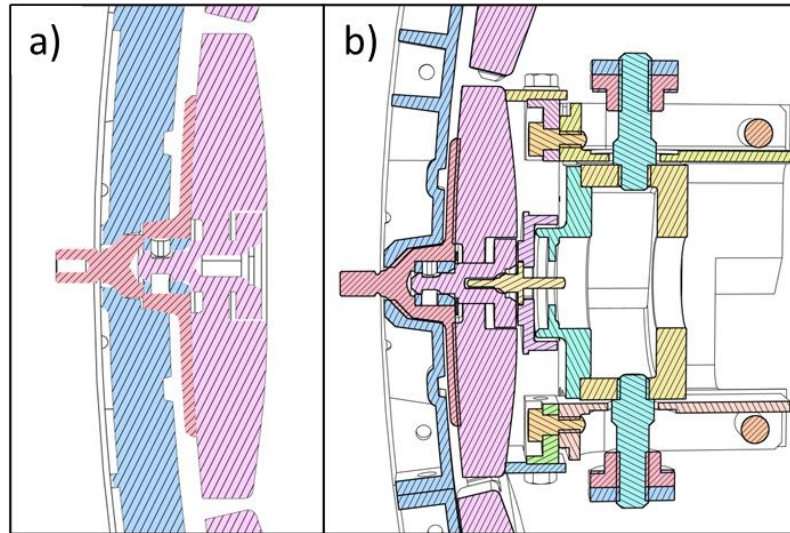


Figura 9. Vista in sezione del collegamento Tegola - Locking-Bush – Modulo di alloggiamento, rispetto ad un piano poloidale, a) senza end-effector; b) con end-effector.

Requisito 007.

La struttura toroidale deve sostenere un carico di 150 N applicabile su ogni sezione poloidale in corrispondenza dei fori di alloggiamento delle tegole ed esplicare una reazione elastica equivalente a quella della macchina reale.

4.2.4 Tegole – Caratteristiche generali.

In Figura 10 viene mostrato il profilo della tegola, in cui si evidenziano le tasche da utilizzare nell'operazione di manipolazione. La distanza delle tegole dal sistema di bloccaggio è identica per tutte le tegole.

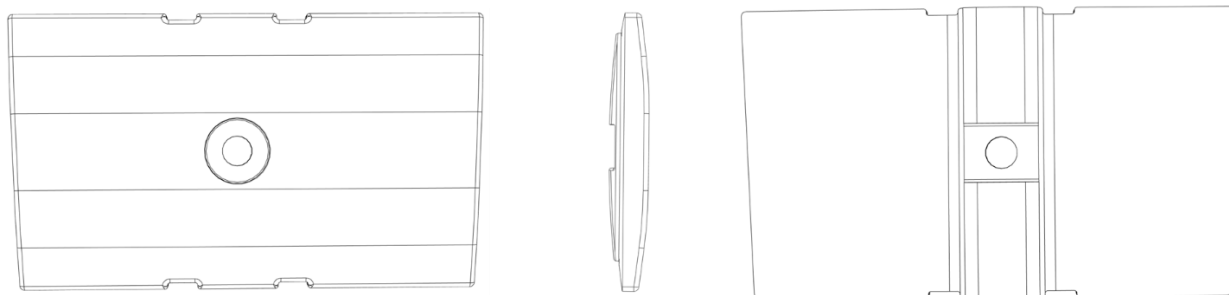


Figura 10. Profilo tegola in grafite. Gli elementi fondamentali per le operazioni di aggancio/sgancio sono il foro centrale e i profili delle tasche.

Requisito 008.

Le tegole devono essere realizzate secondo le geometrie indicate in figura e nel modello CAD.

REQUISITO 009.

Il materiale delle tegole deve essere Grafite. Al più si può proporre un materiale che garantisca un coefficiente d'attrito sufficiente perché il gripper di ROMAN mantenga stabilmente la tegola

4.3 Lamiera in rame

La lamiera in rame è composta da due elementi identici, che vanno a comporre la parte superiore e la parte inferiore del PSS. La lamiera di rame è interposta tra i locking-bush e i moduli di alloggiamento tegole. La posizione corretta delle due porzioni di lamiera è garantita dalla geometria dei settori poloidali su cui si poggia la lamiera stessa. La geometria del guscio in rame è definita da un settore toroidale di 35° .

Al fine di garantire le stesse proprietà geometriche e di elasticità della macchina reale la realizzazione del guscio è da eseguire tramite stampaggio a pressione, con stampo in acciaio, così come è stata eseguita la lavorazione nel caso della macchina reale. I fori necessari per l'assemblaggio delle tegole sono i soli fori che devono essere realizzati insieme al foro della porta cilindrica, e sono da realizzare con taglio laser. I riferimenti geometri e dimensionali dei fori sono indicati nel modello CAD.

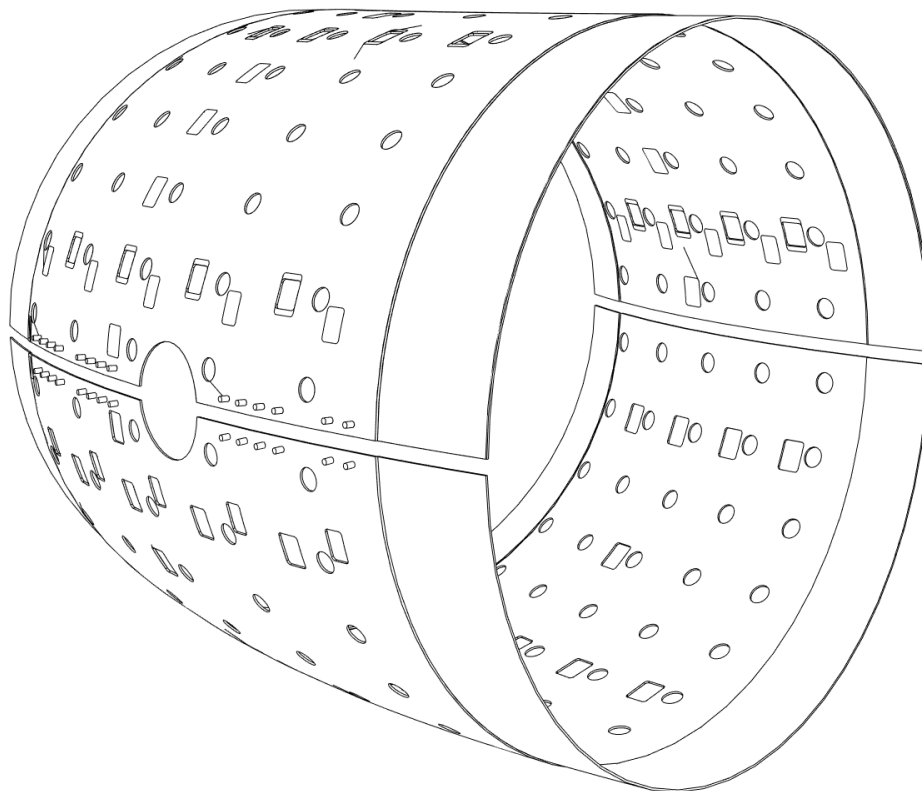


Figura 11. Prospetto della geometria del settore toroidale.

Requisito 010.

La realizzazione della lamiera di rame costituente il PSS del MOCKUP, va eseguita tramite stampaggio a pressione, rispettando le dimensioni indicate nella Tabella 3.

Tabella 3. Riepilogo dimensioni toroide.

Lamiera Di Rame Toroidale	
Quota	Dimensione [mm]
Raggio Toroidale esterno	2509.4
Raggio Toroidale interno	1480.6
Raggio Toroidale medio	1995
Raggio Poloidale interno	511.5
Raggio Poloidale esterno	514.5
Spessore Lamiera	3

Si consideri il raggio toroidale equatoriale come la dimensione di riferimento principale del settore toroidale.

Requisito 011.

La lamiera va forata in corrispondenza dei punti indicati nel modello CAD per permettere l'alloggio delle tegole nel locking-bush e l'inserimento del manipolatore nel toroide. Rispettando i riferimenti geometrici e dimensionali che sono indicati nel modello CAD.

Il PSS definisce lo spazio disponibile del MOCKUP, a meno dell'ingombro delle tegole, il cui involucro dei profili interni determina il volume effettivamente a disposizione per le movimentazioni interne del manipolatore.

In prossimità del foro d'accesso, le tegole di grafite sono caratterizzate da un profilo esteso lungo la direzione dell'asse longitudinale del cilindro della porta d'accesso. È necessario che il foro non interferisca con le tegole. Vedi Figura 12.

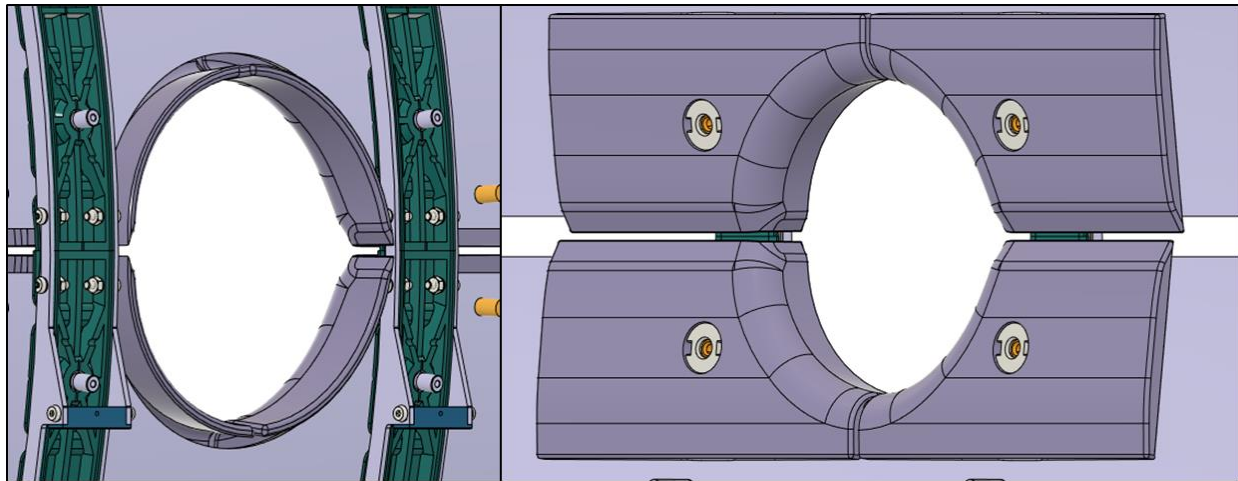


Figura 12. Profilo tegole in prossimità della porta.

Requisito 012.

Il foro centrale del toroide deve garantire il montaggio delle tegole intorno allo stesso.

4.4 Moduli alloggiamento tegole

I moduli di alloggiamento delle tegole sono realizzati originariamente in Torlon. Questi sono collegati saldamente tra loro da prodotti di lamiera ottenuti con taglio laser. Distinguiamo questi elementi in tre gruppi, indicandone il numero per ogni anello poloidale:

- Quattro spalle laterali;
- Due spalle equatoriali;
- Una banda di contenimento posteriore costituita da due semianelli.

Si veda la Figura 13 per maggiori dettagli.

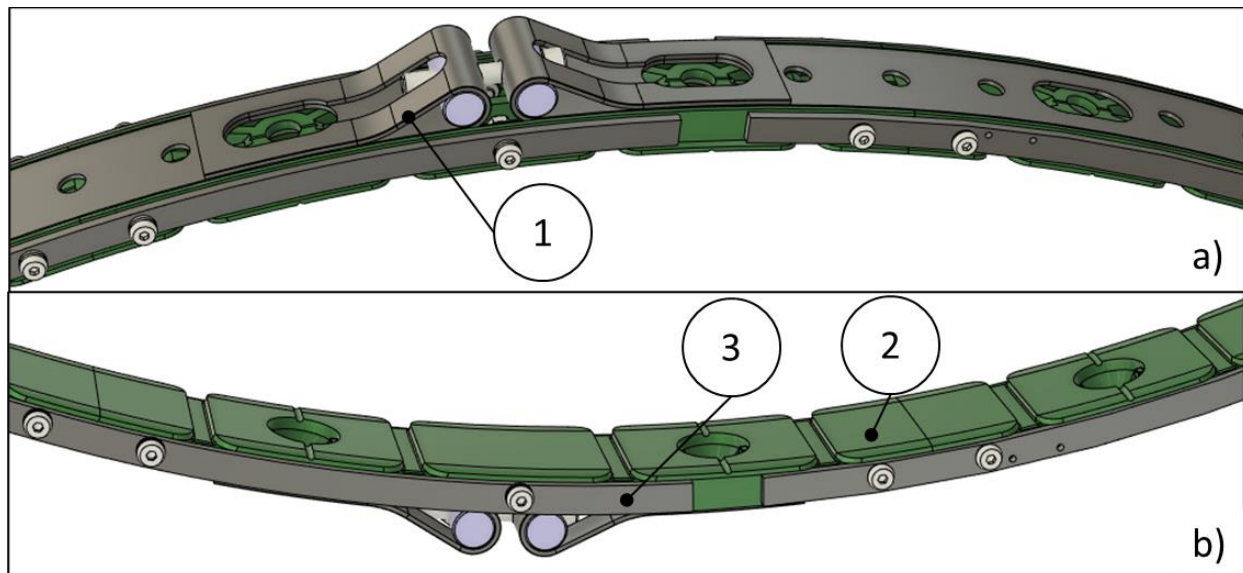


Figura 13. Assieme anello completo. In figura si possono distinguere: 1 – i moduli in Torlon (evidenziati in verde), le spalle laterali in acciaio Inox, le bande posteriori di contenimento, collegate da un elemento filettato.

Ogni modulo in Torlon è progettato per alloggiare due tegole tramite sistema Locking-bush—Chiavetta. Si veda la Figura 14, per la geometria del singolo modulo.

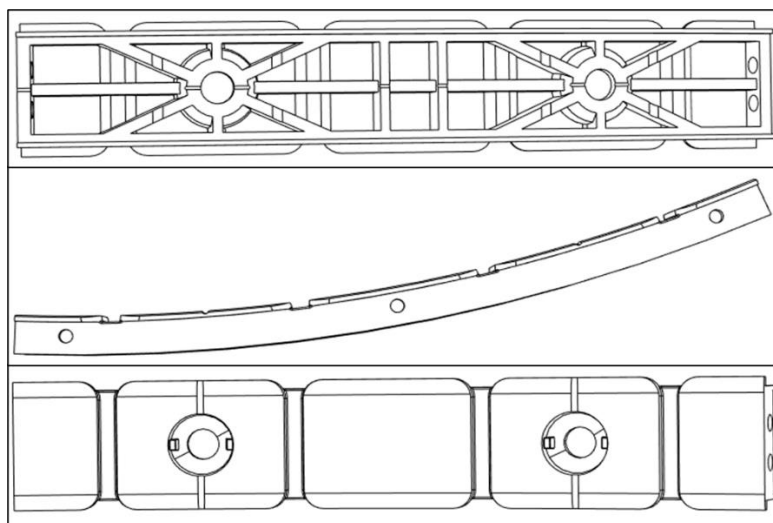


Figura 14. Singolo modulo in Torlon. Dall'alto verso il basso: Vista posteriore, vista laterale, vista anteriore.

Requisito 013.

I moduli di alloggiamento tegole devono essere realizzati in Torlon[®] 5030, o con un materiale alternativo che non alteri le proprietà meccaniche o geometriche del componente. Si indica come tecnica di produzione lo stampaggio ad iniezione.

Requisito 014.

Il modulo di alloggiamento tegole deve essere realizzato secondo le indicazioni fornite nel modello CAD, garantendo l'inserimento di due tegole per ogni modulo e la predisposizione all'inserimento di ventotto tegole sull'anello poloidale.

Requisito 015.

L'assemblaggio di quattordici moduli per l'alloggiamento delle tegole deve costituire un anello poloidale che combaci perfettamente con il profilo poloidale interno della lamiera di rame.

Il numero totale di elementi da realizzare è 98, in modo da costituire sette anelli poloidali. La struttura come detto in sez. 4 è asimmetrica rispetto alla porta d'accesso. Si avranno quattro anelli nel settore sinistro e tre anelli nel settore destro. Vedi Figura 2.

4.4.1 Elementi di collegamento dei moduli in Torlon

Ogni collegamento di due moduli in Torlon, garantito da collegamenti filettati inseriti nella parte interna dei moduli, è rinforzato da due spalle laterali, che in corrispondenza del piano equatoriale presentano un profilo esteso, concepito appositamente per poter poggiare il settore toroidale sul telaio mobile (vedi sez. 4.6).

Complessivamente l'anello è avvolto da una banda di contenimento posteriore costituita da due fasce a sezione circolare, tenute insieme da un elemento tirante filettato. Si veda la Figura 15, per i dettagli sul sotto-modulo dell'anello poloidale.

Requisito 016.

Per il collegamento dei moduli per l'alloggio delle tegole, è necessario l'assemblaggio di elementi di lamiera descritti nella sez. 4.4.1. La realizzazione degli elementi è da effettuare tramite taglio laser secondo le caratteristiche geometriche e dimensionali indicate nel modello CAD fornito.

In Tabella 4 il numero di elementi da realizzare per sette anelli poloidali.

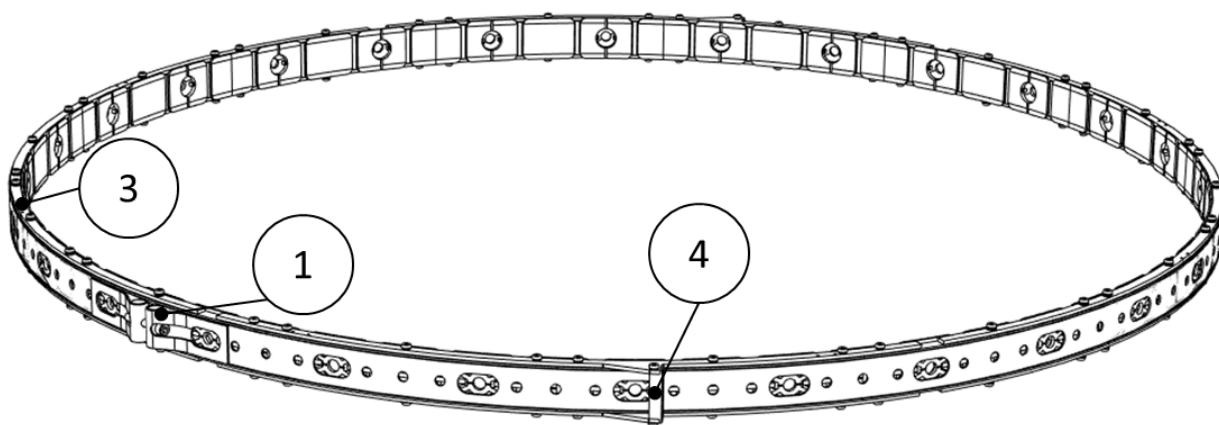


Figura 15. Anello completo. Comprende quattordici moduli in Torlon; 1 – due bande di contenimento posteriori; 2 - quattro supporti equatoriali; 3 - otto supporti laterali.

Tabella 4. Elementi di supporto all'anello in Torlon

Sotto modulo	Definizione	Q.tà
A1	Spalle laterali	28
A2	Spalle equatoriali	28
A3	Banda di contenimento posteriore	14

4.5 Porta d'accesso standard per la manutenzione

La porta di accesso standard del toroide è costituita da un cilindro cavo con un diametro interno di 155 mm. Non ci sono specifiche sul materiale. Non ci sono specifiche sul tipo di lavorazione per la realizzazione a patto che eventuali saldature non causino la presenza di un cordolo che riduca il diametro del foro interno. Si fissa la posizione della porta rispetto al PSS.

Requisito 017.

Il piano estremo del cilindro flangiato che simulerà la porta di RFX-mod2, dovrà essere distante 258mm dalla prima superficie del PSS

4.6 Telaio Mobile

Il settore toroidale descritto nel paragrafo 0 e nelle corrispondenti sottosezioni precedenti viene collocato su di un telaio orientabile nello spazio; l'orientamento tridimensionale garantisce che sia sempre verificata la coassialità tra il foro d'accesso e l'asse del ROMAN.

La struttura mobile del telaio (distinta da quella fissa vedi sez. 4.7) è costituita da sedici profilati scatolari quadrati. Quattro di questi profilati costituiscono la base del telaio, su cui vengono saldati 10 pilastri con le stesse proprietà di sezione trasversale; sui 10 pilastri vanno saldati gli ultimi due profilati scatolari quadrati con orientamento trasversale. Si veda la Figura 16 per maggiori dettagli.

Ai pilastri scatolari vanno saldate delle specifiche piastrine d'interfaccia, che hanno lo scopo di sostenere due traverse con geometria toroidale. Queste traverse costituiscono le interfacce tra il toroide e il telaio.

Le due traverse d'interfaccia toroidali, presentano agli estremi, in corrispondenza del profilo esteso delle spalle equatoriali degli anelli (vedi sez. 4.4.1), due estrusioni. Le estrusioni, da ottenere tramite saldatura di appositi moduli rettangolari scatolari, costituiscono una **guida di posizionamento** in grado d'impedire al toroide di traslare sulla traversa del telaio mobile, si veda Figura 17 per i dettagli. La struttura proposta è soggetta alle valutazioni e alle eventuali modifiche che l'azienda Contraente vorrà proporre; modifiche che potrà applicare nel contesto della progettazione esecutiva del MOCKUP e della successiva realizzazione solo dopo l'approvazione di UniNA.

Requisito 018.

Le **guide di posizionamento** devono garantire il mantenimento della posizione del toroide sul telaio mobile bloccando le traslazioni nel piano orizzontale.

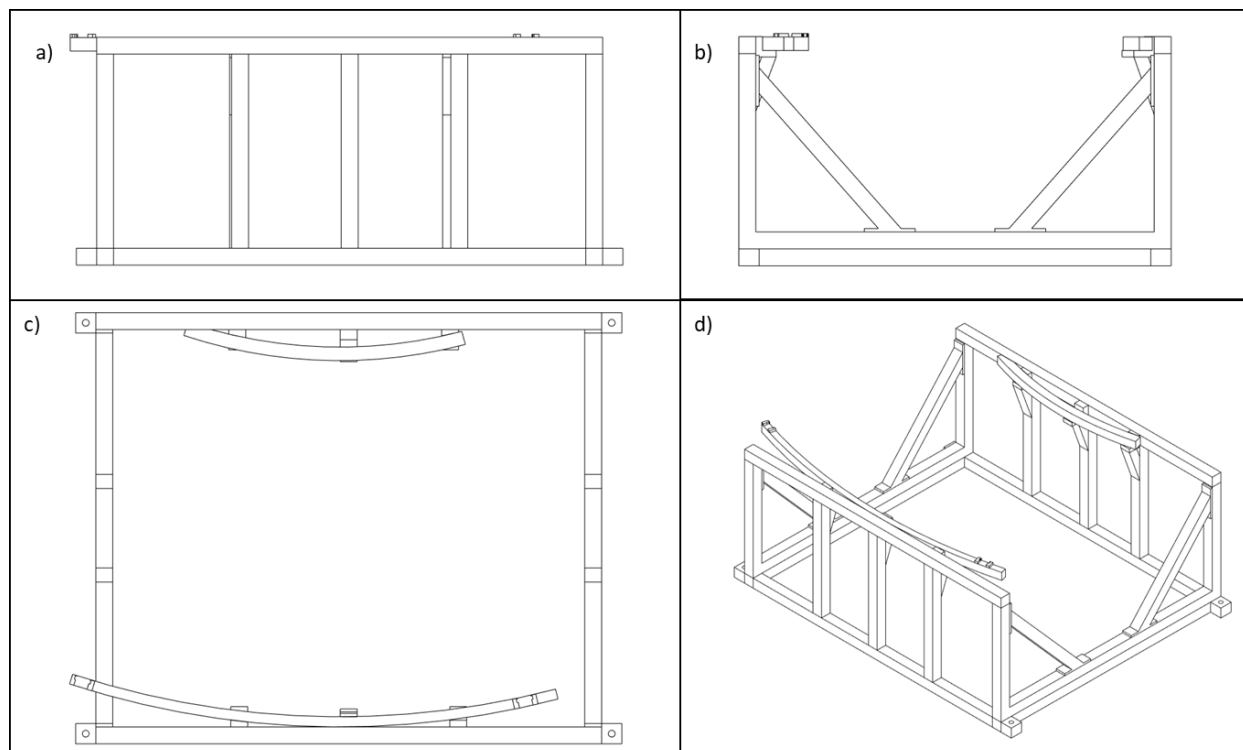


Figura 16. Prospetto geometrico del telaio mobile. Nell'immagine non sono stati rappresentati gli elementi che contribuiscono alla regolazione tridimensionale e la traversa d'interfaccia del toroide.

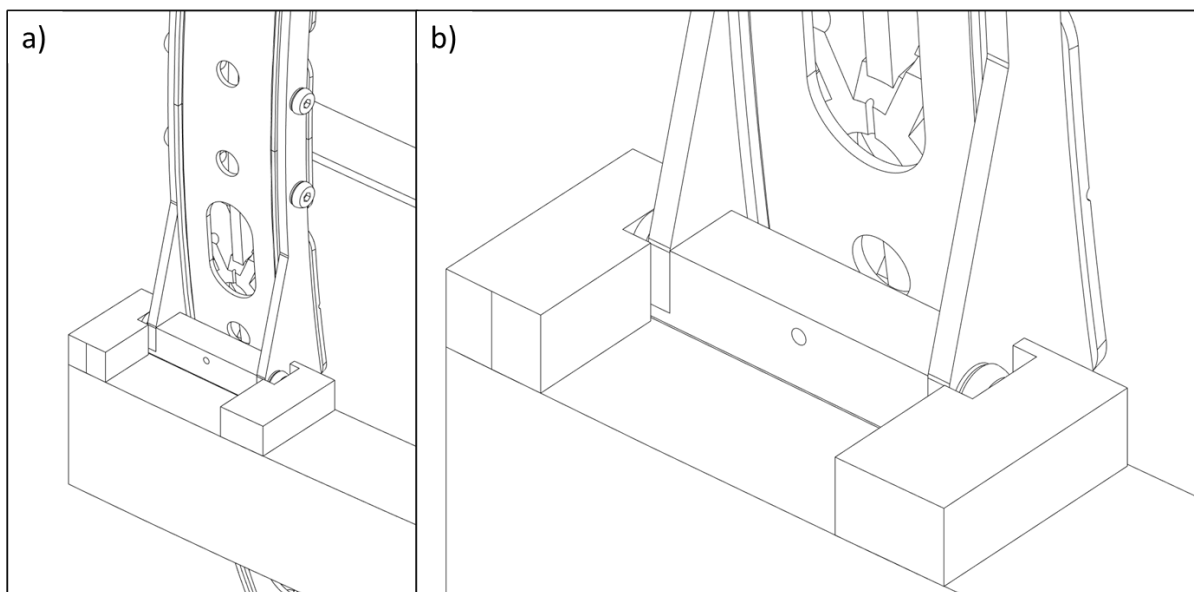


Figura 17. Guida di posizionamento del toroide sulla piastra d'interfaccia, intorno all'asse toroidale.

4.6.1 Sistemi di orientamento tridimensionale

Si vuole ottenere la regolazione del Telaio Mobile, attraverso degli elementi filettati che garantiscano la regolazione lungo i tre assi principali così come indicato nella Figura 18.

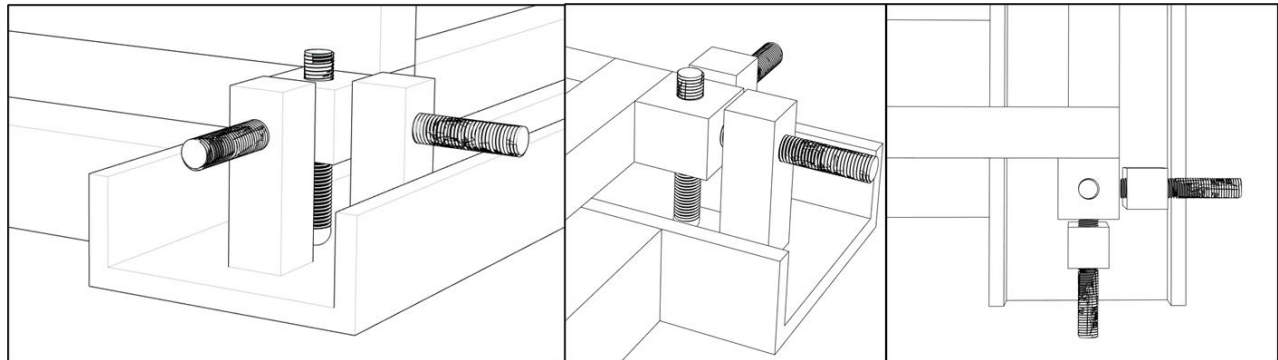


Figura 18. Sistema di orientamento tridimensionale per il telaio mobile.

Per garantire quest'obiettivo, bisogna progettare un sistema meccanico affinché il telaio mobile si possa orientare nello spazio e possa mantenere la configurazione scelta in modo preciso e duraturo. Per quanto riguarda la regolazione lungo la direzione verticale, nei quattro punti estremi del telaio, si propone l'utilizzo di pressori a sfera, che garantirebbero un'agevole traslazione sul telaio fisso, e allo stesso tempo, grazie all'elemento filettato, anche precisione nella regolazione d'altezza. Per quanto riguarda la traslazione nel piano orizzontale si sono considerati due ulteriori elementi filettati per ogni angolo del telaio, così come mostrato in Figura 18, in modo da garantire la traslazione lungo le due direzioni del piano. Il sistema oggetto di questa sezione viene concepito per garantire il requisito fondamentale per la corretta esecuzione del task, ovvero la coassialità del foro centrale d'accesso con l'asse del manipolatore.

Quelle elencate qui di seguito sono possibili soluzioni:

- Elementi filettati, interfacciati direttamente con la trave del telaio fisso.
- Pressori a molla a sfera, con la sfera interfacciata al telaio fisso.
- Piedi con coefficiente di attrito basso, che permettano la traslazione sulla trave del telaio fisso.

Considerando uno spostamento nell'ordine dei millimetri sulla trave di appoggio, appartenente al telaio fisso, l'elemento scelto per sostenere il telaio mobile deve garantire il sostegno della struttura e la possibilità di poter far traslare la struttura mobile su quella fissa.

Si indica quindi la massa complessiva, e quella ripartita nei quattro punti, che gli elementi scelti, dovranno sostenere, considerando un fattore di sicurezza coerente (non valutato in questi dati).

Componente	Massa [Kg]
Telaio Mobile	331
Toroide	141.7
Sollecitazione manipolatore verticale inferiore	15
Totale	487.7
Peso ripartito per supporto (4 SUPPORTI)	122

4.7 Telaio Fisso

Il telaio fisso costituisce la struttura di base del telaio che è costituita da due travi con profilo a C (su cui poggerà il telaio mobile del toroide), e cinque scatolari la cui disposizione e le cui dimensioni sono indicate nel modello CAD. Nella parte anteriore del Telaio Fisso, mostrato in Figura 19, deve essere assemblata la colonna del manipolatore. Questa è costituita da due travi con profilo HEA 200x100, che secondo la nostra proposta verrebbe montata su uno scatolare tramite saldatura. Lo scatolare su cui viene montata la colonna del manipolatore, deve essere orientato secondo le indicazioni fornite nel modello CAD, di modo che il suo asse longitudinale formi un angolo di 7.3° con l'asse del foro di accesso; di entrambi gli assi si considera una loro proiezione su un piano orizzontale.

Requisito 019.

La proiezione, su di un piano orizzontale, dell'asse longitudinale dello scatolare su cui viene montata la colonna di interfaccia con il manipolatore, deve formare un angolo di 7.3° con la proiezione, sullo stesso piano, dell'asse del foro d'accesso della macchina,

Sulla colonna appena descritta, deve essere montata sempre tramite saldatura una piastra, il cui asse longitudinale è parallelo allo scatolare di cui sopra, che predispone l'assemblaggio della trave di supporto su cui è montata la slitta del manipolatore. Le caratteristiche geometriche e dimensionali della piastra sono riportate nel modello CAD fornito.

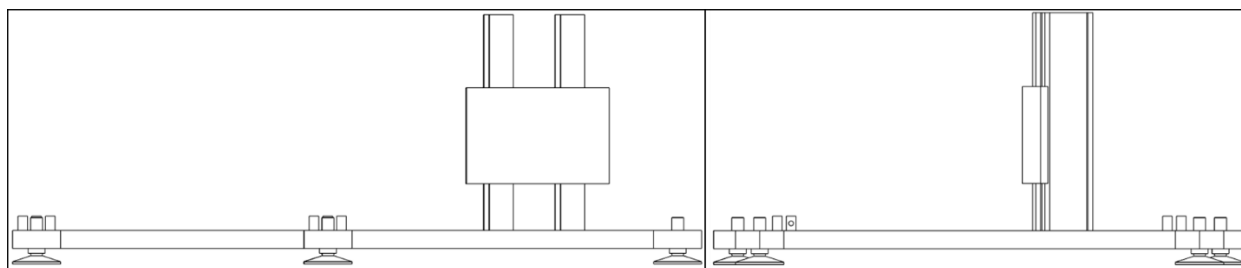


Figura 19. Telaio fisso

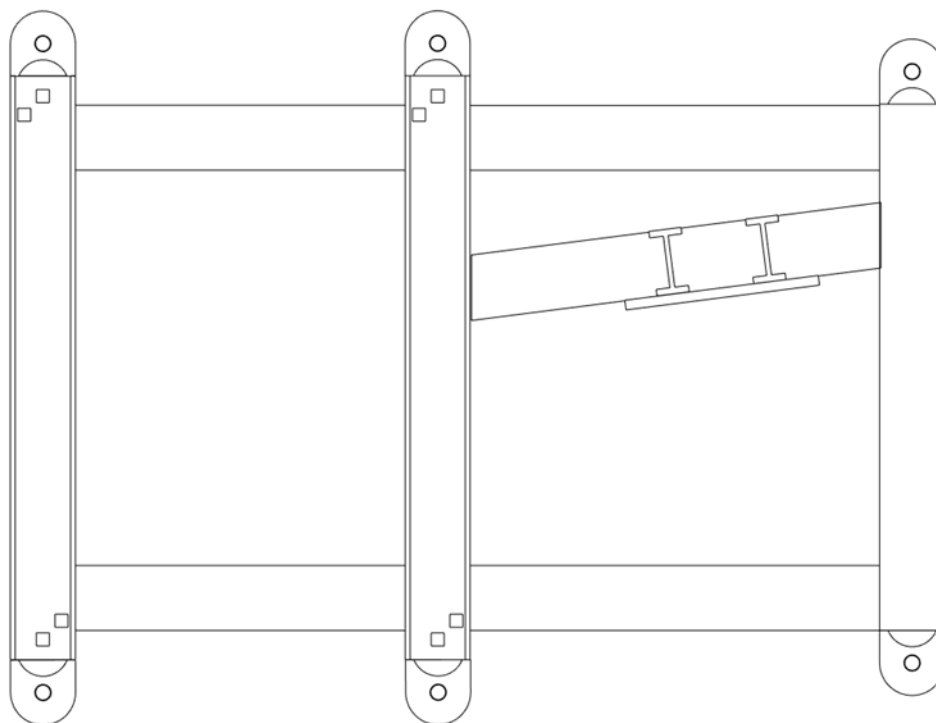


Figura 20. Vista dall'alto del Telaio Fisso

Per garantire la planarità del telaio fisso con il piano su cui verrà installato. Si sono predisposti sei elementi di regolazione su sei punti differenti lungo la struttura. Si è ritenuto opportuno considerare sei punti di appoggio e non quattro come nel telaio mobile, per poter scaricare il peso del telaio in più punti cosicché ogni eventuale piede di appoggio potesse subire un carico minore. Allo stesso tempo, data la lunghezza delle travi del telaio fisso, con sei punti d'appoggio distribuiti come in Figura 21, si scongiura un'eventuale, anche se minima flessione della struttura che potrebbe risultare critica per il requisito 12 circa la coassialità tra asse del foro d'accesso e asse longitudinale del manipolatore.

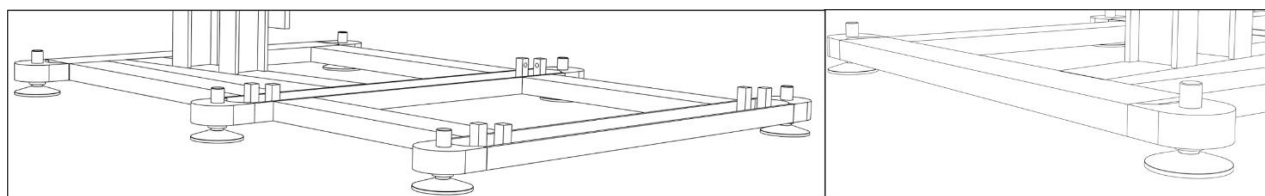


Figura 21. Sistema di regolazione telaio fisso.

Requisito 020.

Il telaio fisso deve garantire la condizione di planarità rispetto al piano d'appoggio. A tal fine è necessario progettare un sistema ad alta precisione che possa regolare il telaio fisso **in sei punti differenti**.

4.8 Dispositivo di trasporto

La macchina reale è fornita di un dispositivo di trasporto necessario per il completamento dell'estrazione o l'inserimento della tegola nella macchina. Questo dispositivo è costituito da un braccio con un unico grado di libertà (lineare lungo l'asse della porta d'accesso); sulla parte estrema di questo braccio è posto un meccanismo di locking-bush volto a favorire l'aggancio e lo sgancio della tegola così come viene fatto all'interno della macchina.

Un sistema con la stessa funzione deve essere inserito all'interno di questo MOCKUP. Il dispositivo non deve garantire il grado di libertà lineare così come nell'applicazione reale, ma la posizione e l'orientamento del foro di locking-bush devono essere rispettati.

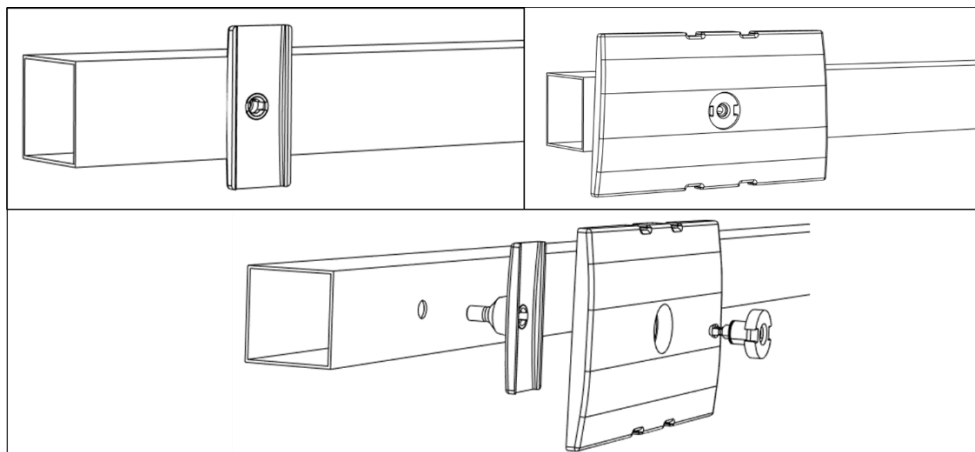


Figura 22. Concept della barra di aggancio/sgancio tegole per sostituire il dispositivo di trasporto montato nella macchina reale.

Una struttura come quella mostrata in Figura 22 andrebbe montata di modo che sia solidale al telaio mobile, in una configurazione che garantisca che l'angolo formato dall'asse della porta d'accesso e l'asse di quello che potrebbe essere un profilato metallico volto ad emulare il dispositivo di trasporto, sia di 30°. In Figura 23 si può apprezzare la configurazione che il dispositivo fisso, assemblato al telaio mobile, deve adottare.

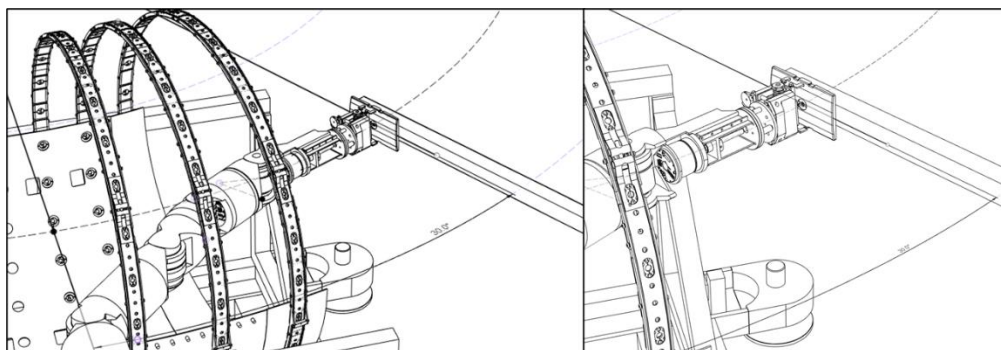


Figura 23. Simulazione di smontaggio tegola per l'estrazione dalla macchina.

Requisito 021.

Un sistema rigido, solidale al telaio mobile, deve essere predisposto a 30° dall'asse del foro d'accesso. Sulla parte estrema del braccio deve essere integrato il sistema di locking-bush di modo che la tegola possa essere agganciata e sganciata, così come avviene sulla macchina. L'asse longitudinale del sistema rigido deve essere coincidente al piano di mezzzeria toroidale. L'asse del foro del locking-bush deve essere ortogonale con l'asse longitudinale del sistema rigido; Il sistema di locking-bush deve essere rivolto all'interno della macchina.

4.9 Prodotti hardware da consegnare

La lista dei prodotti finali da consegnare è mostrata nella seguente tabella.

Tabella 5. Lista degli elementi da consegnare. Assieme: Settore toroidale

Assieme	Sotto-assieme	Nome componente	Q.tà	Materiale	Funzione
Settore Toroidale	Lamiera Toroidale	Lamiera Toroidale	2	Rame	Definizione dello spazio di lavoro in cui dovrà essere testato il manipolatore.
	Anello Completo (sezione poloidale)	Moduli per alloggio tegole	98	Torlon	Alloggiamento tegole sulla sezione poloidale
		Spalle laterali	28	Acciaio Inox	Collegamento dei moduli in Torlon consecutivi
		Spalle laterali equatoriali	28	Acciaio Inox	Interfaccia tra settore toroidale e telaio
		Banda di contenimento posteriore	14	Acciaio Inox	Serraggio degli anelli completi, formati dai moduli per l'alloggio tegole
		Tegola	10	Grafite	Elementi da montare/smontare
		Chiavetta	10	-	Montaggio/smontaggio tegole
		Locking-bush	196	-	Collegamento delle tegole al modulo in Torlon
		Moduli per guida posizionamento toroide	4		Bloccaggio del toroide sul telaio.
		Porta cilindrica con flangia	1	Alluminio	Test d'inserimento del manipolatore nella porta di accesso standard

Tabella 6. Lista degli elementi da consegnare. Assieme: Telaio di Supporto. Ogni dimensione deve essere verificata dall'Azienda Contraente. I dati forniti sono da considerarsi qualitativi

Assieme	Sotto-assieme	Nome componente	Q.tà	Materiale	Funzione
Telaio	Telaio mobile	Profilati [50x50, t=2.5]	16	Acciaio	Strutturale
		Profilati con taglio diagonale [50x50, t=2.5]	4	Acciaio	Strutturale
		Piastre d'interfaccia	2	Acciaio	Collegamento Toroide al telaio mobile
		Elementi filettati per regolazione altezza	4	Acciaio	Orientamento del telaio mobile nello spazio
		Elementi filettati per posizionamento telaio mobile	8	Acciaio	Posizionamento del telaio mobile rispetto all'asse del manipolatore
		Blocchi forati per gli elementi di fissaggio	8	Acciaio	Posizionamento del telaio mobile rispetto all'asse del manipolatore
		Dispositivo rigido di estrazione tegole	1	-	Permette la simulazione dello sgancio tegole con il dispositivo di trasporto
	Telaio Fisso	Profilati a C [200x75, t=5]	2	Acciaio	Strutturale
		Profilati scatolari [200x75] taglio obliquo	1	Acciaio	Strutturale
		Profilati scatolari [200x75]	5	Acciaio	Strutturale
		Piastra [600x400]	1	Acciaio	Strutturale per il manipolatore
		Travi HEA [200x100]	10		
		Piedi regolabili	6	-	Garantire la planarità del telaio fisso
		Elementi forati per i piedi	6	Acciaio	Garantire la planarità del telaio fisso

Questa lista di elementi costituenti il MOCKUP **non è da ritenersi definitiva**, in quanto ogni parametro geometrico e/o dimensionale **che riguarda il telaio fisso e il telaio mobile**, è da definire nell'ambito della progettazione esecutiva. È dovere del contraente, che dovrà verificare la fattibilità della realizzazione della struttura così descritta, **indicare quali modifiche apportare per migliorare il design e lo scarico delle reazioni vincolari** dovute al peso del settore toroidale e ai carichi di esercizio.

In aggiunta agli elementi inseriti in questa lista, **il fornitore dovrà includere ogni componente standard**, collegamenti e/o dispositivi di collegamento, strumenti specifici e attrezzature speciali necessarie per la produzione, la movimentazione, il collaudo e l'assemblaggio dei componenti.

4.10 Assemblaggio

In questa sezione si vogliono descrivere le procedure di assemblaggio delle varie componenti descritte nei paragrafi precedenti.

4.10.1 Assemblaggio settore toroidale

Considerata la descrizione di tutte le componenti del settore toroidale nei paragrafi precedenti:

- Tegole, che costituiscono la prima parete interna del MOCKUP
- Anelli, costituiti dai moduli di alloggiamento tegole
- Elementi di giunzione dell'anello
- Sistema di aggancio/sgancio tegole
- Lamiera toroidale in rame
- Porta cilindrica

si descrive la fase di assemblaggio della struttura toroidale.

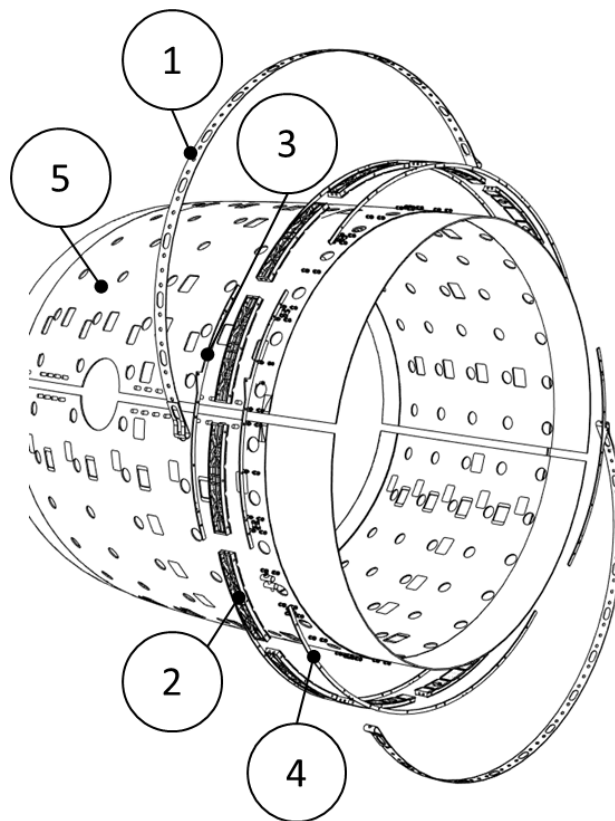


Figura 24. Vista esplosa dell'anello assemblato sul settore toroidale. 1 – Banda di contenimento; 2 – Modulo per alloggiamento delle tegole; 3 – Spalle equatoriali; 4 – Spalle laterali; 5 – Lamiera toroidale

4.10.1.1 Assemblaggio degli anelli

I primi elementi a dover essere assemblati sono gli anelli poloidali della struttura. Questi sono costituiti dai moduli in Torlon, e dalle spalle di supporto in acciaio.

I moduli in Torlon sono assemblati tra loro tramite:

- Elementi filettati interni longitudinali
- Elementi di supporto laterali
- Banda di contenimento posteriore

Gli elementi di supporto laterali sono resi solidali agli elementi in Torlon tramite collegamento filettato. Le specifiche relative al posizionamento dei fori, alla loro dimensione e agli elementi di collegamento sono tutti riportati nel file CAD allegato.

La banda di serraggio posteriore è costituita da due semi-anelli, che sono tenuti insieme da un collegamento filettato, che conferisce alla struttura un certo grado di cedevolezza elastica, necessario per assorbire le sollecitazioni interne della macchina. Queste bande ricavate sempre come prodotto di lamiera, vengono piegate nella porzione finale, così da ottenere il profilo mostrato in figura 24. I due semianelli vengono tenuti insieme da una vite M6x40, che funge da tirante.

Gli anelli poggiano sul telaio tramite le spalle equatoriali che sono caratterizzate da un profilo allungato appositamente concepito per il sostegno della struttura toroidale. Per garantire il posizionamento del toroide rispetto al telaio, si sfruttano due guide, poste sui due anelli estremi del MOCKUP. Le stesse guide vengono utilizzate nella macchina reale per fissare il posizionamento del toroide interno alla macchina da vuoto (VTSS).

La porzione di telaio destinata al supporto del toroide, tramite gli elementi equatoriali su descritti, è una traversa orizzontale, ottenuta da una trave scatolare a profilo rettangolare. Per garantire il sostegno della macchina su più punti si predispongono tre piastre d'interfaccia perlato. Fare riferimento al modello CAD.

Tra gli anelli e le tegole viene interposta la lamiera di rame che viene fissata tramite il collegamento filettato predisposto tra tegole e anelli, e dalle piastre equatoriali di fissaggio.

Come si evince da questa descrizione tutti gli assemblaggi inerenti al toroide sono da effettuare come collegamenti filettati. Si esclude a priori qualsiasi tipo di lavorazione di assemblaggio che determinerebbe l'alterazione delle proprietà meccaniche delle componenti in gioco, perché ci si discosterebbe dalle caratteristiche elastiche della macchina reale.

4.10.2 Assemblaggio Telaio Mobile

Considerati gli elementi costituenti il telaio del MOCKUP

- Telaio mobile
- Telaio fisso

e tutti i sotto moduli descritti precedentemente, in questa sezione si descrive la fase di assemblaggio dell'intero telaio.

Le travi con profilo a 'C' vanno saldate agli scatolari rettangolari, così come le colonne HEA 200x100 sugli scatolari della parte anteriore del telaio. Eventualmente a valle della analisi strutturale fatta sulla struttura si valuti l'applicazione di un profilo ad 'L' sulla parte posteriore della colonna.

La piastra di regolazione del manipolatore viene assemblata alle colonne con un'ulteriore piastra d'interfaccia (Dettaglio in Figura 25 e Figura 26). In questo modo si garantisce l'orientamento del manipolatore rispetto all'asse del foro d'accesso della macchina, tramite le 4 viti M25, disposte nei quattro angoli, con cui si gestisce lo scostamento della piastra orientabile dalla piastra d'interfaccia.

La slitta del manipolatore non è oggetto di questa gara.

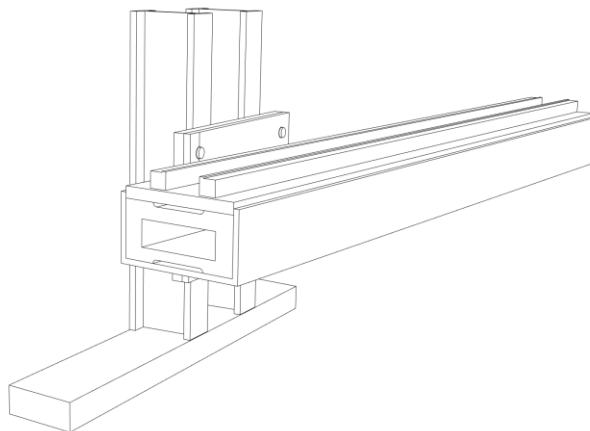


Figura 25. Slitta manipolatore assemblata alla colonna del telaio.

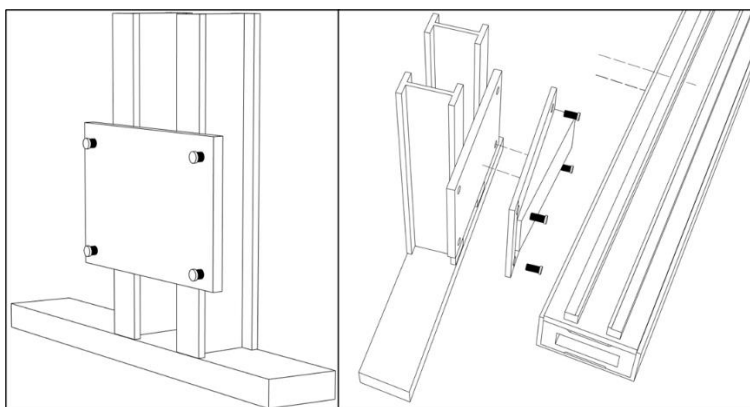


Figura 26. Criterio di montaggio del sistema di orientamento della slitta del manipolatore.

Il telaio mobile è costituito da tutti scatolari rettangolari che sono da assemblare tramite saldatura.

L'interfaccia tra il telaio mobile e il telaio solidale al terreno è gestita da quattro elementi di regolazione che poggiano sulle travi con profilo a 'C'. Altri sei piedi regolabili vengono inseriti negli occhielli disposti nei punti indicati in Figura 18.

5 Documentazione tecnica richiesta al contraente

Si ritiene oggetto del bando di gara, la produzione e la consegna dei seguenti documenti, che devono essere considerati parte integrante della progettazione esecutiva del MOCKUP:

1. Modello CAD dettagliato di ogni singola componente costitutiva del MOCKUP e il modello CAD del complessivo. I modelli forniti devono essere “as built”.
2. Messe in tavola di tutte le parti modellate e inserite nella progettazione esecutiva complete di tutte le tolleranze geometriche e dimensionali necessarie a garantire il rispetto dei requisiti funzionali. Questi disegni devono contenere tutte le eventuali modifiche risultanti dalle attività di assemblaggio fino al trasporto al Sito. Tutti i disegni devono essere realizzati secondo gli standard Europei ed essere in formato elettronico riproducibile come copia fisica. I formati richiesti sono:
 - a. 2D: Portable Document Format (PDF)
 - b. 3D: formati universali quali .step o .iges sono suggeriti. Il costruttore potrebbe concordare con UNINA formati diversi se richiesto.

Le messe in tavola 2D devono avere:

- a. Nome del fornitore e logo
 - b. Numero parte
 - c. Titolo
 - d. Descrizione componente
3. *Bill of materials* (BOM) dettagliato di tutti i componenti costituenti il MOCKUP
4. Report sulle analisi strutturali statiche eseguite sul MOCKUP in cui viene valutata la capacità della struttura di resistere ai carichi di esercizio durante le fasi operative descritte nel paragrafo 4.
5. Documento di test e collaudo finale

6 Test di accettazione in azienda FAT

In tabella sono indicati i test da eseguire per la validazione della fornitura del MOCKUP. Vengono specificati quali di questi devono essere eseguiti in azienda a valle della produzione, e quali devono essere eseguiti sul sito d'installazione del MOCKUP, una volta che questo è stato consegnato.

Tabella 7. Test da eseguire in Azienda

Descrizione	Sezione	FAT	SAT
Ispezione visive	6.2	FAT.01	SAT.01
Ispezione dimensionale	6.3	FAT.02	SAT.02
Ispezione delle saldature	6.4	FAT.03	-
Ispezione dell'assemblaggio del toroide	-	FAT.04	SAT.03
Ispezione dell'assemblaggio del telaio mobile	-	FAT.05	SAT.04
Ispezione dell'assemblaggio del telaio fisso	-	FAT.06	SAT.05

I test devono essere eseguiti in una zona diversa dall'area di produzione, dopo che ogni componente è stata opportunamente pulito. Ogni componente del MOCKUP prodotto va infatti lavato ed eventualmente lucidato, e su ognuno di questi vanno eseguiti i test indicati di seguito:

1. Ispezione visiva
2. Ispezione delle saldature (se necessario)
3. Ispezione dimensionale

Il Contraente è raccomandato di eseguire quanti più test ulteriori ritiene necessario, di modo da garantire il raggiungimento dei requisiti di progetto.

Inoltre, viene richiesto che a valle della realizzazione dei sottosistemi e dell'assemblaggio del sistema FARHA-ONE, vengano effettuate analisi sullo stesso al fine di verificare:

- Che la struttura mantenga la configurazione assegnata, a livello di planarità con il terreno e orientamento nello spazio;
- La coassialità tra gli assi di cui nella sez. 4.7;
- Che il telaio mobile possa sostenere il peso del toroide;
- Che il telaio fisso possa sostenere il peso del telaio mobile, del toroide e del manipolatore;

6.1 Indicazioni generali per i Test di accettazione in azienda (FAT)

Prima di eseguire ognuno dei test indicati, il Contraente deve richiedere ad UniNA l'approvazione del piano di test, in cui deve essere indicato.

1. Obiettivo del test;
2. Componente/i oggetto del test;
3. Specifiche del test e procedure che s'intende seguire facendo riferimento ai requisiti e alle immagini di questo documento di specifiche;
4. Condizioni al contorno stabilite per il test;
5. Descrizione formale e/o schema del set-up meccanico concepito per l'esecuzione del test;
6. Documentazione prevista/dati da registrare che devono includere come minimo:
 - tutti i parametri procedurali, dell'attrezzatura e di calibrazione necessari per fornire una base di confronto con esami successivi;
 - un disegno o schizzo contrassegnato che indica la saldatura, la parte o l'assemblaggio esaminato, il numero di identificazione dell'oggetto o della parte, i punti di riferimento e le convenzioni di coordinate utilizzate per la posizione e altre informazioni di identificazione necessarie. È consigliato anche fare riferimento ai nomi delle componenti del modello CAD fornito.

Tutti i piani di prova saranno inclusi nei documenti di "Piano di Prova di Assemblaggio in Fabbrica e Accettazione" (FAT) e nel "Piano di Prova di Assemblaggio in Sito e Accettazione" (SAT).

Dopo l'esecuzione di ciascuna prova, l'intero set di risultati ottenuti viene confrontato con i valori di accettazione, ai record, ai certificati e alle curve di performance e sarà raccolto in un rapporto di prova insieme alla dichiarazione finale di risultato positivo o negativo (non conformità) sulla base dei difetti o delle anomalie rilevate.

Tutti i rapporti di prova saranno inclusi nel **Rapporto Tecnico Finale**.

Il Contraente eseguirà le prove SOLO dopo l'approvazione della procedura di prova da parte di UniNA e SOLO se UniNA o i suoi rappresentanti sono stati informati sulle prove in conformità con quanto concordato.

Tutte le attività per le prove saranno svolte da personale qualificato e certificato ai livelli 2 e 3 in conformità con la norma EN ISO 9712 e ANSI/NETA ETT "Standard for Certification of Electrical Testing Technicians" o altre norme o schemi di certificazione riconosciuti equivalenti.

Queste attività di prova comprenderanno:

1. Impostazione e verifica dell'attrezzatura;
2. Esecuzione e supervisione delle prove;
3. Interpretazione e valutazione dei risultati;
4. Esecuzione dei metodi di prova;

5. Designazione dei particolari metodi di prova, procedure ed istruzioni di prova da utilizzare.

Le procedure e le istruzioni di prova saranno sviluppate dal Contraente e approvate da UniNA prima che possa iniziare qualsiasi prova. Il Contraente fornirà tutta l'attrezzatura di prova, strumentazione di misura e registrazione e personale qualificato. L'attrezzatura di misura dovrà essere dimostrata essere stata recentemente calibrata. Il Contraente testerà tutti gli assiemi, tutti i sottoassiemi e tutte le componenti all'interno dell'Area Pulita, assicurandosi di aver pulito tutto ciò che verrà testato. Se le condizioni atmosferiche non sono indicate come requisito di prova, la temperatura ambiente e l'umidità saranno registrate e documentate nel rapporto di prova.

Il committente supervisionerà le fasi del FAT, tramite l'intervento di un suo delegato.

Le pratiche di sicurezza consigliate per quanto riguarda i pericoli elettrici per tutto il personale che si occupa di applicazioni ad alta tensione e misurazioni sono fornite nello standard IEEE Std 510-1983 "IEEE Recommended Practices for Safety in High Voltage and High Power Testing".

Il fallimento della prova sarà registrato come non conformità del componente/sottoinsieme alla specifica tecnica e tempestivamente comunicato a UniNA. La non-conformità del componente o del sottoinsieme è diretta conseguenza del non raggiungimento del requisito di progetto per la cui verifica di raggiungimento viene imbastito il test. Dopo l'aggiustamento, la modifica o la riparazione concordata con UniNA ed eseguita dal Contraente, il Contraente sottoporrà il componente a ripetizione dell'ispezione e/o delle prove. Nel caso di non approvazione, quindi di una non conformità importante o se il componente fallisce nuovamente durante la prova senza ottenere le prestazioni richieste, il Contraente eseguirà la produzione di un nuovo sottoinsieme.

Come gestione normale delle non conformità, l'intero costo della completa ripetizione della prova sarà a carico del Contraente.

6.2 Ispezione visiva

Il Controllo Visivo (VT) deve essere effettuato sull'intera superficie del FARHA-ONE, seguendo le linee guida della norma ISO 20890-4 come requisiti di ispezione sotto forma di:

- Controllo visivo generale (panoramica in conformità con la Sezione 3.8 della norma ISO 20890-4): ispezione visiva su aree del componente per osservarne lo stato generale, l'integrità e lo stato di degradazione, oppure
- Controllo visivo selettivo (proprietà specifiche in conformità con la Sezione 3.9 della norma ISO 20890-4): ispezione visiva locale per il riconoscimento univoco di proprietà specifiche con registrazione dello stato delle parti, componenti o superfici da esaminare in relazione a crepe, usura, corrosione, erosione o danni meccanici sulla superficie delle parti o dei componenti.

I test visivi devono essere condotti su aree di prova specifiche. Il Contraente deve definire le aree di prova rappresentative di tutte le parti, componenti o superfici della FARHA-ONE e presentarle a UniNA per

l'approvazione. Lo stato effettivo delle aree di prova deve essere registrato in confronto allo stato obiettivo atteso.

Le deviazioni dallo stato obiettivo devono essere documentate come indicazioni evidenti. Le deviazioni dallo stato atteso possono essere ad esempio:

- Modifiche superficiali;
- Separazioni di materiali;
- Danni meccanici;
- Corrosione, erosione, usura;
- Difetti evidenti ai giunti a vite;
- Difetti evidenti ai giunti di punti di misura e linee;
- Spostamento di componenti;
- Parti allentate o smarrite;
- Depositi o corpi estranei.

Le indicazioni evidenti rilevate durante un controllo visivo generale devono essere esaminate e valutate tramite un controllo visivo selettivo. Il risultato del controllo visivo selettivo deve essere documentato secondo quanto proposto dal Contraente e approvato da UniNA.

Se vengono rilevati difetti evidenti, ne deve essere determinata e documentata la posizione, l'aspetto e, se possibile, la dimensione nel rapporto di prova.

Si applicano anche le linee guida e i requisiti delle seguenti norme: EN 1330-10, EN 13018, EN 13927.

In base all'accessibilità e al grado di dettaglio richiesto, deve essere utilizzato il controllo visivo diretto o remoto, quest'ultimo potendo essere effettuato come controllo visivo meccanizzato.

Il Contraente deve sviluppare le procedure di VT e presentarle a UniNA per l'approvazione prima che possa iniziare qualsiasi VT. Le ispezioni visive devono essere effettuate:

- a. Sia prima che dopo la pulizia;
- b. Sia prima che dopo le operazioni di assemblaggio;

I risultati registrati del VT devono essere riportati dal Contraente nel Rapporto di Ispezione Visiva in Fabbrica da includere nel Rapporto di Accettazione e Assemblaggio in Fabbrica (vedere Sezione 9.2.2.2).

In caso di VT remoto, l'attrezzatura utilizzata deve essere calibrata e controllata, e i rapporti di questi controlli devono essere consegnati ad UniNA, prima della richiesta di approvazione dell'esecuzione dei test.

6.3 Ispezione dimensionale

Le tolleranze (dimensionali e geometriche) specificate nella progettazione esecutiva, devono essere rispettate dal Contraente. Le dimensioni e le tolleranze specificate nei disegni esecutivi devono essere soddisfatte nella fase finale della fabbricazione. Queste tolleranze finali definiscono i criteri di accettazione per le ispezioni dimensionali, e vanno presentate nel documento di progettazione esecutiva e approvate da UniNA.

Le ispezioni dimensionali devono essere effettuate utilizzando un sistema di metrologia 3D con i componenti disposti in condizioni rilevanti per l'assemblaggio.

Le ispezioni dimensionali vanno effettuate ad una temperatura di 293 K (± 2 K).

Salvo diversa indicazione, si applicano le tolleranze generali specificate nei disegni della progettazione esecutiva in conformità con la norma EN ISO 22081.

Il Contraente deve sviluppare i disegni di produzione e realizzare le parti del FARHA-ONE con tolleranze individuali adeguate che siano coerenti con le tolleranze finali (tolleranze nella fase finale della fabbricazione). La catena dimensionale con tolleranze dell'intero insieme deve essere sviluppata dal Contraente considerando le incertezze durante la produzione e l'assemblaggio delle parti, compresi gli effetti delle distorsioni dovute alla saldatura.

Le coordinate delle caratteristiche geometriche devono essere misurate con laser tracker o fotogrammetria come sistemi di misurazione tridimensionale (3D). Macchine di misurazione coordinate tridimensionali come bracci articolati e macchine a ponte possono integrare le misurazioni.

Tutte le attrezzature metrologiche utilizzate per l'allineamento e le attività metrologiche devono essere calibrate e controllate. L'attrezzatura selezionata dal Contraente deve essere idonea per i requisiti del processo di misurazione considerando: incertezza di misura, velocità di acquisizione dei dati, geometria di misurazione, condizioni ambientali locali.

L'incertezza di misura deve essere calcolata per tutte le misurazioni riportate, con un valore d'incertezza che non deve superare il 15% della tolleranza applicabile alla caratteristica misurata. Equivalentemente, il Rapporto tra Tolleranza e Incertezza deve essere maggiore di 5. Si consiglia di mantenere un'incertezza del 10% o meno per ottimizzare la tolleranza disponibile applicabile alla caratteristica interessata.

L'ispezione dimensionale richiede un allineamento accurato e preciso dei componenti. La specifica di progettazione è ottenere un'incertezza non superiore a $\pm 0,2$ mm entro un ambiente di temperatura di ± 5 K. Sono previste verifiche dimensionali intermedie da parte del Contraente durante il processo di fabbricazione.

Prima dei test, il Piano di Assemblaggio e Accettazione in Fabbrica (FAT) deve essere inviato a UniNA per l'approvazione. Le specifiche della procedura di prova, i valori di accettazione e i risultati registrati dei test dimensionali devono essere riportati dal Contraente nel Rapporto Dimensionale di Assemblaggio e Accettazione in Fabbrica (FAT).

Le ispezioni dimensionali devono essere effettuate per verificare il rispetto delle tolleranze specificate:

1. In primo luogo, nel modello CAD
2. In secondo luogo, nei disegni prodotti nell'ambito della progettazione esecutiva

6.3.1 Sistema di riferimento

Il principale sistema di riferimento utilizzato per il FARHA-ONE è il sistema di coordinate globale del settore toroidale, un sistema di riferimento cartesiano tridimensionale in cui x è la direzione radiale appartenente al piano mediano del MOCKUP, y è la direzione verticale con origine al piano equatoriale e z univocamente determinato. Il **sistema di coordinate del settore (SCS)** è un sistema di riferimento cartesiano tridimensionale con origine ($x'=0, y'=0, z'=0$) con piano equatoriale (x', y').

Sistemi di coordinate locali possono essere definiti per l'ispezione dimensionale durante la produzione. Le ispezioni dimensionali devono essere effettuate durante il processo di fabbricazione completo con frequenza di ispezione intermedia per anticipare eventuali problemi e prevenire non conformità.

Si propone di individuare le seguenti superfici di riferimento nei disegni di specifica tecnica prodotti dalla progettazione esecutiva:

- A. Il piano verticale A biseziona il MOCKUP e il suo settore medio. Il riferimento di riferimento A si basa sulle coordinate del piano di mezzeria del toroide. Il riferimento di riferimento A determina il piano (x, z);
- B. Il riferimento B deve essere perpendicolare al riferimento A ed equidistante dai piani di mezzeria dei moduli di alloggio tegole. Il riferimento B determina il piano (x, y);
- C. Il piano verticale C è perpendicolare ad A e B passa attraverso $R=1995$ mm.

L'ordine di precedenza per la definizione dei riferimenti è A, B, C in conformità con la norma EN ISO 8015 al fine di determinare il graduale controllo e la limitazione dei gradi di libertà.

Per ciascun settore appartenente al MOCKUP FARHA-ONE, è definito un piano poloidale come riferimento di riferimento per localizzare toroidalmente l'asse dei fori lungo il piano di mezzeria dei moduli di alloggio tegole e la porta centrale, coincidente con il piano di mezzeria di ogni anello poloidale (vedi sez. 4)

6.4 Ispezione delle saldature

È richiesta una verifica delle saldature, col fine di assicurarsi che non ci siano difetti di lavorazione che possano incidere sul corretto funzionamento di tutti i sistemi del FARHA-ONE.

In particolare, si chiede di verificare che la saldatura della porta d'accesso del settore toroidale, non vada a diminuire il diametro interno del cilindro. Questo non può essere minore di $\phi 155$ mm.

E' richiesta una verifica delle saldature in corrispondenza dei sistemi di regolazione del telaio mobile e del telaio fisso.

Nel contesto dell'ispezione di saldatura, se viene verificato che i cordoli di saldatura dovessero ostruire, o complicare il funzionamento di questi elementi (ad esempio, lo scorrimento del telaio mobile sul telaio fisso risulta ostacolato o impedito), il componente e/o il sistema in questione dovrà essere considerato come non conforme alle specifiche e ai requisiti di progetto.

Così come indicato nelle sezioni precedenti all'atto della qualifica di non conformità, il Contraente dovrà proporre una soluzione, modificare o riprodurre il componente non conforme.

Metodi di testing non distruttivo devono essere definiti dal fornitore ed accettati dal committente.

7 Requisiti di qualità

Si richiede all'Azienda Contraente che rispetti i requisiti di qualità definiti dalle seguenti norme:

1. ISO 9001:

- Implementare i principi di gestione della qualità stabiliti dalla norma ISO 9001 per garantire la qualità e l'affidabilità del processo di produzione dei cuscinetti e delle tenute.

4. Regolamentazione REACH (Registrazione, Valutazione, Autorizzazione e Restrizione delle Sostanze Chimiche):

- Assicurarsi che i materiali utilizzati nei cuscinetti e nelle tenute rispettino le disposizioni di questa regolamentazione europea sulla gestione delle sostanze chimiche.

5. Direttiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances):

- Garantire che i cuscinetti e le tenute siano conformi alla direttiva RoHS, che limita l'uso di sostanze pericolose come piombo, mercurio, cadmio, cromo esavalente, PBB e PBDE.

8 Requisiti Logistici – Benestare al trasporto

Dopo aver constatato, tramite i collaudi del WP-8 (vedi sez. 3.2), che il MOCKUP è idoneo a compiere le operazioni richieste e che tutti gli oggetti della fornitura sono stati realizzati, il Committente autorizzerà l'Azienda Contraente ad effettuare il trasporto in Sito della Fornitura. Come già anticipato nella sez. 3.4, la prima fase di collaudo e verifica interesserà solo il toroide; la seconda fase di collaudo interesserà solo il telaio mobile; la terza fase di collaudo interesserà il telaio fisso; presso il sito UniNA si svolgerà il collaudo (SAT) di tutto il complesso. La spedizione del MOCKUP realizzato dovrà essere effettuata in un unico viaggio, e comprenderà i tre sotto-assiemi già assemblati.

8.1 Imballaggio e protezioni

Tutti gli oggetti del MOCKUP (Toroide, Telaio Mobile, Telaio Fisso) e le attrezzature di collaudo dovranno essere racchiuse in casse di legno. Tali casse di legno dovranno servire sia a proteggere gli oggetti durante il trasporto che a custodirli nel Sito nei periodi nei quali il MOCKUP non verrà utilizzato.

L'Azienda Contraente dovrà perciò fornire delle casse di adeguata robustezza, verniciate e pulite all'interno, facilmente apribili e richiudibili e dotate al loro interno di zeppe in grado di sostenere e vincolare le varie parti degli oggetti del sistema di manipolazione remota.

Si prevedono tre casse principali per:

- Toroide
- Telaio mobile
- Telaio fisso

Durante il trasporto ed il deposito in magazzino, tutte le componenti devono essere riposte in scatole/contenitori che ne evitino il danneggiamento. Componenti piccoli devono essere avvolti e sigillati in apposite buste di polietilene. Devono essere prese misure di sicurezza affinché le scatole non possano essere danneggiate da eventi atmosferici. Il fornitore deve considerare tutti i rischi del trasporto e dell'immagazzinamento e adottare delle soluzioni in grado di garantire la sicurezza delle componenti in tutte le fasi del trasporto (imballaggio, trasporto e scarico al sito).

8.2 Guida per il trasporto e la consegna verso il sito: Federico II

Il vincitore della gara dovrà informare in anticipo l'Università degli Studi di Napoli Federico II della consegna. Tutti i component, prototipi, strumenti devono essere recapitati al seguente indirizzo:

Università degli Studi di Napoli Federico II – Laboratorio MARTE - Corso Nicolangelo Protopisani, 70
80146 Napoli (NA), ITALY

Assegnatario della consegna: Prof. Giuseppe Di Gironimo

NOTA: La posizione precisa della sede per la consegna e l'installazione, il nome della persona da contattare, le modalità di accesso ed ulteriori formalità saranno comunicate per tempo al vincitore della gara prima della data del trasporto.

9 Accettazione del prodotto in loco SAT

L'accettazione finale dell'intera fornitura avrà luogo dopo la consegna del MOCKUP presso la sede del Sito indicato. Il Committente si accerterà che gli oggetti siano in buone condizioni e che nessun danno si sia verificato durante il trasporto. L'accettazione finale richiede la consegna da parte del Contraente di tutti i certificati, rapporti e documenti previsti da queste Specifiche Tecniche.

Considerando i requisiti descritti nel documento, il test di accettazione in loco (SAT) hanno lo scopo di verificare che il MOCKUP soddisfi i suddetti requisiti specificati nel contratto e che sia pronto per l'integrazione nell'ambiente di lavoro presso il sito del Committente.

Le procedure di test saranno eseguite conformemente alla documentazione tecnica fornita dal fornitore e includeranno, ma non saranno limitate a:

1. Verifica delle funzionalità di movimento, posizionamento e precisione del sistema di orientamento del MOCKUP.
2. Verifica della comunicazione e dell'integrazione con il manipolatore.
3. Verifica della sicurezza e conformità normativa.
4. Integrazione con il manipolatore: descrizione dei test effettuati e risultati ottenuti.
5. Sicurezza e Conformità Normativa: descrizione dei test effettuati e risultati ottenuti.

Il Contraente parteciperà a tutti i Test di Accettazione in Sito indicati in Tabella 7 (vedi sez. 6.1), in conformità ai requisiti specificati e ai criteri di accettazione. Il Contraente deve rispettare qualsiasi procedura di sicurezza del sito. Il Contraente deve considerare come non conformità qualsiasi risultato non atteso, problema verificatosi o

mancata conformità ai requisiti al termine di ciascun test di accettazione in sito, seguendo le indicazioni date in questo documento e nei documenti applicabili pertinenti. Il Contraente deve proporre e intraprendere tutte le azioni necessarie per risolvere eventuali problemi identificati durante i test di accettazione in sito al fine di conformarsi a tutti i requisiti, in collaborazione e solo dopo l'approvazione da parte di UniNA.

I risultati dei Test di Accettazione faranno parte del Rapporto Tecnico Finale.

Il Contraente è responsabile di effettuare eventuali riparazioni o modifiche necessarie a seguito del mancato soddisfacimento di uno qualsiasi dei requisiti di progetto, quando il fallimento è direttamente attribuibile al processo di produzione e/o di assemblaggio del Contraente.

9.1 Ispezione visiva (inclusi i componenti pre-assemblati prima dello smontaggio)

(vedere la sezione 6 - Test di Accettazione in Fabbrica)

9.2 Ispezione dimensionale

(vedere la sezione 6 - Test di Accettazione in Fabbrica)"

10 Informazioni richieste in sede di presentazione dell'offerta

L'offerta del Contraente dovrà contenere le informazioni e i dati richiesti nei seguenti paragrafi.

10.1 Precedenti analoghe forniture

Il Contraente dovrà presentare l'elenco delle principali forniture di MOCKUP simili a quello descritto o strutture similari effettuate negli ultimi anni. Per ciascuna di esse dovranno essere indicati:

- Il cliente
- La data di consegna
- L'importo del contratto
- Le principali caratteristiche tecniche, tra cui le caratteristiche dell'ambiente di lavoro, il tipo di controllo dei giunti, le caratteristiche dei componenti impiegati per la costruzione, la precisione e la ripetibilità del posizionamento dell'end-effector, i provvedimenti adottati per preservare la pulizia dell'ambiente.

10.2 Personale dedicato al contratto. Attrezzature. Subfornitori

Qualora preveda di utilizzare subfornitori, il Contraente dovrà indicare quali componenti saranno oggetto di subfornitura e quali operazioni saranno eseguite presso i subfornitori. Anche per essi dovranno essere forniti i dati richiesti in questa sezione.

10.3 Informazioni sul progetto

Il Contraente dovrà presentare il proprio progetto-offerta nel rispetto dei requisiti funzionali e costruttivi descritti nelle presenti Specifiche Tecniche. In particolare, il Contraente dovrà indicare, separatamente per ognuno degli oggetti del contratto elencati nella sezione 4:

1. Per i componenti di normale produzione: il tipo, l'azienda produttrice, le caratteristiche tecniche.
2. Per i componenti costruiti su disegno: il materiale impiegato, il ciclo costruttivo, le procedure di assemblaggio, le tolleranze dimensionali proposte.
3. Per tutti i componenti destinati ad operare all'interno del MOCKUP: i mezzi idonei ad evitare contaminazione della stessa.

Nel caso in cui il Contraente volesse proporre modifiche a quanto richiesto nelle presenti Specifiche Tecniche, essa dovrà attenersi a quanto riportato nel paragrafo 10.6.

10.4 Assistenza tecnica

Il Contraente dovrà presentare una proposta di contratto di assistenza tecnica e manutenzione, con riferimento alle condizioni attuali di mercato.

Il Contraente dovrà presentare, un Programma convenzionale dei lavori, che verrà utilizzato ai soli fini revisionali.

10.5 Tempo di consegna

Il Contraente dovrà indicare, il tempo complessivo previsto per l'esecuzione delle opere oggetto dell'offerta. Si richiede pertanto la stesura di un "Diagramma delle principali scadenze temporali" (**Diagramma di GANTT**)

La Ditta dovrà presentare un diagramma delle principali scadenze ("milestones"), tra le quali dovranno comunque essere compresi:

1. La consegna del **Rapporto di progetto esecutivo** per i vari oggetti della fornitura.
2. La conclusione della costruzione per i vari oggetti della fornitura.
3. La conclusione dei collaudi sui singoli oggetti della fornitura.
4. La conclusione del collaudo tecnico finale.
5. La consegna della fornitura nei Siti.

10.6 Modifiche

L'Azienda potrà proporre modifiche alle presenti Specifiche Tecniche, tendenti a migliorare o semplificare particolari aspetti della presente fornitura. Tali modifiche non esimono l'Azienda dal presentare un'offerta nel pieno rispetto delle presenti Specifiche Tecniche e devono essere quotate in alternativa.

10.7 Prezzi

Il Contraente dovrà fornire le informazioni sui prezzi relativi ai prodotti descritti e presenti Specifiche Tecniche, considerando anche tutti gli altri servizi descritti.

10.7.1 Prezzo complessivo

Il Contraente dovrà esporre in offerta il prezzo complessivo della fornitura nella valuta del proprio Paese.

Per ciascun oggetto della fornitura descritto in questo documento di Specifiche Tecniche, Il Contraente dovrà indicare il relativo prezzo, a sua volta suddiviso nelle voci: progetto esecutivo, prototipi (dove applicabile), costruzione, collaudi, imballaggio.

Il Contraente dovrà inoltre elencare i prezzi delle attività non attribuibili ai singoli oggetti (collaudo tecnico finale, trasporto ed eventuali altri). Il totale dei prezzi parziali dovrà coincidere con il prezzo complessivo di offerta.

Il Contraente è tenuto ad indicare la variazione di prezzo associata a qualsiasi eventuale modifica proposta ed approvata dal Committente.

La variazione di prezzo è da considerarsi elemento costituente e determinante della proposta di modifica stessa.

10.7.2 Prezzo sui singoli componenti

Il Contraente dovrà riportare i prezzi dei singoli componenti, come adottati per la formulazione dell'offerta. Tali prezzi verranno utilizzati per l'eventuale ordine di parti integrative. Dovranno essere indicati almeno i prezzi dei seguenti componenti:

1. Ciascun elemento degli anelli strutturali del toroide, incluse lavorazioni, elementi di collegamento e simili.
2. Ciascun elemento costituente il toroide, incluse lavorazioni, elementi di collegamento e simili.
3. Ciascun elemento meccanico di tutto il MOCKUP.

10.7.3 Prezzo per spese ulteriori

Si richiede al Contraente di considerare spese extra dovute ad un numero non prefissato (fino al momento del KoM) di parti di ricambio e lavorazioni ulteriori non considerate durante la stesura del documento (es. verniciatura).

11 Condizioni a lungo termine

Una garanzia minima di due (2) anni deve coprire tutte le componenti definite, contro difetti sul design, la costruzione e l'installazione. La garanzia è limitata al costo diretto di riparazione ed eventuale sostituzione del componente.