

**Progetto del sistema anticaduta**  
in conformità all'art 63 del Dlgs 9 aprile 2008 n 81

Relazione Tecnica  
2019-28-RAC-R1

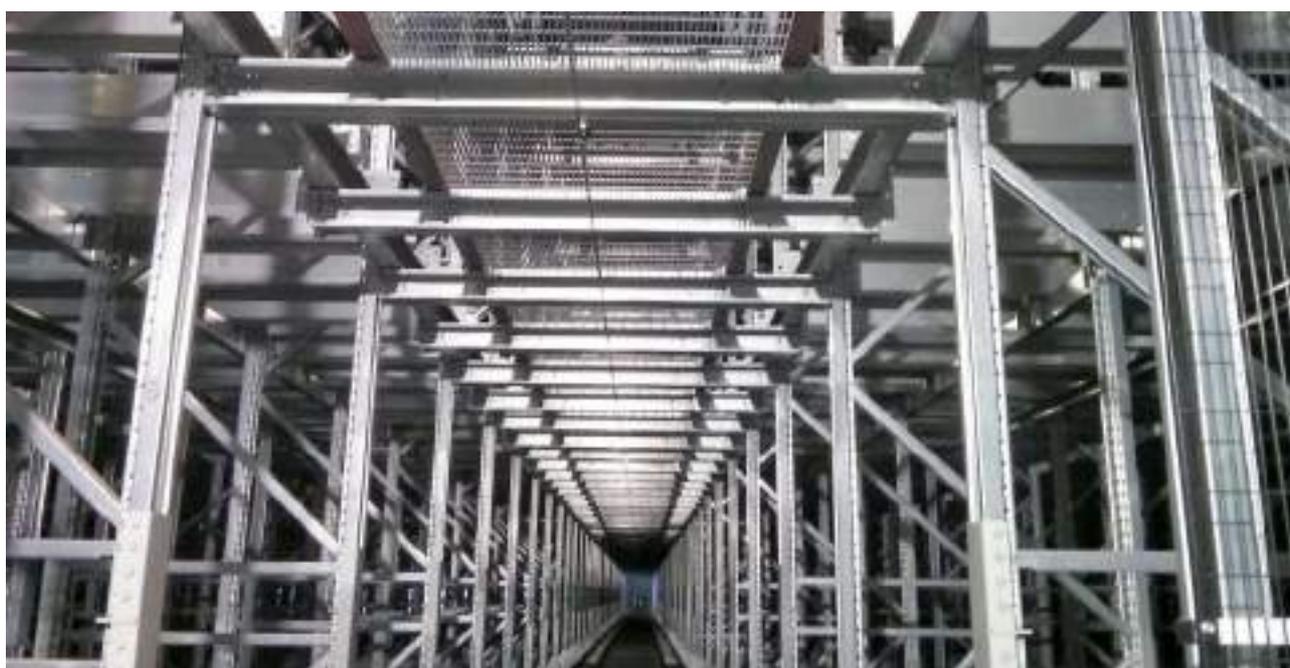
Intervento: XXXXX  
Sede logistica di XXXXX (XX)

Shuttle racking – Sistema anticaduta per l'accesso in sicurezza ai vani corsa principali degli shuttle

RSPP:

Il presente progetto è composto da:

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Relazione Tecnica    | 2019-28-RAC-R1 |
| Relazione di Calcolo | 2019-28-CAC-R0 |
| Disegno Esecutivo    | 2019-28-DAC-R1 |



## Indice

|    |                                  |        |
|----|----------------------------------|--------|
| 1. | Premessa                         | Pag. 3 |
| 2. | Riferimenti                      | Pag. 3 |
| 3. | Analisi delle aree di intervento | Pag. 5 |
| 4. | Soluzione progettuale            | Pag. 6 |
| 5. | Asseverazione                    | Pag. 8 |

## 1. Premessa

La presente relazione viene prodotta ad illustrazione del sistema anticaduta a protezione di luoghi di lavoro che presentano pericolo di caduta dall'alto.

## 2. Riferimenti

Decreto Legislativo 9 aprile 2008 n. 81 (e s.m.i.)

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

Norma UNI EN 354:2010

Dispositivi individuali di protezione contro le cadute – Cordini

Norma UNI EN 355:2003

Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto – Assorbitori di energia

Norma UNI EN 358:2001

Dispositivi di protezione individuale per il posizionamento sul lavoro e la prevenzione delle cadute dall'alto – Cinture di posizionamento sul lavoro e di trattenuta e cordini di posizionamento sul lavoro

Norma UNI EN 361:2003

Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto – Imbracature per il corpo

Norma UNI EN 362:2005

Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto – Connettori

Norma UNI EN 363:2008

Dispositivi individuali per la protezione contro le cadute – Sistemi individuali per la protezione contro le cadute

Norma UNI EN 397:2013

Elmetti di protezione per l'industria

Norma UNI EN 795:2012

Dispositivi individuali per la protezione contro le cadute – Dispositivi di ancoraggio

Norma UNI 11158:2015

Dispositivi di protezione individuale contro le cadute dall'alto – Sistemi di arresto caduta – Guida per la selezione e l'uso

Norma UNI 11560:2014

Sistemi di ancoraggio permanenti in copertura – Guida per l'individuazione, la configurazione, l'installazione, l'uso e la manutenzione

Norma UNI 11578:2015

Dispositivi di ancoraggio destinati all'installazione permanente – Requisiti e metodi di prova

Norma UNI CEN/TS 16415: 2013

Dispositivi individuali per la protezione contro le cadute – Dispositivi di ancoraggio  
Raccomandazioni per dispositivi di ancoraggio per l'uso da parte di più persone contemporaneamente

### 3. Analisi dell'area di intervento

#### 3.1. Descrizione dell'area d'intervento

Lo shuttle racking è costituito da una struttura metallica a telaio di pianta rettangolare di 100 x 33 m, disposto su 9 livelli, alloggiato all'interno di un capannone in c.a. dedicato.

I vari livelli sono serviti da un vano scala e da ballatori con protezioni collettive contro la caduta dall'alto (parapetti e grigliati).

I vani corsa principali degli shuttle non sono normalmente accessibili e sono privi di protezioni collettive. Sono costituiti da corridoi perdonabili con piano di calpestio in grigliato metallico di larghezza 90 cm compreso fra le rotaie degli shuttle.

#### 3.2. Contesto

L'edificio ospita un'attività logistica accessibile esclusivamente dagli addetti ai lavori.

#### 3.3. Esigenze manutentive

L'accesso ai vani corsa degli shuttle sarà dettato da esigenze di manutenzione periodica programmata e straordinaria.

## 4. Soluzione progettuale

La disposizione, le caratteristiche e le modalità di installazione degli apprestamenti anticaduta, nonché le modalità di accesso, transito e lavoro in quota in condizioni di sicurezza sono descritte nell'allegato **Disegno 2019-28-DAC-R1**.

### 4.1. Accesso ai vani corsa principali degli shuttle

L'accesso i vari livelli è garantito da un vano scale a gradini e da ballatoi dotati di protezioni collettive e quindi liberamente accessibili in condizioni di sicurezza senza l'uso di DPI anticaduta.

Ad ogni livello l'accesso al corrispondente vano corsa principale dello shuttle avviene attraverso un apposito cancelletto: l'apertura del cancelletto determina l'interruzione dell'alimentazione del sistema di movimentazione degli shuttle.

In prossimità del cancelletto di accesso sarà affisso un cartello di segnalazione di sistema anticaduta soggetto all'uso di DPI anticaduta con rimando alla consultazione del presente documento.

**Ai livelli da 2 a 8**, prima di accedere al vano corsa dello shuttle, l'operatore di collegherà ad un apposito punto di ancoraggio EN 795-A / UNI 11578-A, installato a soffitto nelle immediate vicinanze del varco di accesso, mediante un doppio cordino EN 354 di lunghezza 1.5 m.

**Al livello 9**, prima di accedere al vano corsa dello shuttle, l'operatore di collegherà ad un cordino EN 354 di lunghezza 1.0 m, permanentemente collegato al carrello della linea di ancoraggio EN 795-A / UNI 11578-A con funzione di prolunga e direttamente accessibile dal cancelletto di accesso, mediante un cordino EN 354 di lunghezza 1.5 m.

### 4.2 Transito ed esecuzioni dei lavori in quota

Le operazioni in quota dovranno essere condotte nella **condizione di CADUTA PREVENUTA in tutte le aree soggette all'uso di DPI anticaduta**.

**Ai livelli da 2 a 8**, l'operatore collegato al punto di ancoraggio di accesso, procederà verso la parte centrale del vano corsa e si collegherà quindi con l'altro capo del doppio cordino EN 354 da 1.5 m al carrello della linea di ancoraggio EN 795-C / UNI 11578-C installata a soffitto.

Una volta assicurato alla linea di ancoraggio, l'operatore potrà procedere lungo tutto il vano corsa senza interruzioni in corrispondenza dei punti di ancoraggio intermedi passanti.

Al livello 9, l'operatore, già collegato alla linea di ancoraggio EN 795-C / UNI 11578-C mediante cordino EN 354 di lunghezza 1.50 m potrà procedere lungo tutto il vano corsa senza interruzioni in corrispondenza dei punti di ancoraggio intermedi.

La lunghezza del cordino EN 354 da 1.50 m limiterà i movimenti dell'operatore alla parte pedonabile dei vani corsa degli shuttle. Anche in caso di scivolamento all'esterno di questa, la posizione alta sopra la testa dell'operatore delle linee di ancoraggio determinerà un **fattore di caduta 0 o "quasi 0"** contenendo al massimo lo spazio di arresto della caduta e le forze trasmesse all'operatore.

In ogni caso, viste le caratteristiche della struttura metallica delle passerelle con possibili spigoli vivi, **il cordino doppio cordino EN 354 dovrà avere caratteristiche anti-taglio.**

Essendo i vani corsa generalmente scarsamente illuminati, l'operatore dovrà essere equipaggiato con una lampada di illuminazione frontale montata sull'elmetto EN 397.

### 4.3 Prescrizioni particolari

**LE OPERAZIONI IN QUOTA DOVRANNO SEMPRE ESSERE CONDOTTE DA LAVORATORI DOTATI DEI DPI ANTICADUTA INDICATI NEL DISEGNO ALLEGATO E SPECIFICAMENTE FORMATI AL LORO USO.**

Viste le caratteristiche della struttura metallica con possibili spigoli vivi, **il doppio cordino EN 354 dovrà avere caratteristiche anti-taglio.**

## 5. Asseverazione

Il sottoscritto Ing. Paolo Garbin, c.f. GRBPLA72L13F241S, nato a Mirano il 13/07/1972, con studio presso Ergamatia srl, via G. B. Velluti 14b Dolo (Ve), iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Venezia al n. 3122,

in qualità di progettista del sistema anticaduta, in riferimento al progetto composto da:

- Relazione Tecnica 2019-28-RAC-R1
- Relazione di Calcolo 2019-28-DAC-R0
- Disegno Esecutivo 2019-28-DAC-R1

sotto la propria responsabilità, dichiara

che le misure preventive e protettive progettate sono conformi a quanto disposto dalle norme di buona tecnica per la protezione dei lavoratori contro le cadute dall'alto mediante dispositivi di protezione individuale.

Il progettista  
Ing Paolo Garbin

Progetto del Sistema Anticaduta:  
in conformità all'art. 63 della DLgs 9 aprile 2008 n 81

## Relazione di Calcolo 2019-28-CAC-R0

|             |   |
|-------------|---|
| Intervento: | XXXXX<br>Sede logistica di XXXXX (XX)<br><br>Shuttle racking – Sistema anticaduta per l'accesso in sicurezza ai vani corsa principali degli shuttle |
| RSPP:       |   |

La presente Relazione di calcolo è corredata da:      Relazione tecnica 2019-28-RAC-R1  
Disegno esecutivo 2019-28-DAC-R1



Progettista: Ing. Paolo Garbin, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Venezia, Iscrizione n. 3122

## Indice

|    |  |      |    |
|----|--|------|----|
| 1. | Premessa                                   | Pag. | 3  |
| 2. | Riferimenti                                | Pag. | 3  |
| 3. | Descrizione                                | Pag. | 4  |
| 4. | Caratteristiche strutturali degli elementi | Pag. | 5  |
| 5. | Carichi                                    | Pag. | 6  |
| 6. | Verifiche                                  | Pag. | 8  |
| 7. | Conclusioni                                | Pag. | 24 |

## 1. Premessa

La presente relazione di calcolo è redatta allo scopo di dimostrare la rispondenza degli elementi del sistema anticaduta ai requisiti vigenti alla data d'installazione.

## 2. Riferimenti

Decreto del Ministero delle Infrastrutture 17/01/2018

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018)

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/01/2019 n. 7

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17/01/2018

Decreto Legislativo 09/04/ 2008 n. 81 (e s.m.i)

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

Norma UNI EN 795:2012

Dispositivi individuali per la protezione contro le cadute  
Dispositivi di ancoraggio

Norma UNI CEN/TS 16415:2013

Dispositivi individuali per la protezione contro le cadute  
Dispositivi di ancoraggio – Raccomandazioni per dispositivi di ancoraggio per l'uso da parte di più persone contemporaneamente

Norma UNI 11578:2015

Dispositivi di ancoraggio destinati all'installazione permanente – Requisiti e metodi di prova

Rothoblaas

PATROL – Manuale d'uso e di installazione – Revisione 06/17

### 3. Descrizione

L'intervento prevede l'installazione di 8 linee di ancoraggio flessibili EN 795-C / UNI 11578-C per l'accesso in sicurezza ai vani corsa principali degli shuttle di uno shuttle racking disposto su 9 livelli.

Saranno installate linee di ancoraggio a soffitto del tipo Rothioblaas PATROL PASS-THROUGH AIR fissate per ogni livello all'intradosso e travi di sostegno del livello superiore.

Tutti gli elementi delle linee di ancoraggio saranno installati alle strutture metalliche della scaffalatura secondo **schemi di fissaggio riconducibili a quelli previsti e verificati dal produttore in conformità alle norme di certificazione.**

**In generale non è quindi necessaria un calcolo di verifica degli elementi di fissaggio.**

La struttura orizzontali della scaffalatura sono costituite da profili aperti di ridotto spessore (3 mm) dimensionate essenzialmente per i carichi verticali. Per contro una linea di ancoraggio flessibile EN 795-C / UNI 11578-C comporta la trasmissione di consistenti **carichi orizzontali** in corrispondenza dei fissaggi dei supporti di estremità.

Allo scopo di garantire un adeguato comportamento strutturale delle travi di fissaggio dei supporti di estremità sono stati quindi previsti degli appositi rinforzi.

Per evitare interferenze col transito delle merci, è richiesto di limitare l'ingombro delle verticale delle linee di ancoraggio a soli 40 mm al di sotto dell'intradosso delle travi di fissaggio.

Allo scopo sono quindi state previste delle apposite **staffe ad "L"** che permettano l'innalzamento dei supporti intermedi PASINT .

Per l'accesso al vano corsa del livello 9 è stata realizzata una struttura metallica ad hoc per il supporto della relativa linea di ancoraggio.

La presente relazione di calcolo è volta a **verificare i requisiti di resistenza e rigidità:**

- > delle strutture metalliche di fissaggio dei supporti di estremità delle linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8;
  - > delle staffe ad "L" di fissaggio dei supporti intermedi delle linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8;
  - > della struttura di fissaggio della linea di ancoraggio relativa al livello 9;
- nei confronti dei carichi previsti dalle norme EN 795-C / CEN/TS 15415 / UNI 11578.

Il metodo di calcolo utilizzato è quello semi-probabilistico degli stati limite.

#### 3.1. Modello di calcolo

Il comportamento strutturale degli elementi oggetto della presente relazione è stato studiato mediante un modello tridimensionale ad elementi finiti elaborato col software di calcolo AxisVM10-X4 (prodotto da InterCAD Kft. e distribuito da S.T.A. DATA srl - C.so Raffaello 12 - 10126 Torino, codice di licenza 4039).

L'analisi strutturale è stata condotta su modelli di parti rappresentative degli oggetti studiati. Le parti ad andamento monodimensionale sono state schematizzate da elementi monodimensionali di tipo "beam" con sezioni identiche a quelle nominali, le parti ad andamento bidimensionale sono state schematizzate con elementi bidimensionali di tipo "shell" con spessori identici a quelli nominali.

Lo studio delle deformazioni, delle azioni interne e delle sollecitazioni è stato condotto secondo i casi mediante analisi elastiche lineari e non lineari.

## 4. Caratteristiche strutturali degli elementi

### Struttura

Travi orizzontali formate a freddo con sezione a C

Lamiera in acciaio S235 di spessore 12 mm

|          |  |                       |
|----------|--|-----------------------|
| $f_{yk}$ | tensione caratteristica di snervamento                                 | 235 N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{tk}$ | tensione caratteristica di rottura                                     | 360 N/mm <sup>2</sup> |
| $Y_{M2}$ | coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite da fori | 1.25                  |

### Piastra di interfaccia a "L"

Lamiera in acciaio S235 di spessore 12 mm

|          |  |                       |
|----------|--|-----------------------|
| $f_{yk}$ | tensione caratteristica di snervamento                                 | 235 N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{tk}$ | tensione caratteristica di rottura                                     | 360 N/mm <sup>2</sup> |
| $Y_{M2}$ | coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite da fori | 1.25                  |

### Elementi di collegamento

Bulloni M10 in acciaio classe di resistenza 4.8

|           |   |                       |
|-----------|---|-----------------------|
| $A_{res}$ | area resistente delle viti M10                      | 58 mm <sup>2</sup>    |
| $f_{ybk}$ | tensione di snervamento                             | 320 N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{tbk}$ | tensione di rottura                                 | 400 N/mm <sup>2</sup> |
| $Y_{M2}$  | coefficiente di parziali di sicurezza per le unioni | 1.25                  |

Bulloni M12 in acciaio classe di resistenza 8.8

|           |   |                       |
|-----------|---|-----------------------|
| $A_{res}$ | area resistente delle viti M12                      | 84 mm <sup>2</sup>    |
| $f_{ybk}$ | tensione di snervamento                             | 640 N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{tbk}$ | tensione di rottura                                 | 800 N/mm <sup>2</sup> |
| $Y_{M2}$  | coefficiente di parziali di sicurezza per le unioni | 1.25                  |

## 5. Carichi

### 5.1. Resistenza

La linea di ancoraggio Rothoblaas PATROL è certificata per l'utilizzo da parte di **4 operatori contemporaneamente**.

Secondo la norma UNI 11578 la verifica statica equivalente per più utilizzatori deve essere condotta applicando alla fune, in mezzeria fra 2 supporti consecutivi, una forza ortogonale di 12 kN per il primo utilizzatore più 1 kN per ogni utilizzatore aggiuntivo, corrispondente a 15 kN per 4 utilizzatori.

In riferimento al **manuale d'uso e di installazione** della linea di ancoraggio PATROL (revisione 06/17 pag 6 "PATR), nel caso di installazione aerea, per la campata massima di 7.5 m è riportata una forza massima alle estremità di 18.10 kN e una freccia massima in mezzeria di 1.30 m.

Secondo la norma UNI 11578 la verifica statica equivalente per più utilizzatori deve essere condotta applicando alla fune, in mezzeria fra 2 supporti consecutivi, una forza ortogonale di 12 kN per il primo utilizzatore più 1 kN per ogni utilizzatore aggiuntivo, corrispondente a 15 kN per 4 utilizzatori.

La freccia è determinata dall'allungamento della linea di ancoraggio a causa:

- > della deformazione degli elementi terminali SPEAR per schiacciamento della molla di pre-tensionamento e rottura delle asole di dissipazione;
- > dello stiramento degli angolari PATROEND di collegamento alla struttura di supporto.

la somma dei due termini sopra esposti determina l'allungamento di ciascuna porzione di linea ai lati della mezzeria, di seguito indicato come **semi-allungamento**.

Per l'ortogonalità fra la freccia e la linea di ancoraggio indeformata, alla freccia di 1.30 m corrisponde un semi-allungamento di  $(1.30^2 + (7.50/2)^2)^{.5} - (7.50/2) = 3.96 - 3.75 = .21$  m, coincidente col valore di deformazione degli elementi sopra descritti.

L'applicazione del carico di certificazione per 1 operatore di 12 kN in mezzeria della campata massima di 7.5 m, dando luogo ad una freccia di 1.30 m, determina su ciascun supporto di estremità:

|            |   |          |
|------------|---|----------|
| $F_{vRES}$ | forza verticale = $12 / 2$                                  | 6.00 kN  |
| $F_{hRES}$ | forza orizzontale = $12 \times (3.75 / 1.30) / 2$           | 17.31 kN |
| $F_{RES}$  | forza lungo la linea di ancoraggio = $(F_s^2 + F_h^2)^{.5}$ | 18.32 kN |

corrispondente al valore dichiarato nel manuale (18.10 kN).

In riferimento alla campata massima di progetto di 4.40 m, il medesimo semi-allungamento di .21 m determinerà una freccia massima di  $((4.30/2 + .21)^2 - (4.30/2)^2)^{.5} = 2.36^2 + 2.15^2 = .97$  m.

L'applicazione del carico di certificazione di 12 kN in mezzeria della campata massima di 4.30 m, dando luogo ad una freccia di .97 m, determina su ciascun supporto di estremità:

|            |   |          |
|------------|---|----------|
| $F_{vRES}$ | forza verticale = $12 / 2$                                  | 6.00 kN  |
| $F_{hRES}$ | forza orizzontale = $12 \times (2.15 / .97) / 2$            | 13.30 kN |
| $F_{RES}$  | forza lungo la linea di ancoraggio = $(F_s^2 + F_h^2)^{.5}$ | 14.59 kN |

L'applicazione del carico di certificazione di 15 kN relativo a **4 operatori** si ottengono i seguenti valori:

|            |   |                 |
|------------|---|-----------------|
| $F_{vRES}$ | forza verticale = $15 / 2$                                  | <b>7.50 kN</b>  |
| $F_{hRES}$ | forza orizzontale = $15 \times (2.15 / .97) / 2$            | <b>13.30 kN</b> |
| $F_{RES}$  | forza lungo la linea di ancoraggio = $(F_s^2 + F_h^2)^{.5}$ | <b>15.27 kN</b> |

Anche se le linee di ancoraggio passanti saranno dotate di un solo carrello passante SLIDE-3 per l'uso normale di un solo operatore, a favore di sicurezza si assumono i valori di carico relativi ai 4 operatori di certificazione del sistema (in questo caso gli altri 3 operatori potranno comunque utilizzare il sistema anticaduta collegandosi direttamente alla linea di ancoraggio mediante un doppio cordino EN 354 col quale potranno superare i supporti intermedi).

Trattandosi di valori imposti dalla norma non si applicano coefficienti di amplificazione dei carichi.

## 5.2. Rigidezza

La geometria di installazione con piastre ad "L" presenta una **notevole deformabilità intrinseca**: mentre sono ammesse grandi deformazioni permanenti in caso arresto di caduta, devono essere garantite piccole deformazioni elastiche durante l'uso ordinario in condizioni di CADUTA PREVENUTA degli operatori.

Considerando che il pre-tensionamento della linea di ancoraggio Rothoblaas PATROL è di 1 kN, per la verifica della rigidezza dei supporti si assumono cautelativamente i seguenti carichi applicati simultaneamente:

|            |                   |         |
|------------|-------------------|---------|
| $F_{vRIG}$ | forza verticale   | 0.50 kN |
| $F_{hRIG}$ | forza orizzontale | 2.00 kN |

## 6. Verifiche

Si procede di seguito alle seguenti verifiche:

- > linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8: verifica di stabilità e resistenza delle strutture alle quali sono collegate le partenze e gli arrivi delle linee di ancoraggio - **sono ammesse deformazioni plastiche permanenti;**
- > linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8: verifica di rigidezza durante l'uso normale dei supporti intermedi fissati con staffe ad "L" per evitare problemi di interferenza con il transito delle merci - **sono ammesse soltanto deformazioni elastiche reversibili.**
- > linea di ancoraggio relativa al livello 9: verifica di stabilità e resistenza della struttura di supporto dedicata - **sono ammesse deformazioni plastiche permanenti.**

## 6.1. Linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8 Verifica di stabilità e resistenza delle strutture a cui sono fissate le PARTENZE

La **partenza** è collegata all'ala inferiore di una **trave a "C" di sezione 120x70x20x3 mm accoppiata**; per aumentarne la resistenza orizzontale la coppia di travi verrà collegata alla coppia di travi successiva distante **340 mm** mediante **due puntoni con sezione a "C" 65x22x1.5 mm**.

Le ali superiori delle travi a "C" sono collegate dai binari di scorrimento dello shuttle e sono ulteriormente irrigidite da un pannello grigliato che costituisce il piano di calpestio del livello superiore.

Le travi a "C" sono state modellate con elementi bidimensionali "shell" per meglio rappresentarne il comportamento elasto-plastico. Il collegamento delle travi ai montanti è schematizzato come un incastro. Il collegamento delle ali superiori ai binari è stato schematizzato con dei vincoli al solo spostamento verticale. Il collegamento fra le travi di ciascuna coppia è stato schematizzato da elementi rigidi in corrispondenza dei bulloni M10 passanti attraverso le anime accostate dei profili.

I 2 puntoni di collegamento fra le 2 coppie di travi, sollecitati esclusivamente a compressione sono stati schematizzati con elementi monodimensionali tipo "beam" di dimensioni adeguate allo studio della stabilità dell'equilibrio.

L'angolare PATROLEND di fissaggio dell'estremità della linea di ancoraggio alla struttura è stato schematizzato da elementi monodimensionali di tipo "beam" con una cerniera plastica in corrispondenza della piega dell'angolare.

Da un'analisi di buckling (lineare) dell'insieme costituito dalle 2 coppie di travi e dai puntoni di collegamento sottoposto al carico statico di certificazione si ottiene un primo moltiplicatore critico di 2.97 per l'instabilizzazione di uno dei puntoni in corrispondenza del passaggio di sezione dalla forma a "C" a quella "piatta" di collegamento alla travi.

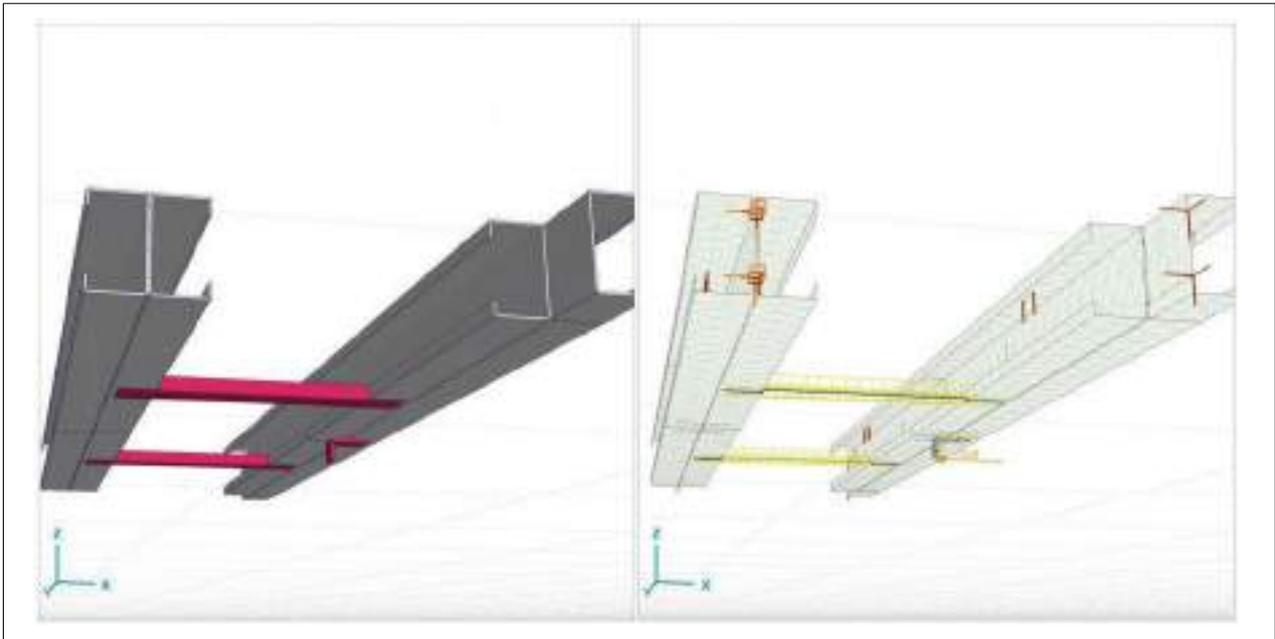
Il valore del primo moltiplicatore critico  $\gg 1$  è considerato accettabile.

Da un'analisi non-lineare elasto-plastica dell'insieme costituito dalle 2 coppie di travi e dai 2 puntoni di collegamento sottoposto al carico statico di certificazione si verificano gli spostamenti massimi degli elementi studiati.

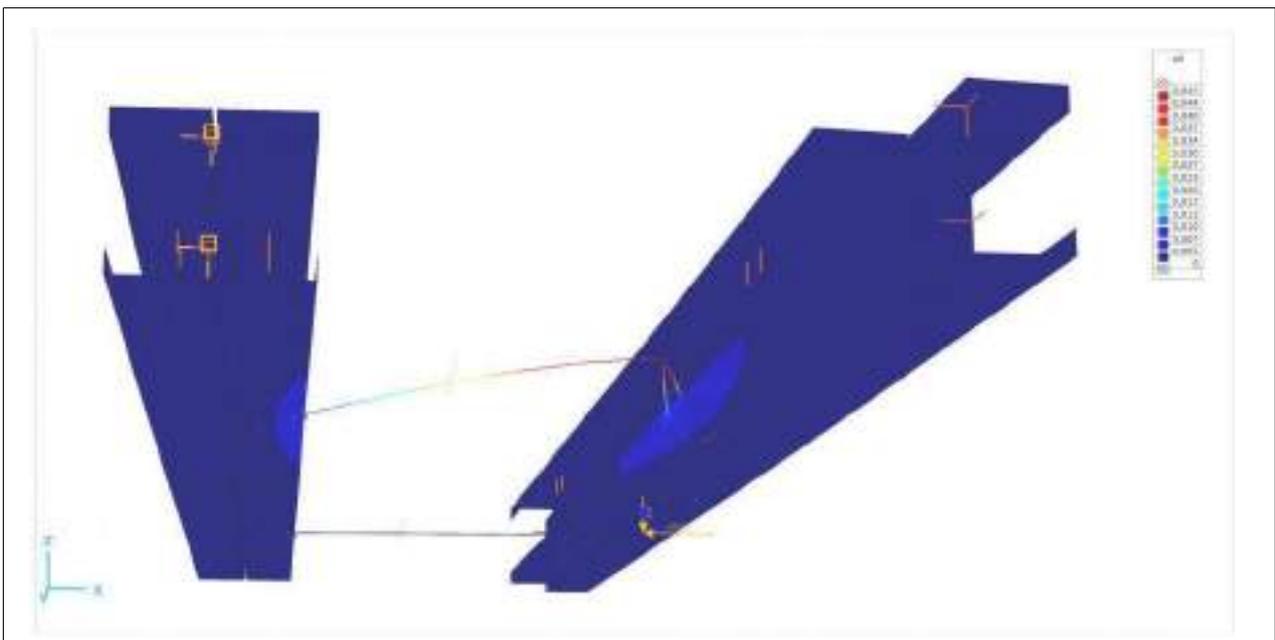
A meno della deformazione per formazione di una cerniera plastica dell'angolare PATROLEND (certificato e quindi non direttamente oggetto della presente verifica), la deformazione massima coinvolge l'ala inferiore della trave a "C" a cui è fissato lo stesso angolare con uno spostamento dell'ordine degli 8 mm, perfettamente compatibile con la stabilità dell'insieme verificata con l'analisi di buckling.

Dalla stessa analisi non-lineare elasto-plastica si calcolano le tensioni di Von Mises delle travi a "C". Essendo l'analisi spinta in campo plastico le tensioni sono limitate dallo snervamento del materiale ed evidenziano l'entità dei fenomeni di plasticizzazione: essi sono limitati agli intorni dei collegamenti fra le sezioni ed evidenziano il permanere di una sufficiente riserva plastica dell'insieme.

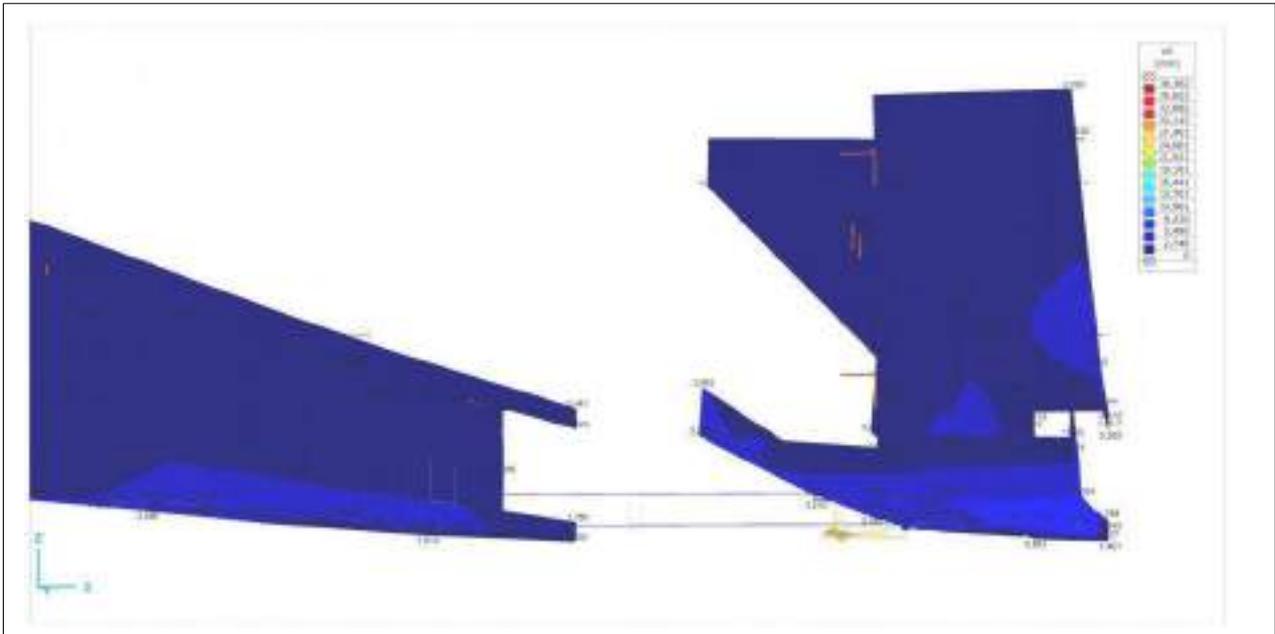
Nel complesso si valuta che il comportamento delle strutture alle quali sono collegate le partenze delle linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8 sia accettabile.



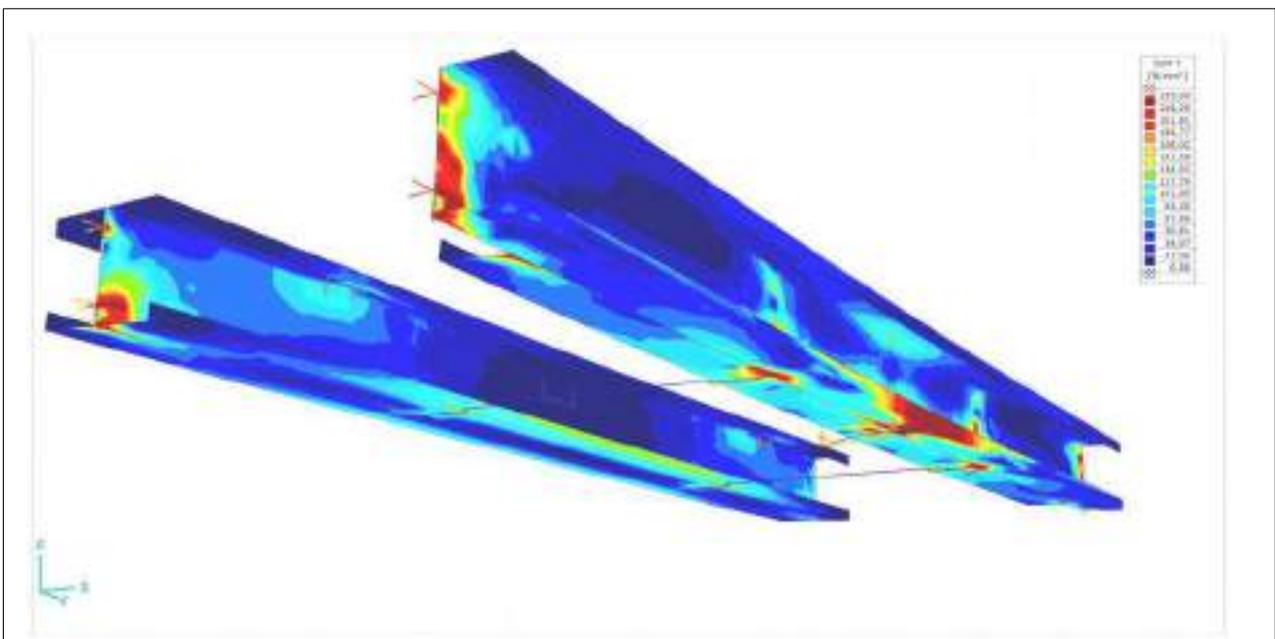
modello dell'assieme strutturale – rendering e schema agli elementi finiti



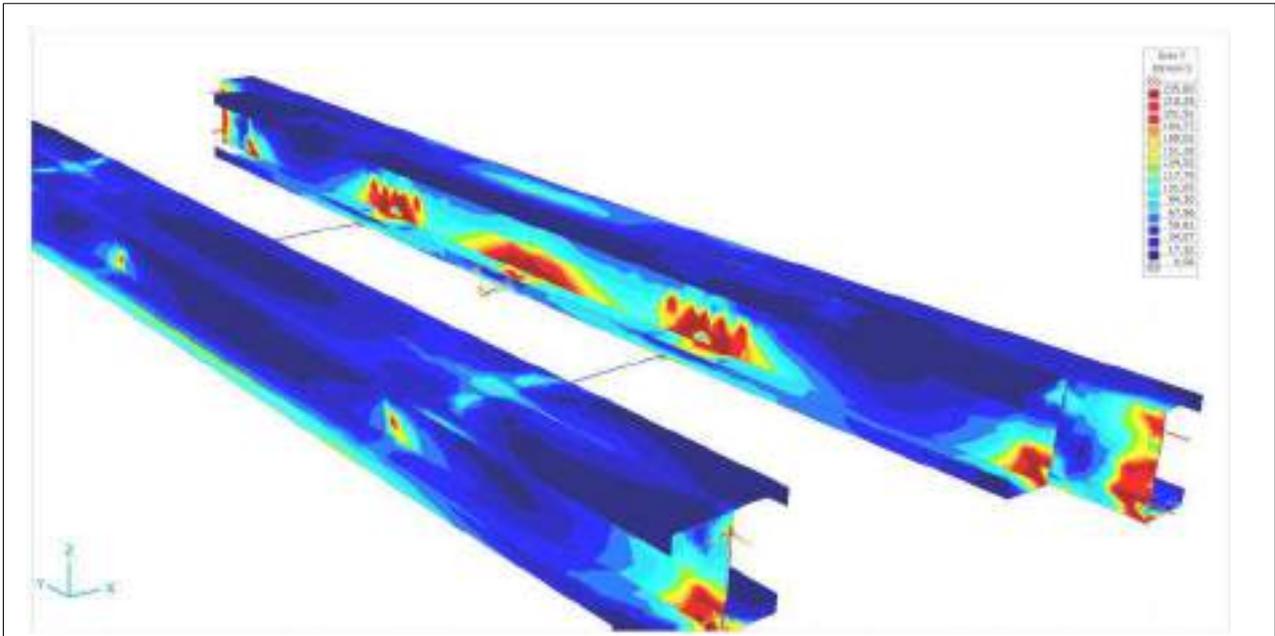
analisi di buckling – primo modo di instabilità



analisi elasto-plastica non lineare – spostamenti (amplificati di un fattore 2)



analisi elasto-plastica non lineare – tensioni di Von Mises



analisi elasto-plastica non lineare – tensioni di Von Mises

## 6.2. Linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8 Verifica di stabilità e resistenza delle strutture a cui sono fissati gli ARRIVI

L'arrivo è collegata all'ala inferiore di una **trave a "C" di sezione 120x70x20x3 mm accoppiata**; per aumentarne la resistenza orizzontale la coppia di travi verrà collegata alla coppia di travi successiva distante **840 mm** mediante **due coppie di puntoni con sezione a "C" 65x22x1.5 mm**.

Le ali superiori delle travi a "C" sono collegate dai binari di scorrimento dello shuttle e sono ulteriormente irrigidite da un pannello grigliato che costituisce il piano di calpestio del livello superiore.

Le travi a "C" sono state modellate con elementi bidimensionali "shell" per meglio rappresentarne il comportamento elasto-plastico. Il collegamento delle travi ai montanti è schematizzato come un incastro. Il collegamento delle ali superiori ai binari è stato schematizzato con dei vincoli al solo spostamento verticale. Il collegamento fra le travi di ciascuna coppia è stato schematizzato da elementi rigidi in corrispondenza dei bulloni M10 passanti attraverso le anime accostate dei profili.

I 4 puntoni di collegamento fra le 2 coppie di travi, sollecitati esclusivamente a compressione sono stati schematizzati con elementi monodimensionali tipo "beam" di dimensioni adeguate allo studio della stabilità dell'equilibrio.

L'angolare PATROLEND di fissaggio dell'estremità della linea di ancoraggio alla struttura è stato schematizzato da elementi monodimensionali di tipo "beam" con una cerniera plastica in corrispondenza della piega dell'angolare.

Da un'analisi di buckling (lineare) dell'assieme costituito dalle 2 coppie di travi e dai 4 puntoni di collegamento, sottoposto al carico statico di certificazione di 15 kN sulla linea di ancoraggio, si ottiene un primo moltiplicatore critico significativo di 5.25 per l'instabilizzazione di uno dei puntoni in corrispondenza del passaggio di sezione dalla forma a "C" a quella "piatta" di collegamento alla travi.

(Viene calcolato anche un moltiplicatore più basso, di 4.67, relativo all'instabilizzazione dell'ala inferiore compressa dalla flessione orizzontale).

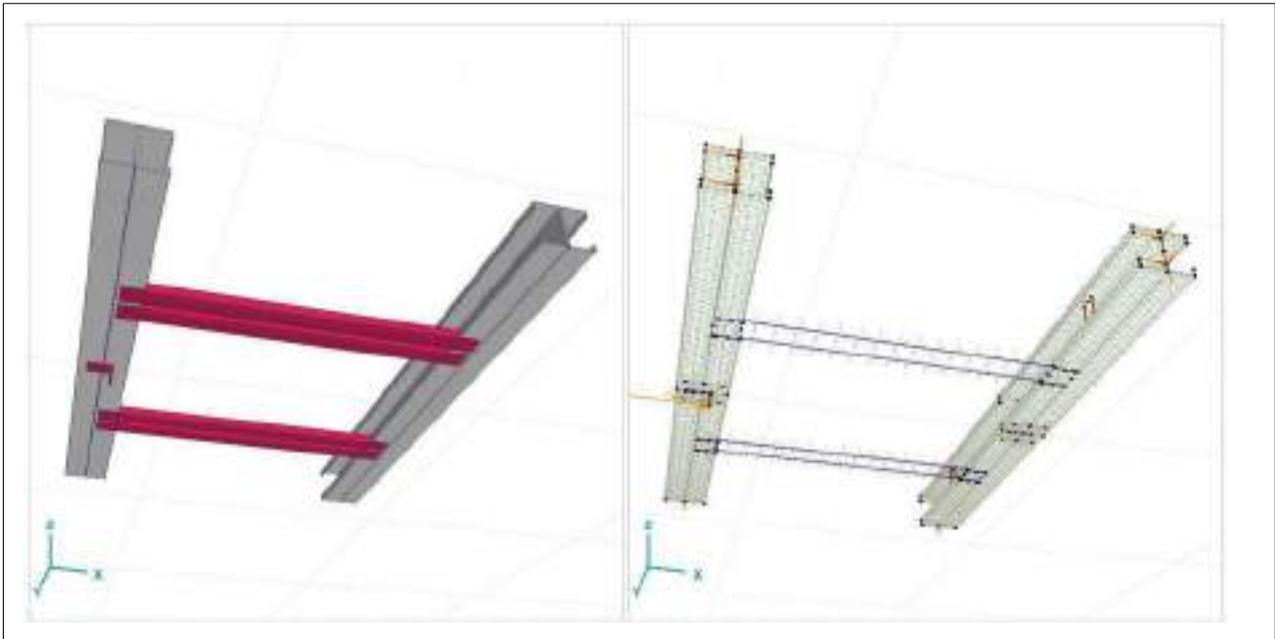
Il valore del primo moltiplicatore critico  $\gg 1$  è considerato accettabile.

Da un'analisi non-lineare elasto-plastica dell'assieme costituito dalle 2 coppie di travi e dai 4 puntoni di collegamento sottoposto al carico statico di certificazione si verificano gli spostamenti massimi degli elementi studiati.

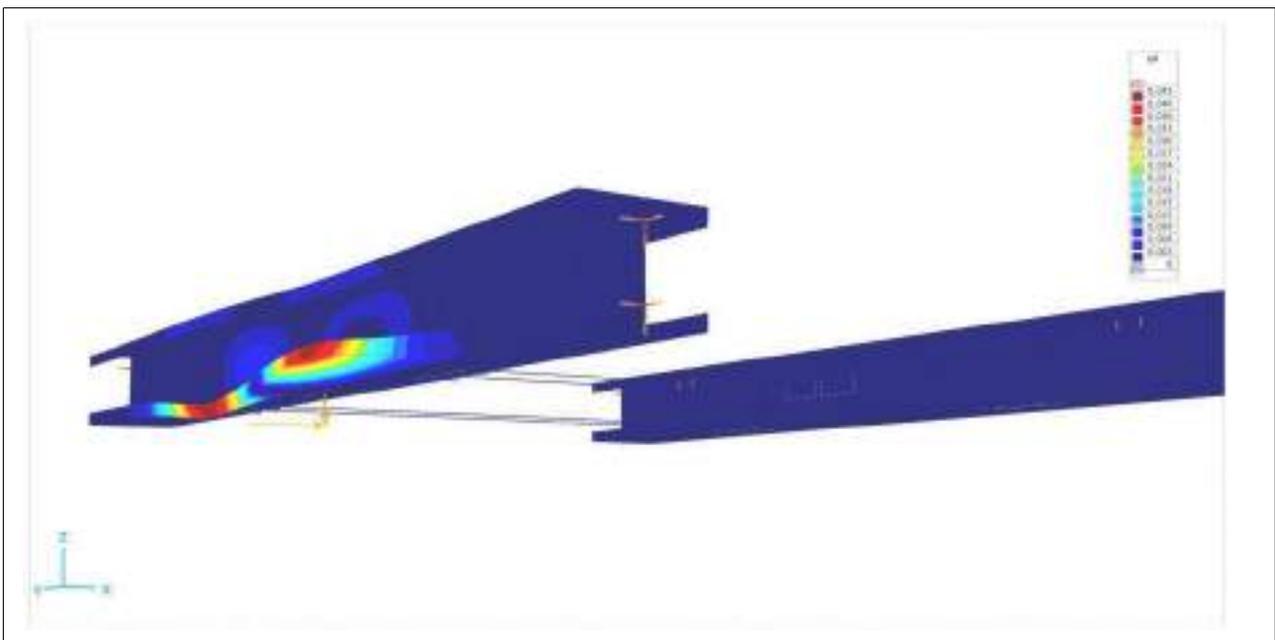
A meno della deformazione per formazione di una cerniera plastica dell'angolare PATROLEND (certificato e quindi non direttamente oggetto della presente verifica), la deformazione massima coinvolge l'ala inferiore della trave a "C" a cui è fissato lo stesso angolare con uno spostamento dell'ordine dei 7 mm, perfettamente compatibile con la stabilità dell'assieme verificata con l'analisi di buckling.

Dalla stessa analisi non-lineare elasto-plastica si calcolano le tensioni di Von Mises delle travi a "C". Essendo l'analisi spinta in campo plastico le tensioni sono limitate dallo snervamento del materiale ed evidenziano l'entità dei fenomeni di plasticizzazione: essi sono limitati agli intorni dei collegamenti fra le sezioni ed evidenziano il permanere di una sufficiente riserva plastica dell'assieme.

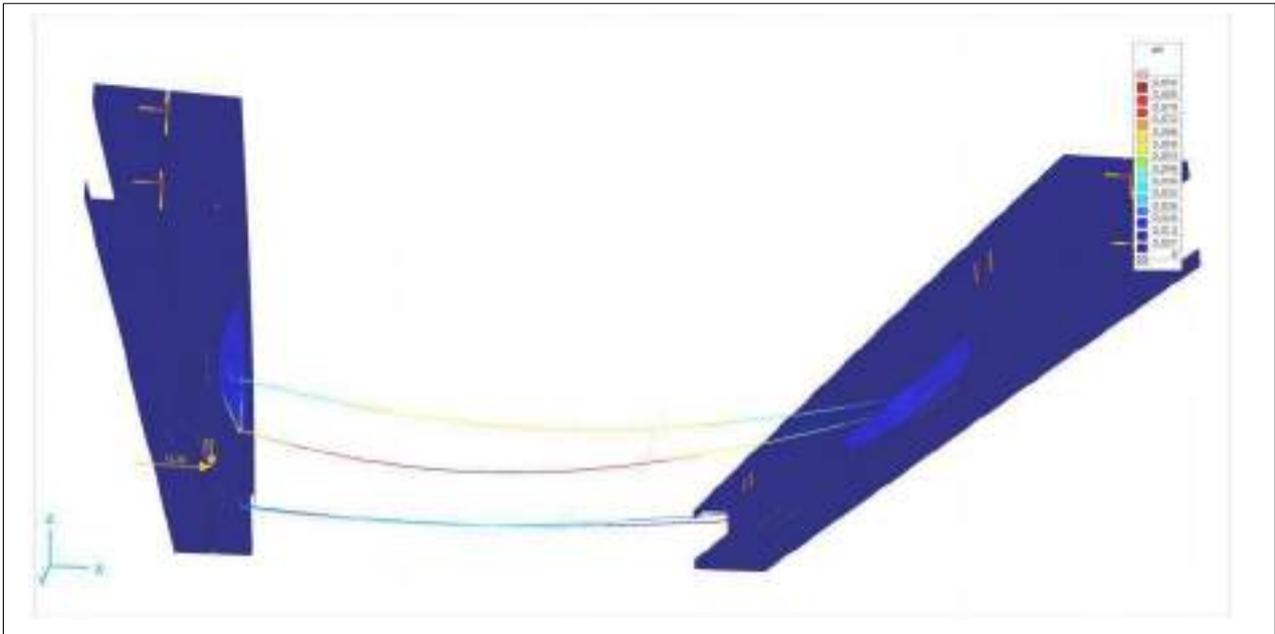
Nel complesso si valuta che il comportamento della strutture alle quali sono collegati gli arrivi delle linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8 sia accettabile.



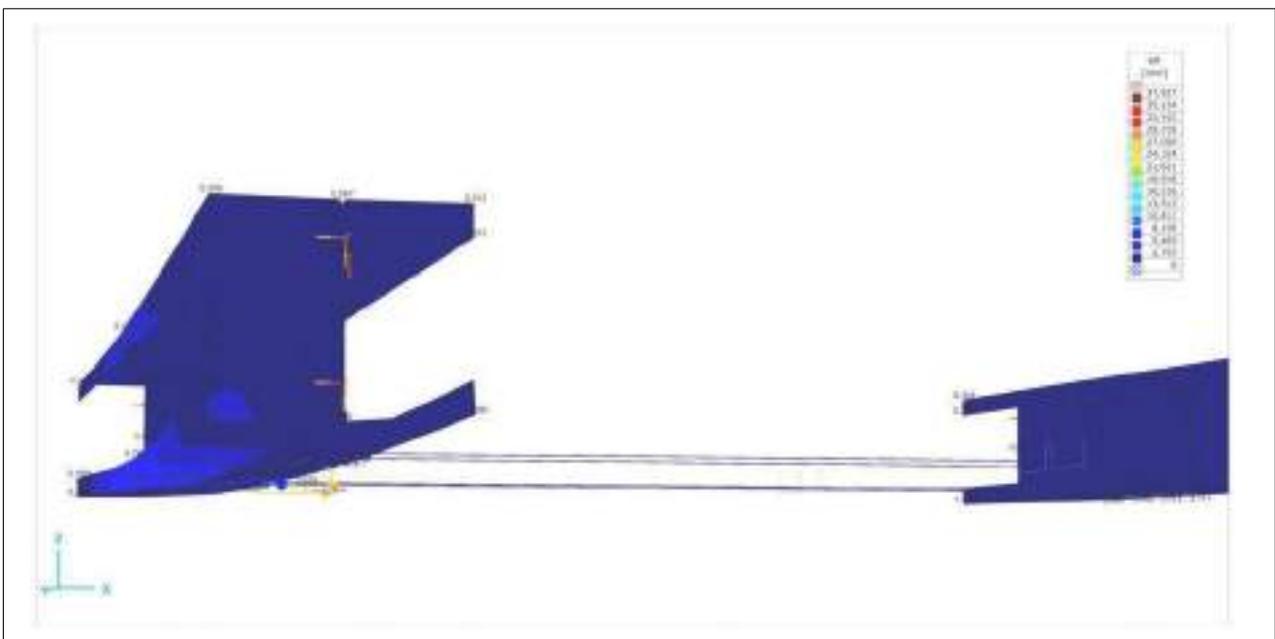
modello dell'assieme strutturale – rendering e schema ad elementi finiti



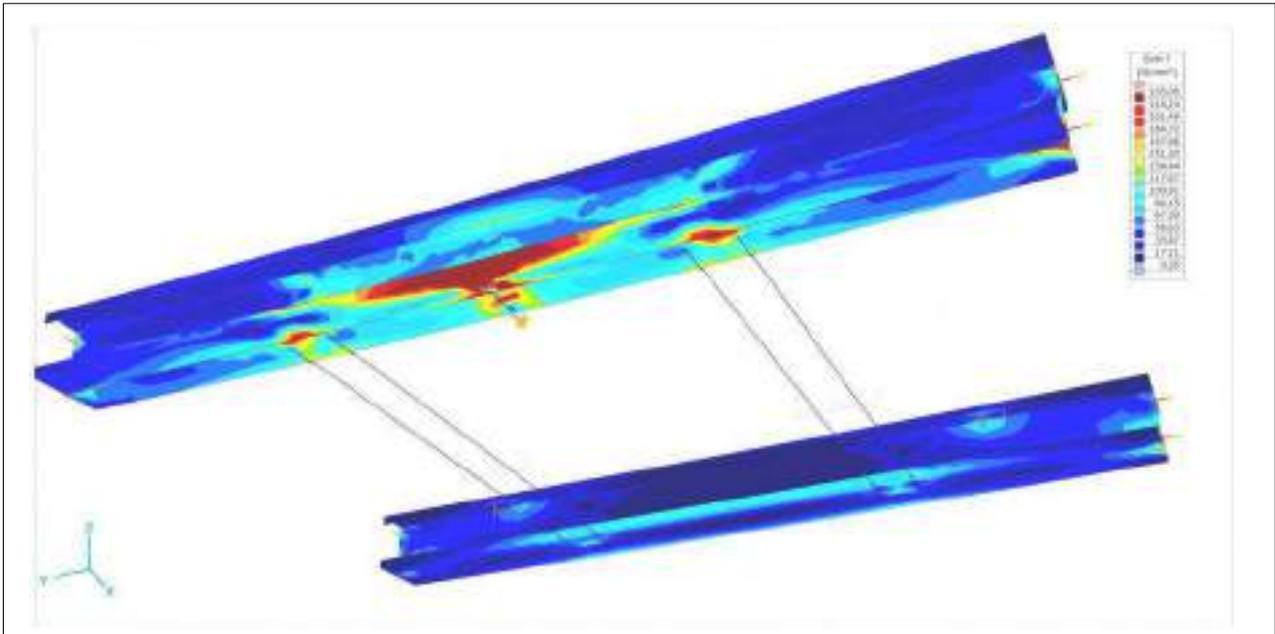
analisi di buckling – primo modo di instabilità relativo alla trave a "C"



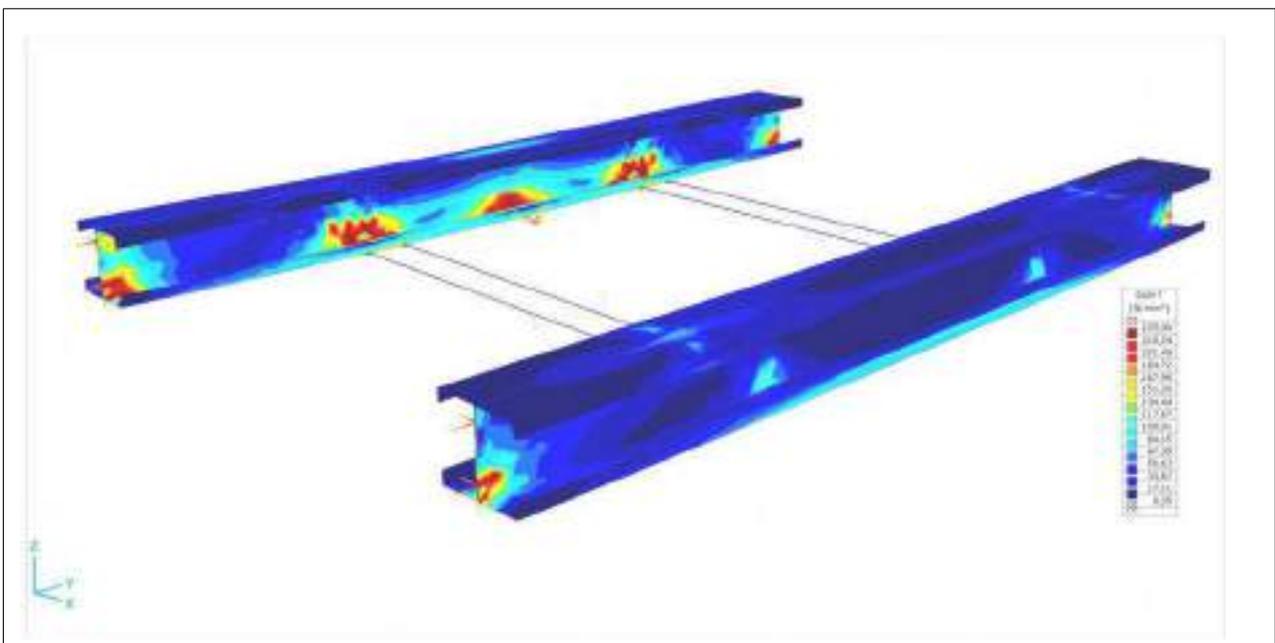
analisi di buckling – secondo modo di instabilità relativo ad un puntone interno



analisi elasto-plastica non lineare – spostamenti (amplificati di un fattore 2)



analisi elasto-plastica non lineare – tensioni di Von Mises



analisi elasto-plastica non lineare – tensioni di Von Mises

### 6.3. Linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8 Verifica di rigidezza dei supporti INTERMEDI

Per evitare l'interferenza col transito dei carichi, i punti intermedi devono essere rialzati rispetto all'intradosso delle travi a "C" ai quali devono essere fissati mediante delle apposite **staffe ad "L"** fissate alle anime delle travi accoppiate mediante **2 bulloni M12** passanti.

Le travi a "C" e le staffe ad "L" sono state modellate con elementi bidimensionali "shell" per meglio rappresentarne il comportamento elasto-plastico. I 2 bulloni M12 di collegamento della staffa ad "L" alle travi a "C" sono stati schematizzati con elementi "beam" per il calcolo delle azioni interne. Il collegamento delle travi ai montanti è schematizzato come incastri in corrispondenza dei bulloni di fissaggio. Il collegamento delle ali superiori ai binari è stato schematizzato con dei vincoli al solo spostamento verticale. Il collegamento fra le travi di ciascuna coppia è stato schematizzato da elementi rigidi in corrispondenza dei bulloni M10 passanti attraverso le anime accostate dei profili.

Da un'analisi non-lineare elasto-plastica dell'assieme costituito da una coppia di travi a "C" e una staffa ad "L" sottoposta al carico verticale di 1 kN, si verificano gli spostamenti e le tensioni interne.

Lo spostamento massimo dell'estremità della staffa ad "L" è inferiore a 6 mm, compatibile con una deformazione elastica reversibile.

Trascurando le concentrazioni di tensione in corrispondenza dei punti di collegamento dei 2 bulloni M12 legate a semplificazioni del modello, le tensioni di Von Mises sulla piastra ad "L" risultano sempre inferiori ai valori di snervamento, a verifica di un comportamento elastico reversibile.

Da un'analisi non-lineare elasto-plastica dell'assieme costituito da una coppia di travi a "C" e una staffa ad "L" sottoposta al carico verticale di 7.5 kN corrispondente al valore di certificazione, ammettendo deformazioni plastiche permanenti per la staffa ad "L" e per le travi, si verifica la sola resistenza dei 2 bulloni M12.

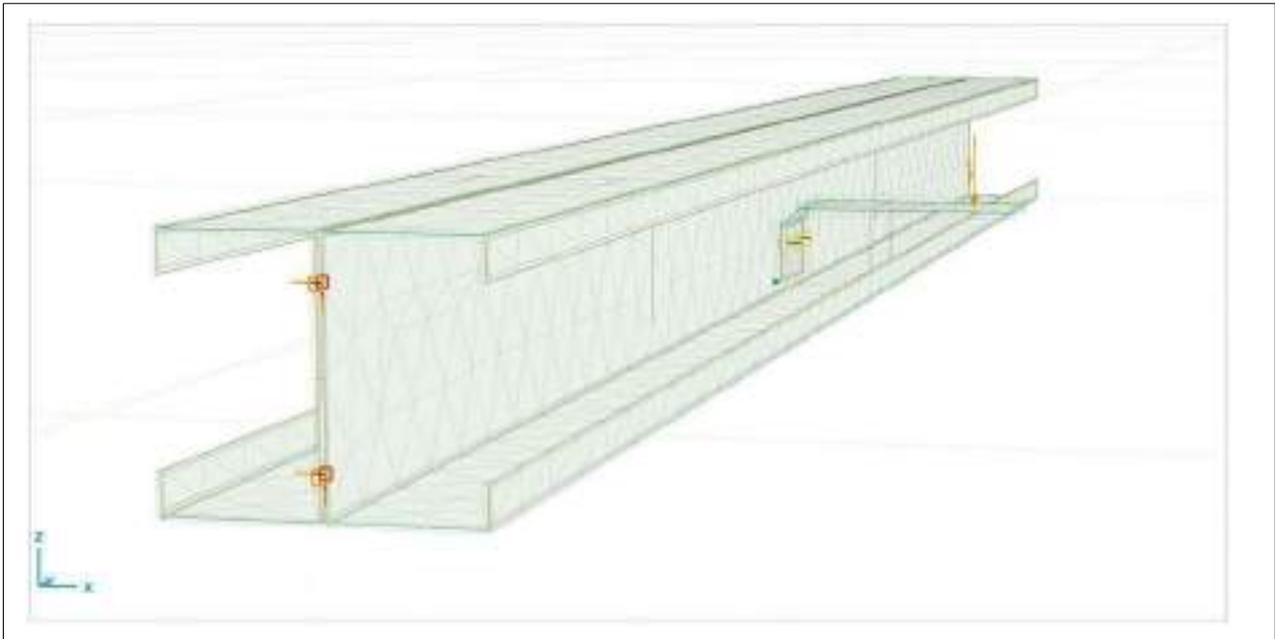
$F_{t,Ed}$  massima sollecitazione di trazione sul bullone più caricato 7.80 kN

La resistenza di progetto dei bulloni è data dalle formule:

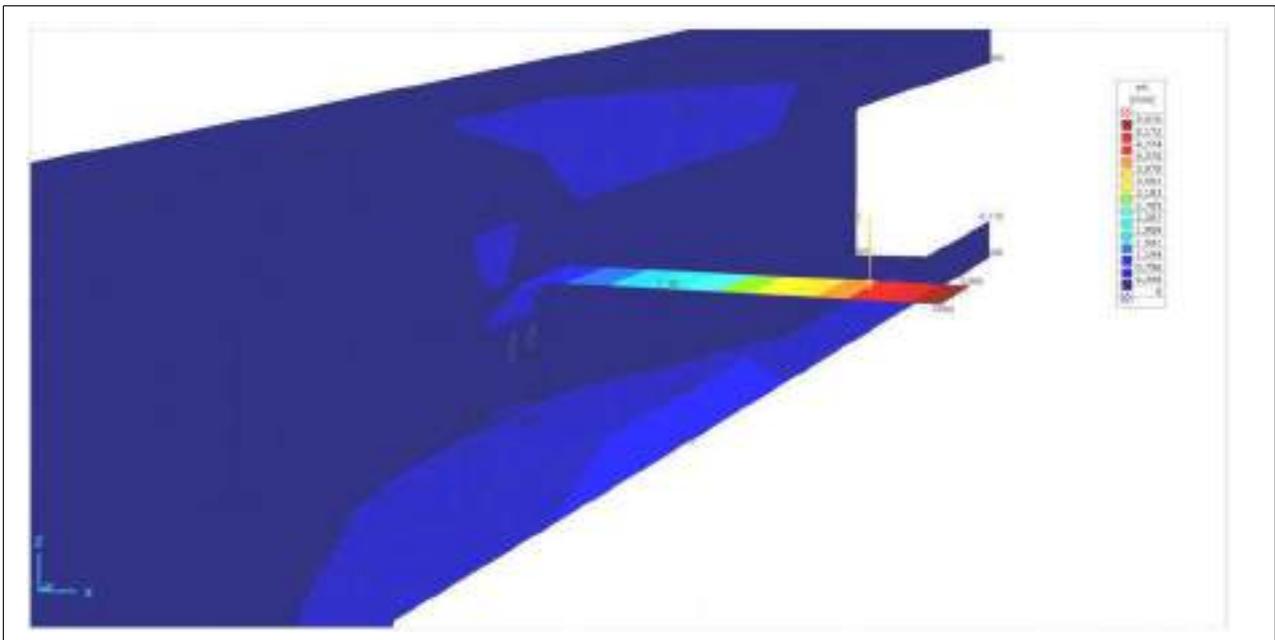
$F_{t,Rd}$  resistenza a trazione di progetto =  $.9 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M2}$  48.38 kN

La verifica del bullone più caricato è data da:

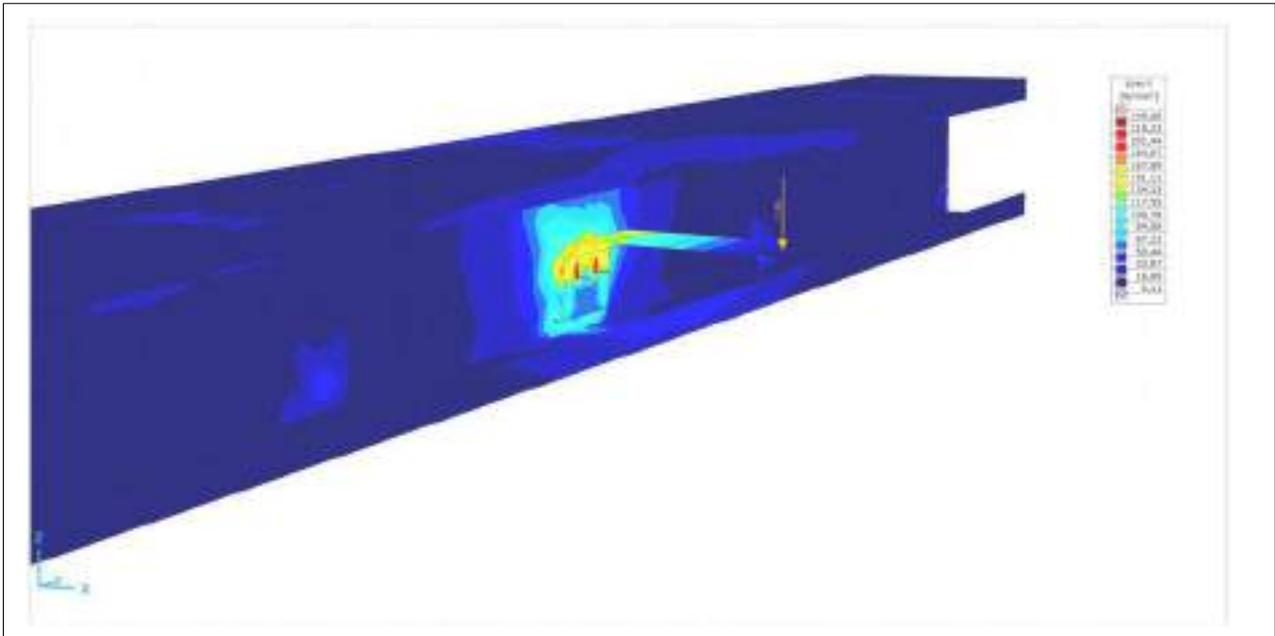
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$  0.16 < 1.00



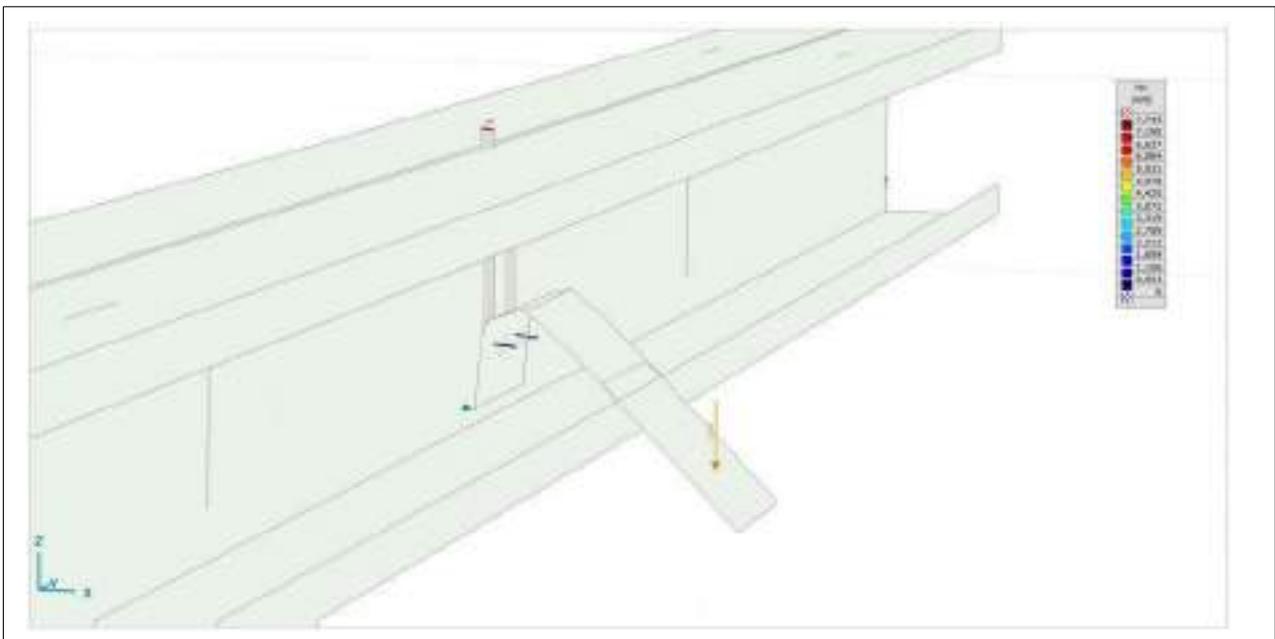
modello dell'assieme strutturale – schema ad elementi finiti



verifica di rigidezza – analisi elasto-plastica non lineare – spostamenti in scala reale



verifica di rigidezza – analisi elasto-plastica non lineare – tensioni di Von Mises



verifica di resistenza - analisi elasto-plastica non lineare – azioni assiali sui bulloni di installazione della staffa ad "L"

#### 6.4. Linea di ancoraggio relativa al livello 9 Verifica di stabilità e resistenza delle strutture di sostegno

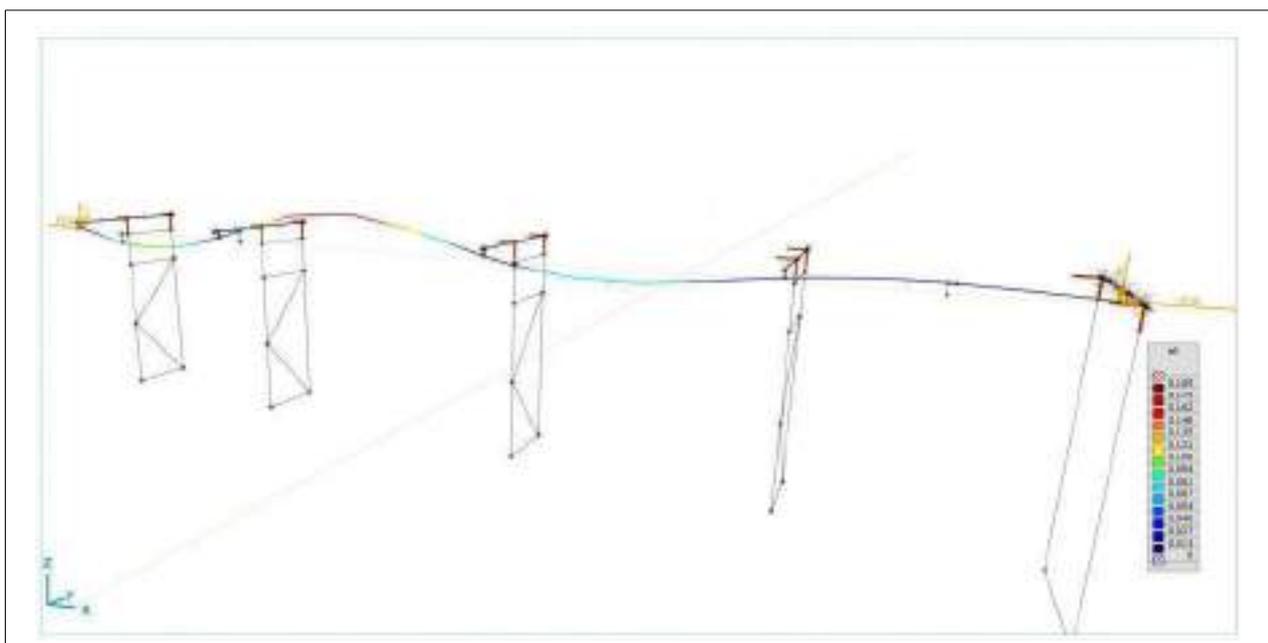
Per il montaggio della linea di ancoraggio relativa al livello più alto sarà predisposta un'apposita struttura di sostegno laterale al vano di corsa dello shuttle con **travi a sbalzo ad "U" di sezione 140x70x3 mm** collegate da un **"canale" a "C" rovescia di sezione 120x60x15x3 mm**.

La linea di ancoraggio sarà fissata a quest'ultimo che svolgerà una funzione di stabilizzazione della struttura di supporto e di contrasto all'azione di compressione esercitata dalla tensione della linea di ancoraggio stessa.

Un modello semplificato di una porzione rappresentativa dell'intera struttura comprendente la partenza, l'arrivi e 4 campate intermedie è stato schematizzato con elementi "beam" per lo **studio della stabilità globale** del sistema affidata appunto al "canale" a "C" rovescia di installazione della linea di ancoraggio. Da un'analisi di buckling rispetto al carico statico di certificazione di 15 kN sulla linea di ancoraggio, si ottiene un primo moltiplicatore critico di 4.50 per l'instabilizzazione globale dell'intero "canale" a "C". Il valore del primo moltiplicatore critico  $\gg 1$  è considerato più che accettabile.



modello dell'insieme strutturale rappresentativo dell'intera struttura di supporto – rendering e schema ad elementi finiti



analisi di buckling globale – primo modo di instabilità relativo al "canale" a "C" rovescia

Per lo **studio della stabilità locale** e la resistenza delle travi a sbalzo a "U", una di queste è stata schematizzata con elementi bidimensionali "shell". Opportuni vincoli allo spostamento trasversale e alla rotazione sono stati posti all'estremità di questa per schematizzare l'effetto stabilizzante del "canale" a "C" rovescia.

Le verifiche sono quindi state condotte rispetto al solo carico verticale di certificazione relativo ad un lato di una campata (7.5 kN).

Da un'analisi di buckling (lineare), si ottiene un primo moltiplicatore critico significativo di 3.63 per l'instabilizzazione locale dell'ala inferiore in corrispondenza della base dello sbalzo.

Il valore del primo moltiplicatore critico  $\gg 1$  è considerato accettabile.

Da un'analisi non-lineare elasto-plastica si calcola uno spostamento della parte inferiore dell'estremità della trave a sbalzo in meno di 6 mm, perfettamente compatibile con la stabilità verificata con l'analisi di buckling.

Dalla stessa analisi non-lineare elasto-plastica si calcolano le tensioni di Von Mises.

Essendo l'analisi spinta in campo plastico le tensioni sono limitate dallo snervamento del materiale ed evidenziano l'entità dei fenomeni di plasticizzazione: essi evidenziano un elevato sfruttamento della sezione e la conseguente deformazione permanente della trave, ammissibile per il carico di certificazione applicato.

Si calcola inoltre le sollecitazioni sui 4 bulloni M10 che vincoleranno la trave a sbalzo ai montanti laterali. Sono significative le sole sollecitazioni di taglio:

$$F_{v,EdT} \quad \text{sollecitazione di taglio bullone più sollecitato a taglio} \quad 6.69 \text{ kN}$$

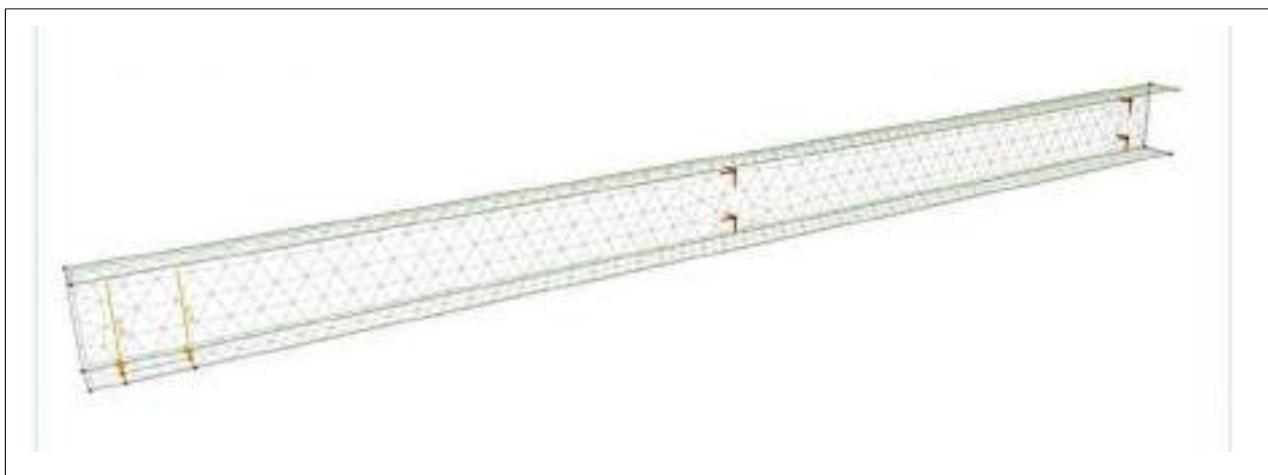
La resistenza di progetto dei bulloni è data da:

$$F_{v,Rd} \quad \text{resistenza a taglio di progetto} = .6 f_{tbk} A_{res} / \gamma_{M2} \quad 11.14 \text{ kN}$$

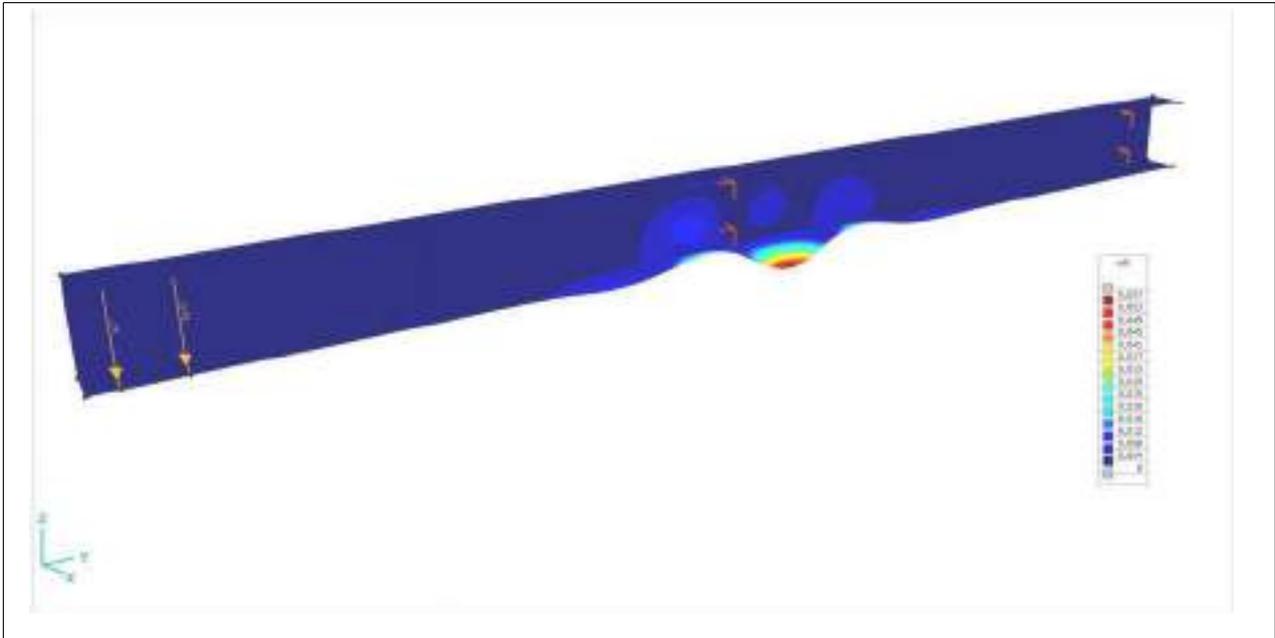
La verifica del bullone più caricato è data da:

$$F_{v,EdT} / F_{v,Rd} \quad 0.60 < 1.00$$

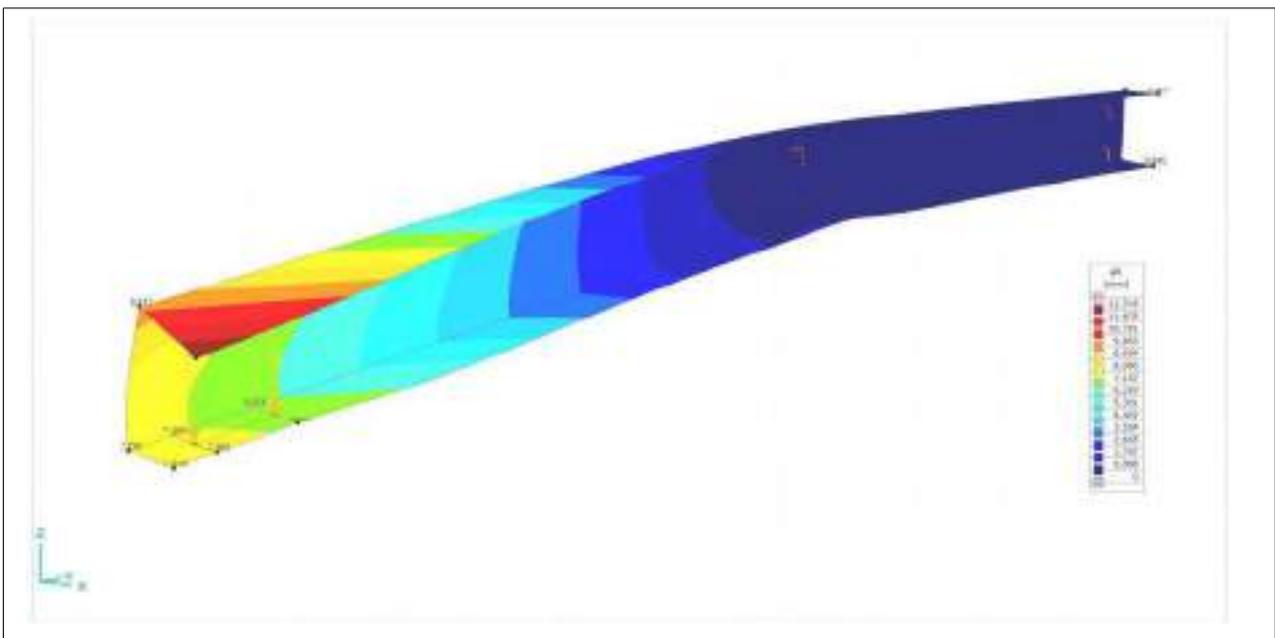
Nel complesso si valuta che il comportamento della struttura di sostegno alla quale sarà collegata la linea di ancoraggio relativa al livello 9 sia accettabile.



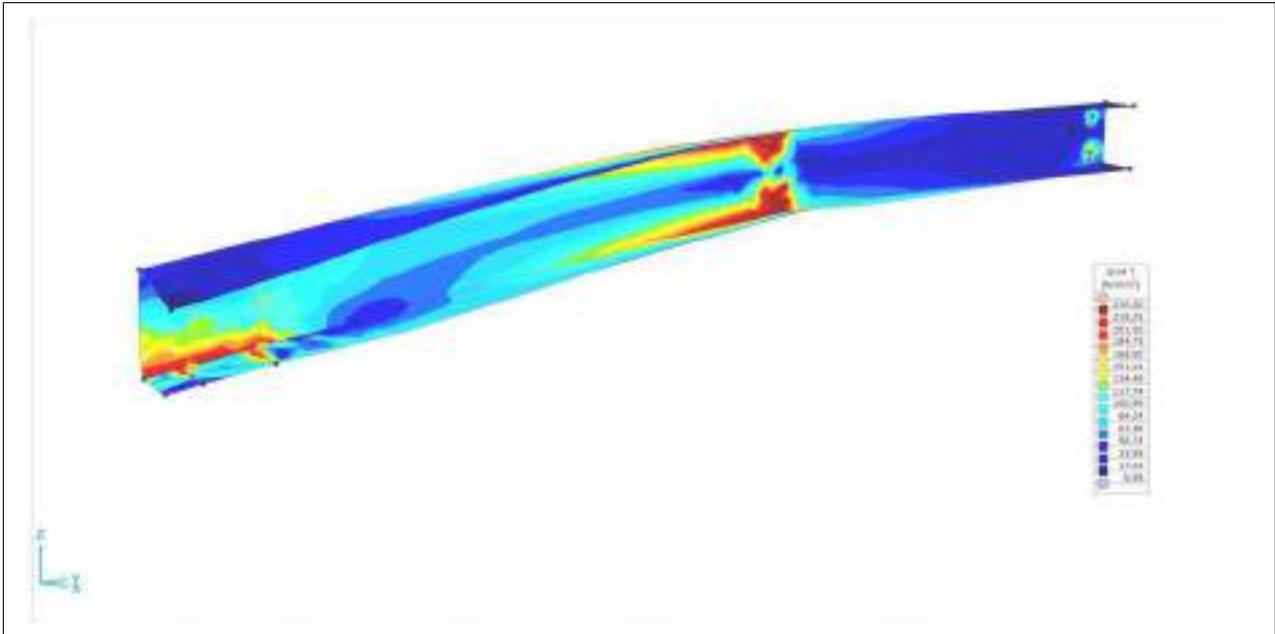
modello di una trave a sbalzo – schema ad elementi finiti



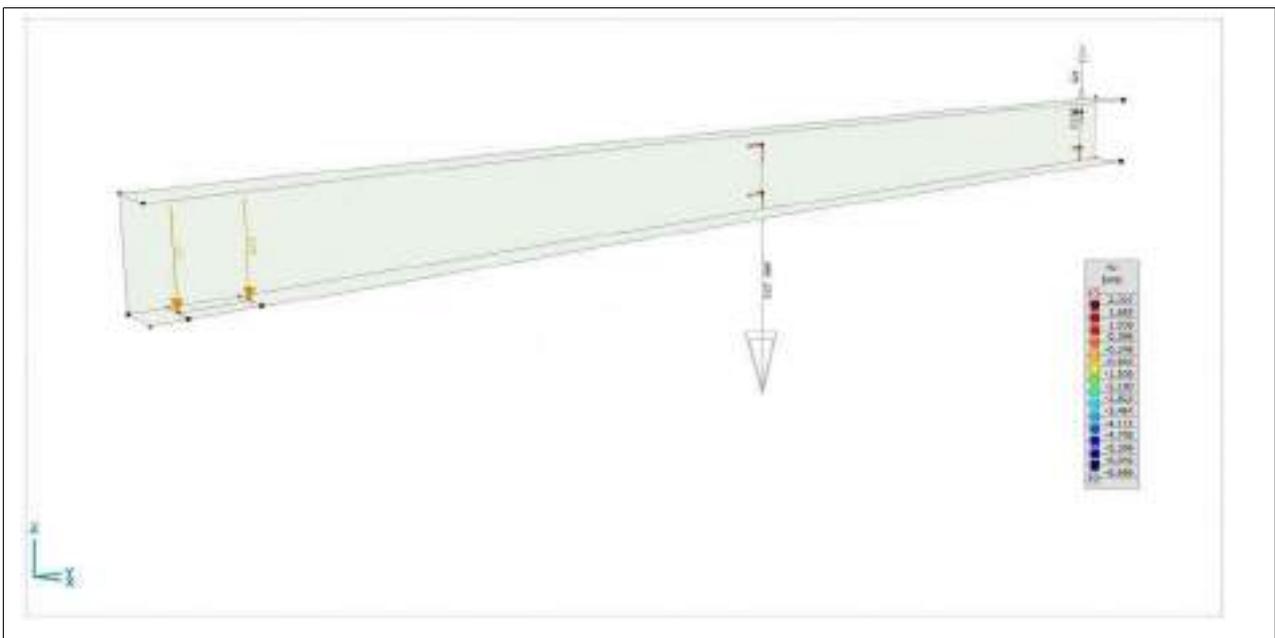
analisi di buckling – primo modo di instabilità locale relativo all'ala inferiore alla base dello sbalzo



analisi elasto-plastica non lineare – spostamenti (amplificati di un fattore 10)



analisi elasto-plastica non lineare – tensioni di Von Mises (deformata amplificata di un fattore 10)



analisi elasto-plastica non lineare – sollecitazioni sui bulloni di collegamento (deformata reale)

## 7. Conclusioni

Tutti gli elementi del sistema anticaduta previsto saranno installati sulle strutture metalliche delle scaffalature secondo **schemi di fissaggio riconducibili a quelli previsti e verificati dal produttore in conformità alle norme di certificazione.**

Per le linee di ancoraggio relative ai livelli da 2 a 8 sono stati predisposti dei rinforzi in corrispondenza delle partenze e degli arrivi e sono state prediste delle specifiche staffe per risolvere problemi d'ingombro. Per la linea di ancoraggio relativa al livello 9 verrà realizzata un'apposita struttura di sostegno.

Si è proceduto alla verifica delle strutture interessate dalle sollecitazioni generate dai carichi di certificazione delle linee di ancoraggio omologate per l'**uso da parte di 4 operatori contemporaneamente.** L'esito delle verifiche è stato positivo.

**LEGENDA**

-  area di lavoro con protezioni anticaduta collettive liberamente accessibile senza l'uso di DPI anticaduta
-  accessi alle aree soggette all'uso di DPI anticaduta
-  punti di ancoraggio EN 795-A / UNI 11578-A
-  linea di ancoraggio EN 795-C / UNI 11578-C
-  area di lavoro accessibile in condizioni di CADUTA PREVENUTA
-  grigliario pedonabile NON ACCESSIBILE in condizioni di sicurezza

LE OPERAZIONI IN QUOTA DOVRANNO SEMPRE ESSERE CONDOTTE DA LAVORATORI DOTATI DEI DPI ANTICADUTA SOTTO INDICATI E SPECIFICAMENTE FORMATI AL LORO USO.

**DPI ANTICADUTA NECESSARI:**

- > imbracatura anticaduta EN 361
- > doppio cordino EN 354 da 1.5 m con caratteristiche anti-taglio (edge tested)
- > elmetto di protezione per l'industria EN 397 con lampada di illuminazione frontale

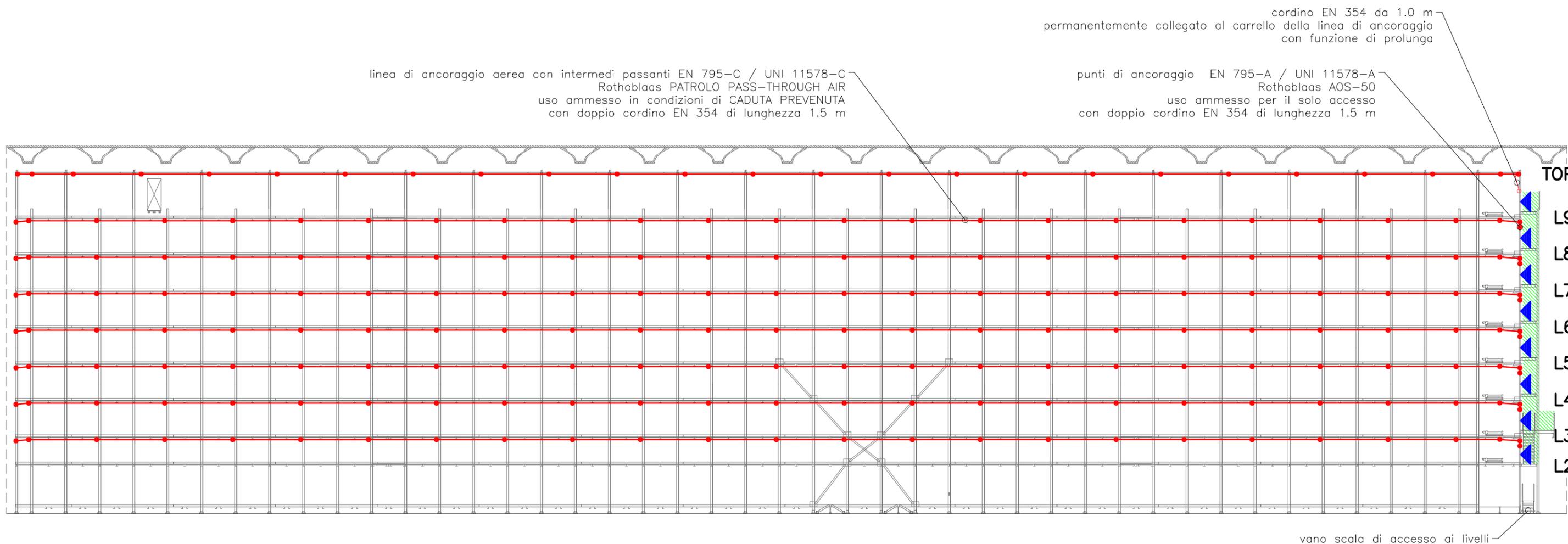
Intervento: XXXXX  
Sede logistica di XXXXX,  
XXXXX (XX)

Shuttle racking – Sistema anticaduta per l'accesso in sicurezza ai corridoi di transito degli shuttle

RSPP: ...



**PROGETTO DEL SISTEMA ANTICADUTA**  
art 63 Dlgs 9 aprile 2008 n 81



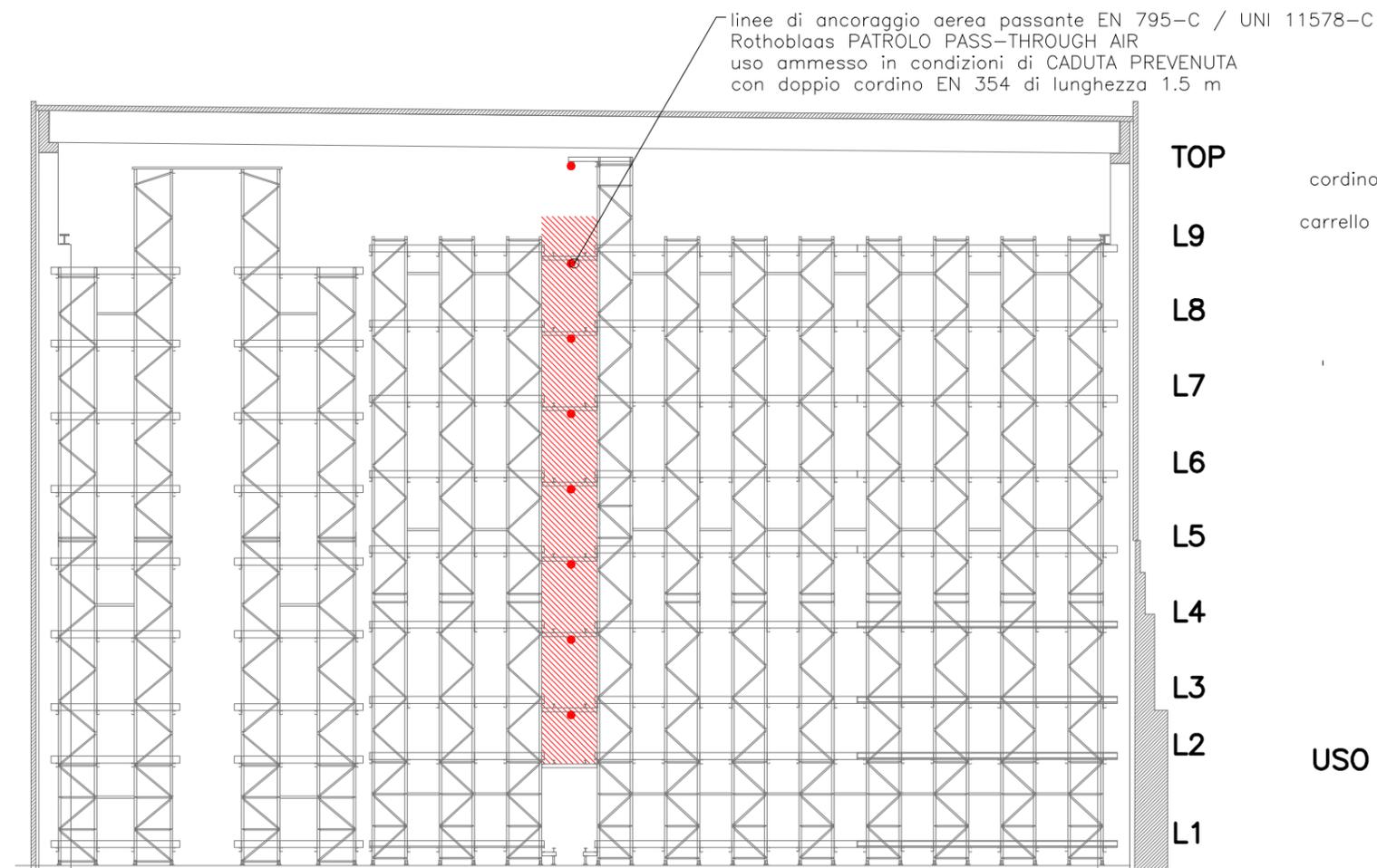
**LAYOUT DEL SISTEMA ANTICADUTA  
SEZIONE LONGITUDINALE  
scala 1:250**

la parte esecutiva del presente progetto è stata interamente recepita dai disegni XXXXX

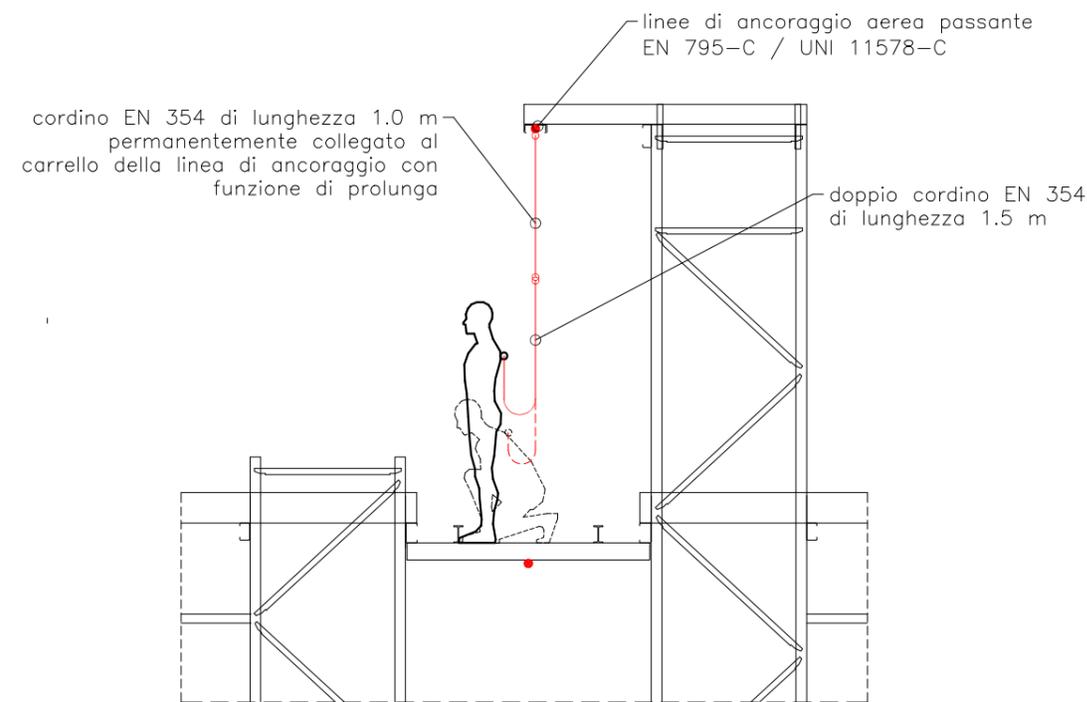
Il presente disegno esecutivo è corredato dalla  
Relazione Tecnica 2019-28-RAC-R1  
Relazione di Calcolo 2019-28-CAC-R0

Progettista:  
Ing. Paolo Garbin

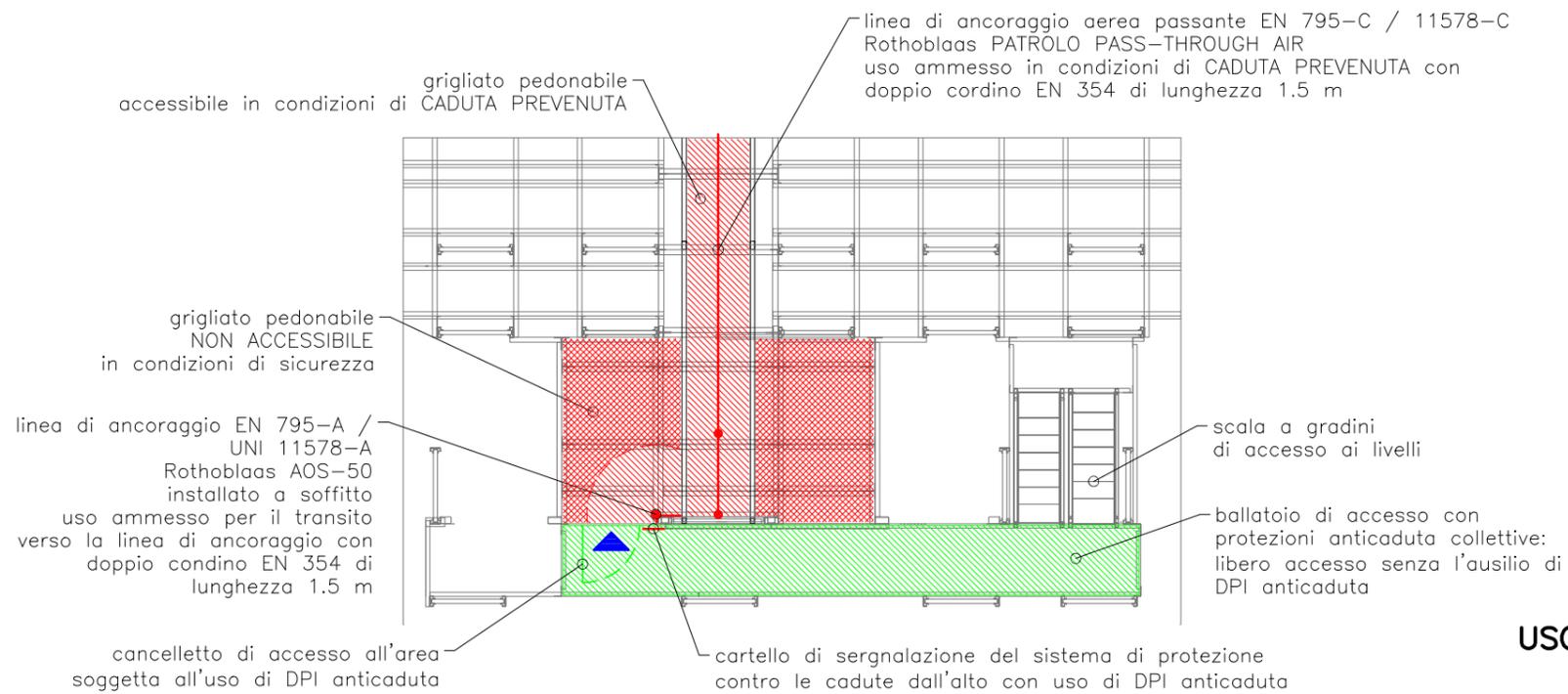
Disegno 2019-28-DAC-R1 Data 30/09/2019  
Formato A3 Scala 1:250 Foglio 1 di 7



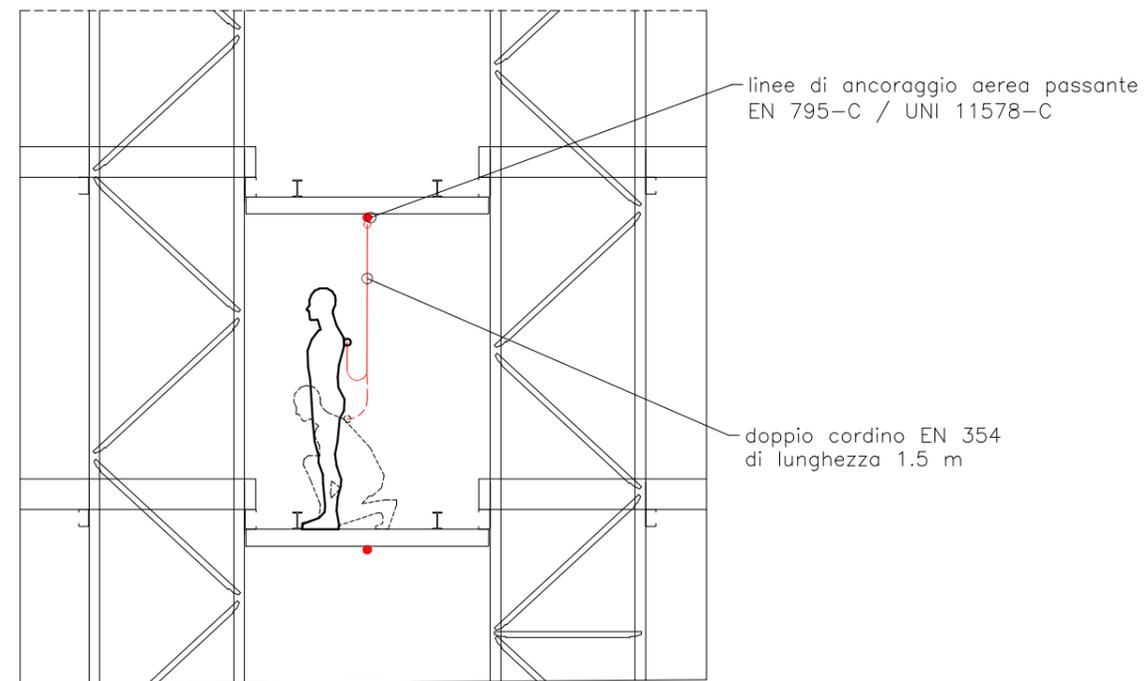
**DISPOSIZIONE ED USO DEL SISTEMA ANTICADUTA  
SEZIONE TRASVERSALE  
scala 1:200**



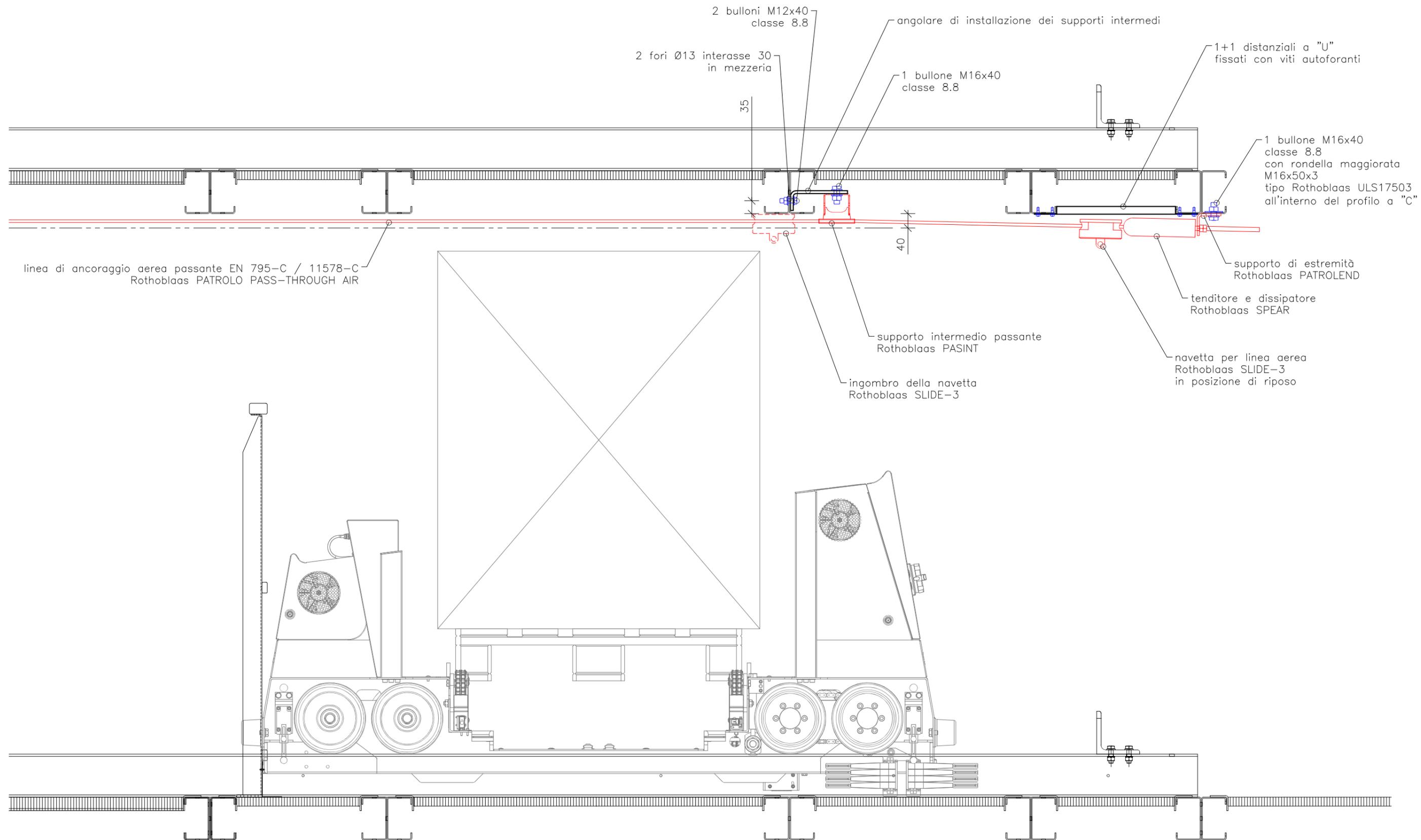
**USO DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C/UNI 11578-C  
LIVELLO 9  
scala 1:50**



**DISPOSIZIONE ED USO DEL SISTEMA ANTICADUTA  
ACCESSO TIPICO  
scala 1:100**



**USO DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C/UNI 11578-C  
LIVELLO 3-8  
scala 1:50**



2 bulloni M12x40 classe 8.8

2 fori Ø13 interasse 30 in mezziera

35

angolare di installazione dei supporti intermedi

1 bullone M16x40 classe 8.8

1+1 distanziali a "U" fissati con viti autoforanti

1 bullone M16x40 classe 8.8 con rondella maggiorata M16x50x3 tipo Rothoblaas ULS17503 all'interno del profilo a "C"

40

linea di ancoraggio aerea passante EN 795-C / 11578-C Rothoblaas PATROLO PASS-THROUGH AIR

supporto di estremità Rothoblaas PATROLEND

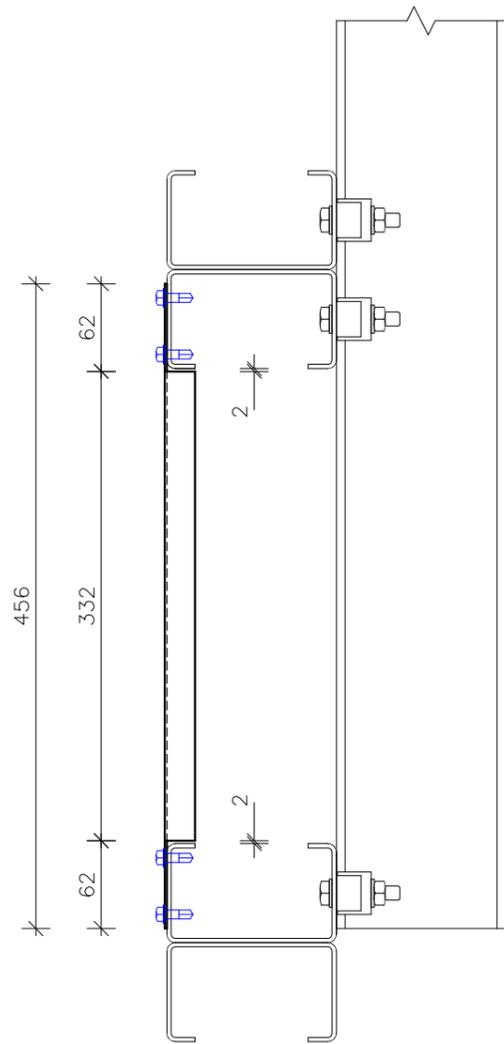
tenditore e dissipatore Rothoblaas SPEAR

supporto intermedio passante Rothoblaas PASINT

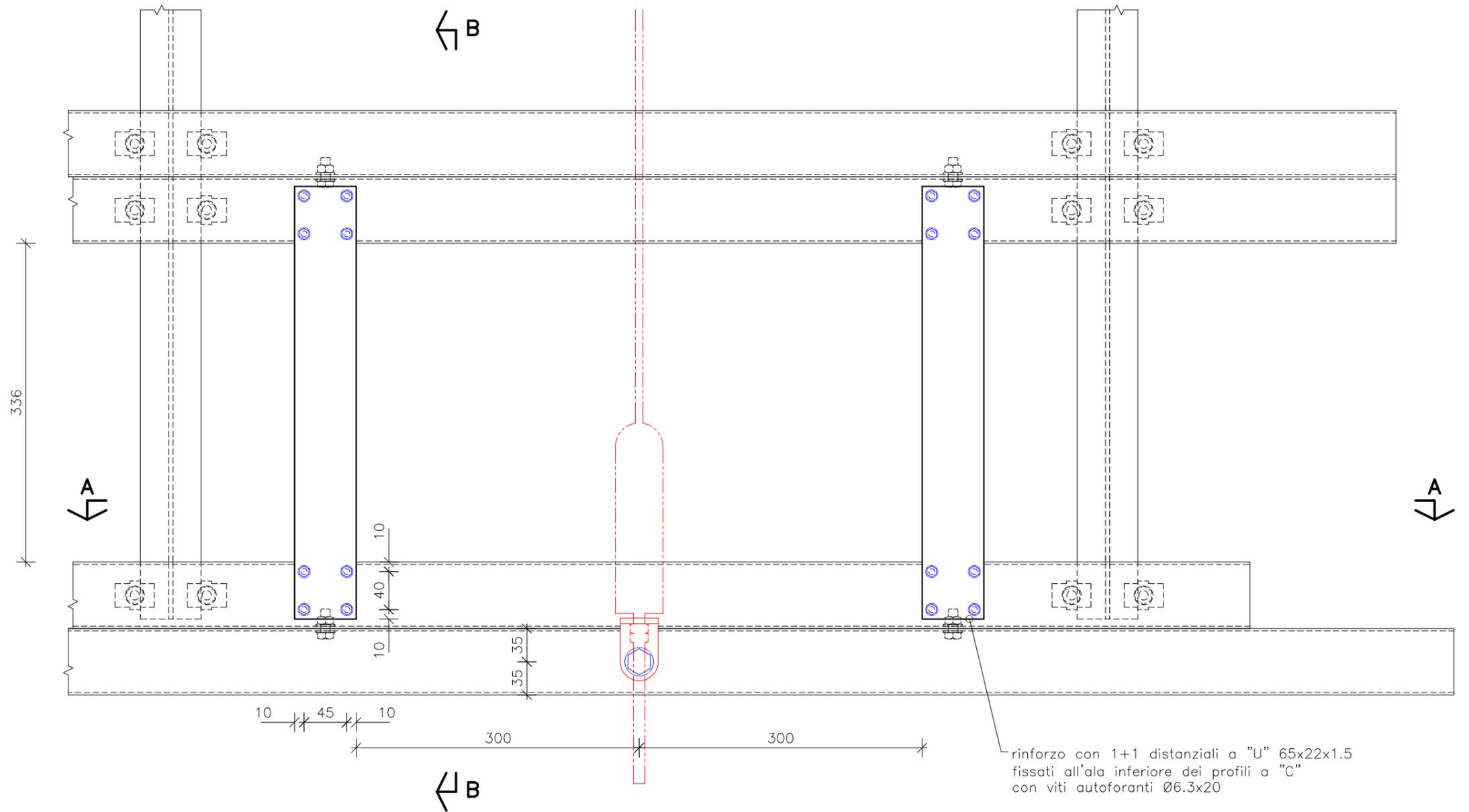
ingombro della navetta Rothoblaas SLIDE-3

navetta per linea aerea Rothoblaas SLIDE-3 in posizione di riposo

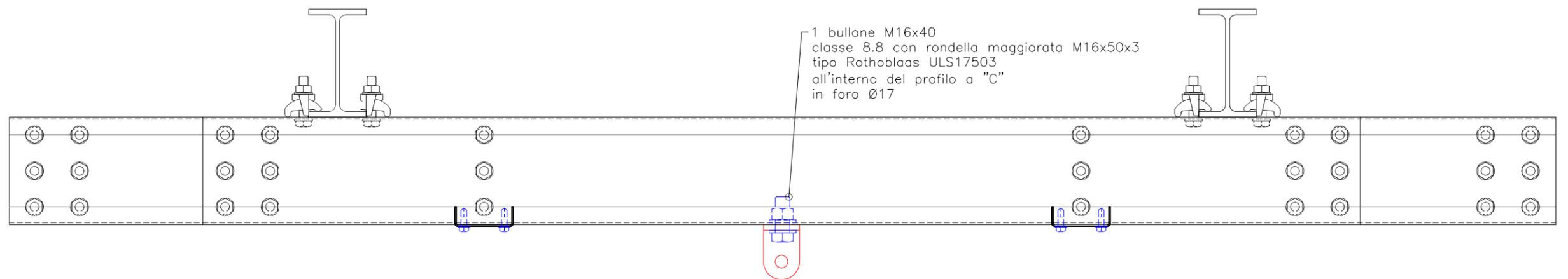
INSTALLAZIONE DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C / UNI 11578-C  
LATO PARTENZA  
scala 1:10



SEZIONE B-B



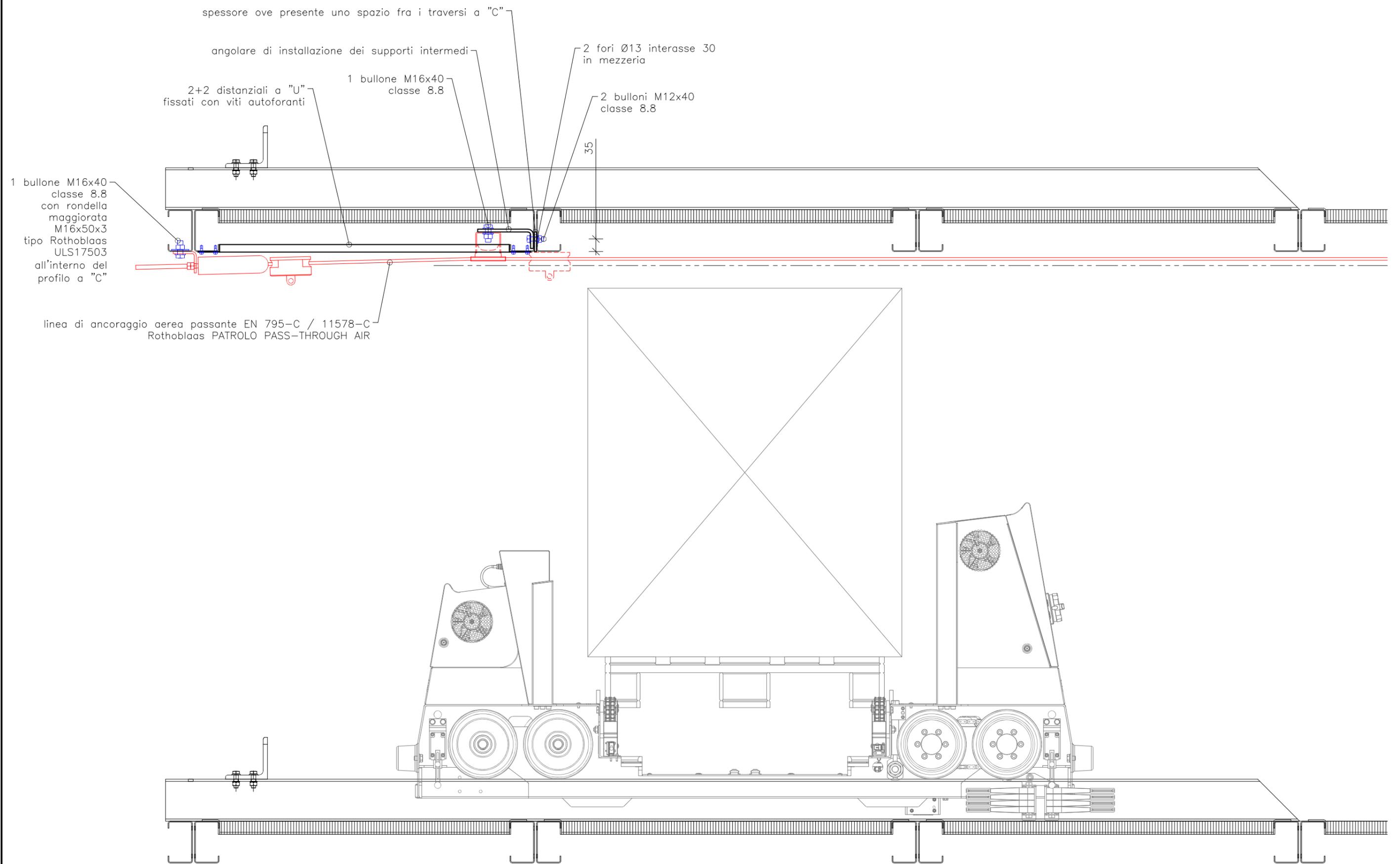
rinforzo con 1+1 distanziali a "U" 65x22x1.5  
fissati all'ala inferiore dei profili a "C"  
con viti autoforanti Ø6.3x20



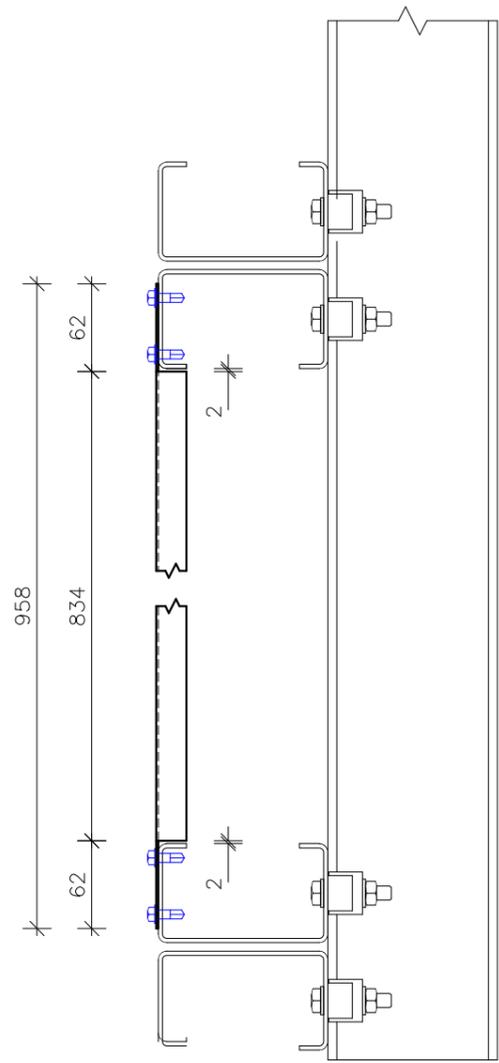
1 bullone M16x40  
classe 8.8 con rondella maggiorata M16x50x3  
tipo Rothoblaas ULS17503  
all'interno del profilo a "C"  
in foro Ø17

SEZIONE A-A

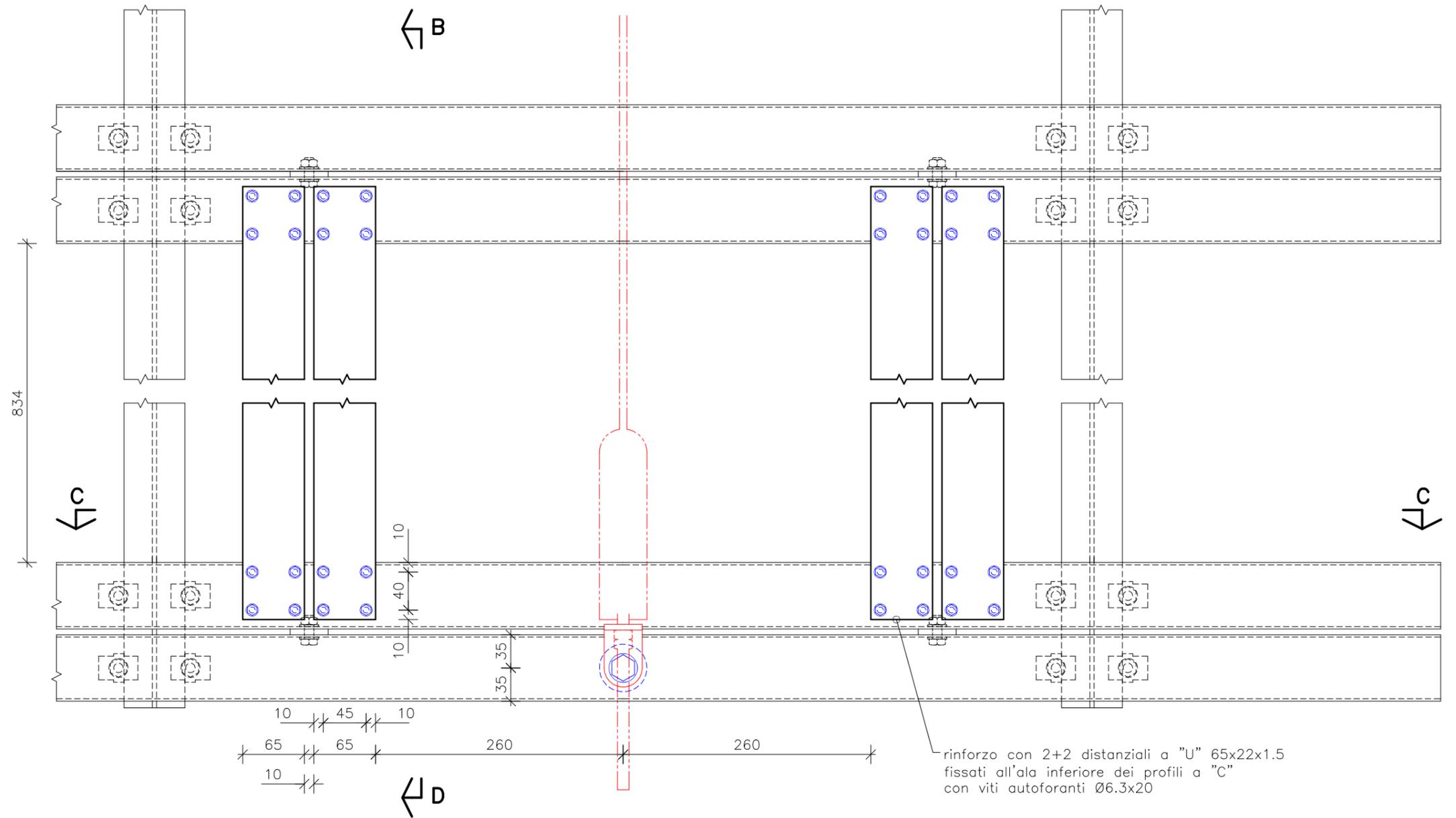
INSTALLAZIONE DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C / UNI 11578-C  
RINFORZI LATO PARTENZA  
scala 1:5



INSTALLAZIONE DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C / 11578-C  
LATO ARRIVO  
scala 1:10

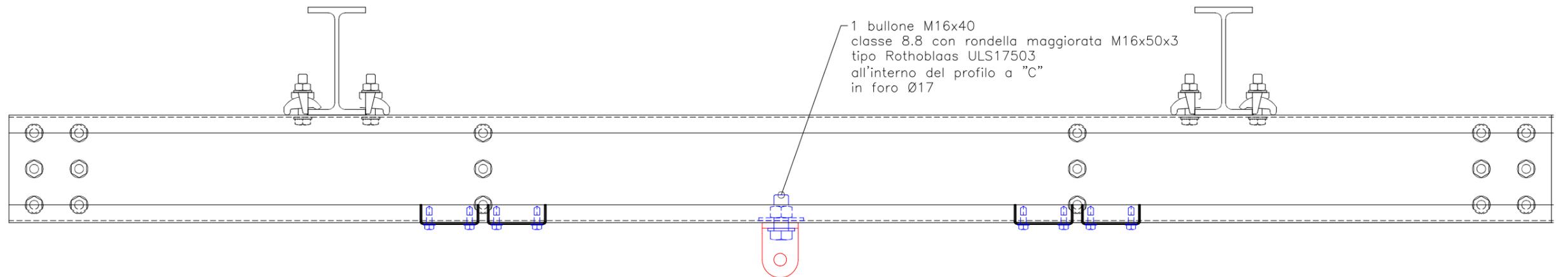


SEZIONE D-D



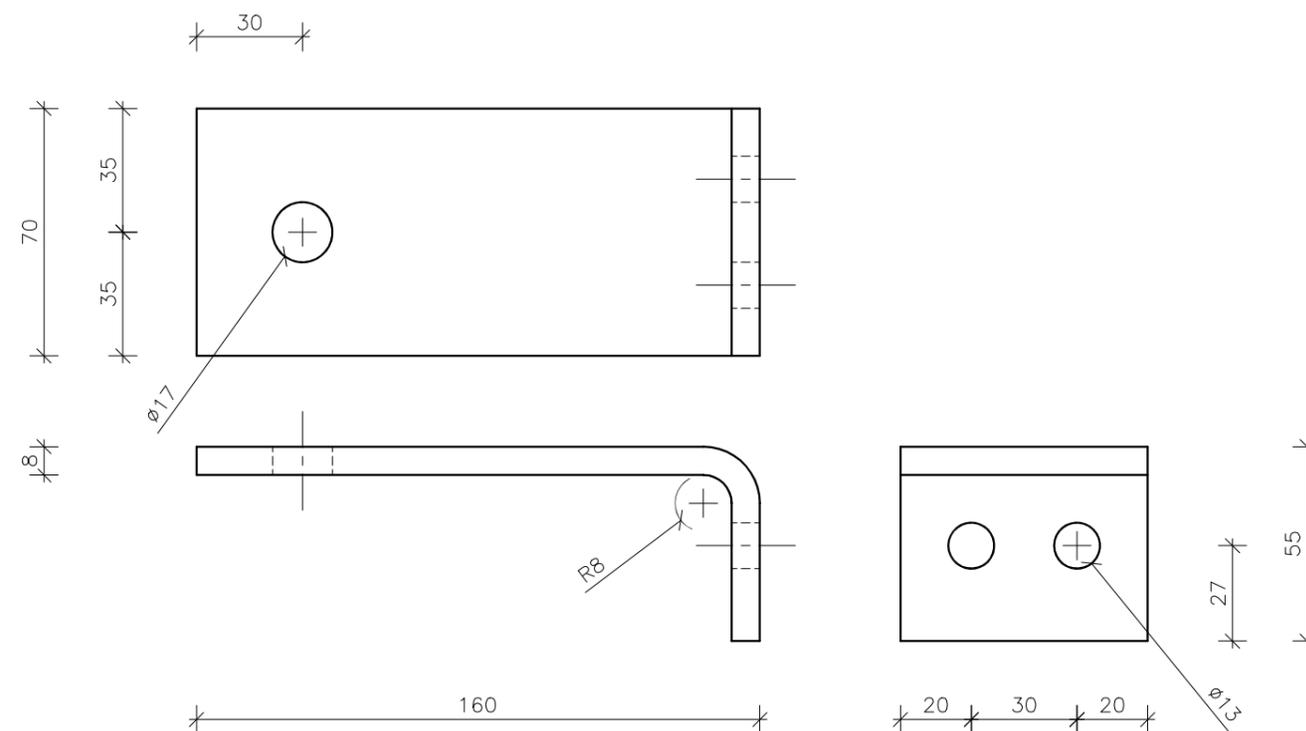
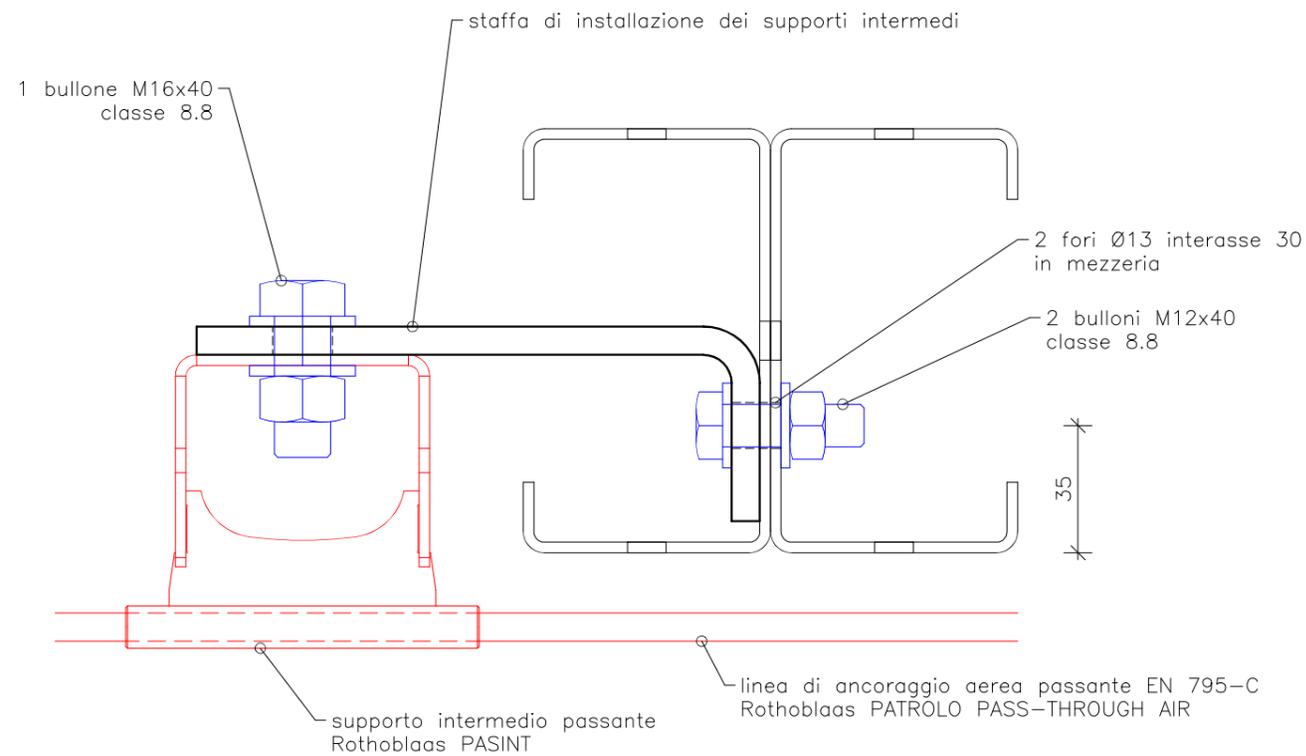
rinforzo con 2+2 distanziali a "U" 65x22x1.5 fissati all'ala inferiore dei profili a "C" con viti autoforanti Ø6.3x20

1 bullone M16x40 classe 8.8 con rondella maggiorata M16x50x3 tipo Rothoblaas ULS17503 all'interno del profilo a "C" in foro Ø17



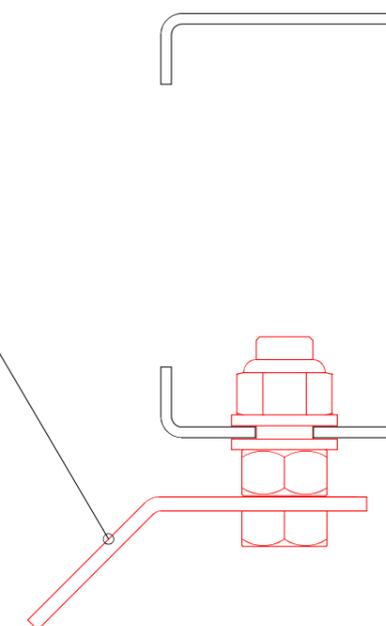
SEZIONE C-C

INSTALLAZIONE DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C / UNI 11578-C  
RINFORZI LATO ARRIVO  
scala 1:5



**STAFFA DI SUPPORTO INTERMEDIO  
DELLA LINEA DI ANCORAGGIO EN 795-C  
ACCIAIO S235JR ZINCATO  
scala 1:2**

punti di ancoraggio  
EN 795-A / UNI 11578-A  
Rothoblaas AOS-50  
installato in prossimità della porta di  
accesso all'area di lavoro soggetta  
all'uso di DPI anticaduta relativa ai  
livelli da 2 a 8



**INSTALLAZIONE DEL PUNTO DI ANCORAGGIO  
EN 795-A / UNI 11578-C DI ACCESSO  
scala 1:2**

## Sistema anticaduta

### Documentazione tecnica a supporto dell'installazione 2019-28-SAC-R1

|               |   |
|---------------|---|
| Intervento:   | XXXXX<br>Sede logistica di XXXXX (XX)<br><br>Shuttle racking – Sistema anticaduta per l'accesso in sicurezza ai vani corsa principali degli shuttle |
| Installatore: | XXXXX<br>XXXXX  |

Documentazione relativa al progetto è composto da:

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Relazione Tecnica    | 2019-28-RAC-R1 |
| Relazione di Calcolo | 2019-28-CAC-R0 |
| Disegno Esecutivo    | 2019-28-DAC-R1 |



## Indice

Documentazione fotografica di installazione

### Allegati

Dichiarazione di corretta messa in opera

Registro accessi alle aree soggette all'uso di DSPI anticaduta

Verbali di ispezione periodica

### Certificati

Confirmation for different types of anchor devices EN 795:2012 and CEN/TS 16415:2013

- Rothoblaas AOS
- Rothoblaas PATROL including components PATROLEND / PASINT / SPEAR / SLIDE-3

### Manuali

Punto di ancoraggio Rothoblaas AOS – Manuale d'uso e di l'installazione – rev 4.0-290216

Linea di ancoraggio Rothoblaas PATROL – Manuale d'uso e di l'installazione – rev 0617

## Documentazione fotografica



livello intermedio – vano di corsa principale dello shuttle



livello intermedio – punto di ancoraggio EN 795-A / UNI 11578-A Rothoblaas AOS-50  
installato in prossimità del cancelletto di ingresso all'area soggetta all'uso di DPI anticaduta



livello intermedio – partenza della linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR tenditore-assorbitore SPEAR non ancora tensionato – distanziali di rinforzo della trave di supporto



livello intermedio – linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR punto intermedio passante PASINT installato su staffa dedicata e carrello passante SLIDE-3



livello intermedio – linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR  
punto intermedio passante PASINT



livello intermedio – arrivo della linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR  
tenditore-assorbitore SPEAR – carrello passante SLIDE-3 – doppi distanziali di rinforzo della trave di supporto



livello TOP – linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR  
struttura di supporto del canale a "C" di installazione



livello TOP – partenza della linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR  
tenditore-assorbitore SPEAR non ancora tensionato – canale a "C" di installazione



livello TOP – linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR  
struttura di supporto del canale a "C" di installazione – carrello passante SLIDE-3



livello TOP – arrivo della linea di ancoraggio EN-795-C Rothoblaas PATROL PASS-THROUGH AIR  
tenditore-assorbitore SPEAR

## Allegati

Dichiarazione di corretta messa in opera

Registro accessi alle aree soggette all'uso di DSPI anticaduta

Verbali di ispezione periodica

Certificati

Confirmation for different types of anchor devices EN 795:2012 and CEN/TS 16415:2013

- Rothoblaas AOS
- Rothoblaas PATROL including components PATROLEND / PASINT / SPEAR / SLIDE-3

Manuali

Punto di ancoraggio Rothoblaas AOS – Manuale d'uso e di l'installazione – rev 4.0-290216

Linea di ancoraggio Rothoblaas PATROL – Manuale d'uso e di l'installazione – rev 0617