



PROGETTO ESECUTIVO

Capitolo 1.a Realizzazione postazione all'interno delle Unità di Trazione

Capitolo 1.b Realizzazione di dispositivo su banchine delle stazioni

			PRIMA EMISSIONE			29/05/2019	0	0
			DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO			DATA	REV	

EMITTENTI:

ANM

Direzione Trasporti Metropolitane e Funicolari

Ing. Vincenzo Crazzo

COMUNE DI NAPOLI

Servizio Linee Metropolitane Urbane
Il Dirigente

Ing. Serena Riccio

NUMERO

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA

FORMATO
A4

SCALA
VARIE

FOGLIO
1 di 53

Tutti i diritti riservati. L'uso e la riproduzione di questo disegno devono essere autorizzati per iscritto dal Comune di Napoli. All rights reserved. Use and re production of this drawing must be authorized in writing by Comune di Napoli

ALLESTIMENTO POSTAZIONE
PER PERSONE
DIVERSAMENTE ABILI SU
UDT LINEA 1 ANM



A handwritten signature in blue ink is written over a circular official stamp. The stamp contains the following text: "DOTT. ING. PIRELLA MICHELE", "SEZIONE A", "UFFICIO TECNICO", "12/18/33", and "1708".

RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO

Sommario

1. GENERALITÀ.....	Pag. 3
1.1. Premessa.....	Pag. 3
1.2. Scelte progettuali.....	Pag. 3
1.3. Tipologie strutturali.....	Pag. 5
1.4. Problematiche specifiche di progetto.....	Pag. 5
1.5. Descrizione del programma di indagini e prove.....	Pag. 5
1.6. Azioni di progetto.....	Pag. 5
2. NORME TECNICHE.....	Pag. 6
3. DOCUMENTI.....	Pag. 7
4. UNITÀ DI MISURA E SISTEMI DI RIFERIMENTO.....	Pag. 7
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	Pag. 7
5.1. Calcolo delle caratteristiche meccaniche dei profili tubolari.....	Pag. 9
6. METODI DI CALCOLO UTILIZZATI.....	Pag. 11
6.1. Tipo di analisi strutturale effettuata.....	Pag. 11
7. ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE.....	Pag. 12
8. AZIONI AGENTI E DI CALCOLO.....	Pag. 13
9. MODELLI DI CALCOLO E SOLLECITAZIONI MASSIME.....	Pag. 19
10. VERIFICHE STRUTTURALI.....	Pag. 19
10.1. Mancorrenti e montanti.....	Pag. 19
10.2. Collegamenti e giunzioni.....	Pag. 31
10.3. Carichi di esercizio.....	Pag. 34
11. VALUTAZIONE DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	Pag. 35
12. DESCRIZIONE E FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO.....	Pag. 35
12.1. Descrizione.....	Pag. 35
12.2. Funzionamento.....	Pag. 36
13. PROVE IMPIANTO ELETTRICO.....	Pag. 37
13.1. Prova isolamento cavi secondo norma CEI EN 50215.....	Pag. 37
13.2. 13.2. Prova funzionale.....	Pag. 37
14. USO E MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO.....	Pag. 38
14.1. Parte meccanica.....	Pag. 38
14.2. Parte elettrica.....	Pag. 38
14.3. Distinta materiale.....	Pag. 39
15. ULTERIORE VERIFICA SISTEMA DI SICUREZZA.....	Pag. 42
15.1 Organizzazione Strutturale.....	Pag. 43
15.2 Verifica Aggancio Cintura Di Sicurezza.....	Pag. 45
16. CONSIDERAZIONI E VERIFICHE MECCANICHE DEI COLLEGAMENTI ALLE CINTURE DI SICUREZZA.....	Pag. 46
16.1 Verifica sistema di sicurezza – contraccollo in frenatura.....	Pag. 46
16.2 Idoneità della pavimentazione-pianale vettura a sopportare il carico concentrato carrozzina-passeggero seduto.....	Pag. 49
16.3 Sussistenza degli spazi di manovra carrozzina come normalmente previsti.....	Pag. 51
CONCLUSIONI.....	Pag. 52

1. GENERALITÀ

1.1 Premessa

Il presente documento contiene i calcoli strutturali relativi all'allestimento di una nuova postazione per persone diversamente abili su UDT Linea 1 ANM già in esercizio;

Nello specifico, in applicazione al *Dpr 503/1996, articoli 24 e 25, alle specifiche tecniche di interoperabilità previste dalla decisione della Commissione europea 2008/164 (emendata dalla 2012/464/EC), oltre le norme del regolamento Ce 1371/2007, capo V*, al fine di garantire l'accessibilità ai rotabili summenzionati, in prossimità di ciascun estremo dei convogli è stata prevista un'area attrezzata per le persone a mobilità ridotta.

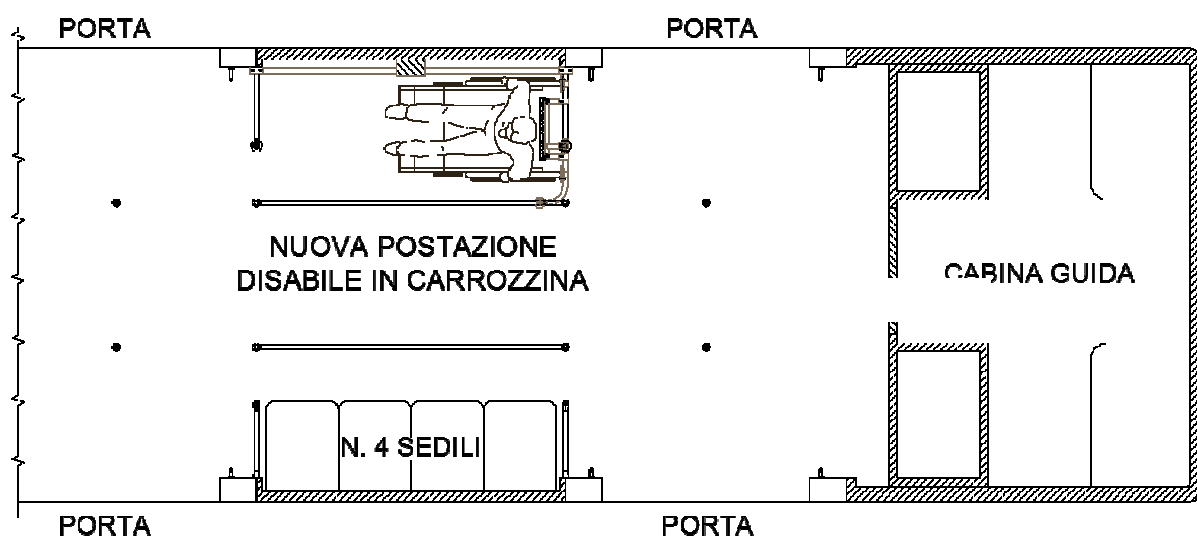


Fig. 1 Pianta con indicazione della nuova postazione

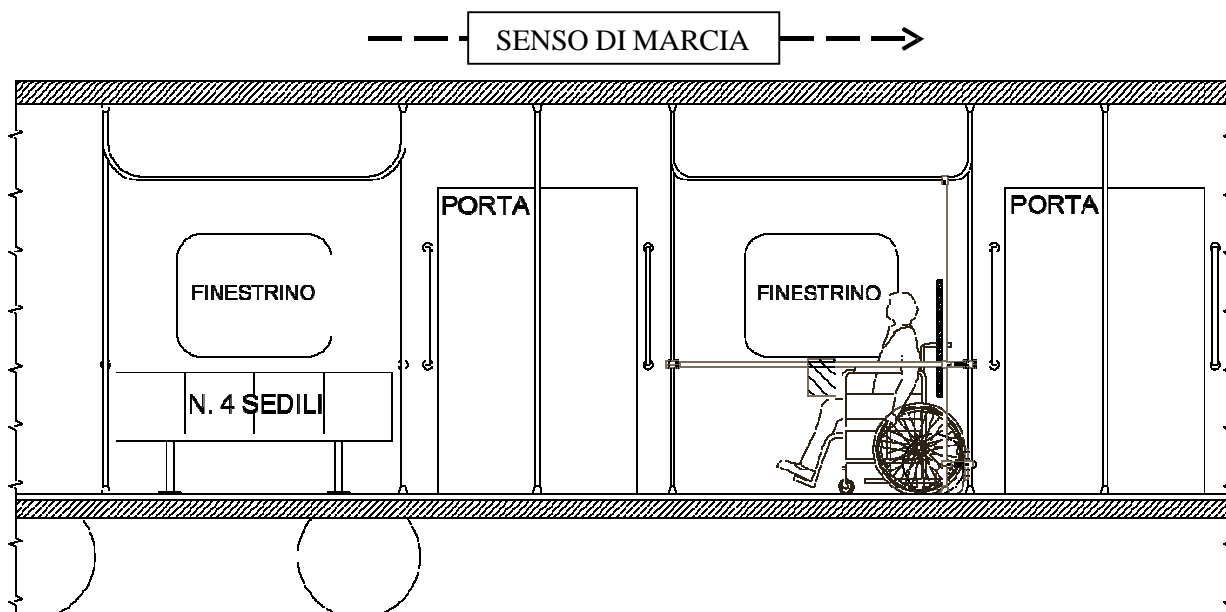


Fig. 2 Vista laterale longitudinale

1.2 Scelte progettuali

Per assicurare la stabilità, lo spazio per sedie a rotelle è stato progettato in modo che la sedia possa essere collocata nel senso di marcia, avendo cura di non introdurre ostacoli fra pavimento e cielo del veicolo, ad eccezione di un corrimano orizzontale fissato alla parete su cui verrà applicato l'impianto citofonico e di servizio.

All'estremità posteriore dello spazio è stata predisposta una struttura larga 300 mm (v. fig. 3) dotata di altezza sufficiente ad impedire che una sedia a rotelle collocata con lo schienale contro di essa si ribalti all'indietro, oltre un sistema di battuta (bumper) pensato per ruote di diametro tra 60 e 20 cm.

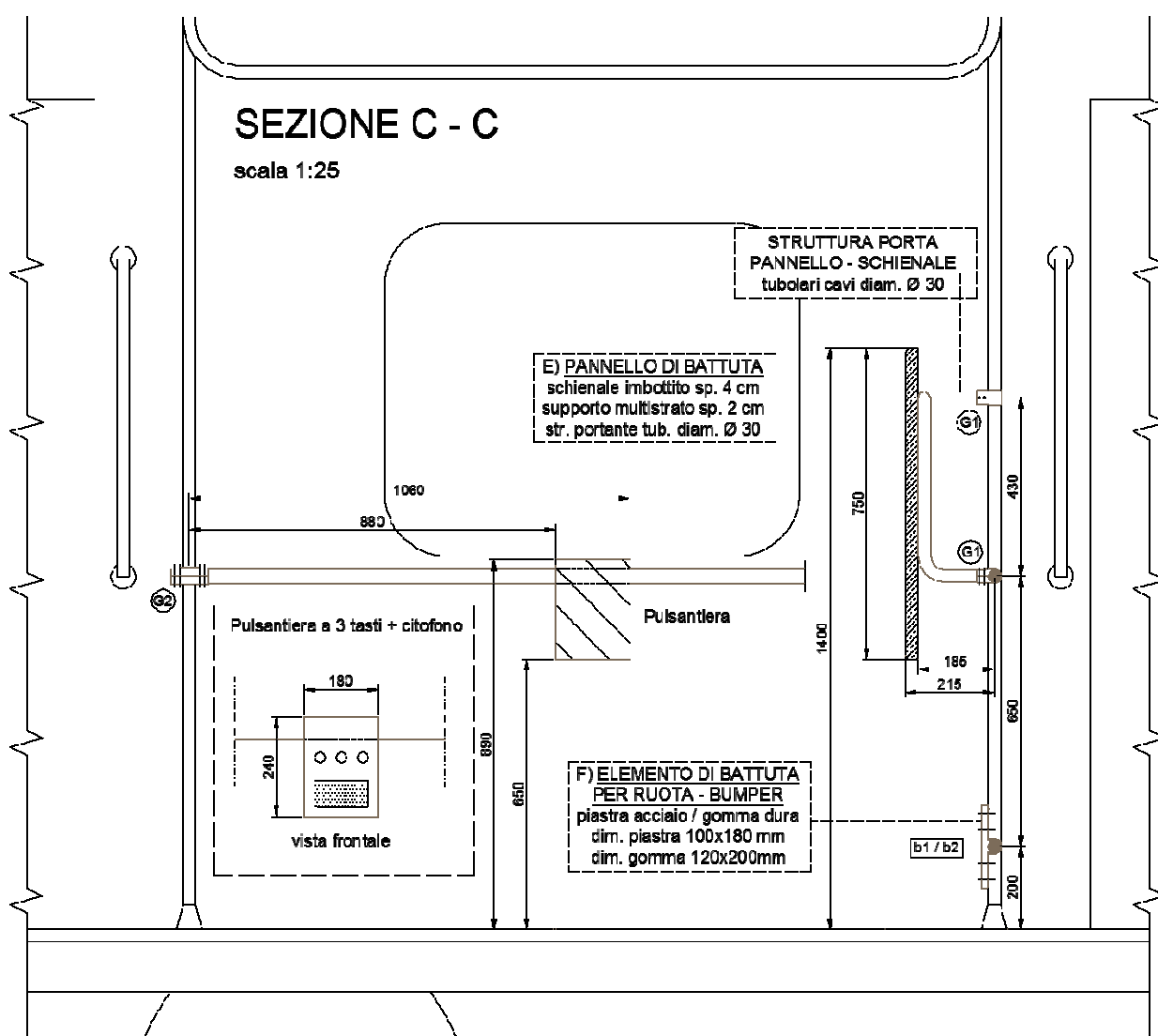


Fig. 3 Dettaglio schienale e bumper

Per gli ingombri ci si è riferiti alla norme **Fiche UIC 566** ed ai modelli antropometrici della popolazione maschile e femminile, che definiscono la donna bassa di statura (5° percentile)

e l'uomo alto (95° percentile uomo); gli ingombri volumetrici sono studiati per soddisfare al meglio la popolazione compresa tra il 5° e il 95° percentile.

Sono stati privilegiati elementi simili per caratteristiche meccaniche e dimensionali a quelli già in servizio sui convogli oggetto d'intervento, prevedendo i necessari adattamenti delle interfacce di montaggio degli elementi di nuovo inserimento.

Il comportamento fuoco-fumo di tutti gli elementi di rivestimento non metallici sarà conforme alla normativa specifica antincendio.

Come già anticipato, detto spazio sarà provvisto di un dispositivo citofonico per consentire, in caso di necessità, il colloquio tra il passeggero diversamente abile ed il macchinista. Il dispositivo, collocato a portata di mano di una persona seduta su una sedia a rotelle tipo, integra la pulsantiera di servizio recante:

- il consenso alla partenza
- la prenotazione della fermata
- la segnalazione di allarme

Le logiche di attivazione ed impiego sono illustrate nel capitolo relativo al progetto ed alle funzionalità dell'impianto elettrico.

1.3 Tipologie strutturali

Il sistema strutturale prevede l'assemblaggio di montanti e correnti costituiti essenzialmente da tubolari cavi in acciaio $\Phi 35$ (unico mancorrente sottofinestra) e $\Phi 30$ (per tutti gli altri) collegati da manicotti e giunzioni della stessa tipologia corrente di quelli preesistenti, ovvero collegati alle strutture preesistenti tramite innesti a bicchiere flangiati.

Tutti gli elementi strutturali metallici, ad eccezione dei giunti di collegamento di Alluminio pressofuso, sono stati previsti in acciaio del tipo S235, e verranno fissati alle parti costituenti la cassa del rotabile mediante viti e bulloni filettati classe 8.8.

Si rimanda alle tavole grafiche e alla successiva relazione di calcolo per un inquadramento più approfondito.

1.4 Problematiche specifiche di progetto

La modeste dimensioni geometriche e la semplice schematizzazione sono tali da non far prevedere particolari problemi nella realizzazione dei manufatti; difatti il telaio delle vetture non sarà interessato da alcuna modifica in quanto verrà mantenuto inalterato.

1.5 Descrizione del programma di indagini e prove

Stante il tipo di strutture previste e le relative condizioni di installazione, non si ritiene necessario prevedere uno specifico programma di indagini e prove sui materiali preesistenti, considerando sufficiente la caratterizzazione del materiale che deriva dalle informazioni desumibili dalla letteratura tecnica.

1.6 Azioni di progetto

Il valore delle accelerazioni prese in considerazione per dimensionare gli elementi di fissaggio degli insiemi e dei sotto-insiemi è di 5 g nel senso longitudinale; si ritiene che le azioni trasmesse si possano configurare quali effetti locali in grado di non alterare la stabilità globale delle strutture stesse.

2. NORME TECNICHE

In Tabella 1 sono indicate le Norme a cui si è fatto riferimento per il progetto.

Rif.	Data	Denominazione
[1]	24/07/1996	Dpr 503/1996 - <i>"Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici."</i>
[2]	23/10/2007	regolamento Ce 1371/2007 - <i>Regolamento del parlamento Europeo e del Consiglio relativo ai diritti e agli obblighi dei passeggeri nel trasporto ferroviario.</i>
[3]	21/12/2007	(2008/164/CE) (emendata dalla 2012/464/EC) - <i>Relativa ad una specifica tecnica di interoperabilità concernente le «persone a mobilità ridotta» nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.</i>
[4]	10/2010	UNI EN 12663-1 - <i>Applicazioni Ferroviarie - Requisiti Strutturali delle Casse dei Rotabili Ferroviari-Parte 1: Locomotive e materiale rotabile per passeggeri.</i>
[5]	08/2005	UNI EN 1993-1-8 - <i>Progettazione delle Strutture di Acciaio - Progettazione dei Collegamenti.</i>
[6]	14/01/2008	Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 - <i>“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.</i>
[7]	02/02/2009	Circolare 2 Febbraio 2009 n. 617 - <i>“Nuova Circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.</i>

[8]	24/04/1992	EN 1993 - 1 - 1:2010 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio.
[9]	12/07/2002	ST n.°373753 - Specifica Tecnica per Coppie di Serraggio.

Tabella 1 - Norme

3 DOCUMENTI

In Tabella 2 sono definiti i Documenti (tavole grafiche e specifiche tecniche) necessari per l'implementazione sul Rotabile delle modifiche di cui al precedente par. 1.1, che assieme alla presente relazione vengono forniti al committente:

Riferimento	Data	Denominazione
REL T	07/04/2015	RELAZIONE TECNICA
[1] Tav. 1	07/04/2015	PIANTA NUOVA POSTAZIONE
[2] Tav. 2	07/04/2015	VISTA IN PIANTA - DETTAGLIO QUOTATO
[3] Tav. 3	07/04/2015	VISTA LATERALE LONGITUDINALE - SEZIONE A - A
[4] Tav. 4	07/04/2015	VISTA LATERALE - DETTAGLIO QUOTATO
[5] Tav. 5	07/04/2015	VISTA LATERALE TRASVERSALE - SEZIONE B - B
[6] Tav. 6	07/04/2015	VISTE 3D E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
[8] Tav. 7	07/04/2015	CINTURE DI SICUREZZA - PARTICOLARI COSTRUT.

Tabella 2 - Documenti

4. UNITÀ DI MISURA E SISTEMI DI RIFERIMENTO

Come unità di misura e sistemi di riferimento, quando non specificato diversamente, si intendono i seguenti :

Azioni generalizzate:..... N, daN, kN, MN, kN*m, kN/m

Massa volumica: kg/m³

Peso dell'unità di volume: daN/m³, kN/m³

Tensioni e resistenze: N/mm², kN/m², N/m², daN/cm²

Lunghezze: m, cm, mm

Angoli: deg, rad

Accelerazione: m/s², g

Sistemi di riferimento:

Sistema globale cartesiano ortogonale per i nodi:

asse **x** : asse longitudinale

asse **y** : asse trasversale

asse **z** : asse verticale

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I nuovi elementi strutturali, sono previsti in **Acciaio “S235”** al fine di utilizzare materiali con caratteristiche simili a quelli utilizzati per le strutture preesistenti.

Si riportano di seguito le caratteristiche dei materiali da impiegare:

Acciaio per carpenteria

Normativa di riferimento per sezione aperta:..... UNI EN 10025

Normativa di riferimento per sezione cava: UNI EN 10210 / 10219

Tipo:

	S235	S275	S355
Tensione di snervamento minima f_{yk} [MPa]:	235	275	355
Tensione di rottura minima f_{tk} [MPa]:	360	430	510
Modulo di elasticità normale:	Es = 210 GPa		
Coefficiente di Poisson	n=0.3		

Bulloneria per carpenteria

Classe vite:

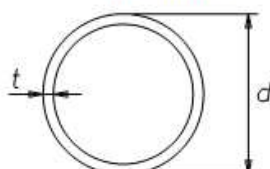
	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Classe dado:	4	5	6	8	10
Tensione di snervamento f_{yb} [MPa]:	240	300	480	640	900
Tensione di rottura per trazione f_{ub} [MPa]:	400	500	600	800	1000
Tensione di rottura per trazione f_{ub} [MPa]:					

Legname massiccio (per l'attacco alla pavimentazione)

Classe di resistenza secondo UNI EN 338:..... C24

5.1. Calcolo delle caratteristiche meccaniche dei profili tubolari - UNI EN 10219 - 2 -1999

Sezioni tubolari



Classe	Sezione in flessione e/o compressione					
1	$d/t \leq 50 \epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70 \epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90 \epsilon^2$					
Nota: per $d/t \leq 90 \epsilon^2$ riferirsi a EN 1993-1-6						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

TRAVERSO $\Phi 35$ – MANCORRENTE SOTTOFINESTRA

Diametro esterno nominale	D	35,00 [mm]
Spessore nominale	T	2,00 [mm]
Diametro interno nominale	d	31,00 [mm]

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	2,1 [cm ²]
Momento d'inerzia	I	3 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	1,17 [cm]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,yy}$	2 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,yy}$	2 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	6 [cm ⁴]
Modulo di torsione	C_t	3 [cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f_y	235 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ	1,00 [-]
Classificazione		
Diametro	d	35,00 [mm]
Spessore	t	2,00 [mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	17,50 [-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1	

MONTANTE/TRAVERSO Φ 30

Diametro esterno nominale	D	30,00 [mm]
Spessore nominale	T	2,00 [mm]
Diametro interno nominale	d	26,00 [mm]

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	1,8 [cm ²]
Momento d'inerzia	I	2 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	0,99 [cm]
Modulo di resistenza elastico	W _{el,yy}	1 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	2 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	3 [cm ⁴]
Modulo di torsione	C _t	2 [cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	235 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ	1,00 [-]
Classificazione		
Diametro	d	30,00 [mm]
Spessore	t	2,00 [mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	15,00 [-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1	

MANICOTTO GIUNTO FLANGIATO Φ 38

Diametro esterno nominale	D	38,00 [mm]
Spessore nominale	T	3,00 [mm]
Diametro interno nominale	d	32,00 [mm]

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Area della sezione trasversale	A	3,3 [cm ²]
Momento d'inerzia	I	5 [cm ⁴]
Raggio d'inerzia	i	1,24 [cm]
Modulo di resistenza elastico	W _{el,yy}	3 [cm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	W _{pl,yy}	4 [cm ³]
Momento d'inerzia torsionale	I _t	10 [cm ⁴]
Modulo di torsione	C _t	5 [cm ³]

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

Valore di snervamento dell'acciaio	f _y	235 [MPa]
Coefficiente ϵ	ϵ	1,00 [-]
Classificazione		
Diametro	d	38,00 [mm]
Spessore	t	3,00 [mm]
Rapporto tra diametro e spessore	d/t	12,67 [-]
Classificazione della sezione	CLASSE 1	

6 METODI DI CALCOLO UTILIZZATI

Le analisi strutturali finalizzate alla definizione dei livelli di sicurezza e funzionalità prescritti sono condotte secondo il concetto di stato limite (SL) che prevede l'uso dei coefficienti parziali.

Secondo tale metodo si va a verificare che, in tutte le situazioni progettuali ritenute significative, gli SL non vengano raggiunti quando i valori di progetto delle azioni, delle proprietà del materiale, dei dati geometrici e delle resistenze vengono introdotti nei modelli progettuali.

6.1 Tipo di analisi strutturale effettuata

Ritenendo che l'importanza dell'opera non sia tale da richiedere modelli di calcolo particolarmente sofisticati e che la tipologia dell'opera ed i materiali di cui essa è costituita consentano tale tipo di analisi, si effettua una analisi di tipo statico/lineare

Per le analisi, si è assunto:

- sezioni interamente reagenti;
- relazioni tensione deformazione lineari;
- valori medi del modulo di elasticità.

Per la valutazione della resistenza ultima delle sezioni di elementi monodimensionali, si assume la validità delle seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- rottura dell'acciaio determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;

Le resistenze di calcolo f_d , nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono calcolate trasformandone i valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti.

Avendo indicato con f_k la resistenza caratteristica del materiale e con γ_M i coefficienti comprensivi delle incertezze del modello e della geometria, variabili in funzione del materiale, della situazione di progetto e della particolare verifica in esame.

La resistenza di calcolo dell'acciaio laminato risulta pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

con f_{yk} tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio;

$\gamma_s = 1,05$ coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio.

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.3 del D.M. 14 gennaio 2008; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).

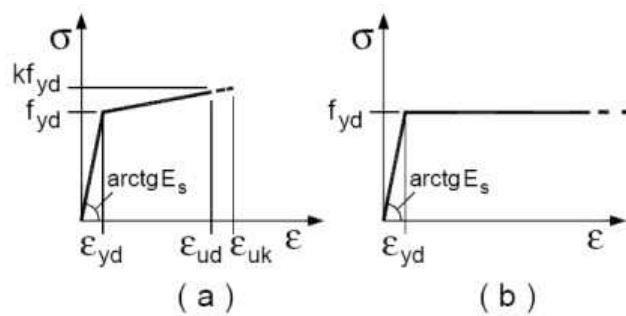


Fig. 4: Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio.

7 ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE

In virtù del sistema costruttivo adottato, il corrente generico viene schematizzato come asta ad unica campata, in semplice appoggio, assumendo nella verifica degli elementi strutturali (correnti e montanti) le caratteristiche di sollecitazione flessione-taglianti più gravose per ogni schema di carico considerato.

Le aste vengono schematizzate come incernierate agli estremi.

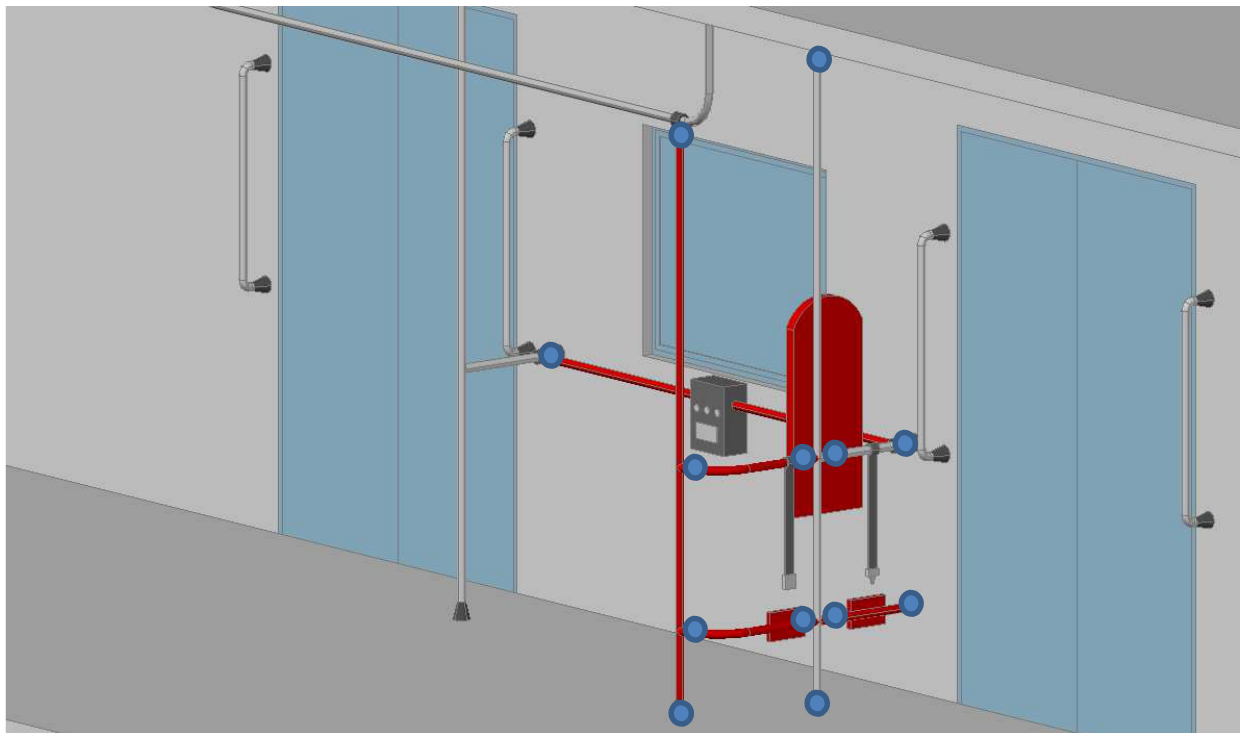


Fig. 5: Schema strutturale – vista 3D.

Il collegamento tra gli elementi viene previsto mediante giunti standardizzati ad accoppiamento, mentre la realizzazione del collegamento alle strutture preesistenti prevede l'innesto in un manicotto flangiato in acciaio chiuso da una piastra metallica forata per l'inserimento di viti autofilettanti.

8 AZIONI AGENTI E DI CALCOLO

Le azioni considerate ai fini della verifica e del dimensionamento delle strutture sono i pesi propri dei materiali strutturali e le azioni dinamiche inerziali trasmesse dalle cinture di sicurezza oltre ai carichi distribuiti trasmessi dai passeggeri che si reggono ai mancorrenti.

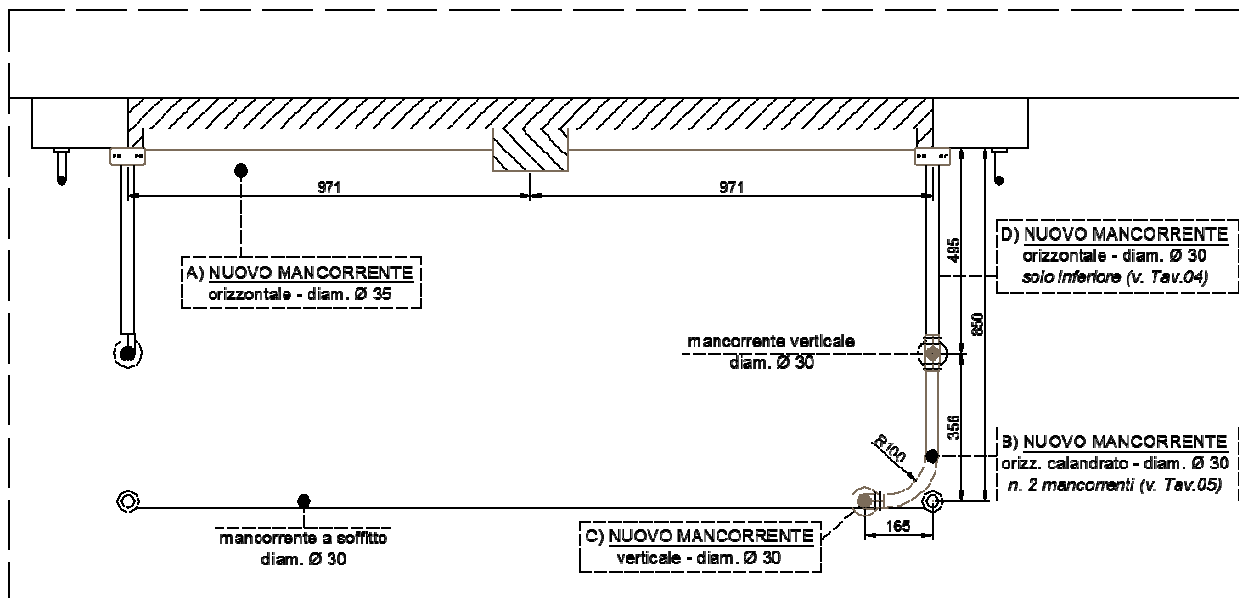


Fig. 6: Schema strutturale – vista in pianta.

Si individuano due scenari di carico:

1. azione dinamica longitudinale (direzione del moto) trasmessa in caso di frenata di emergenza e/o urto;
2. azione statica agente sul mancorrente orizzontale Ø35 (sottofinestra) trasferita dal peso di passeggeri poggiati (seduti) e che scaricano il peso per intero sull'asta in assenza della carrozzella.

Ai fini della determinazione del carico inerziale massimo trasferito, si assume il peso per passeggero indicato dalla norma UNI EN 15663, tabella 4 e pari a 70 kg, valido per veicoli passeggeri a breve percorrenza; per cui, nella condizione peggiore, assumendo per il peso di una carrozzina motorizzata un valore pari a circa 90 kg, risulta una massa totale pari a 160 kg.

Considerando accelerazioni massime pari a 5 g nel senso longitudinale, risulta un'azione massima trasmessa pari a: $F = 160 \cdot 5 = 800 \text{ kg}$

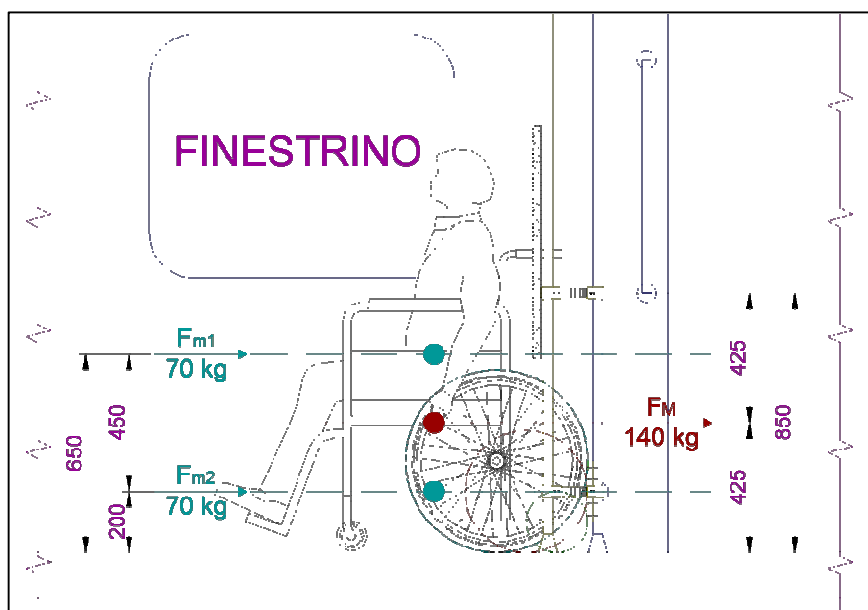


Fig. 7: Definizione delle masse inerziali (*valori caratteristici*).

Come è possibile evincere dalla figura soprariportata, Il centro di massa inerziale (diversamente abile + carrozzina) risulta posto tra i 40 ed i 45 cm dal piano calpestio, ovvero tra i due nuovi mancorrenti orizzontali.

Risulta evidente, quindi, che in caso d'urto l'azione dinamica tenda a distribuirsi equamente sui 4 punti di collegamento - due per lo schienale e due per i bumper, ottenendo:

$$F_d = \frac{800}{4} = 200kg$$

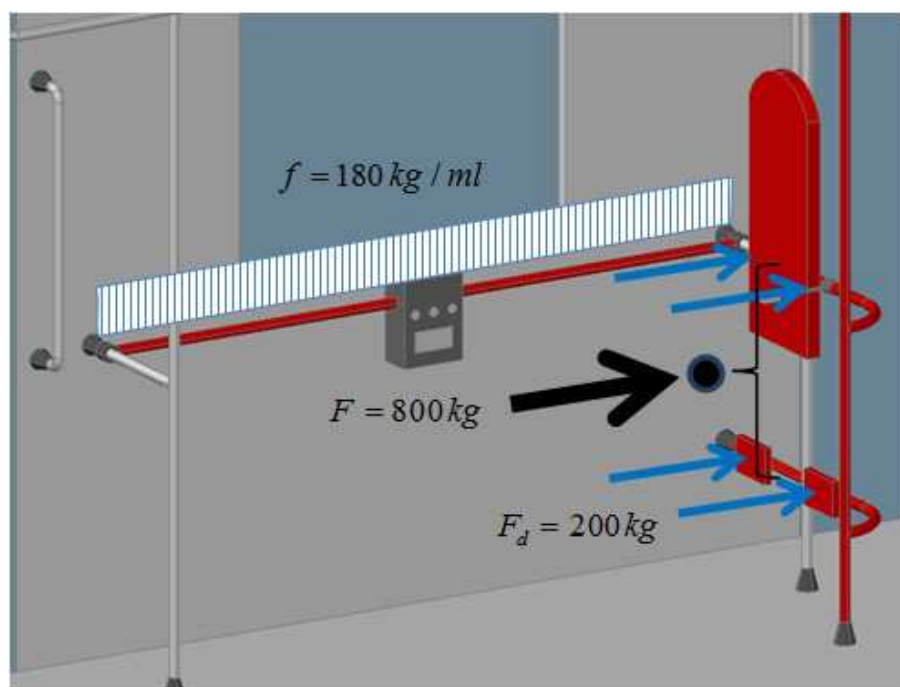


Fig. 8: Definizione delle masse inerziali (*valori di calcolo - design*).

Il carico statico distribuito sul mancorrente orizzontale $\Phi 35$ e diretto verso il basso, si assume pari a $f = 180 \text{ daN/m}$ atto a simulare la presenza di n. 3 persone a ml poggiate sul mancorrente stesso in assenza della carrozzella.

9 MODELLO DI CALCOLO E SOLLECITAZIONI MASSIME

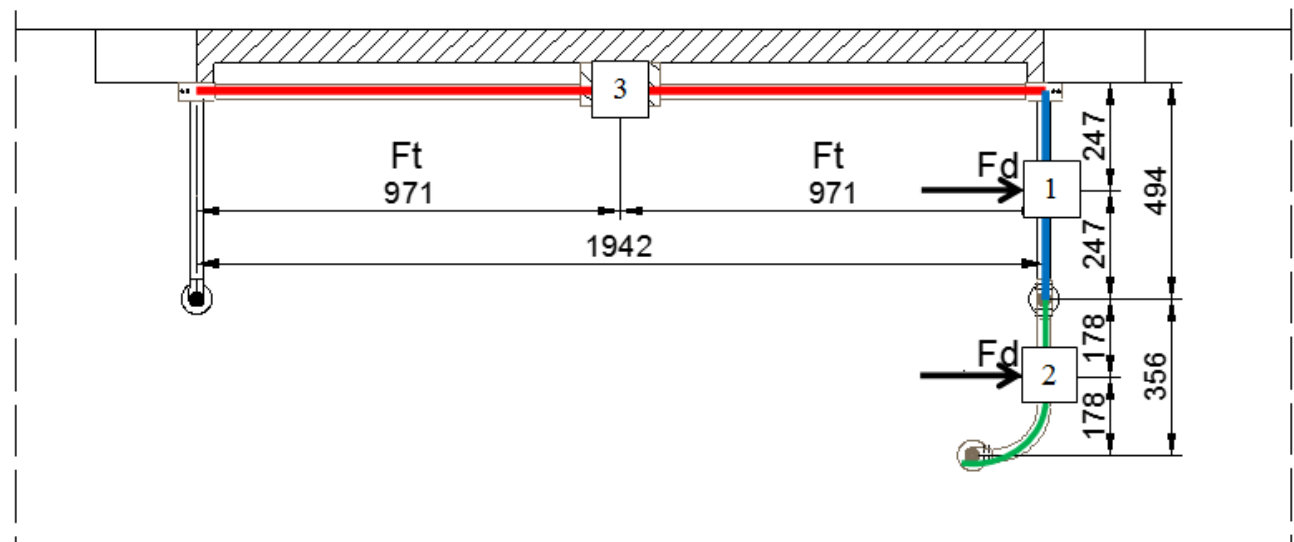


Fig. 9: Azioni sollecitanti di calcolo

Sulla scorta delle osservazioni sin ora eseguite e dall'osservazione degli schemi statici sopra riportati, le aste maggiormente sollecitate risultano la n.1 e la n.3, per cui la loro verifica garantirà il non superamento degli SL sopra definiti e quindi la sicurezza dell'intera installazione.

Infine, potendosi nella realtà costruttiva verificarsi varie situazioni di montaggio e di posizionamento dei manicotti, a vantaggio di sicurezza, ed allo scopo di massimizzare la sollecitazione flessionale, l'azione dinamica sopra definita (F_d) verrà considerata agente sulla mezzera di un'asta di luce 50 cm (luce max).

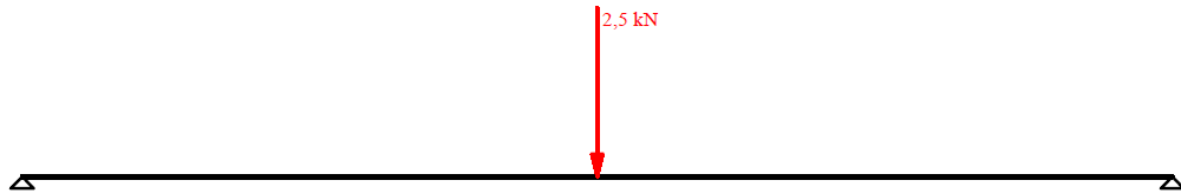
Asta n. 1 – Mancorrente $\Phi 30$

Per la risoluzione dello schema strutturale si è scelto di adoperare il software rilasciato dall'ingegnere Piero Gelfi professore di "Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio" presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia - *Trave Semplice Versione 5.4*.

Al fine di tenere in conto eventuali azioni trasmesse ai mancorrenti dai passeggeri, a vantaggio di sicurezza si considera una azione dinamica agente pari a (maggiorazione del 25%):

$$F_d = 250 \text{ daN}$$

azione dinamica trasmessa all'elemento di collegamento.



----- DATI : -----

E (MPa)	J (cm ⁴)	Luce (m)
210.000	2	0,5

Vincoli: Appoggio - Appoggio

Carichi concentrati (kN)

N°	F	d
1	2,5	0,25

Risultati

MA = 0 (kNm)	MB = 0 (kNm)
RA = 1,25 (kN)	RB = 1,25 (kN)
Rotaz. A = 0,009301 (rad)	Rotaz. B = 0,009301 (rad)
max M+ = 0,3125 (kNm)	x max M+ = 0,25 (m)
max M- = 0 (kNm)	x max M- = 0 (m)
f max = 0,00155 (m)	x f max = 0,25 (m)

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0,25	0,3125	-1,25	0,00155

Il modello meccanico adottato fornisce i seguenti risultati ad L = 25cm (mezzeria):

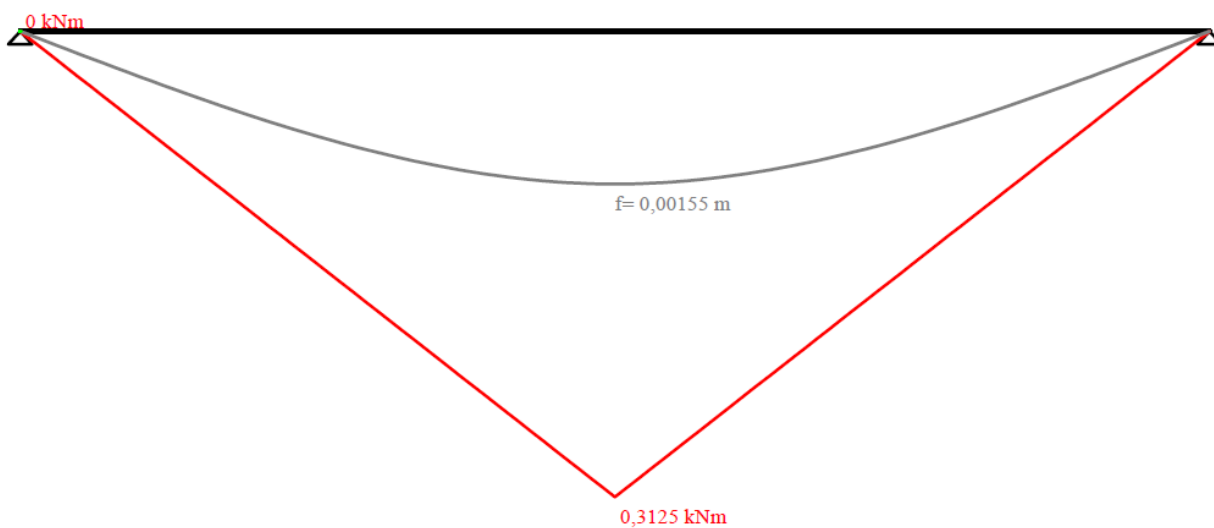
$$M_{max} = 31,25 \text{ daNm}$$

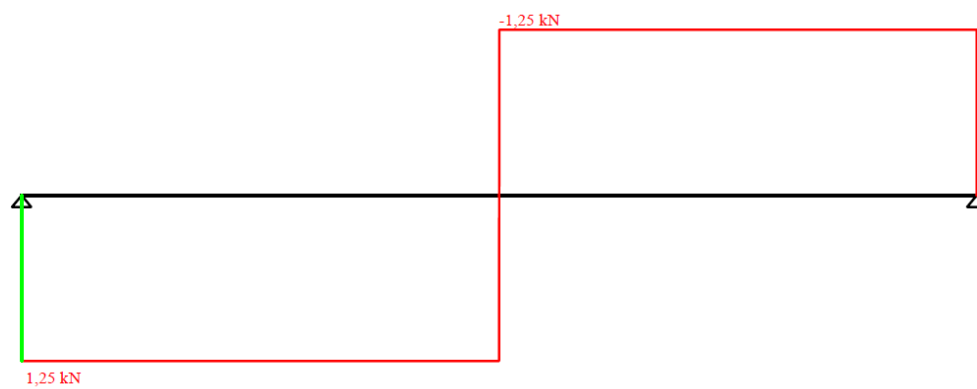
$$T_{max} = 250 \text{ daN}$$

$$f_{max} = 1,6 \text{ mm}$$

File : - Asta n. 2

Luce = 0,5 m ; E = 210.000 MPa ; J = 2 cm⁴





Asta n. 3 – Mancorrente Φ 35

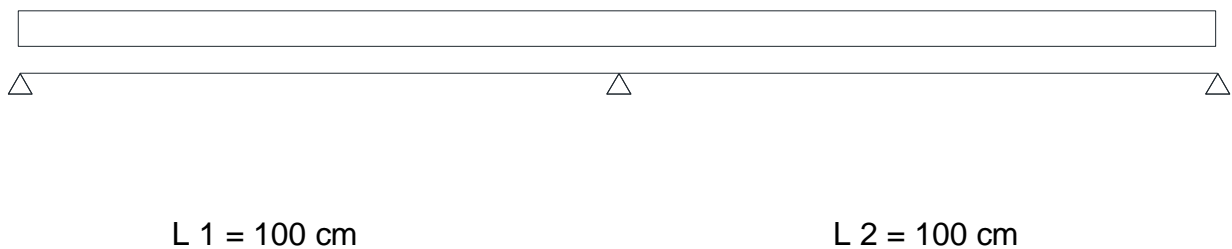
Per la risoluzione dello schema strutturale si è scelto di adoperare il software rilasciato dall'ingegnere Piero Gelfi professore di "Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio" presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia - *Trave Continua - Versione 7.4*.

Al fine di tenere in conto eventuali azioni trasmesse al mancorrente (sottofinestra) dai passeggeri, a vantaggio di sicurezza si considera una azione statica agente verso il basso pari a:

$$f_d = 180 \text{ daN/m}$$

azione statica distribuita sul mancorrente.

180 daN/m



----- DATI : -----

Asta n.3

Numero Campate = 2

Cam.

	Luce	Perm.	Var.	Sez. N°
1	1	1,5	180	1
2	1	1,5	180	1

Vincolo di sinistra : appoggio

Vincolo di destra : appoggio

Sezione 1 - generica E = 2,1E+08 J = 3E-08

Larghezza appoggio 1 = 0

Larghezza appoggio 2 = 0

Larghezza appoggio 3 = 0

Coefficiente di redistribuzione dei momenti sugli appoggi: Delta = 1

Il modello meccanico adottato fornisce i seguenti risultati:

$$M_{max} = 22,69 \text{ daNm}$$

(sull'appoggio - in mezzzeria)

$$T_{max} = 226,8 \text{ daN}$$

$$f_{max} = 2,6 \text{ mm}$$

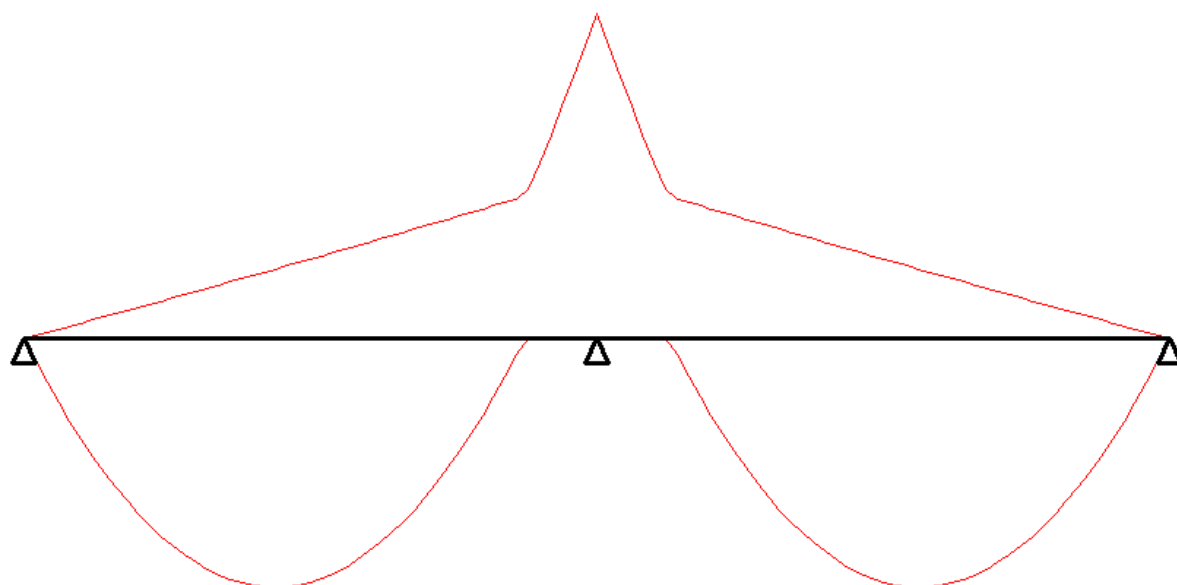
----- RISULTATI : -----

Momenti e frecce :

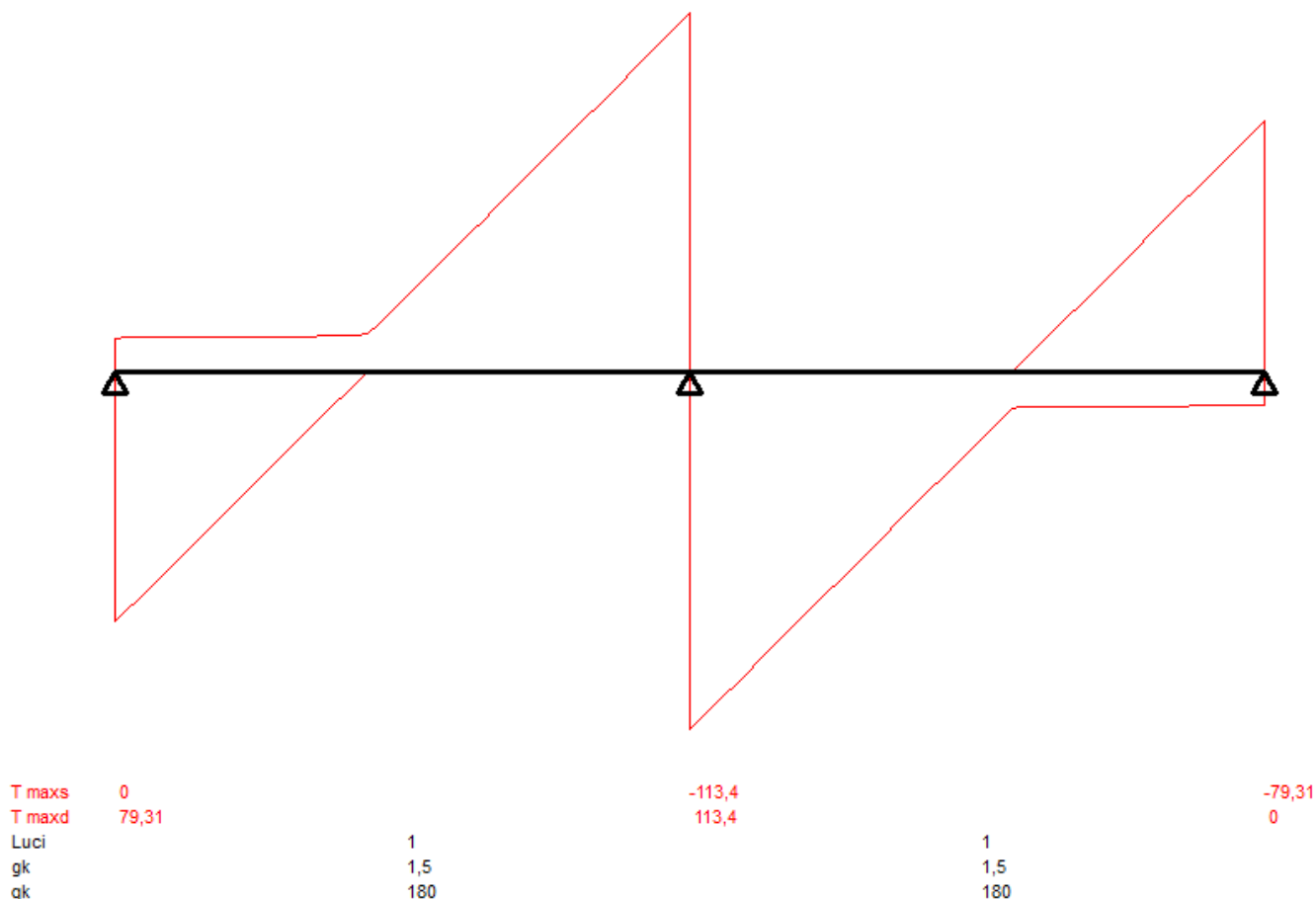
Sez.	Mmax	x Mmax	Mmin	x Mmin	f max	f min
1	0		0			
m	17,33	0,44	0	0	2,63E-01	-1,13E-01
2	-0,1875		-22,69			
m	17,33	0,56	0	1	2,63E-01	-1,13E-01
3	0		0			

Tagli e Reazioni :

Sez.	Tmax s	Tmax d	Rmax	Rmin
1		79,31	79,31	-10,69
2	-113,4	113,4	226,9	1,875
3	-79,31		79,31	-10,69



M min	0		-22,69		0
M max		17,33		17,33	
R max	79,31		226,9		79,31
R min	-10,69		1,875		-10,69



10. VERIFICHE STRUTTURALI

Considerato lo specifico modello da analizzare, il codice di calcolo ritenuto idoneo e pertanto utilizzato al fine della risoluzione del problema è EXCEL.

10.1 Mancorrenti e montanti

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza e stabilità del mancorrente maggiormente sollecitato, secondo quanto riportato nella Norma EN 1993 - 1 - 1:2010 ed in accordo con il DM. 14/01/2008 e successiva Circolare Applicativa.

La verifica di presso flessione biassiale è condotta secondo l'Appendice B della Norma EN 1993 - 1 - 1:2010.

Asta n. 1 – Mancorrente Φ 30

DATI DI INPUT

Tipo di acciaio utilizzato

S 235

Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	χ_{M0}	1,05	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	χ_{M1}	1,05	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	χ_{M2}	1,25	[-]

Caratteristiche del profilo

Diametro esterno del profilo tubolare utilizzato nelle verifiche	30 [mm]
Spessore del profilo tubolare utilizzato nelle verifiche	2 [mm]

Geometria della membratura

Lunghezza geometrica della membratura	L	0,50	[m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	β_y	1,00	[-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	β_z	1,00	[-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	$L_{cr,y}$	500,00	[mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	$L_{cr,z}$	500,00	[mm]



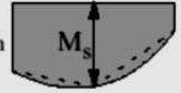
Coefficienti di momento equivalente

Coefficienti di momento equivalente

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse y - y C_{my}	1,000	[-]
Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse z - z C_{mz}	1,000	[-]

i valori C_{my} , C_{mz} vengono calcolati con riferimento al prospetto B.3 - EN 1993 - 1 - 1: 2010.

Table B.3: Equivalent uniform moment factors C_m in Tables B.1 and B.2

Moment diagram	range		C_{mv} and C_{mz} and C_{mLT}	
			uniform loading	concentrated load
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
For members with sway buckling mode the equivalent uniform moment factor should be taken $C_{my} = 0,9$ or $C_{Mz} = 0,9$ respectively.				
C_{my} , C_{mz} and C_{mLT} should be obtained according to the bending moment diagram between the relevant braced points as follows:				
moment factor	bending axis	points braced in direction		
C_{my}	y-y	z-z		
C_{mz}	z-z	y-y		
C_{mLT}	y-y	y-y		

il coefficiente C_{my} dipende dalla distribuzione del momento attorno all'asse maggiore lungo tutta la membratura ovvero tra i punti vincolati verticalmente (lungo z). C_{my} deve essere quindi valutato lungo L_{cry} .

il coefficiente C_{mz} dipende dalla distribuzione del momento attorno all'asse minore. Per tale ragione deve essere calcolato per tutti i tratti vincolati lateralmente. C_{mz} deve essere quindi valutato lungo L_{crz} .

Nel caso in esame in via "cautelativa", per C_{my} e C_{mz} sono stati considerati valori unitari.

Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	N_{Ed}	$V_{z,Ed}$	$V_{y,Ed}$	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$	T_{Ed}	Verifica
[n°]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]
1		2,50			0,31		✓ 0,88

RESISTENZA E STABILITA' DEI PROFILI TUBOLARI - Metodo B - EN 1993 - 1 - 1:2010

Materiali utilizzati

Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	235 [N/mm ²]
	f_{uk}	360 [N/mm ²]
Modulo di elasticità dell'acciaio del profilo	E	210000 [N/mm ²]
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio del profilo	G	80769 [N/mm ²]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1,25 [-]

Caratteristiche meccaniche del profilo

Diametro esterno del profilo tubolare	d_{ext}	30,00 [mm]
Spessore del profilo tubolare	t	2,00 [mm]
Diametro interno	d_{int}	26,00 [mm]
Raggio esterno	r_{ext}	15,00 [mm]
Raggio interno	r_{int}	13,00 [mm]
Area della sezione trasversale	A	176 [mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	1,7329E+04 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	1,1553E+03 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	1,5707E+03 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{V,z}$	112 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	9,92 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	1,7329E+04 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	1,1553E+03 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	1,5707E+03 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{V,y}$	112 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	9,92 [mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	3,466E+04 [mm ⁴]

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	[kN]
Forza di taglio agente in direzione verticale	$V_{z,Ed}$	[kN]
Forza di taglio agente in direzione orizzontale	$V_{y,Ed}$	2,50 [kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	[kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	0,3125 [kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T_{Ed}	[kNm]

Classificazione della sezione trasversale di verifica

Coefficiente ε	ε	1,000 [-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	ρ	15,000 [-]
Rapporto limite per la classe 1	ρ_1	50,000 [-]
Rapporto limite per la classe 2	ρ_2	70,000 [-]
Rapporto limite per la classe 3	ρ_3	90,000 [-]

Classificazione della sezione trasversale	CL	1
--	-----------	----------

Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a trazione pura

Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	39,37 [kN]
--------------------------------	------------	------------

Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	✓ 0,000 [-]
--------------------------	-------------	-------------

Resistenza a compressione pura

Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	39,37 [kN]
--------------------------------	------------	------------

Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	✓ 0,000 [-]
------------------------------	-------------	-------------

Resistenza a torsione e taglio

Diametro medio della sezione trasversale	d_{med}	28,00 [mm]
--	-----------	------------

Area della sezione compresa nel diametro medio	Ω	615,75 [mm ²]
--	----------	---------------------------

Tensioni tangenziali dovute al momento torcente	$\tau_{t,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
---	---------------	---------------------------

Verifica tensionale per pura torsione	ρ_T	✓ 0,000 [-]
---------------------------------------	----------	-------------

Resistenza plastica a taglio	$V_{pl,Rd}$	14,47 [kN]
------------------------------	-------------	------------

Resistenza plastica a taglio ridotta per effetto della torsione	$V_{pl,T,Rd}$	14,47 [kN]
---	---------------	------------

Verifica a taglio in direzione z - z	ρ_{Vz}	✓ 0,000 [-]
--------------------------------------	-------------	-------------

Verifica a taglio in direzione y - y	ρ_{Vy}	✓ 0,173 [-]
--------------------------------------	-------------	-------------

Resistenza a flessione

Modulo di resistenza di calcolo per flessione attorno all'asse y - y	W_y	1,57E+03 [mm ³]
--	-------	-----------------------------

Resistenza a flessione attorno all'asse y - y	$M_{cy,Rd}$	0,35 [kNm]
---	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse y - y	ρ_{My}	✓ 0,000 [-]
---	-------------	-------------

Modulo di resistenza di calcolo per flessione attorno all'asse z - z	W_z	1,57E+03 [mm ³]
--	-------	-----------------------------

Resistenza a flessione attorno all'asse z - z	$M_{cz,Rd}$	0,35 [kNm]
---	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse z - z	ρ_{Mz}	✓ 0,889 [-]
---	-------------	-------------

Resistenza a flessione e taglio (per sezioni in classe 1 o 2)

Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio in direzione z - z	$\rho_{Vz,red}$	1,00 [-]
---	-----------------	----------

Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio in direzione y - y	$\rho_{Vy,red}$	1,00 [-]
---	-----------------	----------

Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse y - y	$M_{Vy,Rd}$	0,35 [kNm]
--	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse y - y	$\rho_{My - Vz}$	✓ 0,000 [-]
---	------------------	-------------

Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse z - z	$M_{Vz,Rd}$	0,35 [kNm]
--	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse z - z	$\rho_{Mz - Vy}$	✓ 0,889 [-]
---	------------------	-------------

Resistenza a flessione, forza assiale e taglio

Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2

Coefficiente n	n	0,000 [-]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse y - y	$M_{Ny,Rd}$	0,35 [kNm]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse z - z	$M_{Nz,Rd}$	0,35 [kNm]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo EN1993 - 1 - 1:2010)	$\rho_{N - My - Mz}$	✓ 0,790 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo cautelativo)	ρ_I	✓ 0,889 [-]

Verifiche di stabilità flessionale

Lunghezza geometrica della membratura	L	0,50 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	β_y	1,00 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	β	1,00 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	z	500,00 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	$L_{cr,y}$	500,00 [mm]
	$L_{cr,z}$	

Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A	176 [mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse y - y	$N_{cr,y}$	144 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse z - z	$N_{cr,z}$	144 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse y - y	$\lambda_{ad,y}$	0,5364 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse z - z	$\lambda_{ad,z}$	0,5364 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	15,00 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	26 [mm]
Curva di instabilità attorno all'asse y - y	Curva $y - y$	a [-]
Curva di instabilità attorno all'asse z - z	Curva $z - z$	a [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse y - y	α_y	0,21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse y - y	ϕ_y	0,6792 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse z - z	α_z	0,21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse z - z	ϕ_z	0,6792 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse y - y	χ_y	0,913 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse z - z	χ_z	0,913 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse y - y	$N_{by,Rd}$	35,93 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse z - z	$N_{bz,Rd}$	35,93 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck, N}$	0,000 [-]

Coefficienti di momento equivalente

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse y - y C_{my} 1,000 [-]

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse z - z C_{mz} 1,000 [-]

Coefficienti di interazione

Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{yy,1-2}$ 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 3 $k_{yy,3}$ 1,000 [-]

k_{yy} 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{zz,1-2}$ 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 3 $k_{zz,3}$ 1,000 [-]

k_{zz} 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{yz,1-2}$ 0,600 [-]

Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 3 $k_{yz,3}$ 1,000 [-]

k_{yz} 0,600 [-]




Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{zy,1-2}$ 0,600 [-]

Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 3 $k_{zy,3}$ 0,800 [-]

k_{zy} 0,600 [-]

I valori C_{my} , C_{mz} sono valutati con riferimento al prospetto B.3 - EN 1993 - 1 - 1: 2010; nel caso specifico ed in via "cautelativa" vengono adoperati i valori $C_{my} = C_{mz} = 1.00$.

Verifiche di presso flessione biassiale

Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 1 o 2	$\rho_{buck, N-M-M}$  0,533 [-]
	$\rho_{buck, N-M-M}$  0,889 [-]
Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 3	$\rho_{buck, N-M-M}$ ver. plastica [-]
	$\rho_{buck, N-M-M}$ ver. plastica [-]
Tasso di lavoro massimo del profilo tubolare (resistenza e stabilità)	ρ_{max}  0,889 [-]

Asta n. 3 – Mancorrente Φ 35

DATI DI INPUT

Tipo di acciaio utilizzato

S 235

Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1,05	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1,05	[-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1,25	[-]

Caratteristiche del profilo

Diametro esterno del profilo tubolare utilizzato nelle verifiche	35 [mm]
Spessore del profilo tubolare utilizzato nelle verifiche	2 [mm]

Geometria della membratura

Lunghezza geometrica della membratura	L	1,00	[m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	β_y	1,00	[-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	β_z	1,00	[-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	$L_{cr,y}$	1000,00	[mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	$L_{cr,z}$	1000,00	[mm]

Coefficienti di momento equivalente

Coefficienti di momento equivalente

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse y - y C_{my}	1,000	[-]
Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse z - z C_{mz}	1,000	[-]

i valori C_{my} , C_{mz} vengono calcolati con riferimento al prospetto B.3 - EN 1993 - 1 - 1: 2010.

Nel caso in esame in via "cautelativa", per C_{my} e C_{mz} sono stati considerati valori unitari.

Caratteristiche di sollecitazione

Comb. [n°]	N_{Ed} [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	T_{Ed} [kNm]	Verifica [-]
1		2,27		0,27			✓ 0,55

Materiali utilizzati

Valore di snervamento dell'acciaio del profilo	f_{yk}	235 [N/mm ²]
Valore di rottura dell'acciaio del profilo	f_{uk}	360 [N/mm ²]
Modulo di elasticità dell'acciaio del profilo	E	210000 [N/mm ²]
Modulo di elasticità tangenziale dell'acciaio del profilo	G	80769 [N/mm ²]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di resistenza	γ_{M0}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di stabilità	γ_{M1}	1,05 [-]
Coefficiente parziale di sicurezza per le verifiche di rottura	γ_{M2}	1,25 [-]

Caratteristiche meccaniche del profilo

Diametro esterno del profilo tubolare	d_{ext}	35,00 [mm]
Spessore del profilo tubolare	t	2,00 [mm]
Diametro interno	d_{int}	31,00 [mm]
Raggio esterno	r_{ext}	17,50 [mm]
Raggio interno	r_{int}	15,50 [mm]
Area della sezione trasversale	A	207 [mm ²]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse forte	I_y	2,8329E+04 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse forte	$W_{el,y}$	1,6188E+03 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse forte	$W_{pl,y}$	2,1807E+03 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano dell'anima	$A_{v,z}$	132 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse forte	i_y	11,69 [mm]
Momento d'inerzia della sezione trasversale attorno all'asse debole	I_z	2,8329E+04 [mm ⁴]
Modulo di resistenza elastico attorno all'asse debole	$W_{el,z}$	1,6188E+03 [mm ³]
Modulo di resistenza plastico attorno all'asse debole	$W_{pl,z}$	2,1807E+03 [mm ³]
Area resistente a taglio nel piano delle ali	$A_{v,y}$	132 [mm ²]
Raggio d'inerzia attorno all'asse debole	i_z	11,69 [mm]
Momento d'inerzia torsionale	I_t	5,666E+04 [mm ⁴]

Caratteristiche di sollecitazione nella sezione di verifica

Forza normale (positiva se di compressione)	N_{Ed}	[kN]
Forza di taglio agente in direzione verticale	$V_{z,Ed}$	2,27 [kN]
Forza di taglio agente in direzione orizzontale	$V_{y,Ed}$	[kN]
Momento flettente attorno all'asse maggiore di inerzia	$M_{y,Ed}$	0,27 [kNm]
Momento flettente attorno all'asse minore di inerzia	$M_{z,Ed}$	[kNm]
Momento torcente primario (alla Saint Venant)	T_{Ed}	[kNm]

Classificazione della sezione trasversale di verifica

Coefficiente ε	ε	1,000 [-]
Rapporto tra diametro esterno e spessore	ρ	17,500 [-]
Rapporto limite per la classe 1	ρ_1	50,000 [-]
Rapporto limite per la classe 2	ρ_2	70,000 [-]
Rapporto limite per la classe 3	ρ_3	90,000 [-]

Classificazione della sezione trasversale	CL	1
--	-----------	----------

Verifiche di resistenza della sezione trasversale

Resistenza a trazione pura

Resistenza plastica a trazione	$N_{t,Rd}$	46,41 [kN]
--------------------------------	------------	------------

Verifica a trazione pura	ρ_{Nt}	 0,000 [-]
--------------------------	-------------	--

Resistenza a compressione pura

Resistenza a compressione pura	$N_{c,Rd}$	46,41 [kN]
--------------------------------	------------	------------

Verifica a compressione pura	ρ_{Nc}	 0,000 [-]
------------------------------	-------------	--

Resistenza a torsione e taglio

Diametro medio della sezione trasversale	d_{med}	33,00 [mm]
--	-----------	------------

Area della sezione compresa nel diametro medio		855,30 [mm ²]
--	---	---------------------------

Tensioni tangenziali dovute al momento torcente	$\tau_{t,Ed}$	0,00 [N/mm ²]
---	---------------	---------------------------

Verifica tensionale per pura torsione	ρ_T	 0,000 [-]
---------------------------------------	----------	--

Resistenza plastica a taglio	$V_{pl,Rd}$	17,06 [kN]
------------------------------	-------------	------------

Resistenza plastica a taglio ridotta per effetto della torsione	$V_{pl,T,Rd}$	17,06 [kN]
---	---------------	------------

Verifica a taglio in direzione z - z	ρ_{Vz}	 0,133 [-]
--------------------------------------	-------------	--

Verifica a taglio in direzione y - y	ρ_{Vy}	 0,000 [-]
--------------------------------------	-------------	--

Resistenza a flessione

Modulo di resistenza di calcolo per flessione attorno all'asse y - y	W_y	2,18E+03 [mm ³]
--	-------	-----------------------------

Resistenza a flessione attorno all'asse y - y	$M_{cy,Rd}$	0,49 [kNm]
---	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse y - y	ρ_{My}	 0,553 [-]
---	-------------	--

Modulo di resistenza di calcolo per flessione attorno all'asse z - z	W_z	2,18E+03 [mm ³]
--	-------	-----------------------------

Resistenza a flessione attorno all'asse z - z	$M_{cz,Rd}$	0,49 [kNm]
---	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse z - z	ρ_{Mz}	 0,000 [-]
---	-------------	--

Resistenza a flessione e taglio (per sezioni in classe 1 o 2)

Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio in direzione z - z	$\rho_{Vz,red}$	1,00 [-]
---	-----------------	----------

Fattore di riduzione per la presenza della forza di taglio in direzione y - y	$\rho_{Vy,red}$	1,00 [-]
---	-----------------	----------

Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse y - y	$M_{Vy,Rd}$	0,49 [kNm]
--	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse y - y	$\rho_{My - Vz}$	 0,553 [-]
---	------------------	--

Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse z - z	$M_{Vz,Rd}$	0,49 [kNm]
--	-------------	------------

Verifica flessionale attorno all'asse z - z	$\rho_{Mz - Vy}$	 0,000 [-]
---	------------------	--

Resistenza a flessione, forza assiale e taglio

Calcolo plastico per sezioni in classe 1 o 2

Coefficiente n	n	0,000 [-]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse y - y	$M_{Ny,Rd}$	0,49 [kNm]
Resistenza a flessione ridotta, per flessione attorno all'asse z - z	$M_{Nz,Rd}$	0,49 [kNm]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo EN1993 - 1 - 1:2010)	$\rho_{N - My - Mz}$	✓ 0,306 [-]
Verifica di presso/tenso flessione biassiale (metodo cautelativo)	ρ_I	✓ 0,553 [-]

Verifiche di stabilità flessionale

Lunghezza geometrica della membratura	L	1,00 [m]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	β_y	1,00 [-]
Coefficiente di lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	β	1,00 [-]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse y - y	z	1000,00 [mm]
Lunghezza di libera inflessione attorno all'asse z - z	$L_{cr,y}$	1000,00 [mm]
	$L_{cr,z}$	

Resistenza nei confronti dell'instabilità flessionale

Area della sezione trasversale da considerare nel calcolo	A	207 [mm ²]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse y - y	$N_{cr,y}$	59 [kN]
Forza normale critica euleriana attorno all'asse z - z	$N_{cr,z}$	59 [kN]
Snellezza adimensionale attorno all'asse y - y	$\lambda_{ad,y}$	0,9110 [-]
Snellezza adimensionale attorno all'asse z - z	$\lambda_{ad,z}$	0,9110 [-]
Rapporto dimensionale per la determinazione delle curve di instabilità	h/b	17,50 [-]
Spessore massimo della sezione trasversale	t_{max}	31 [mm]
Curva di instabilità attorno all'asse y - y	Curva $y - y$	a [-]
Curva di instabilità attorno all'asse z - z	Curva $z - z$	a [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse y - y	α_y	0,21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse y - y	ϕ_y	0,9896 [-]
Coefficiente di imperfezione attorno all'asse z - z	α_z	0,21 [-]
Coefficiente di instabilità attorno all'asse z - z	ϕ_z	0,9896 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse y - y	χ_y	0,727 [-]
Coefficiente di riduzione di resistenza attorno all'asse z - z	χ_z	0,727 [-]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse y - y	$N_{by,Rd}$	33,72 [kN]
Resistenza all'instabilità flessionale attorno all'asse z - z	$N_{bz,Rd}$	33,72 [kN]
Verifica nei confronti dell'instabilità flessionale	$\rho_{buck, N}$	0,000 [-]

Coefficienti di momento equivalente

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse y - y C_{my} 1,000 [-]

Coefficiente di momento equivalente per flessione attorno all'asse z - z C_{mz} 1,000 [-]

Coefficienti di interazione

Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{yy,1-2}$ 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{yy} per sezioni in classe 3 $k_{yy,3}$ 1,000 [-]

k_{yy} 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{zz,1-2}$ 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{zz} per sezioni in classe 3 $k_{zz,3}$ 1,000 [-]

k_{zz} 1,000 [-]

Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{yz,1-2}$ 0,600 [-]

Coefficiente di interazione k_{yz} per sezioni in classe 3 $k_{yz,3}$ 1,000 [-]

k_{yz} 0,600 [-]




Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 1 o 2 $k_{zy,1-2}$ 0,600 [-]

Coefficiente di interazione k_{zy} per sezioni in classe 3 $k_{zy,3}$ 0,800 [-]

k_{zy} 0,600 [-]

I valori C_{my} , C_{mz} sono valutati con riferimento al prospetto B.3 - EN 1993 - 1 - 1: 2010; nel caso specifico ed in via "cautelativa" vengono adoperati i valori $C_{my} = C_{mz} = 1.00$.

Verifiche di presso flessione biassiale

Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 1 o 2	$\rho_{buck, N-M-M}$  0,553 [-]
	$\rho_{buck, N-M-M}$  0,332 [-]
Verifica di presso flessione biassiale per sezioni di classe 3	$\rho_{buck, N-M-M}$ ver. plastica [-]
	$\rho_{buck, N-M-M}$ ver. plastica [-]
Tasso di lavoro massimo del profilo tubolare (resistenza e stabilità)	ρ_{max}  0,553 [-]

10.2 Collegamenti e giunzioni

A seguire sono riportate le verifiche di resistenza allo SLU condotte con riferimento ai collegamenti maggiormente sollecitati.

Giunto di collegamento mancorrenti

Per quanto riguarda i collegamenti tra le aste costituite da tubolari cavi, si considerano giunzioni standard a contrasto in alluminio pressofuso con sistema di accoppiamento costituito da almeno una vite $\Phi 6$ in acciaio inox e relativo occhiello filettato.

Nell'ipotesi che tutto il carico dinamico derivante dalla massa inerziale scarichi su un unico collegamento, a vantaggio di sicurezza, per le verifiche di sicurezza viene considerata la seguente sollecitazione massima:

- $T_d : 5,00 \text{ kN}$ - sforzo di taglio di progetto



$T_{dv} = 5/2 = 2,5 \text{ kN}$ risulta l'azione agente sulla singola sezione di taglio della vite

Per le viti 8.8 si ha:

carico di rottura $R_m = 800 \text{ MPa}$

carico di snervamento $R_s = 640 \text{ MPa}$.

In riferimento alle CNR UNI 10011 (ritirata) e Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-8) si ricava la relazione:

$$F_{v,Rd} = f_{ub} * A / Y_{m2} = 640 * [(0,80) * 28,26] / 1,25 = 11,58 \text{ kN}$$

Laddove A è l'area netta utile della reale sezione resistente.

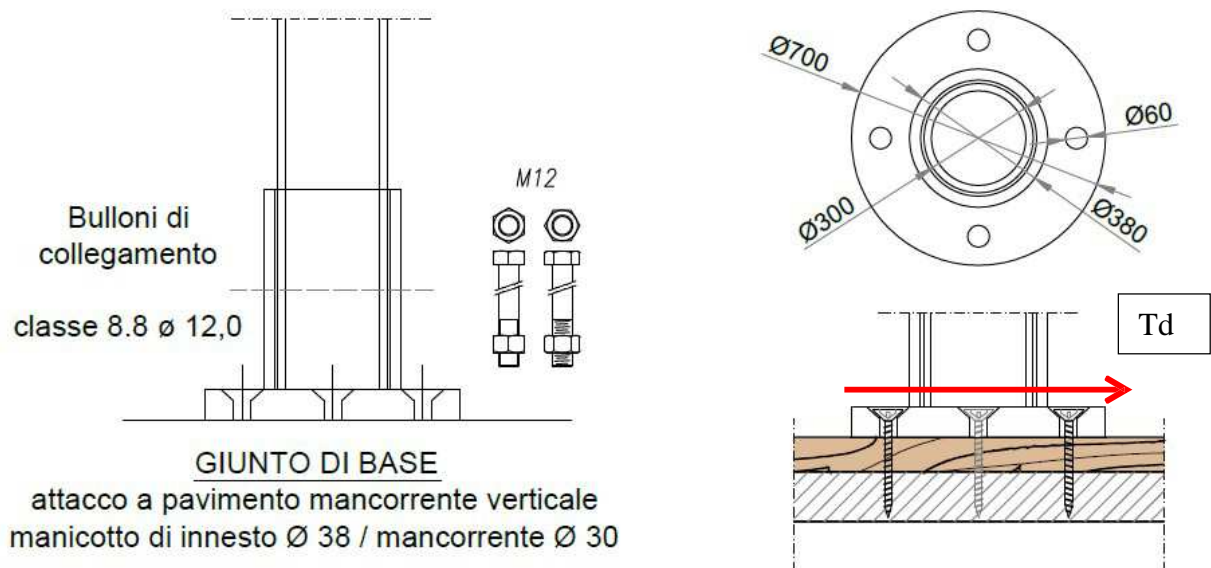
Per cui si verifica che:

$$T_{dv} 2,5 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 11,58 \text{ kN} \quad \text{VERIFICA SODDISFATTA}$$

Giunto di base flangiato

Nell'ipotesi che tutto il carico dinamico derivante dalla massa inerziale scarichi su un unico collegamento, a vantaggio di sicurezza, per le verifiche di sicurezza viene considerata la seguente sollecitazione massima:

- $T_d : 5,00 \text{ kN}$ - sforzo di taglio di progetto



$T_{dv} = 5/4 = 1,25 \text{ kN}$ risulta l'azione agente sulla singola vite

Parametri geometrici dei giunti

	HBS+ Ø6,0		tipologia connettore scelto
$\varnothing_{\text{ nominale }} =$	6,00	mm	diametro esterno del filetto
$\varnothing_{\text{ nocciolo }} =$	3,95	mm	diametro del nocciolo (diametro interno del filetto)
$\varnothing_{\text{ gambo }} =$	4,30	mm	diametro del gambo
$\varnothing_{\text{ testa }} =$	12,00	mm	diametro della testa
$\varnothing_{\text{ calcolo }} =$	4,35	mm	diametro di calcolo (\varnothing_{ef})
$L =$	60,0	mm	lunghezza del connettore
$L_{,g} =$	35,0	mm	lunghezza del filetto

Parametri meccanici dei connettori

(secondo EN 14592)

$M_{y,k}$	12300	Nmm	momento caratteristico di snervamento
$R_{t,u,k}$	11,10	kN	resistenza caratteristica a trazione del filo di acciaio
$f_{ax,k}$	11,60	kN	parametro caratteristico di resistenza ad estrazione del filetto
ρ_a	420	kg/m ³	densità caratteristica associata al parametro di estrazione del filetto

Considerando le sue caratteristiche geometriche, il connettore in fase di calcolo è assimilabile a chiodo

Legno 1: elemento laterale

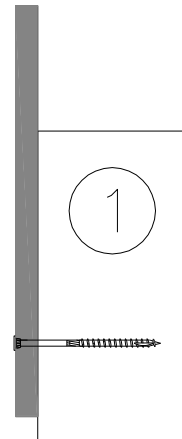
t_1	57,00	mm	profondità di penetrazione nell'elemento 1
Tipo di legno	LEGNO MASSICCIO C 24		
ρ_k	350,00	kg/m ³	densità caratteristica del legno

Piastra in acciaio

t	3,00	mm	spessore della piastra in acciaio
-----	------	----	-----------------------------------

Nota: in fase di calcolo non si considera la resistenza a rifollamento e/o della sezione efficace della piastra.

Tali verifiche dovranno essere svolte separatamente.

**Resistenza a rifollamento**

$f_{h,0,k}$	27,45	Mpa	resistenza caratteristica a rifollamento nell'elemento 1 ($\alpha = 0^\circ$)
α_1	13,00	°	angolo tra sforzo e fibre nell'elemento laterale 1
k_{90}	-		
$f_{h,\alpha 1,k}$	27,45	Mpa	resistenza caratteristica a rifollamento nell'elemento 1 ($\alpha \neq 0^\circ$) - Viti come Chiodi

Resistenza assiale della vite (effetto cavo)

$R_{ax,Rk}$	2,11	kN	resistenza caratteristica a trazione della vite
$R_{ax,Rk} = \min \{ R_{t,u,k}; R_{ax,\alpha,k}; R_{ax,k,k} \}$			

Resistenza a trazione dell'acciaio

$R_{t,u,k}$	11,10	KN	resistenza caratteristica a trazione della vite (filo di acciaio)
-------------	-------	----	---

Resistenza ad estrazione del filetto nell'elemento 2

$R_{ax,\alpha,k}$	2,11	KN	resistenza caratteristica ad estrazione del filetto
$R_{ax,\alpha,k} = n_{ef} * d * l_{ef} * f_{ax,k} / (1,2 \cos(\alpha_{ax})^2 + \sin(\alpha_{ax})^2) * (\rho_k / \rho_a)^{0,8}$			
d	6,00	mm	diametro esterno del filetto
$f_{ax,k}$	11,60	Mpa	parametro caratteristico di resistenza ad estrazione del filetto
ρ_a	420,00	kg/m ³	densità caratteristica associata al parametro di estrazione del filetto
n_{ef}	1,00		numero efficace di viti (si considera $n_{ef} = 1$)
$l_{ef} = L_g$	35,00	mm	lunghezza di penetrazione della parte filettata nell'elemento 1
α_{ax}	90,00	°	angolo tra la vite e la fibra (si ipotizza essere 90°)
ρ_k	350,00	kg/m ³	densità caratteristica del legno

Resistenza Per una piastra di acciaio sottile, a taglio singolo:

La capacità

La norma $F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 f_{h,k} t_1 d \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right.$

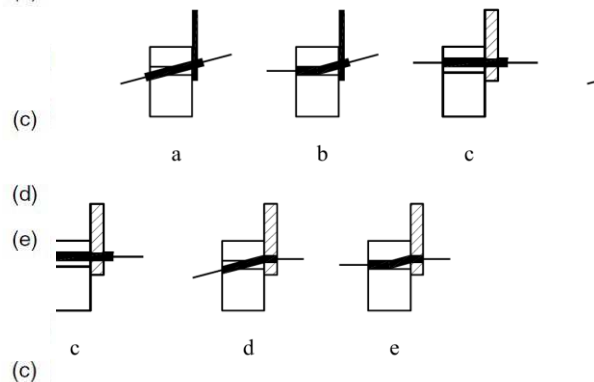
Per una piastra di acciaio spessa, a taglio singolo:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k}} d + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} t_1 d \end{array} \right.$$

Per una piastra di acciaio spessa, a taglio singolo:

$$f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$$

(a) io è funzione dello spessore delle piastre.
(b) interpola linearmente.



Se si ha piastra sottile ($t \leq 0,5d$)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,72 \\ 1,97 + 0,53 \end{array} \right. = \begin{array}{l} 2,72 \text{ kN} \\ 2,50 \text{ kN} \end{array} \quad \begin{array}{l} (a) \\ (b) \end{array}$$

Se si ha piastra spessa ($t \geq d$)

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 3,12 \\ 2,79 \\ 6,80 \end{array} \right. + 0,53 = \begin{array}{l} 3,64 \text{ kN} \\ 3,31 \text{ kN} \\ 6,80 \text{ kN} \end{array} \quad \begin{array}{l} (e) \\ (d) \\ (c) \end{array}$$

In questo caso si ha $0,5d < t < d$

$F_{v,Rk, \text{connettore}} =$	2,81 KN	resistenza caratteristica a taglio del connettore
$k_{mod} =$	0,90	
$\gamma_{M, \text{connessione}} =$	1,50	
$F_{v,Rd, \text{connettore}} =$	1,68 KN	resistenza di progetto a taglio del connettore

rothoblaas.com

Per cui si verifica che:

$T_{dv} 1,25 \text{ kN} < F_{v,Rd} = 1,68 \text{ kN}$ **VERIFICA SODDISFATTA**

10.3 Carichi di esercizio

Infine si specifica che l'intervento prevede la rimozione di una seduta da n. 4 sedili per una sup. di ingombro pari a circa $1,00 \text{ m}^2$.

Considerando 6 pers./m^2 , risulta un incremento di carico pari a n. 2 persone in parte compensato dal peso della seduta rimossa.

11. VALUTAZIONE DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Tutte le elaborazioni sono state effettuate impostando manualmente su foglio di calcolo Excel elementari equazioni matematiche disponibili in forma chiusa, senza necessità di ricorrere a particolari procedure di calcolo iterativo.

Il foglio di calcolo non ha mostrato durante l'utilizzo errori di tipo numerico legati all'algoritmo risolutivo e/o alle caratteristiche dell'elaboratore.

Tutto ciò posto si ritiene inutile il controllo dei risultati ottenuti mediante calcoli manuali di validazione.

12. DESCRIZIONE E DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ELETTRICO

La postazione della carrozzina per persone diversamente abili sarà attrezzata con un sistema citofonico e di segnalazione. Tale sistema permette la comunicazione tra la persona diversamente abile che occupa la postazione oggetto della presente relazione e la cabina di guida, in particolare il personale di condotta.

Le funzioni abilitate dalla postazione saranno descritte in seguito.

Il sistema è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- un interruttore magnetotermico con corrente nominale pari a 4 A per la protezione da sovraccarico di corrente del circuito elettrico;
- un interruttore on/off a levetta, installato in cabina di guida ad uso del macchinista per l'abilitazione del sistema elettrico. Il consenso all'uso delle attrezzature installate sarà rilasciato dal macchinista esclusivamente in presenza del passeggero diversamente abile al fine di evitare un uso improprio del sistema in sua assenza;
- un convertitore di tensione dc/dc con V_{in} pari a 72 e V_{out} 12 V - 50 W, conforme alle norme ed agli standard ferroviari, per l'alimentazione del circuito elettrico di nuova installazione;
- una coppia di citofoni per collegare in vivavoce due postazioni situate in ambienti particolarmente rumorosi. Il master in cabina di guida è munito di un microfono mobile. Non sarà richiesta alcuna azione al macchinista, pertanto riuscirà a mantenere le mani libere, presterà la massima attenzione alla guida e conserverà la vista rivolta al tracciato;
- tre relè con contatti per abilitare le tre funzioni di segnalazioni.
- tre pulsanti luminosi di colore verde, giallo e rosso.
- tre gemme luminose in cabina che segnalano le richieste ed i comandi provenienti dalla postazione;
- un pulsante di TEST/RESET installato in cabina di guida con doppia funzione, quella di prova lampade di segnalazione e quella di reset dell'informazione proveniente dalla postazione.

12.1 Descrizione del funzionamento

Attraverso l'interruttore a levetta, il macchinista abilita il circuito elettrico della postazione per carrozzina attrezzata con citofono e con tre pulsanti luminosi.

Attraverso i pulsanti luminosi, l'utente della postazione invia al macchinista le seguenti informazioni:

- con luce verde per il "consenso al movimento"
- con luce gialla per la "richiesta di fermata"
- con luce rossa per la "richiesta di emergenza"

In particolare, quando la persona diversamente abile si è sistemata nella postazione dedicata, si assicura alle cinture di sicurezza e preme il pulsante con luce verde inviando in cabina di guida il consenso al movimento del mezzo. Non è richiesta assistenza né ci sono altri vincoli per il macchinista che possano ritardare la partenza.

In cabina di guida il macchinista vede illuminarsi la segnalazione a luce verde e dopo averne preso atto, resetta il sistema spegnendo sia la sua lampada che quella in postazione.

Al fine di non insinuare nell'utente il dubbio che la segnalazione si sia spenta a seguito di un guasto, quando il macchinista resetta la spia luminosa, per una frazione limitata di tempo, si accenderanno tutte le lampade della postazione racchiuse in uno scatolato opportunamente progettato ed installato.

Il procedimento sopra descritto si ripete in maniera analoga per la richiesta di assistenza alla prossima fermata (pulsante a luce gialla) e per la chiamata di emergenza (pulsante a luce rossa).

Alla prima abilitazione della UdT, il macchinista controllerà la funzionalità delle segnalazioni attraverso il pulsante posizionato in cabina.

Oltre alle indicazioni luminose, nel caso in cui l'utente della postazione abbia per qualche motivo la necessità di comunicare con il personale di condotta, egli può utilizzare il sistema di comunicazione vivavoce, i cui apparati sono incorporati nello stesso scatolato dei pulsanti.

Per il circuito citofonico sarà utilizzato un cavo multipolare a doppia coppia schermato, mentre per il circuito di alimentazione e di segnalazione saranno utilizzati cavi unipolari flessibili con sezione pari ad 1 mm² e con isolamento U/Uo 300/500. Tutti i cavi saranno conformi agli standard previsti in Italia per l'installazione a bordo dei rotabili ferroviari, in particolare:

- UNI CEI 11170-1:2005 Veicoli ferrotranviari - Linee guida per la protezione al fuoco dei veicoli ferrotranviari ed a via guidata - Principi generali
- UNI CEI 11170-2:2005 Veicoli ferrotranviari - Linee guida per la protezione al fuoco dei veicoli ferrotranviari ed a via guidata - Accorgimenti progettuali - Misure di contenimento dell'incendio
- UNI CEI 11170-3:2005 Veicoli ferrotranviari - Linee guida per la protezione al fuoco dei veicoli ferrotranviari ed a via guidata - Valutazione del comportamento al fuoco dei materiali – Limiti di accettabilità.

La sezione dei cavi di alimentazione (1 mm²) è stata definita tenendo conto delle modalità di posa e delle caratteristiche del cavo. In ogni caso, si riporta la seguente tabella con la verifica dei dimensionamenti:

Apparecchiatura	Potenza [W]	Tensione di alimentazione [V]	Corrente [A]	Portata del cavo utilizzato [A]	Esito verifica
Citofono lato passeggero	10	12	0.80	4	OK
Citofono lato macchinista	10	12	0.80	4	OK
Pulsanti luminosi (3)	3	12	0,25	4	OK
Spie luminose cabina	3	12	0,25	4	OK
Relè	0,75	12	0,06	4	OK
Convertitore DC/DC	50	72	0,70	4	OK

13 PROVE IMPIANTO ELETTRICO

13.1 Prova isolamento cavi secondo norma CEI EN 50215

- scollegare i cavi dal convertitore dc/dc isolandolo dal circuito e unirli insieme;
- scollegare i cavi dalla coppia di citofoni tenendoli fuori dal circuito e unirli insieme;
- togliere i relè dagli zoccoli;
- collegare insieme tutti i cavi adducenti allo scatolato citofono-segnalazioni in cabina di guida;
- collegare insieme tutti i cavi adducenti allo scatolato citofono- pulsanti della postazione HK;
- cortocircuitare i cavi sulla morsettiera diodi nel quadro stotz;
- con megger elettronico impostato alla tensione di prova di 500 Vcc, misurare il valore della resistenza di isolamento dei cavi del circuito verso la massa del veicolo. Esso non deve essere inferiore a 5 MΩ.
- tenere sciolti tutti i cavi e sempre con megger, ripetere la prova di isolamento tra cavo e cavo e per tutti i cavi. Il valore registrato non deve essere inferiore a 5 MΩ.

Ripristinare tutti i collegamenti a schema del circuito e verificarne la funzionalità nel modo seguente.

13.2 Prova funzionale

- tenere l'interruttore a levetta sigla schema IA nella posizione di aperto;
- misurare con multimetro digitale la tensione di batterie del veicolo in ingresso allo stotz magnetotermico sigla schema stotz HK;
- chiudere lo stotz e verificare la stessa tensione in ingresso al convertitore dc/dc;
- con dc/dc alimentato verificare alla sua uscita il valore di tensione di 12÷15 Vcc;
- chiudere l'interruttore IA;
- Pigiando il pulsante a sigla schema PRPL, verificare l'accensione di tutte le lampade di segnalazione dello scatolato in cabina e quelle incorporate dei pulsanti nello scatolato della postazione HK per il tempo di chiusura del contatto;
- Pigiare il pulsante verde a sigla schema PV dello scatolato HK e verificare l'accensione permanente della sua lampada interna verde e quella dello scatolato in cabina di guida;
- Pigiare il pulsante reset a sigla schema PRPL e verificare lo spegnimento della lampada verde sia del pulsante in postazione HK, sia quella in cabina di guida;
- Ripetere la medesima procedura sia con la segnalazione gialla, sia con la segnalazione rossa;

- Pigiare il pulsante di chiamata del citofono dello scatolato in cabina e verificare che la comunicazione arrivi al citofono vivavoce della postazione HK, chiara e senza disturbi;
- Ripetere la stessa operazione dalla postazione HK, invertendo il senso della comunicazione, e verificare che non ci siano disturbi sulla linea.

14. USO E MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO

14.1 Parte meccanica

Per quanto concerne le parti meccaniche e le cinture di sicurezza, non sono previsti interventi di manutenzione, ma sostituzione delle parti in caso di danneggiamento.

14.2 Parte elettrica

Per le parti elettriche è previsto un controllo ogni 6 mesi della tensione di uscita del convertitore e una verifica del serraggio dei morsetti di collegamento delle varie utenze.

14.3 Distinta materiali

ANM - METRONAPOLI - POSTAZIONE HK UdT LINEA 1			
ELENCO COMPONENTI PER <u>UNA</u> POSTAZIONE			
Descrizione	Codice	CARATTERISTICHE	Quantità
CITOFONI VIVAVOCE	KITPT1054	ALIMENTATI 12 Vcc	COPPIA
CONVERTITORE DC/DC	CP-027-15	72/12 Vcc - 50 W Conn.H15	1
RELE'	40.25.9.012.000	12 Vcc	3
ZOCCOLO + MOLLA PER RELE	95.05.SP.A	SU GUIDA DIN	3
PULSANTI LUMINOSI	ZB4BVG1	12 Vcc	3
TESTA LAMPADA	ZB4BV013	LED	3
PULSANTE DOPPIO		1 NC-1 NO	1
LAMPADA SEGNALAZIONE		12 Vcc	3
MORSETTIERA		10 POS. ISOLATA CON SEP.	1
INTERRUTTORE LEVETTA SPST			1
INTERRUTTORE MAGNETOTERMICO		S280 - 4A - Cl. C	1
DIOLO DI BLOCCO	1N5408		3
GUIDA DIN			MT. 0,50
CAVO SCREMATO		7x0,5mm² CEI EN 11170-3	MT. 30
CAVO UNIFILARE		1 X 1 mm² CEI EN 11170-3	MT. 100
CAVO MULTIPOLARE		8x1 mm² CEI EN 11170-3	MT. 30
CAPICORDA		ø 4 PER CAVO 1 mm²	100
SCATOLA METALLICA	GW 44406	180x150x100	2
TUBO COPRIMANO ø 30	800.035		MT. 4
TUBO COPRIMANO ø 35	80.004		MT. 30
RACCORDO COPRIMANO ø 30	80.0047G		3
SUPPORTO A CROCE ø 35	800.092		2
SUPPORTO A CROCE ø 30	80.0092/30		2
BASE TONDA X COPRIMANO ø 30	80.0117/1		2
KIT CINTURE SICUREZZA	180.750		1

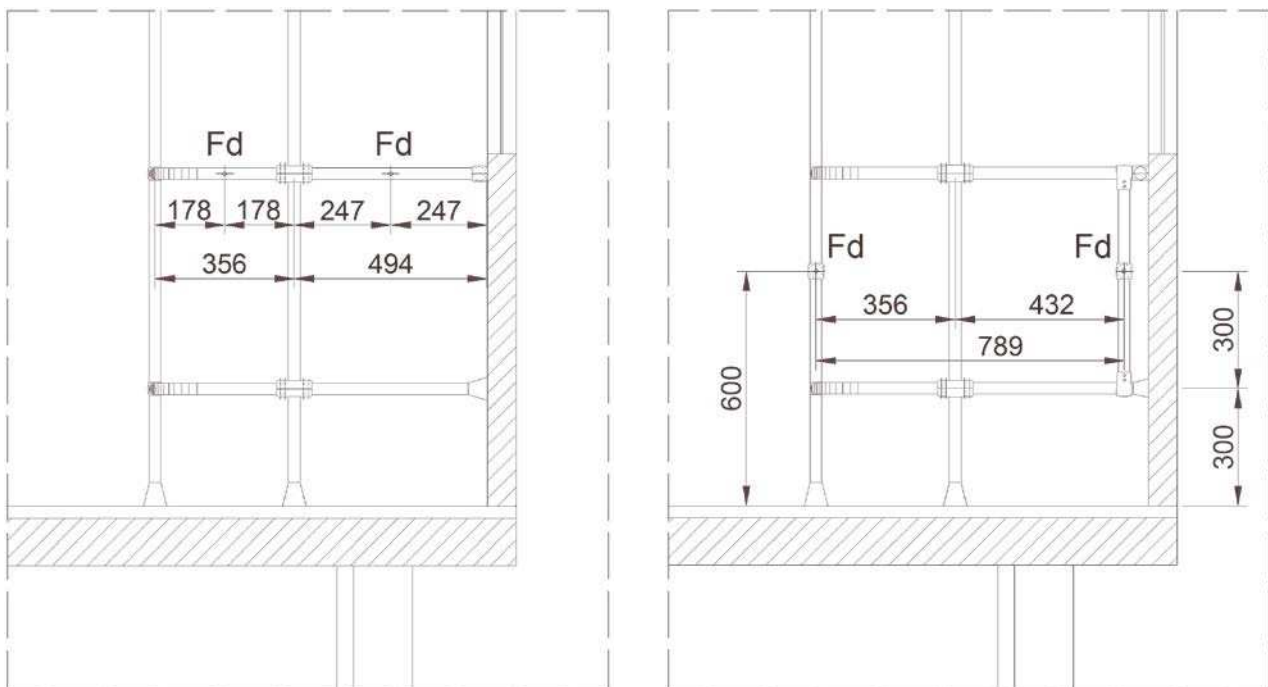
15. ULTERIORE VERIFICA SISTEMA DI SICUREZZA

Si riportano, di seguito, le verifiche relative al riposizionamento delle cinture di sicurezza, in considerazione di nuove esigenze di carattere tecnico/funzionale emerse in fase di realizzazione.

Nello specifico, la modifica prevede l'abbassamento dei punti di aggancio delle cintura di sicurezza ed all'uopo l'inserimento di un nuovo montante verticale $\Phi 30$; il sistema previsto così come i nuovi punti di attacco delle cinture sono illustrati nelle immagini di seguito riportate.

15.1 Organizzazione Strutturale

Per una migliore comprensione della modifica apportata al sistema precedente, sono riportati gli schemi di dettaglio - precedente e nuova soluzione adottata.

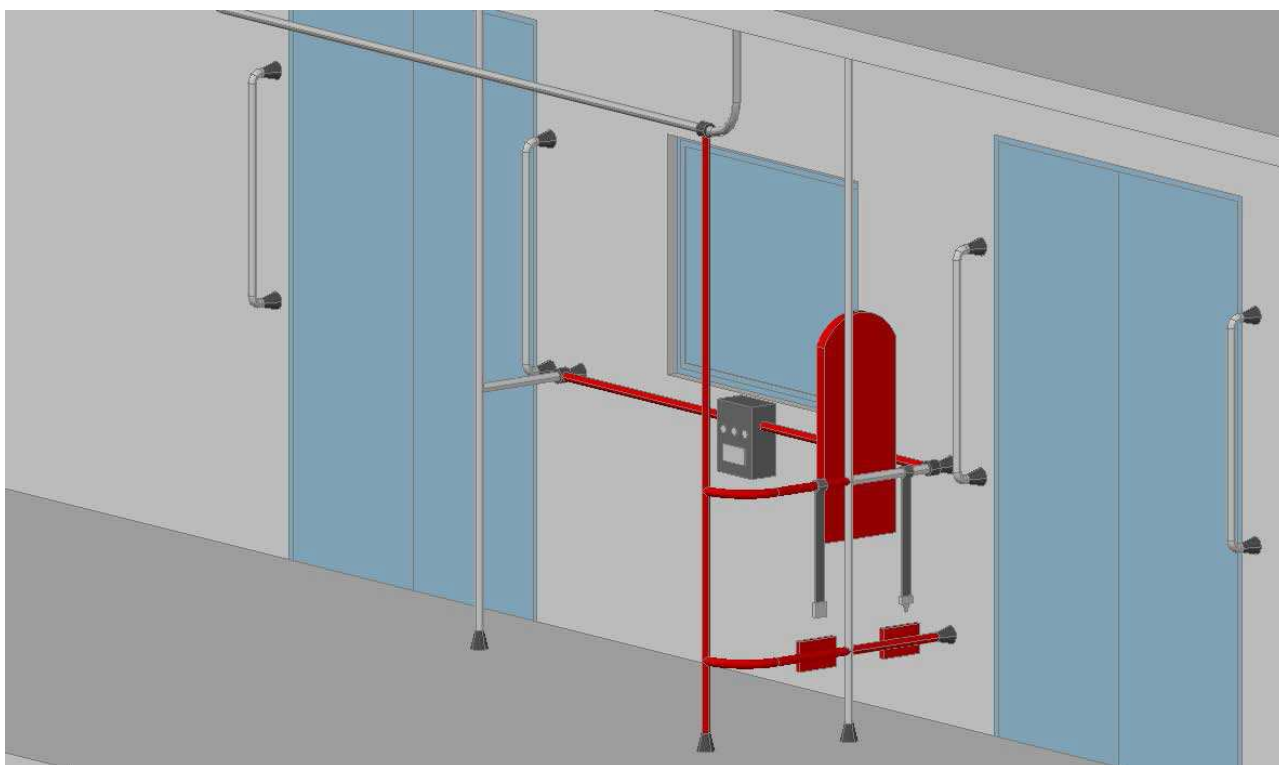


PRECEDENTE

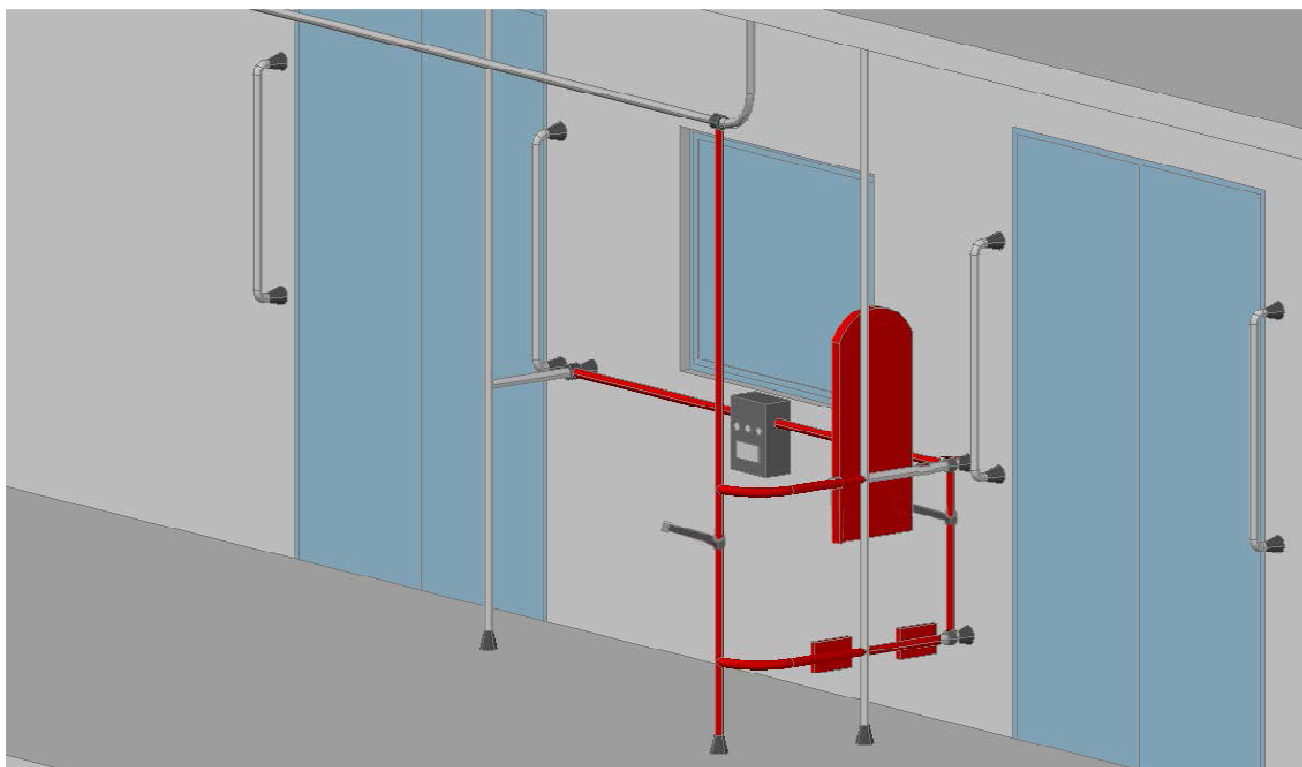
NUOVA SOLUZIONE

La tipologia di collegamento tra i diversi elementi, e tra questi e le strutture ferroviarie restano del tutto immutate rispetto alla soluzione precedente; è evidente, inoltre, che l'inserimento del nuovo elemento verticale e lo spostamento dei punti di carico (attacchi cinture) migliora nettamente il rapporto di distribuzione dei carichi sulle aste da cui discende una riduzione delle azioni sui collegamenti.

Di seguito sono riportati i 3D con posizionamento nuovo montante e cinture di sicurezza, per una più rapida comprensione dei sistemi strutturali - precedente e nuova soluzione adottata.



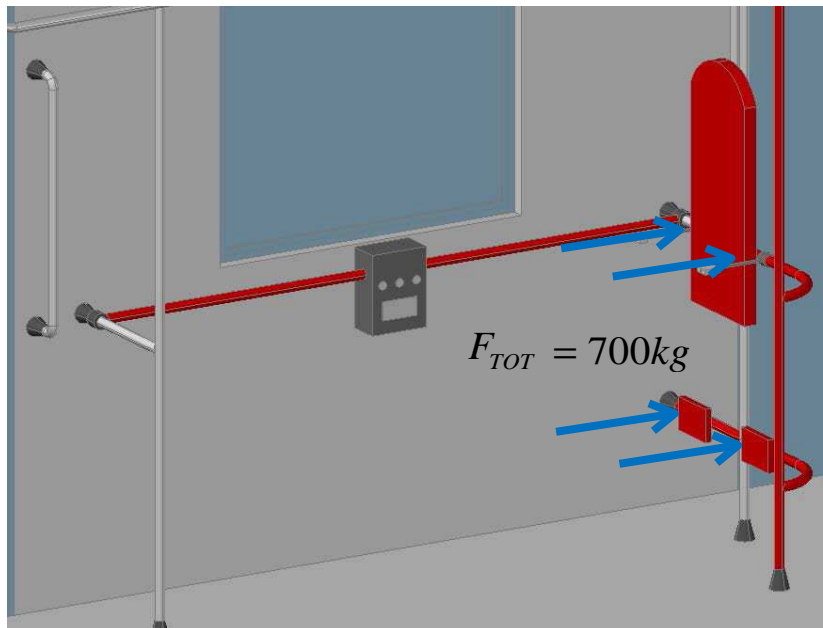
3D – PRECEDENTE



3D – NUOVA SOLUZIONE

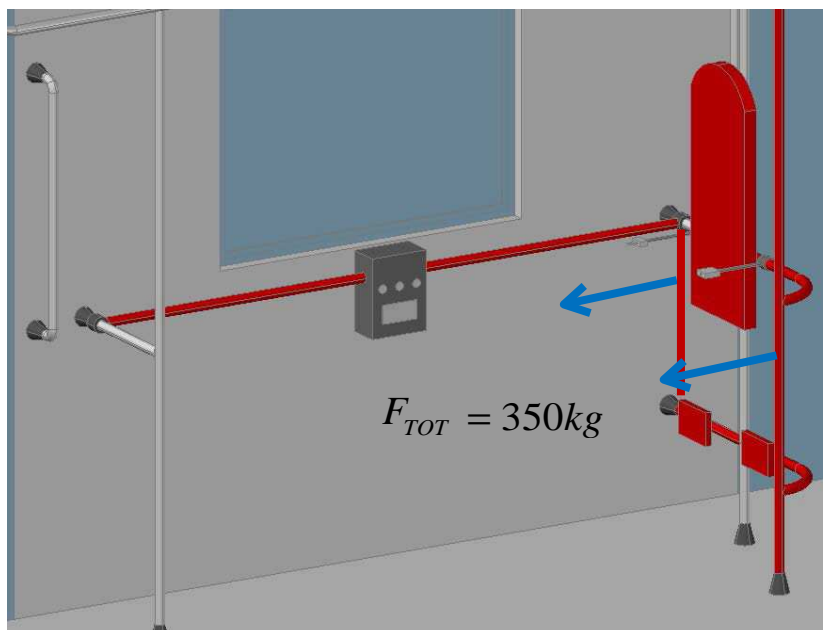
Si verifica infine che, dati gli schemi di calcolo adottati, è evidente come la condizione più gravosa per le verifiche dei collegamenti ad esclusione dei soli attacchi delle cinture di sicurezza, risulti essere quella che avviene in caso di urto e per la quale nella relazione generale di calcolo sono riportate le necessarie analisi (con ampi margini di verifica).

Per cui, per completezza di trattazione, nel seguito vengono riportate le verifiche sugli elementi di attacco (nuovo montante) e sulle giunzioni delle cinture di sicurezza.



Azioni da urto

Verifica più gravosa per collegamenti alla struttura ferroviaria



Azioni da contraccolpo

Verifica più gravose struttura e collegamenti cintura sicurezza

La tipologia di collegamento delle cinture ai mancorrenti resta invariato ed avverrà tramite giunti ad accoppiamento come previsto in progetto.

15.2 Verifica Aggancio Cintura Di Sicurezza

Come già precedentemente ipotizzato, considerando un'azione massima di progetto trasmessa dalla carrozzina + passeggero pari a 700 daN, in caso di contraccolpo, si considera un'azione pari a:

$$F_d = \frac{700}{2} = 350 \text{ daN}$$

Per le verifiche di sicurezza, viene considerata una sollecitazione F_d : 350 daN = 3,5 kN per ognuna delle seguenti verifiche:

- rifollamento piastra aggancio;
- taglio bullone;
- trazione bullone.

In riferimento all' Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-8) e considerando un acciaio: S 235 (UNI EN 10025-2) si ricava:



Verifiche SLU

Azione assiale $F_{d,SLU} = 3.50 \text{ kN}$

Momento sul perno $M_{d,SLU} = 0.02 \text{ kNm}$

8. Rifollamento piatto centrale

$b = 3.00 \text{ mm}$

- $F_{b,Rd} = 12.09 \text{ kN}$
- $(S/R)_{rif} = 0.29$

9. Rifollamento piatti laterali

$a = 3.00 \text{ mm}$

- $F_{b,Rd} = 12.09 \text{ kN}$
- $(S/R)_{rif} = 0.14$

10. Verifiche resistenza perno

$\Phi = 12.00 \text{ mm}$

- 10.1. $M_{Rd} = 0.06 \text{ kNm}$
- $(S/R)_M = 0.38$
- $F_{v,Rd} = 39.09 \text{ kN}$
- $(S/R)_V = 0.09$
- $(S/R)_{M,V} = 0.15$

Verifiche SLE

Azione assiale $F_{d,SLE} = 3.50 \text{ kN}$

Momento sul perno $M_{d,SLE} = 0.02 \text{ kNm}$

11. Rifollamento piatto centrale

$b = 3.00 \text{ mm}$

- 11.1. $F_{b,Rd} = 5.08 \text{ kN}$
- $(S/R)_{rif} = 0.69$

12. Rifollamento piatti laterali

$a = 3.00 \text{ mm}$

- 12.1. $F_{b,Rd} = 5.08 \text{ kN}$
- $(S/R)_{rif} = 0.34$

13. Verifiche resistenza perno

$\Phi = 12.00 \text{ mm}$

- 13.1. $M_{Rd} = 0.03 \text{ kNm}$
- $(S/R)_M = 0.67$

VERIFICHE SODDISFATTE

TUTTE LE VERIFICHE DI RESISTENZA RISULTANO SODDISFATTE

16. **CONSIDERAZIONI E VERIFICHE MECCANICHE DEI COLLEGAMENTI ALLE CINTURE DI SICUREZZA**

Le cinture utilizzate sono quelle a 2 punti di ancoraggio di tipo automobilistico con marchio di omologazione secondo le normative stabilite dal Ministero dei Trasporti

Gli organi di collegamento alla struttura sono elencati nella relazione tecnica di progetto con evidenza delle caratteristiche geometriche e meccaniche.

Le strutture in tubolare di acciaio vanno considerate come gli elementi soggetti a sforzo in caso di massima accelerazione e pertanto soggette alle verifiche meccaniche come riportate nella relazione tecnica.

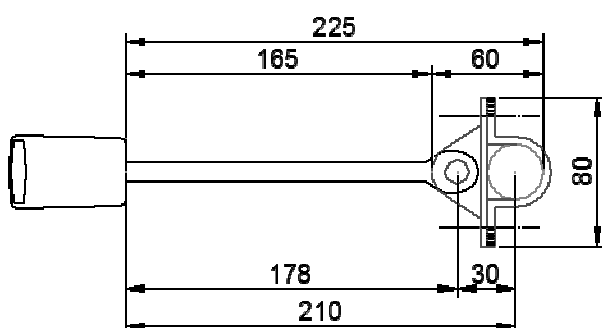
La forza agente su di esse a causa di contraccolpo successivo a frenatura di emergenza e/o urto viene di seguito considerata uguale ed opposta ad essa (condizione peggiorativa ai fini del calcolo).

16.1 Verifica sistema di sicurezza – contraccolpo in frenatura

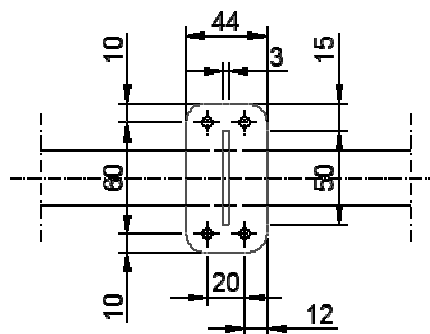
Sono previste cinture omologate fissate a mancorrenti preesistenti ovvero in aggiunta fissati alla vettura ferroviaria. Le localizzazioni geometriche previste per i punti di ancoraggio sono illustrate nei grafici di progetto.

Il collegamento delle cinture ai mancorrenti avverrà tramite giunti ad accoppiamento specificamente progettati, così costituiti [v. tav. grafica 07]:

- a) flangia ricurva munita di piastra forata per aggancio asta semirigida (elemento di innesto – cintura / arrotolatore automatico);
- b) piastra di contrasto forata posteriore;
- c) bulloni M8 cl. 8.8.



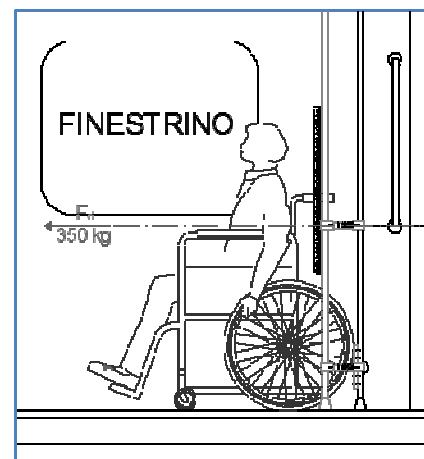
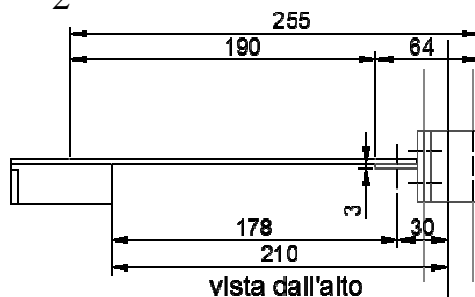
vista laterale



vista frontale

Considerando un'azione massima di progetto trasmessa dalla carrozzina + passeggero pari a 700 daN, in caso di contraccolpo, si considera un'azione pari a:

$$F_d = \frac{700}{2} = 350 \text{ daN}$$



Per le verifiche di sicurezza, viene considerata una sollecitazione $F_d : 350 \text{ daN} = 3,5 \text{ kN}$ per ognuna delle seguenti verifiche:

- rifollamento piastra aggancio sistema di sicurezza;
- taglio bullone;
- trazione bullone (n.b. i bulloni di serraggio sono 4 ma a vantaggio di sicurezza si considera la presenza di un solo bullone).

In riferimento all'Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-8) si ricava:

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

☒ Sezione filettata
☐ Sezione lorde

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) $F_{v,Rd}$ kN

Resistenza a trazione $F_{t,Rd}$ kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

$F_{v,Sd}$ $F_{t,Sd}$ kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.202 + 0.096 = 0.299$ OK

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

Osservazioni

VERIFICA SODDISFATTA

Tutte le verifiche di resistenza risultano soddisfatte.

Per la risoluzione degli schemi strutturali si è scelto di adoperare il pacchetto software rilasciato dall'ingegnere Pietro Gelfi professore di "Teoria e progetto delle costruzioni in acciaio" presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Brescia e, considerato lo specifico modello da analizzare, il codice di calcolo ritenuto idoneo e pertanto utilizzato al fine della risoluzione del problema è EXCEL.

Tutte le elaborazioni sono state effettuate impostando manualmente su foglio di calcolo Excel elementari equazioni matematicamente disponibili in forma chiusa, senza necessità di ricorrere a particolari procedure di calcolo iterativo.

Il foglio di calcolo non ha mostrato durante l'utilizzo errori di tipo numerico legati all'algoritmo risolutivo e/o alle caratteristiche dell'elaboratore.

Tutto ciò posto si ritiene inutile il controllo dei risultati ottenuti mediante calcoli manuali di validazione.

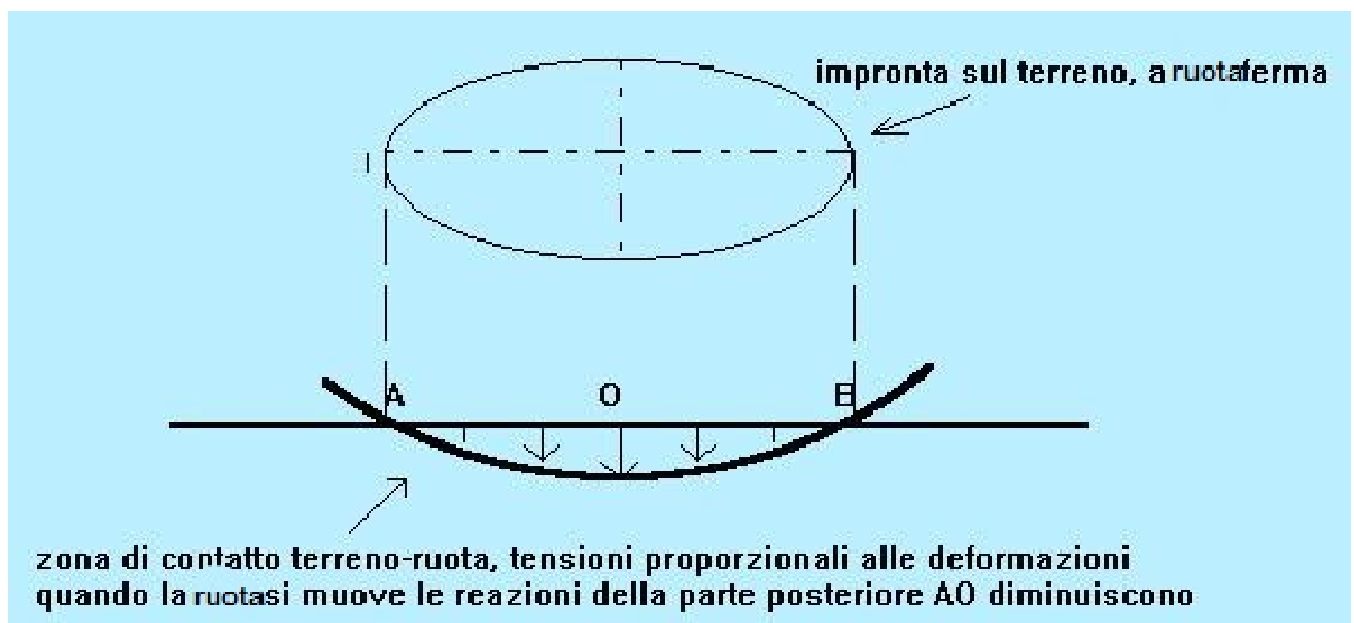
A circular blue ink stamp is overlaid with a handwritten signature in blue ink. The stamp contains the text: "DOTT. ING. PIETRO GELFI", "SEZIONE A", and "ING. CIVILE E ASSICURAZIONI". The signature is a stylized cursive script that appears to read "P. Gelfi".

16.2 Idoneità della pavimentazione-pianale vettura a sopportare il carico concentrato carrozzina-passeggero seduto

Il pavimento in gomme navale montato sulle UdT nella zona antistante la cabina di guida sopporta attualmente il carico concentrato delle carrozzine per diversamente abili che hanno accesso ai convogli della Metropolitana.

La parte sottostante i sedili che verranno eliminati per realizzare la nuova postazione è rivestita con un pavimento avente le stesse caratteristiche di durezza.

Si riportano tuttavia alcune note sulle sollecitazioni esercitate dalle ruote delle carrozzine sul pavimento.





L'impronta a terra di una gomma da bicicletta si può ritenere uguale al peso su di essa diviso la pressione:

(es: peso su una ruota = 30 kg. ; pressione di gonfiaggio = 3 kg./cm.² ; area impronta = 10 cm.²)

Nel caso delle carrozzine le ruote vengono gonfiate ad alta pressione (5 – 6 bar) per diminuire la resistenza all'avanzamento.

Considerando un peso totale di 160 chilogrammi (passeggero + carrozzina a elettrica) ripartito sulle 4 ruote, si avrà un peso per ruota di circa 40 chilogrammi (**condizione di massimo carico previsto**)

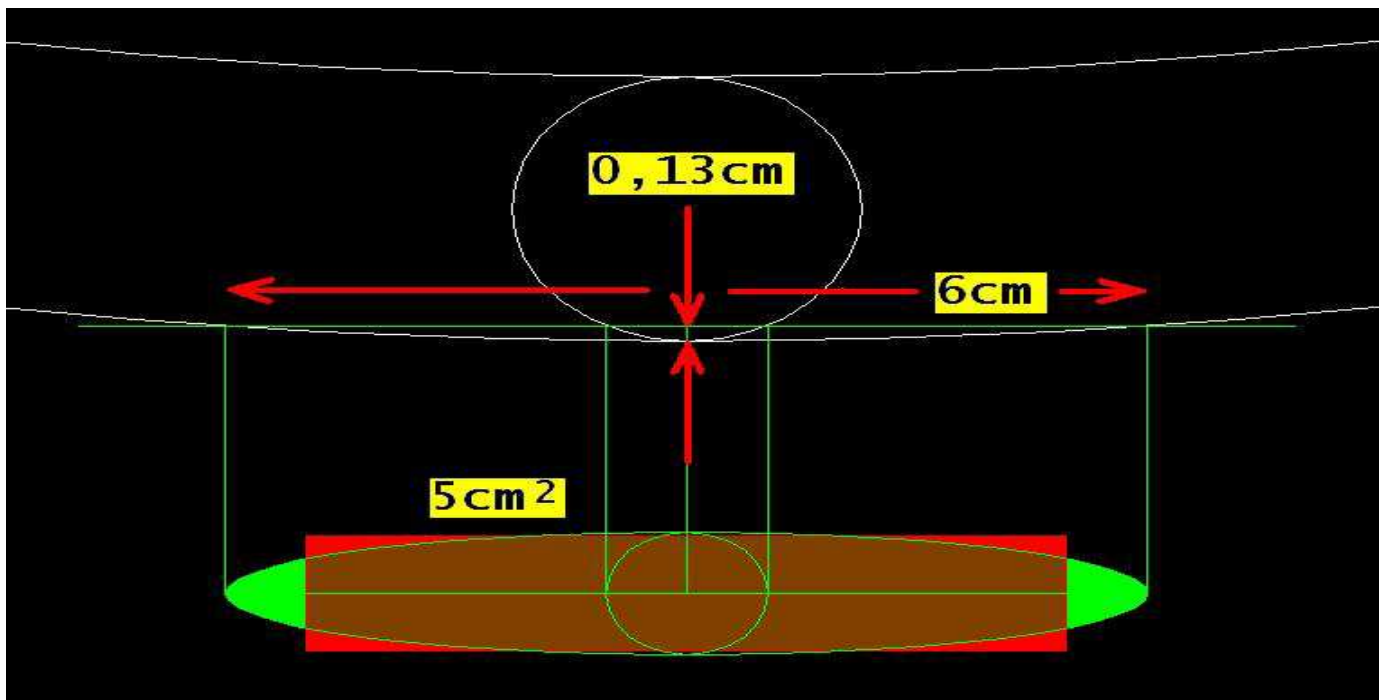
Peso su una ruota = 40 kg (**condizione peggiorativa : max. peso**)

Pressione di gonfiaggio = 6 kg/cm² (**condizione peggiorativa : max. pressione**)

Area impronta = 6,6 cm² (**condizione peggiorativa in quanto relativa a ruota sottile**)

Sollecitazione sul pavimento = $40 \text{ kg} / 6,6 \text{ cm}^2 = 6 \text{ kg/cm}^2$

Lo schema seguente conferma il valore dell'impronta nel caso di un peso per ruota di 30 kg.



La pavimentazione in gomma navale presente sulle vetture in esame ha caratteristiche simili alle pavimentazioni industriali, nel rispetto delle norme richiamate nelle specifiche e riportate nei cataloghi, ed è resistente, tra l'altro, al cosiddetto “effetto sedia a rotelle” (rif. EN 425).

Le tabelle relative riportano infatti una durezza Shore superiore ad 80 (rif. ISO 7619) ed un'impronta residua minore di 0,15 (rif. EN 433).

Considerando che la prova di durezza per questo tipo di materiale viene effettuata con un peso di 5 kg. ed un penetratore con raggio di punta di 0,1 mm. , si può con buona approssimazione assumere un carico concentrato massimo sopportabile di circa 35 kg./cm².

Tale valore risulta quindi essere 5 volte superiore a quelle esercitato dalle ruote della carrozzina nelle condizioni esposte.

16.3 Sussistenza degli spazi di manovra carrozzina come normalmente previsti

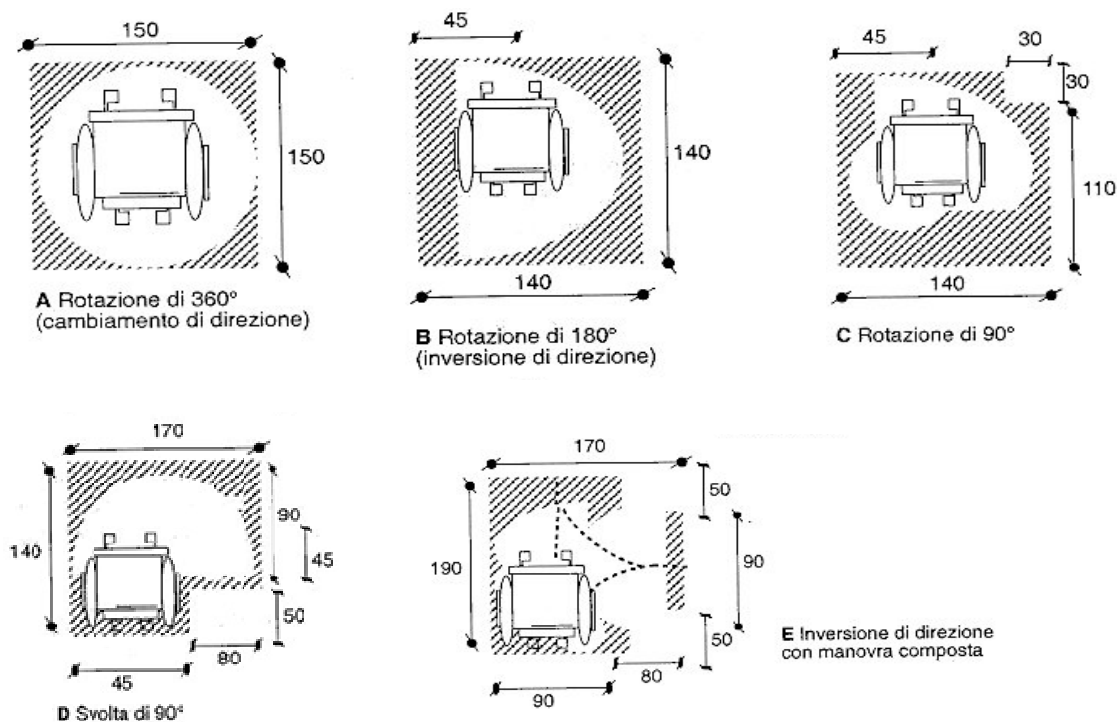
L'accessibilità e gli spazi di manovra sono stati verificati secondo la norma ISO 7193 e gli schemi allegati, derivati sostanzialmente dal DM n° 236 del 14 Giugno 1989, espongono le dimensioni dell'area necessaria per la corretta manovrabilità della carrozzina sulla postazione.

Sulla base di tali elementi è stata pertanto presa la decisione progettuale di eliminare tutti e 4 i sedili presenti attualmente nella zona destinata ad accogliere la postazione e sviluppare i grafici e le verifiche strutturali secondo il layout riportato nelle tavole.

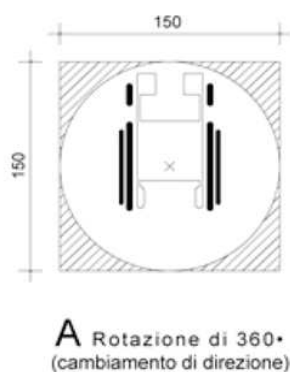
Si riportano i casi, tutti soddisfacenti i criteri progettuali di manovrabilità assunti.

Spazi di manovra con sedia a ruote.

Gli spazi di manovra, atti a consentire determinati spostamenti alla persona su sedia a ruote, sono i seguenti:



Il DM236 prevede (punto 8.0.2) che lo spazio per la rotazione a 360° della carrozzina sia 150x150



CONCLUSIONI

Dalle risultanze di calcolo si evince che tutte le verifiche di resistenza meccanica effettuate nel rispetto della normativa vigente risultano soddisfatte.

Le strutture in oggetto e quelle esistenti interessate dall'opera risultano, pertanto, idonee e rispondono pienamente alle caratteristiche per cui sono state progettate.

Le verifiche effettuate sul dimensionamento della parte di impianto elettrico di bordo di nuova realizzazione hanno avuto esito positivo, pertanto i materiali indicati risultano idonei ad un tal tipo di applicazione.



A circular official stamp in blue ink is visible, containing the text: "DOTT. ING. PIRELLA LUCIO", "SEZIONE A", and "UFFICIO TECNICO". Overlaid on this stamp is a handwritten signature in blue ink, which appears to read "Pirella".