

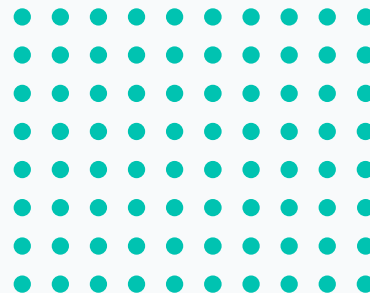


PROGETTO

Prototipazione Virtuale

Emanuele Cuzzocrea
Silvia Leo

Prof.
Giuseppe di Gironimo



Indice

01

Introduzione e
requisiti

02

Modellazione

03

Analisi FEM

04

Simulazioni
cinematiche

05

Ergonomia

06

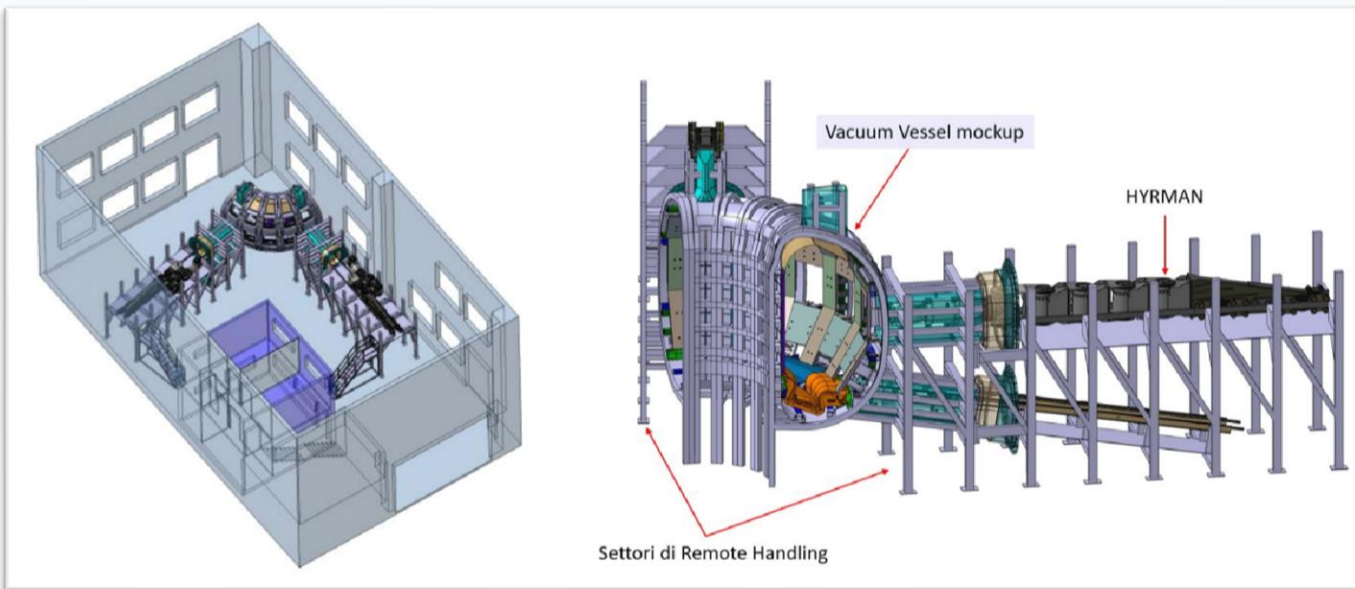
Conclusioni





1. Introduzione e requisiti

Il progetto consiste nella Prototipazione Virtuale del sistema di attrezzature ausiliarie, che fungano da supporto agli operatori della RH Facility nella movimentazione dei mockup di moduli di First Wall.



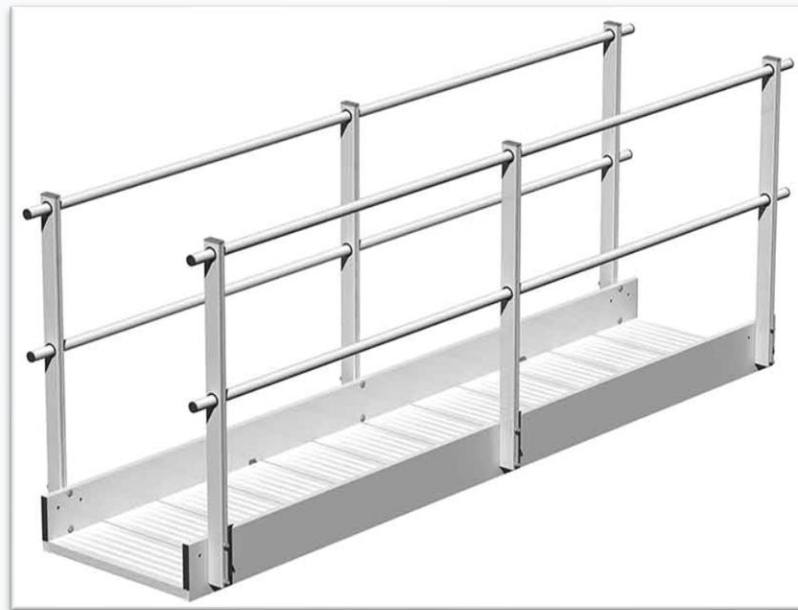


Requisiti funzionali del sistema

1. Deve consentire all'operatore di **raggiungere** tutti i moduli in maniera ergonomica
2. Deve consentire l'**ispezione** visiva da parte degli operatori dei moduli e del divertore
3. Deve consentire all'operatore di avere sempre 'a portata di mano' la **cassetta degli attrezzi**
4. Deve garantire il **corretto afferraggio** dei moduli, una volta smontati dall'operatore
5. Deve avere un adeguato numero di **gradi di libertà**
6. Deve sollevare più di **250 kg**
7. Deve poter cooperare ed essere attuato dagli operatori in modo **ergonomico**
8. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno agli operatori**
9. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno ai moduli di First Wall**
10. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno a tutti gli altri componenti**



Requisiti funzionali del sistema



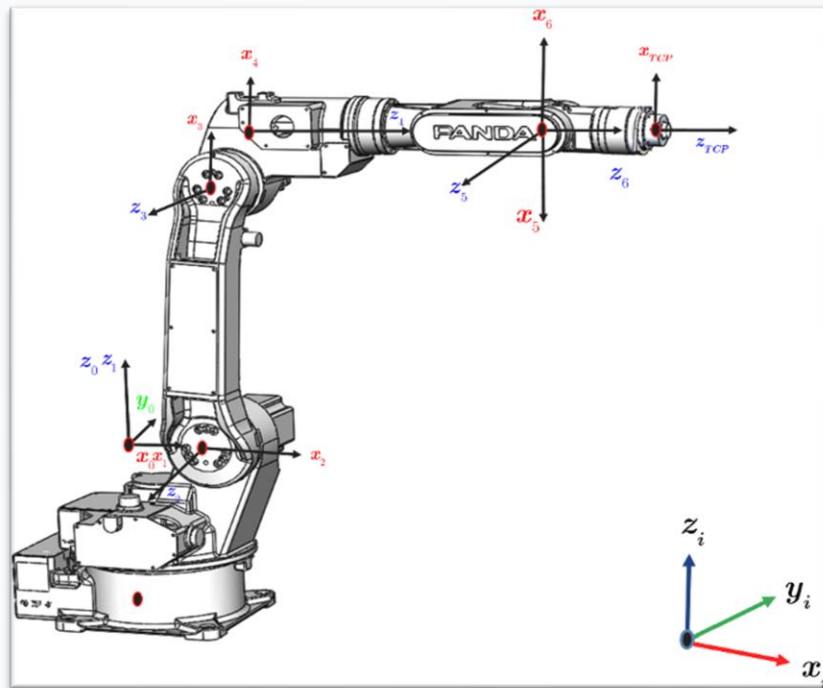


Requisiti funzionali del sistema

1. Deve consentire all'operatore di **raggiungere** tutti i moduli in maniera ergonomica
2. Deve consentire l'**ispezione** visiva da parte degli operatori dei moduli e del divertore
3. Deve consentire all'operatore di avere sempre 'a portata di mano' la **cassetta degli attrezzi**
4. Deve garantire il **corretto afferraggio** dei moduli, una volta smontati dall'operatore
5. Deve avere un adeguato numero di **gradi di libertà**
6. Deve sollevare più di **250 kg**
7. Deve poter cooperare ed essere attuato dagli operatori in modo **ergonomico**
8. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno agli operatori**
9. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno ai moduli di First Wall**
10. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno a tutti gli altri componenti**



Requisiti funzionali del sistema





Requisiti funzionali del sistema

1. Deve consentire all'operatore di **raggiungere** tutti i moduli in maniera ergonomica
2. Deve consentire l'**ispezione** visiva da parte degli operatori dei moduli e del divertore
3. Deve consentire all'operatore di avere sempre 'a portata di mano' la **cassetta degli attrezzi**
4. Deve garantire il **corretto afferraggio** dei moduli, una volta smontati dall'operatore
5. Deve avere un adeguato numero di **gradi di libertà**
6. Deve sollevare più di **250 kg**
7. Deve poter cooperare ed essere attuato dagli operatori in modo **ergonomico**
8. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno agli operatori**
9. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno ai moduli di First Wall**
10. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno a tutti gli altri componenti**



Requisiti funzionali del sistema





Requisiti funzionali del sistema

1. Deve consentire all'operatore di **raggiungere** tutti i moduli in maniera ergonomica
2. Deve consentire l'**ispezione** visiva da parte degli operatori dei moduli e del divertore
3. Deve consentire all'operatore di avere sempre 'a portata di mano' la **cassetta degli attrezzi**
4. Deve garantire il **corretto afferraggio** dei moduli, una volta smontati dall'operatore
5. Deve avere un adeguato numero di **gradi di libertà**
6. Deve sollevare più di **250 kg**
7. Deve poter cooperare ed essere attuato dagli operatori in modo **ergonomico**
8. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno agli operatori**
9. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno ai moduli di First Wall**
10. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno a tutti gli altri componenti**



Requisiti funzionali del sistema

**Controllo lento del manipolatore
e pianificazione delle traiettorie
nello spazio dei giunti**



Requisiti funzionali del sistema

1. Deve consentire all'operatore di **raggiungere** tutti i moduli in maniera ergonomica
2. Deve consentire l'**ispezione** visiva da parte degli operatori dei moduli e del divertore
3. Deve consentire all'operatore di avere sempre 'a portata di mano' la **cassetta degli attrezzi**
4. Deve garantire il **corretto afferraggio** dei moduli, una volta smontati dall'operatore
5. Deve avere un adeguato numero di **gradi di libertà**
6. Deve sollevare più di **250 kg**
7. Deve poter cooperare ed essere attuato dagli operatori in modo **ergonomico**
8. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno agli operatori**
9. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno ai moduli di First Wall**
10. Deve essere progettato in maniera tale da **non arrecare danno a tutti gli altri componenti**



Obiettivi di progetto

- Soddisfare tutti i requisiti
- Non interferire né modificare la struttura della RH Facility
- Non introdurre piattaforme mobili su binari sia dentro che fuori la RH Facility
- Per minimizzare i costi → Noleggio di prodotti standard, senza la necessità di danneggiarli o modificarli



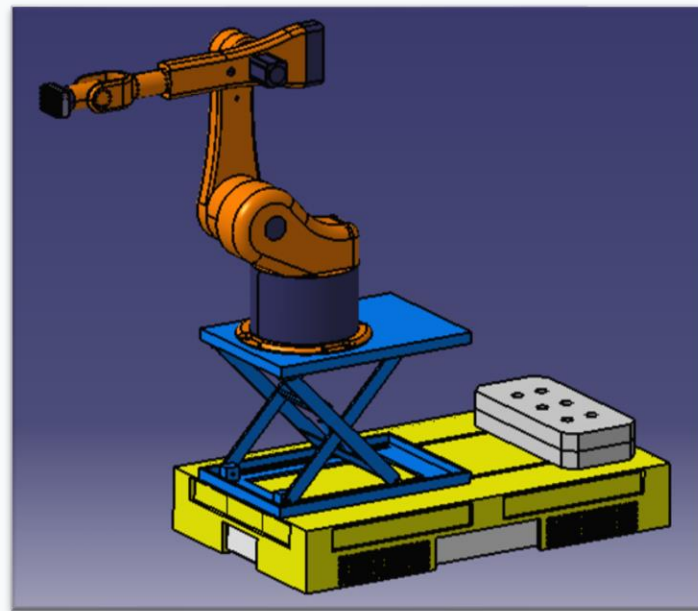
Ispirazione: KUKA KMR Quantec

- Non solleva un carico di 250 kg...
- Non è abbastanza alto...
- Non ha uno spazio di lavoro sufficientemente ampio...





Soluzione personalizzata





2. Modellazione

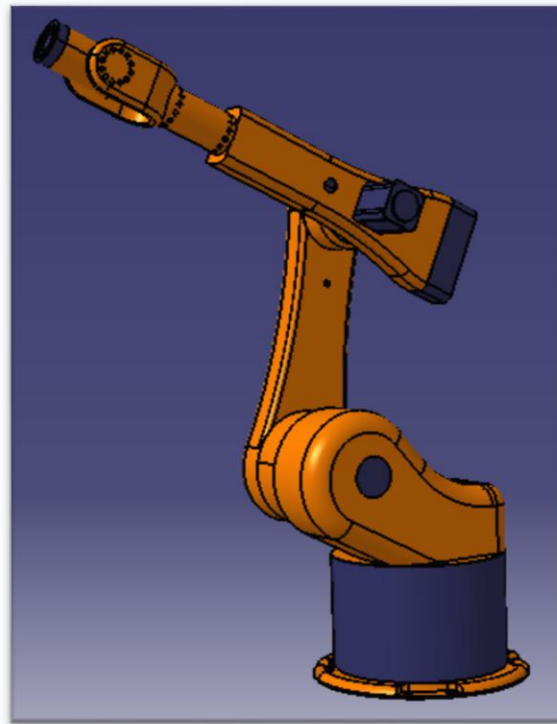
Il sistema proposto è composto da **3 elementi**:

1. Un **robot manipolatore** a 6 gradi di libertà capace di raggiungere tutti i moduli
2. Un **elevatore** in grado di alzare il robot, e reggerne il peso
3. Un **carrello** su ruote in grado di reggere il peso dell'elevatore + robot

Per la modellazione di questi componenti, ed il loro assemblaggio, è stato seguito un approccio **bottom-up**.



KUKA KR 340 R3330



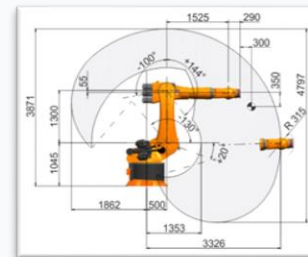
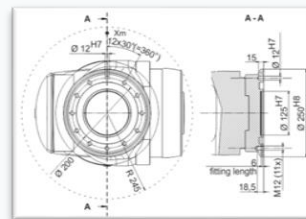


Modello di riferimento

- Riferimento per dimensionare il robot in maniera realistica
- Un massimo di 340 kg rispetto ai 250 kg non conduce ad un grande sovradimensionamento
- Soddisfa tutti i requisiti riguardanti i 6 gradi di libertà e la raggiungibilità di tutti i moduli
- Controllabile in modo ergonomico da tablet

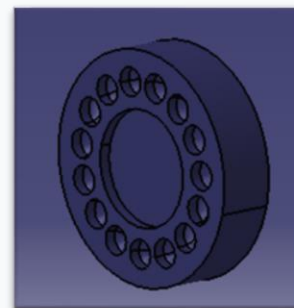
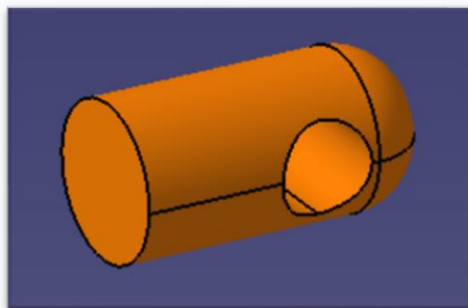
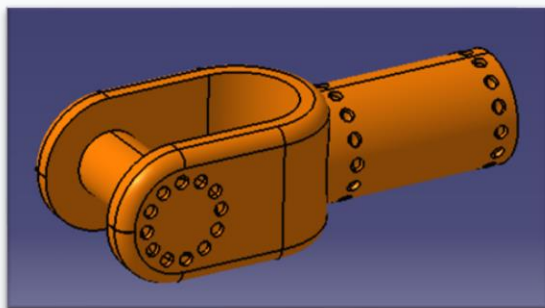
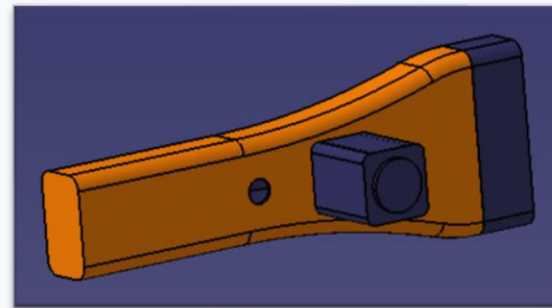
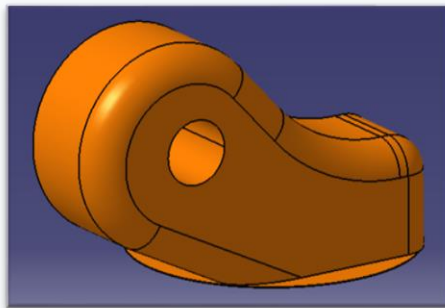
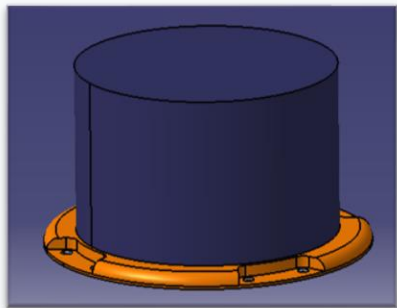
Technical data

Maximum reach	3326 mm
Rated payload	340 kg
Maximum payload	418 kg
Maximum supplementary load, rotating column / link arm / arm	-
Pose repeatability (ISO 9283)	± 0.08 mm
Number of axes	6
Mounting position	Floor
Footprint	1050 mm x 1050 mm
Weight	approx. 2421 kg



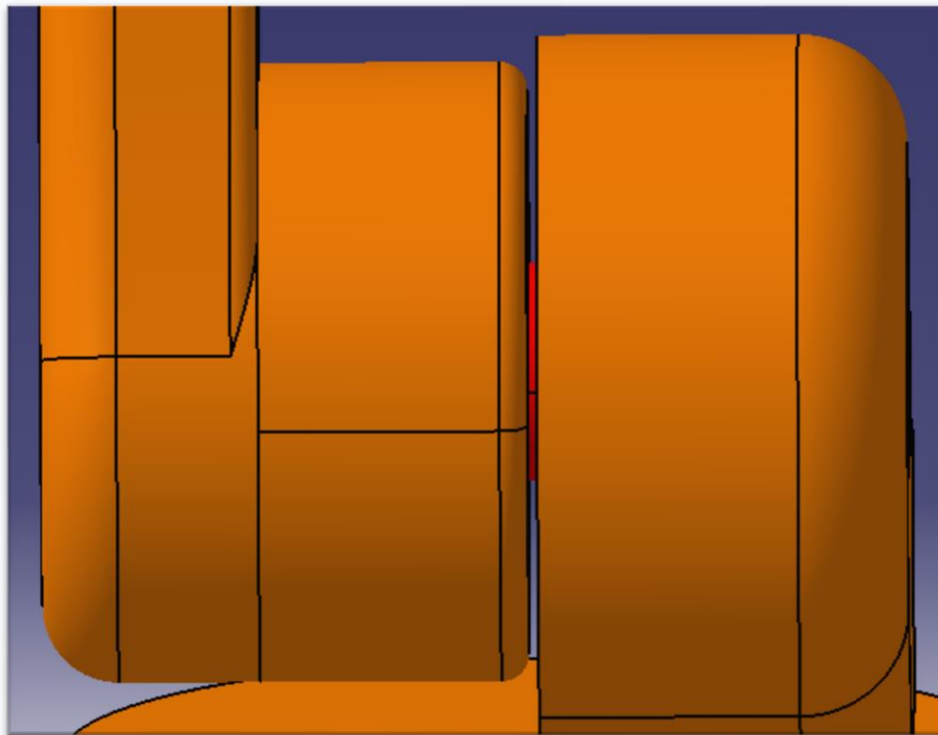
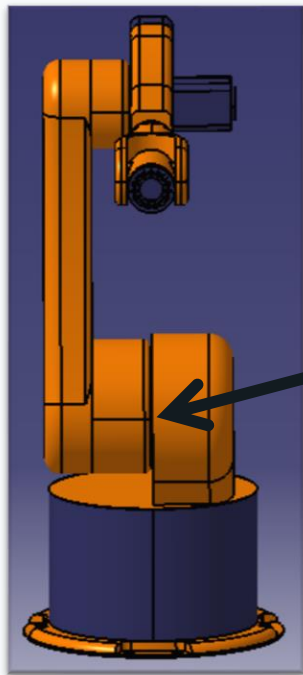


Parti modellate



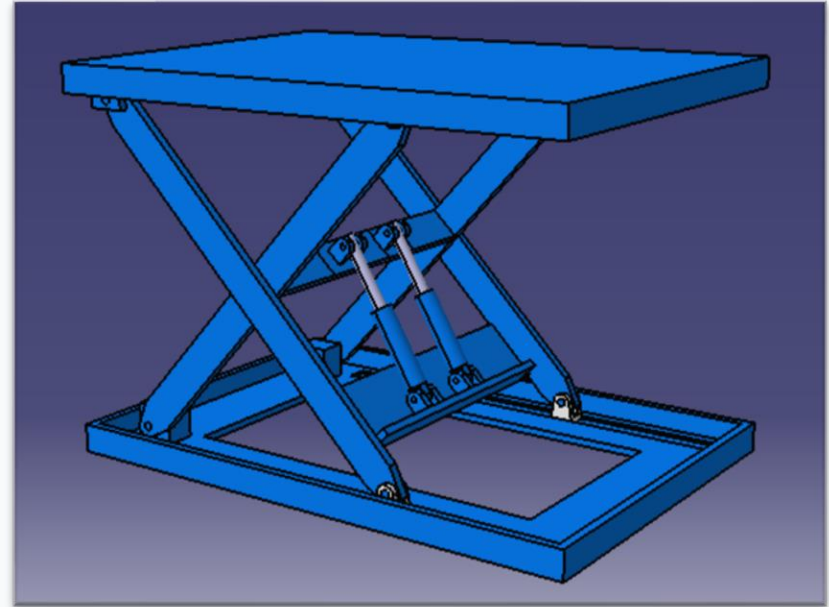


Albero motore





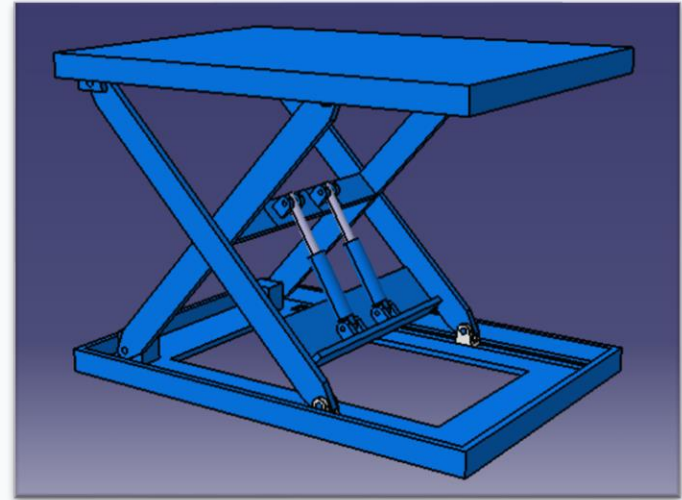
Advance Lifts: Model P-8036 Scissors Lift – Lift Table





Modello di riferimento

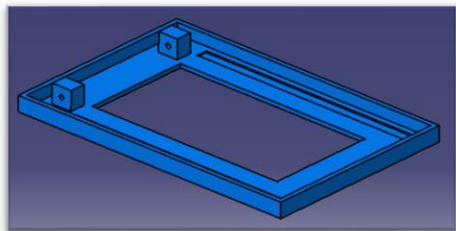
- Dimensioni piattaforma: 1219.2 x 1828.8 mm
- Carico massimo: 3628 kg
- Altezza minima/massima: 190.5/1104.9 mm
- Range: 914.4 mm
- Peso: 385.5 kg



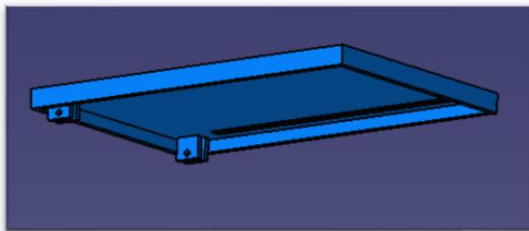


Parti modellate

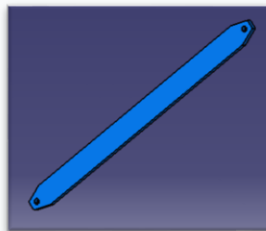
1x



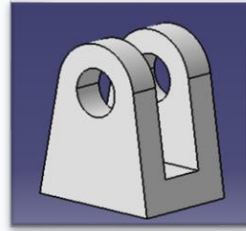
1x



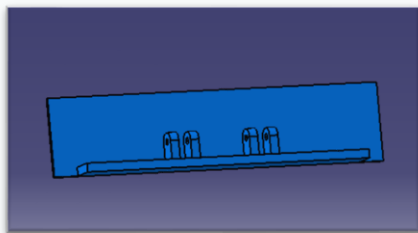
4x



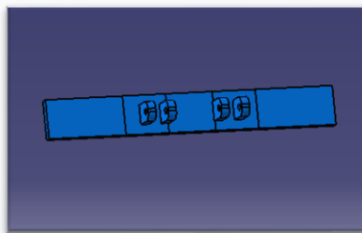
4x



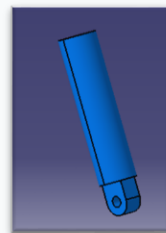
1x



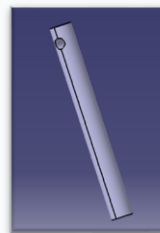
1x



2x



2x

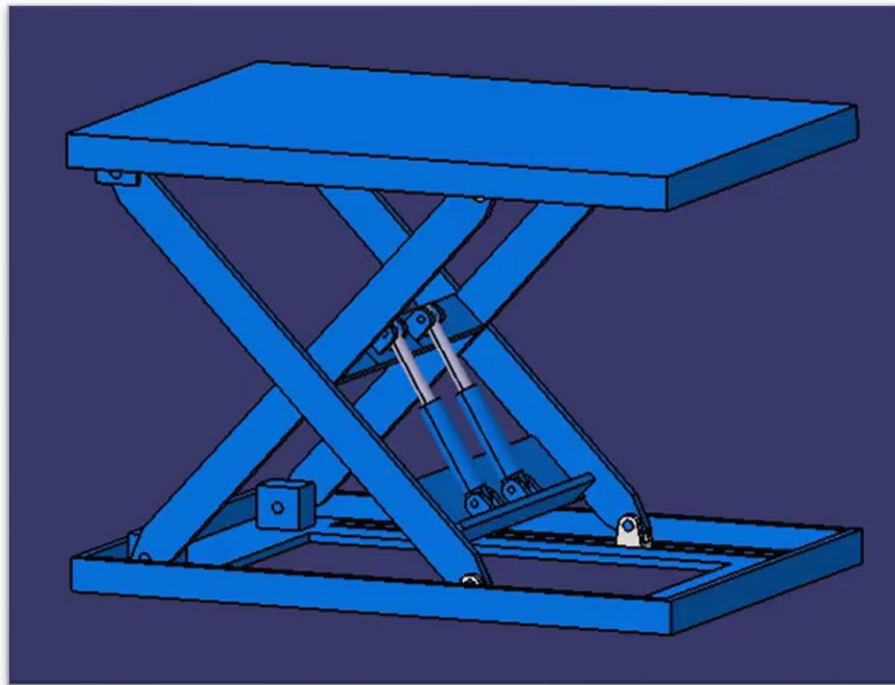




Cinematismo

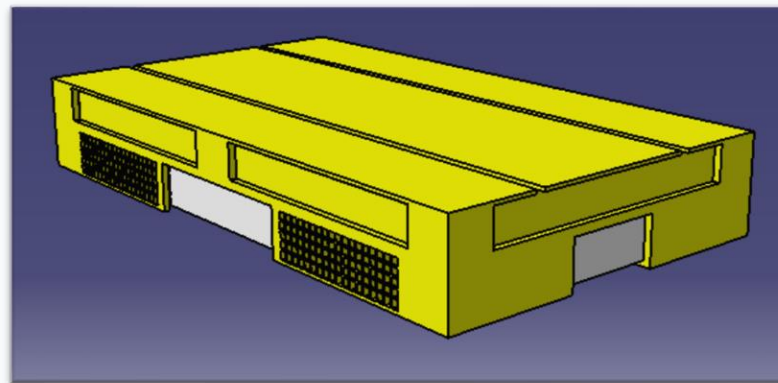
In tutto sono stati necessari:

- 2 giunti rigidi
- 7 giunti prismatici
- 12 giunti revoluti





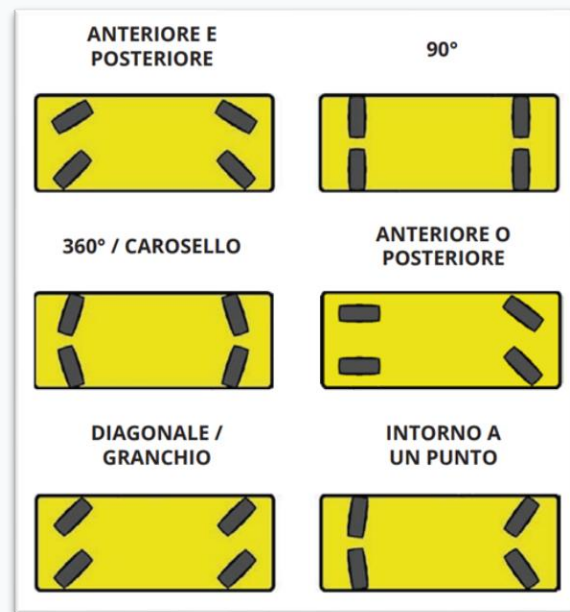
Morello - Omni





Modello di riferimento

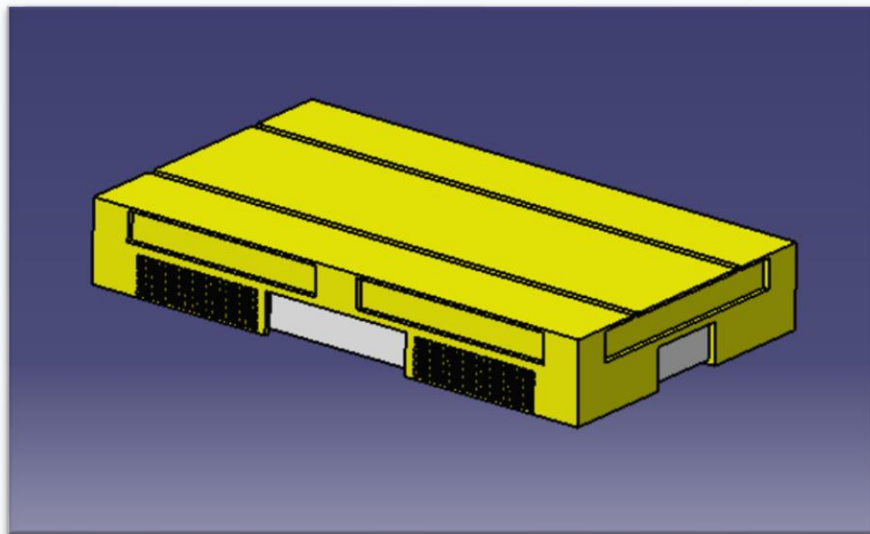
- Omnidirezionale
- Dimensioni: 3500 x 2000 mm
- Carico massimo: 10000 kg
- Altezza piano di carico: 550 mm
- 8 ruote, tutte motrici
- Completamente personalizzabile
- Gamma di sovrastrutture aggiungibili
- Controllabile da remoto
- Motori elettrici brushless AC (non inquinante)



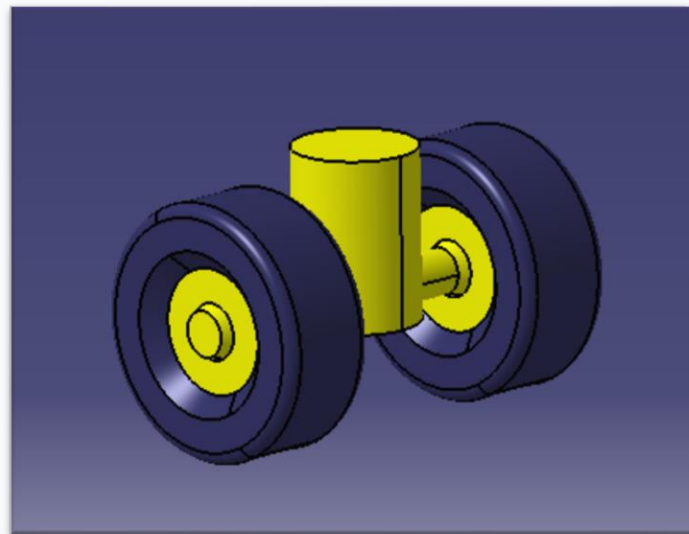


Parti modellate

1x



4x

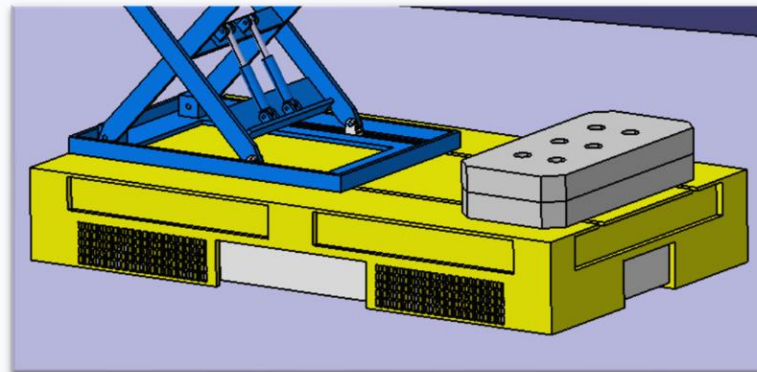




Evitare il ribaltamento

Uno dei problemi critici del sistema è indubbiamente il **ribaltamento** di tutta la struttura, specialmente nel momento in cui il robot si trova nella configurazione di massima estensione.

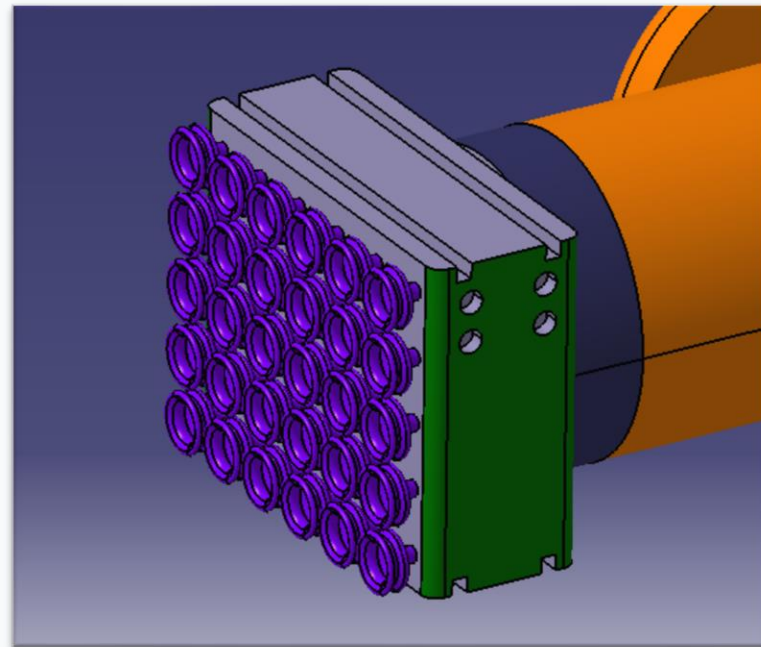
Al fine di assolutamente evitare il problema, si propone il posizionamento di **due zavorre da 1500 kg ciascuna** sull'altra estremità del carrello.





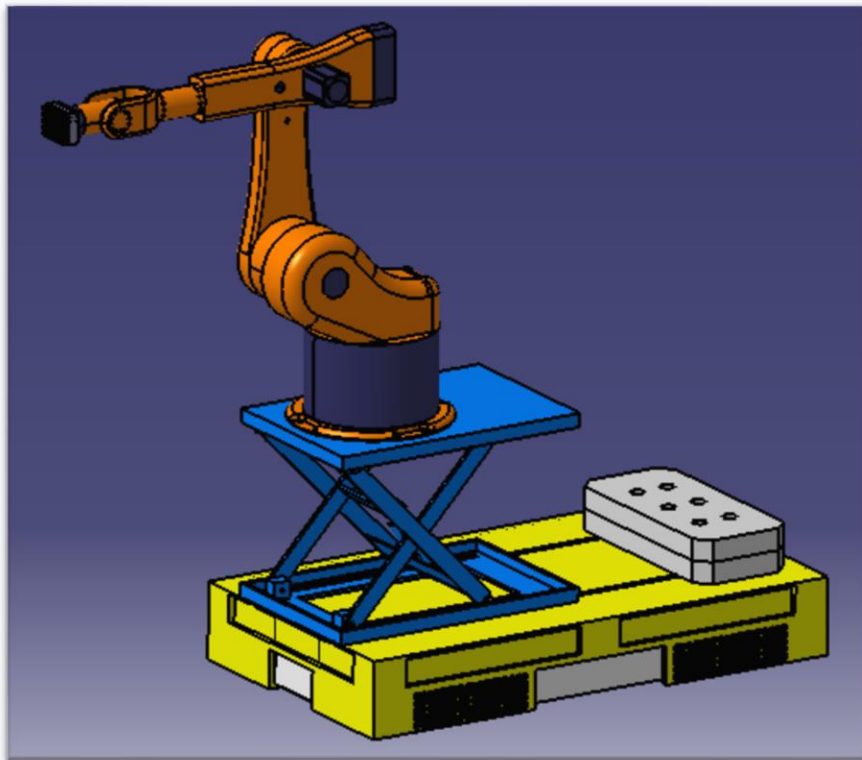
End Effector

- Gamma di ventose pneumatiche multi-soffietto
- Dimensionato in modo tale da poter afferrare tutti i moduli di First Wall
- Diversità di forma e dimensione dei moduli
- Fisso, al fine di evitare il più possibile criticità e giochi





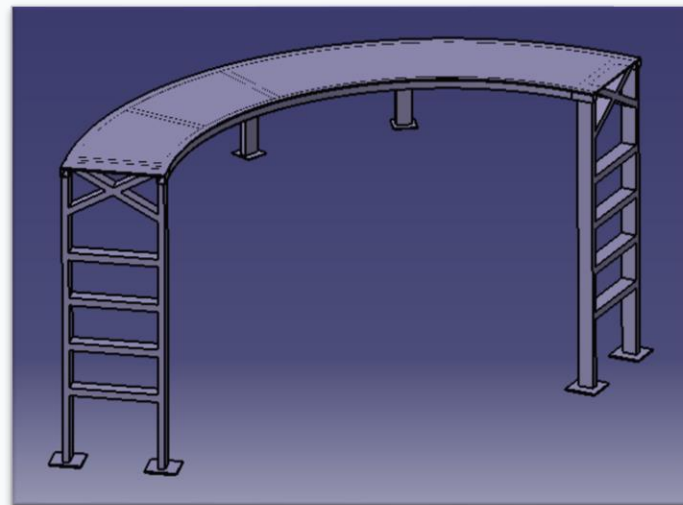
Sistema complessivo





Passerella

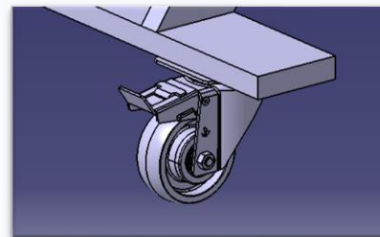
- Permette all'operatore di muoversi agevolmente all'interno della RH Facility, e di accedere a tutti i moduli
- Appoggiata sia a terra, sia alla lamiera calpestabile
- Dimensionata in modo tale da poter raggiungere ergonomicamente sia moduli più in alto che quelli più in basso





Scala

- Permette all'operatore di accedere in modo ergonomico alla passerella
- Facilmente spostabile, grazie a delle ruote caster provviste di freno
- Dimensionata in modo tale da essere alla stessa altezza della passerella





Posizionamento della cassetta degli attrezzi

La cassetta degli attrezzi è stata posizionata al di sopra della passerella in modo tale da soddisfare il requisito di essere sempre 'a portata di mano'.

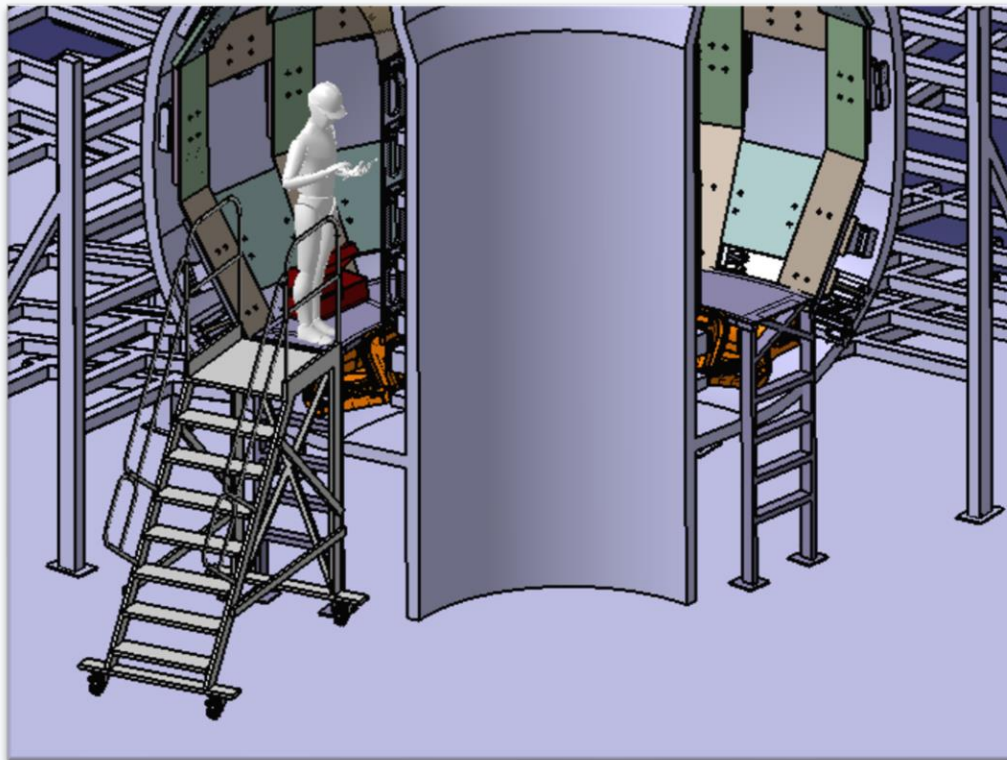
In particolare, si trova dalla parte opposta rispetto a dove si trova il manipolatore. Infatti, è lì che si dovrà trovare l'operatore durante la fase di movimentazione del robot al fine di essere in sicurezza.

Sarebbe possibile posizionarla anche su un rialzo, possibilmente mobile, in modo tale da non dover far abbassare l'operatore.





Passerella, scala e cassetta degli attrezzi





3. Analisi FEM

Per verificare il corretto funzionamento del prodotto, sono state effettuate delle analisi FEM per simulare il comportamento della struttura alla presenza del **massimo carico**. Inizialmente sono stati analizzati i singoli elementi, e successivamente la struttura complessiva.

Dati:

Materiale: acciaio

Sigma di snervamento: 250 Mpa

Coefficiente di sicurezza: 1,5

Sigma massima ammissibile: 167 Mpa

Carico massimo: 250kg



Sforzi alla Von Mises – Robot

Si è considerato il robot nella posizione di **massima estensione**.

Mesh

Dimensione: 22 mm

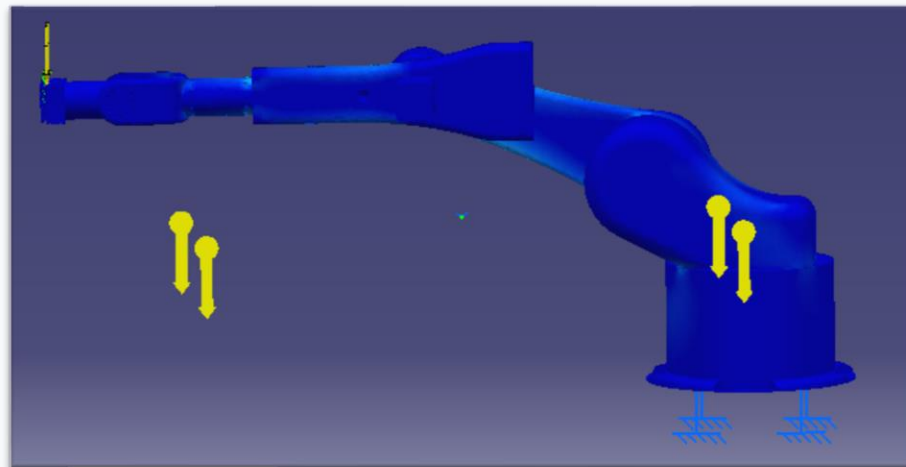
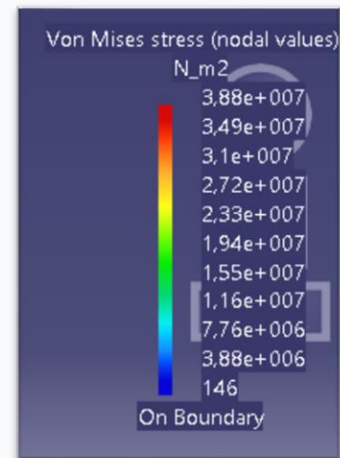
Sagitta: 9 mm

È stata aggiunta una mesh locale in corrispondenza delle ventose.

Mesh locale

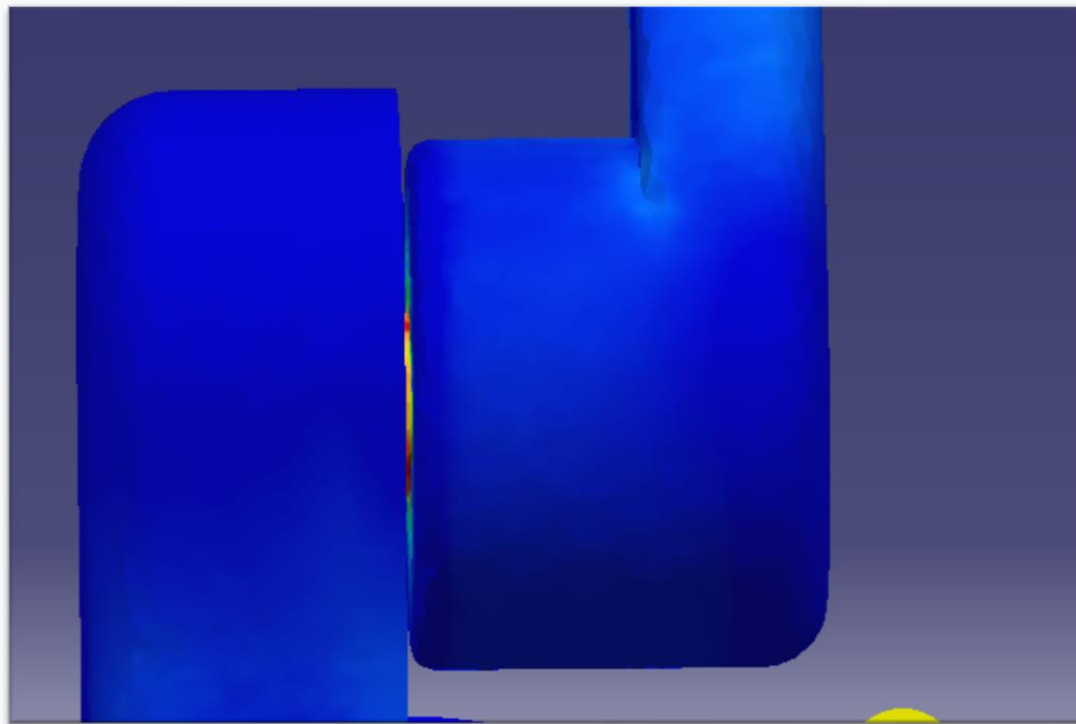
Dimensione: 3 mm

Sagitta: 1 mm





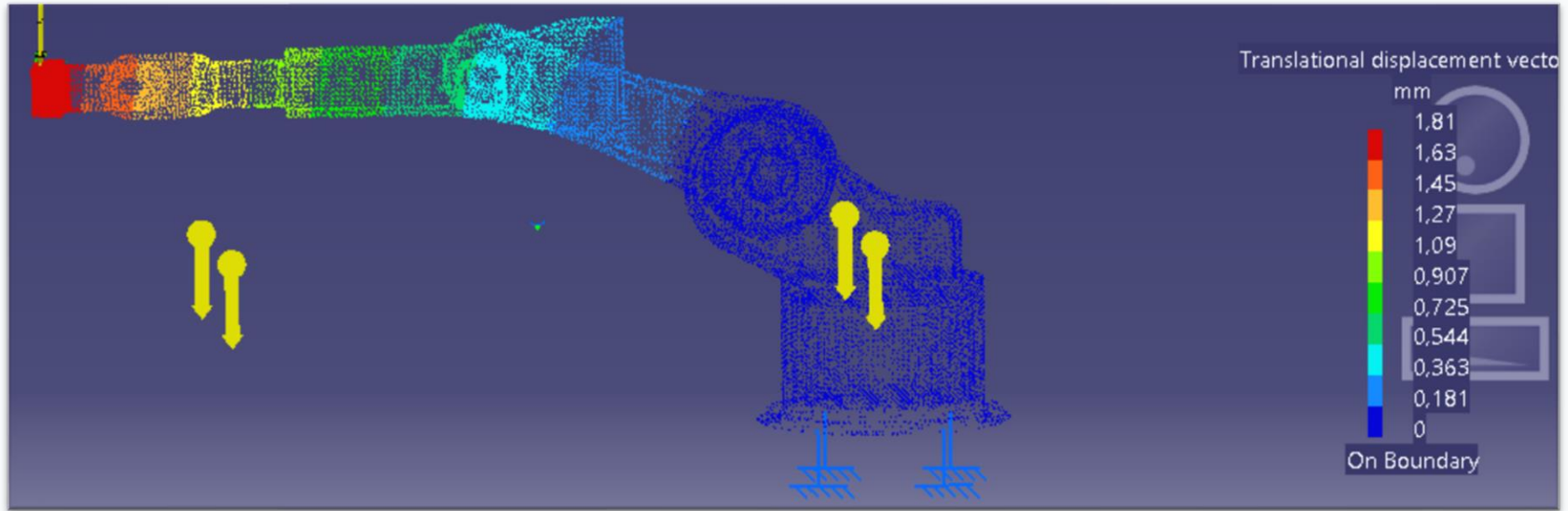
Sforzi alla Von Mises – Robot





Spostamenti – Robot

I massimi spostamenti si hanno in corrispondenza dell'end effector, ma risultano contenuti.





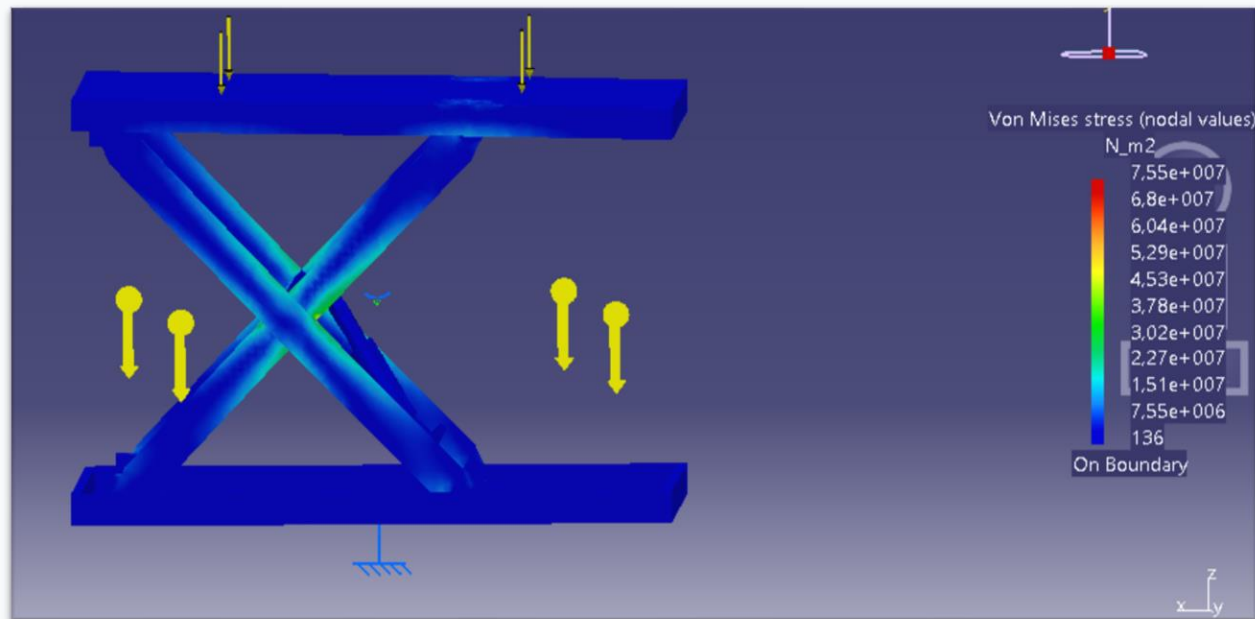
Sforzi alla Von Mises - Elevatore

È stata considerata la
posizione di **massima**
estensione dell'elevatore.

Mesh

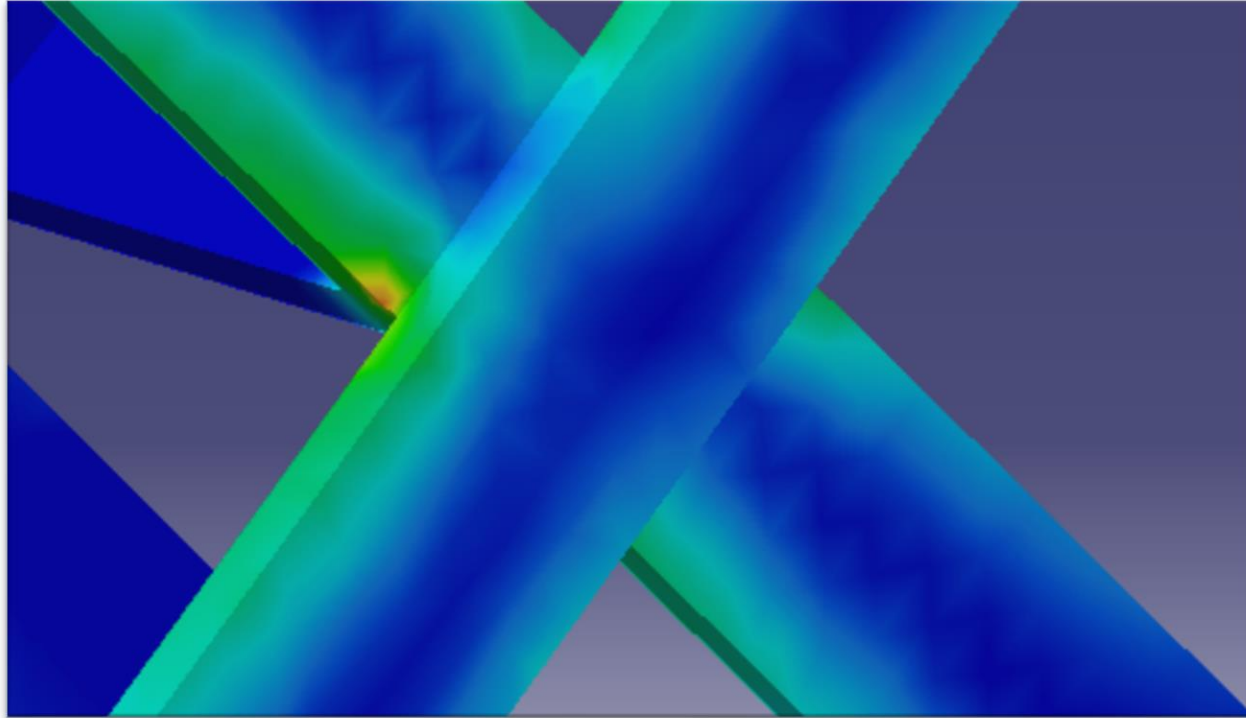
Dimensione: 22 mm

Sagitta: 11 mm





Sforzi alla Von Mises – Elevatore

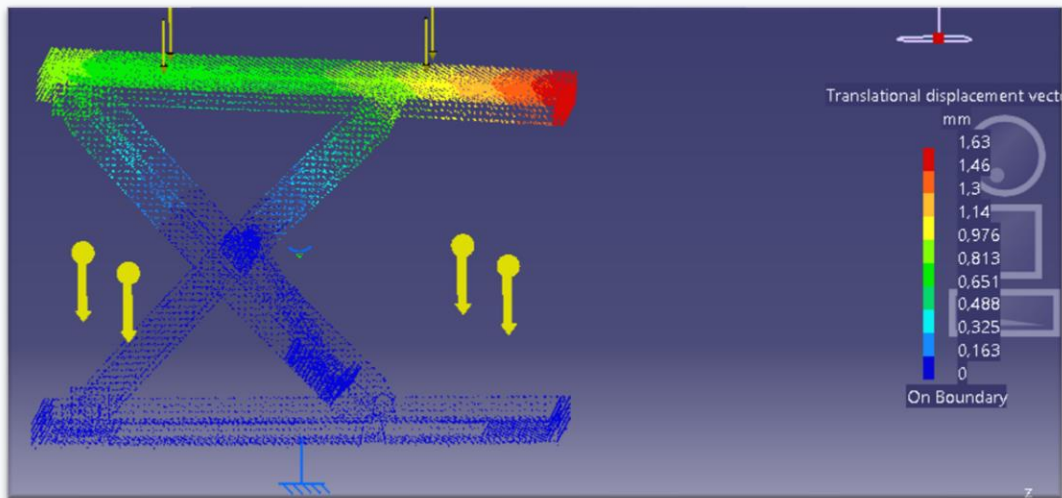




Spostamenti – Elevatore

Gli spostamenti maggiori si hanno sulla parte alta dell'elevatore ma anche in questo caso risultano contenuti .

È stato utilizzato un coefficiente di amplificazione di 43 per facilitarne la visualizzazione.

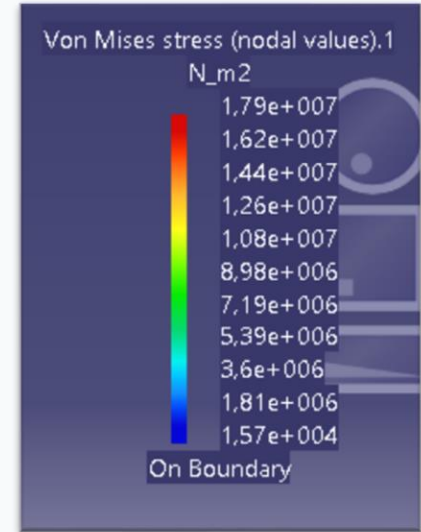
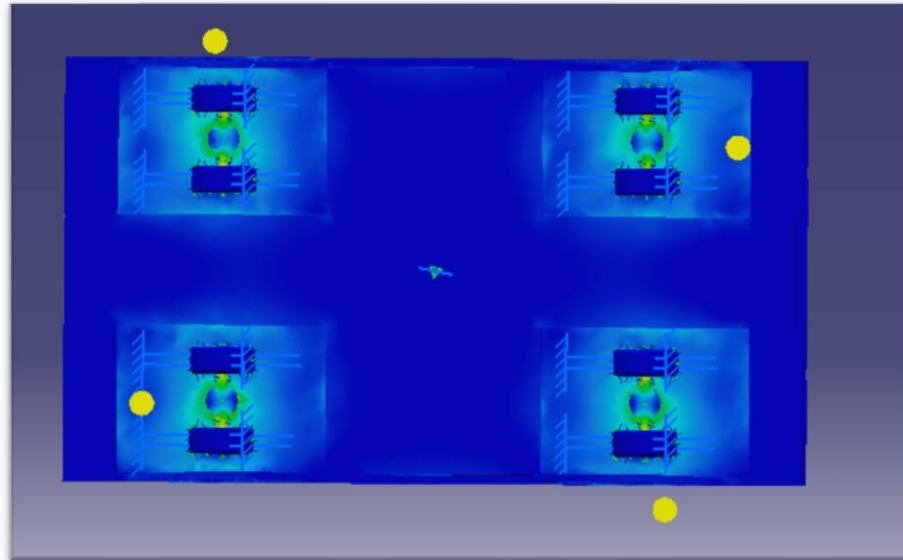




Sforzi alla Von Mises - Carrello

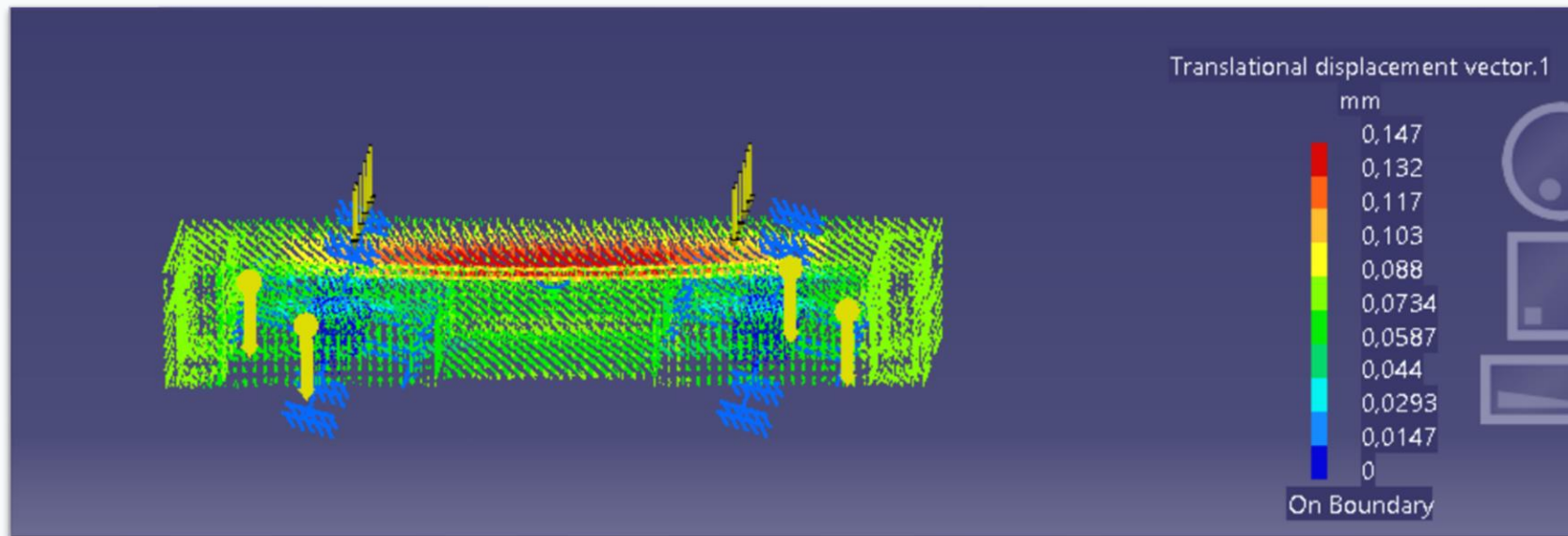
Mesh: Dimensione: 55 mm, Sagitta: 22 mm

Mesh locale ruote: Dimensione: 22 mm, Sagitta: 11 mm





Spostamenti - Carrello



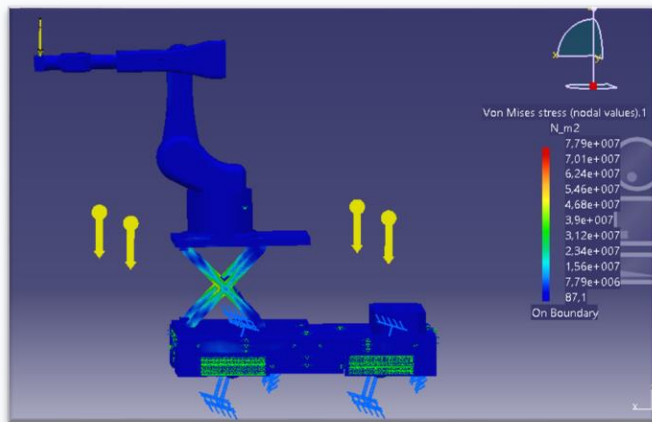


Sforzi alla Von Mises – Sistema compressivo

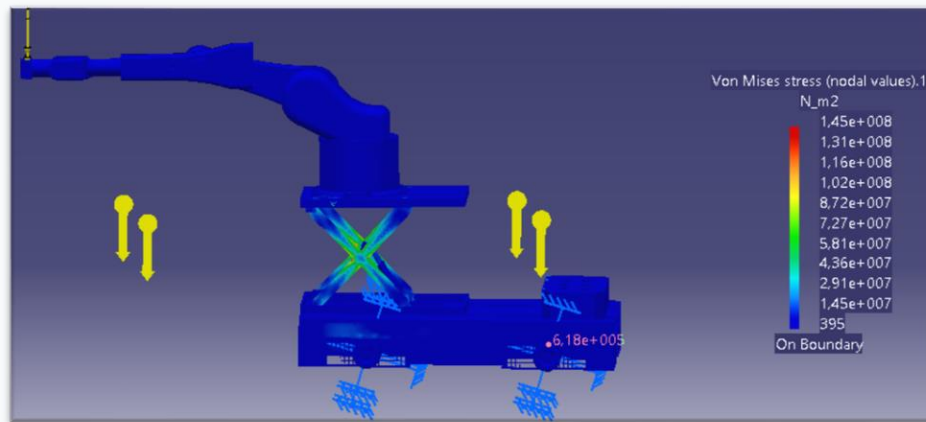
Infine, è stato considerato il sistema compressivo in due diverse configurazioni.

Mesh: Dimensione: 36 mm, Sagitta: 11 mm.

Posizione di Riposo



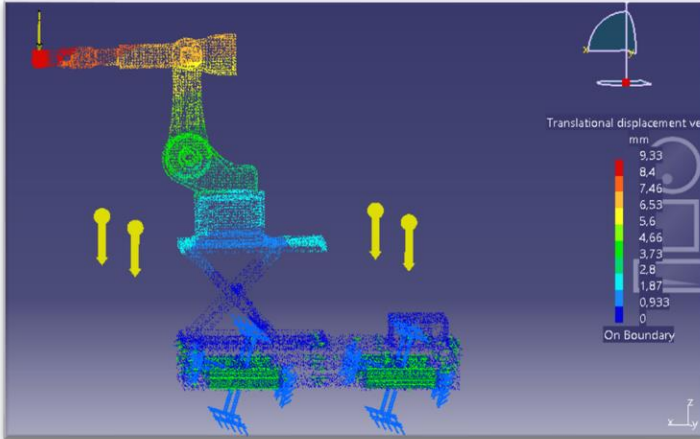
Massima estensione



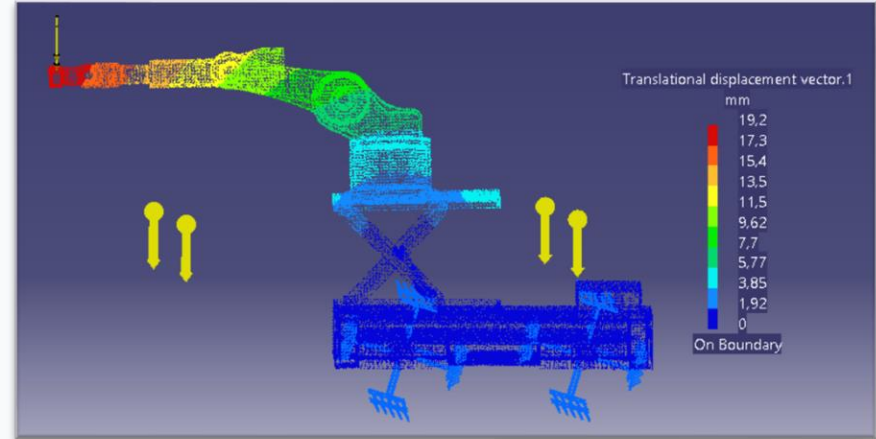


Spostamenti - Sistema complessivo

Posizione di Riposo



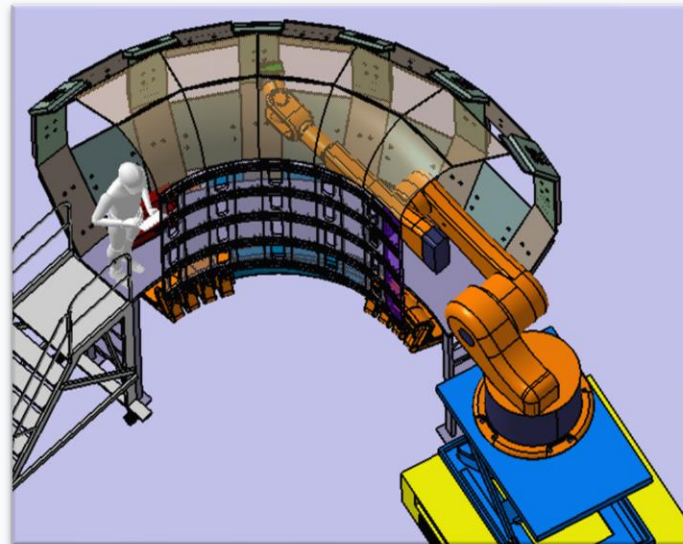
Massima estensione





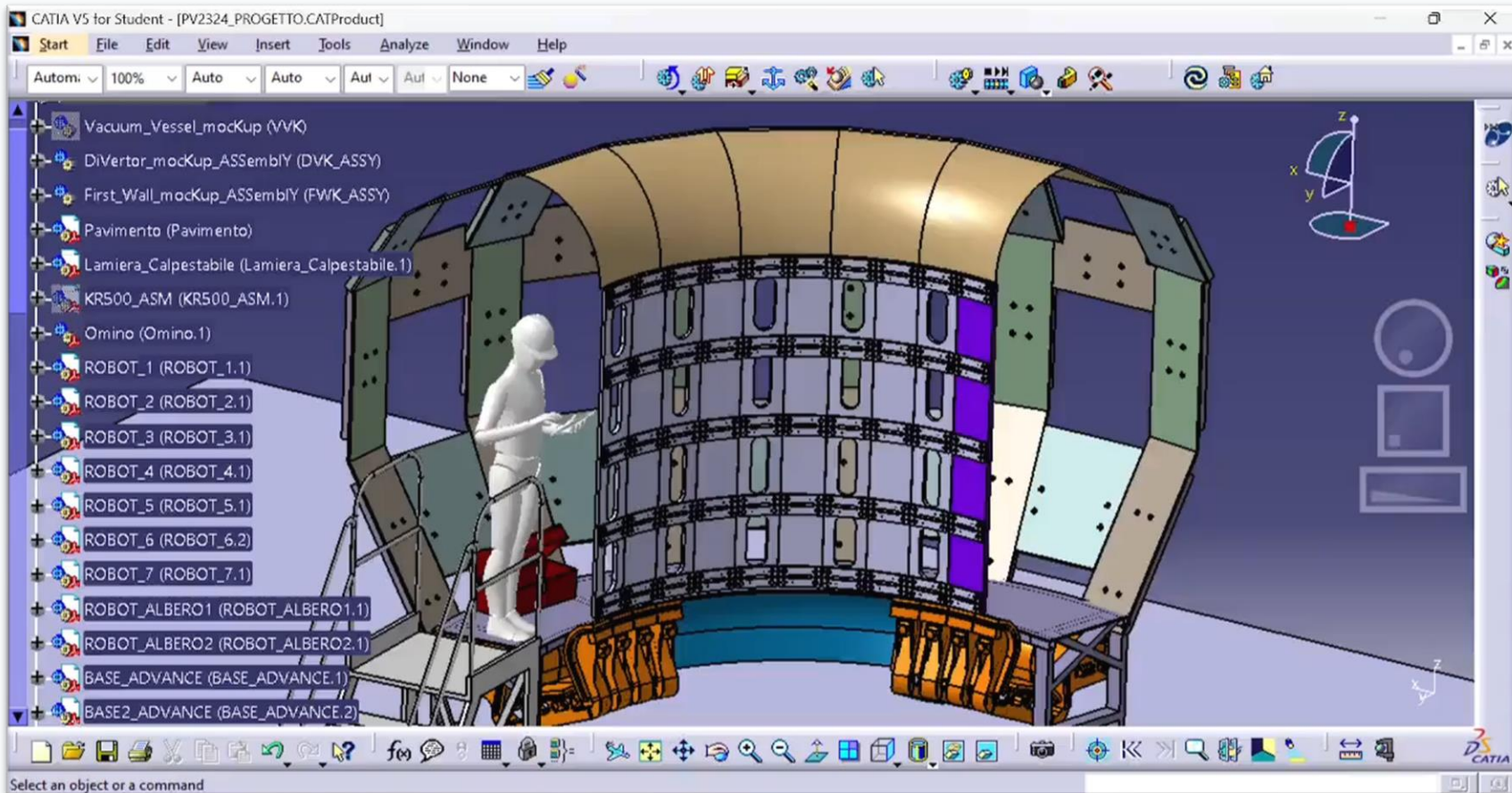
4. Simulazioni cinematiche

Prima di mostrare le simulazioni cinematiche, è opportuno notare che il sistema Robot-Elevatore-Omni è in grado di raggiungere, nella configurazione di massima vicinanza del carrello alla passerella, e di massima estensione del robot, **addirittura i moduli che andrebbero in teoria raggiunti operando dall'altro lato della RH Facility**. Di conseguenza ci possiamo aspettare che il robot raggiungerà tutti gli altri moduli più vicini senza alcuna criticità.



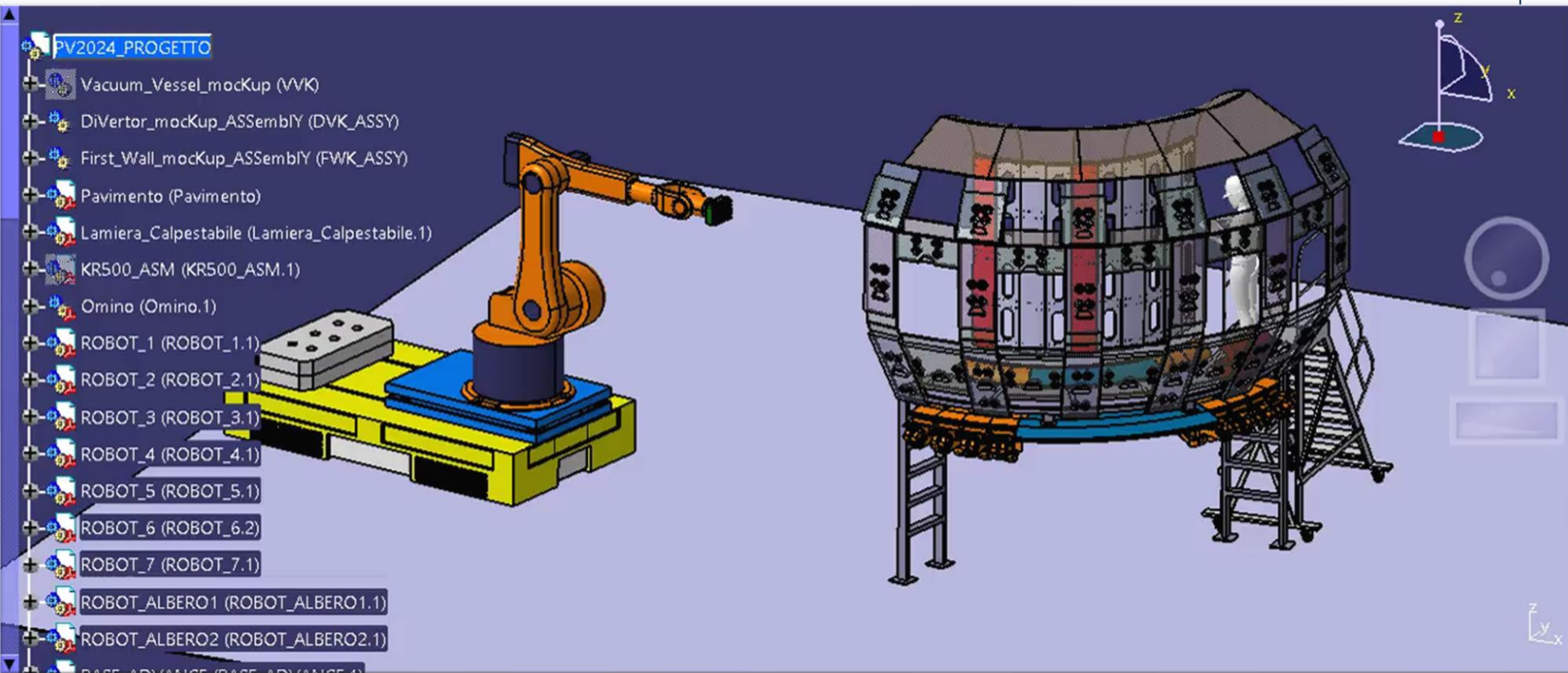


Raggiungimento dei moduli di Outboard First Wall



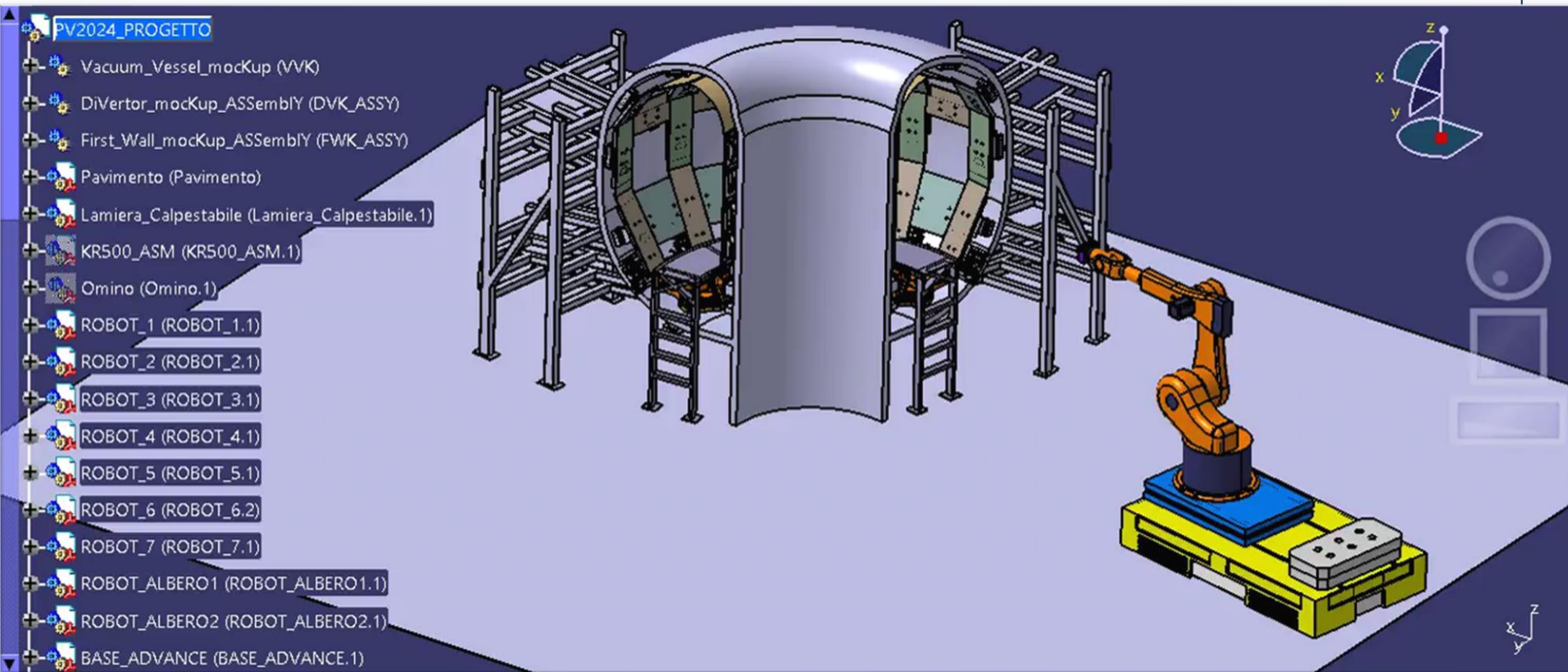


Raggiungimento dei moduli di Inboard First Wall





Possibile cambio di lato (rotazione attorno ad un punto)





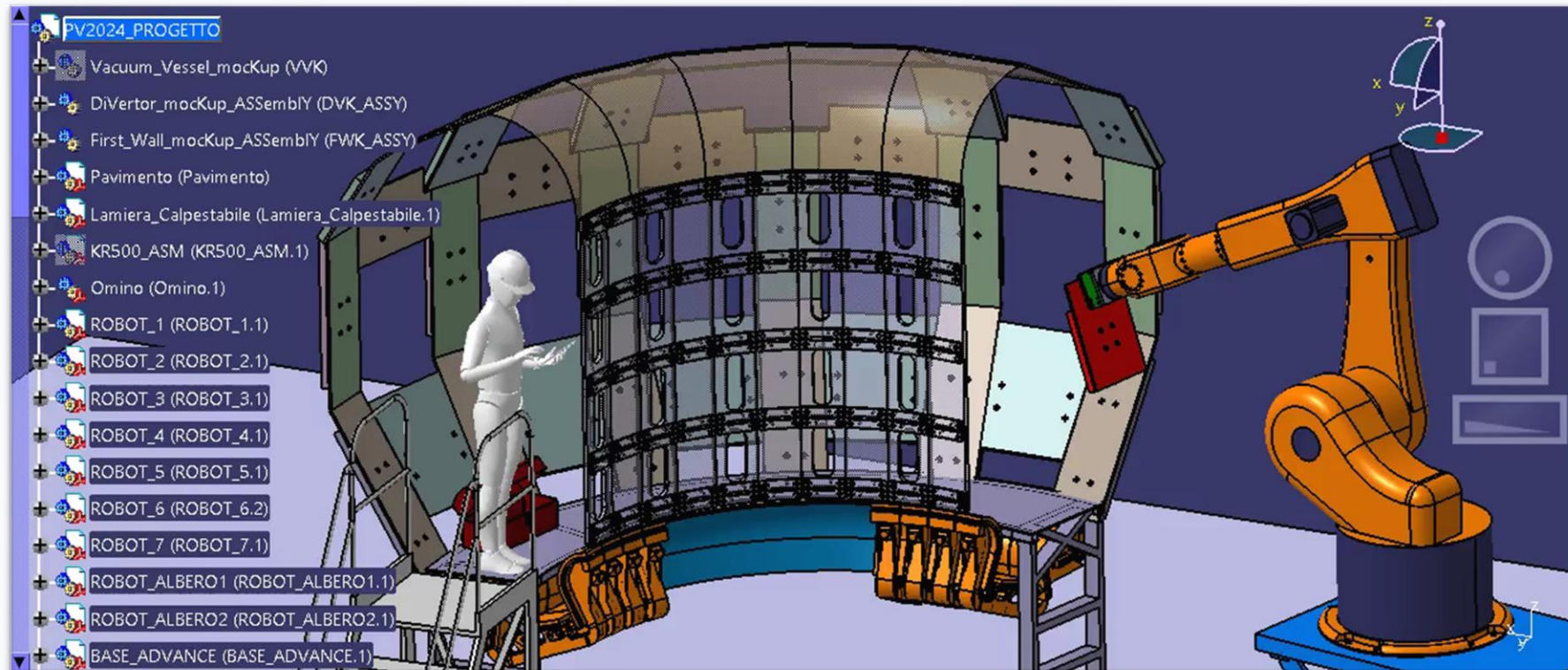
5. Ergonomia

- Le analisi ergonomiche sono state effettuate attraverso l'utilizzo del software Jack
- Per le simulazioni è stato considerato un **uomo standard del 50esimo percentile**, alto 175 cm e dal peso di 80 kg. Al trapano è stato assegnato un peso di 3 kg
- Le analisi sono state effettuate considerando le **due posizioni più critiche**: raggiungimento del modulo più alto e più basso del First Wall



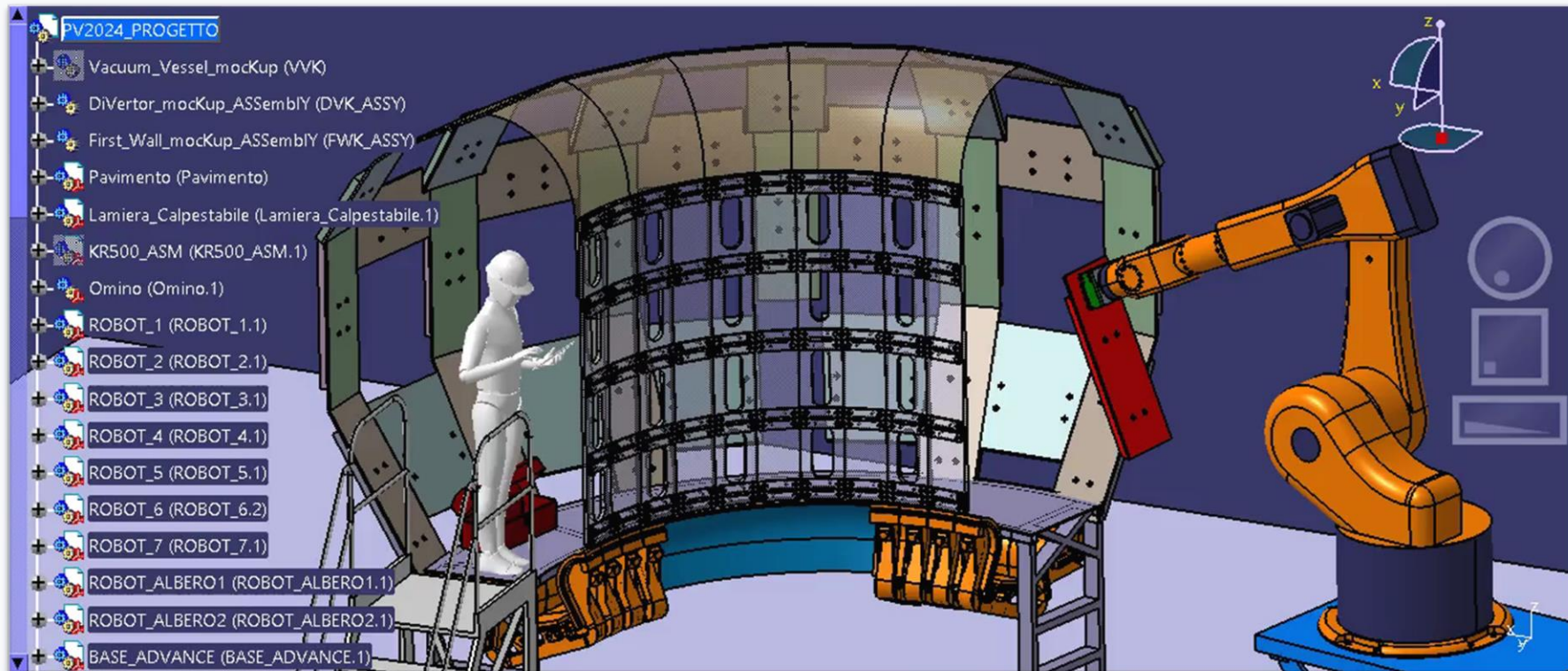


Montaggio del modulo più in alto





Montaggio del modulo più in basso





Indici ergonomici

Per le configurazioni considerate sono stati analizzati i risultati relativi al LBA (Lower Back Analysis), che descrive i carichi sulla colonna vertebrale, ed al SSP (Static Strength Prediction), che ci consente di conoscere la percentuale di persone che può effettuare un determinato task.

Modulo alto

- Percentuale di persone capaci di effettuare il montaggio: 80 %
- Max carico L4/L5: 2580 N

Modulo basso

- Percentuale di persone capaci di effettuare il montaggio: 70 %
- Max carico L4/L5: 2419 N

Per entrambe le posizioni si rimane sotto al valore critico di **3400 N**.



6. Conclusioni

Il sistema proposto rispetta tutti i **requisiti** di progetto, ed inoltre dalle analisi ergonomiche è risultato che l'operatore è in grado di **cooperare** con il sistema proposto all'interno della struttura.

Possibili miglioramenti possono essere:

- Posizionare la cassetta degli attrezzi su un supporto, possibilmente mobile
- Stabilizzare lateralmente il carrello
- Aumentare la sicurezza dell'operatore sopra la passerella
- Ottimizzare il collegamento carrello-elevatore, ed elevatore-robot
- Ottimizzare l'altezza della passerella
- Ottimizzare delle dimensione dell'end effector
- Prevedere un programma di emergenza



Grazie per
l'attenzione.

