



**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI VICENZA**

e



in collaborazione con:



**DIREZIONE INTERREGIONALE
DEI VIGILI DEL FUOCO
DEL VENETO E DEL
TRENTINO ALTO ADIGE**



IL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI DM 03/08/2015:

Vantaggi e opportunità per le attività produttive

**Vantaggi e soluzione delle criticità offerti dall'applicazione
del Codice a situazioni specifiche:
progettazione di un magazzino automatico.**

**Palazzo Bonin Longare – Confindustria Vicenza
Vicenza, 31/03/2017
dott. ing. Marco Di Felice**

PROGETTO DI PREVENZIONE INCENDI DI UN MAGAZZINO AUTOMATICO

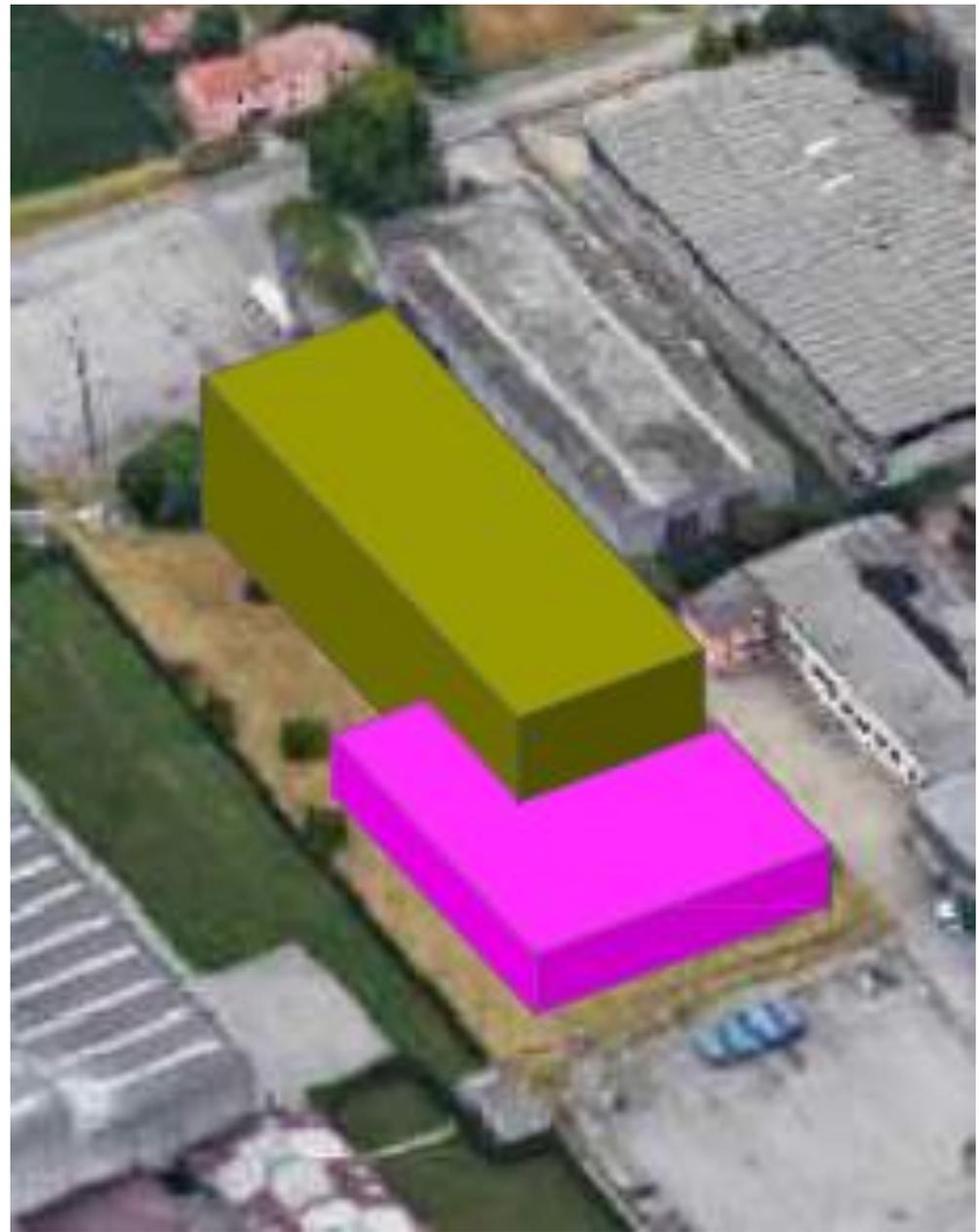
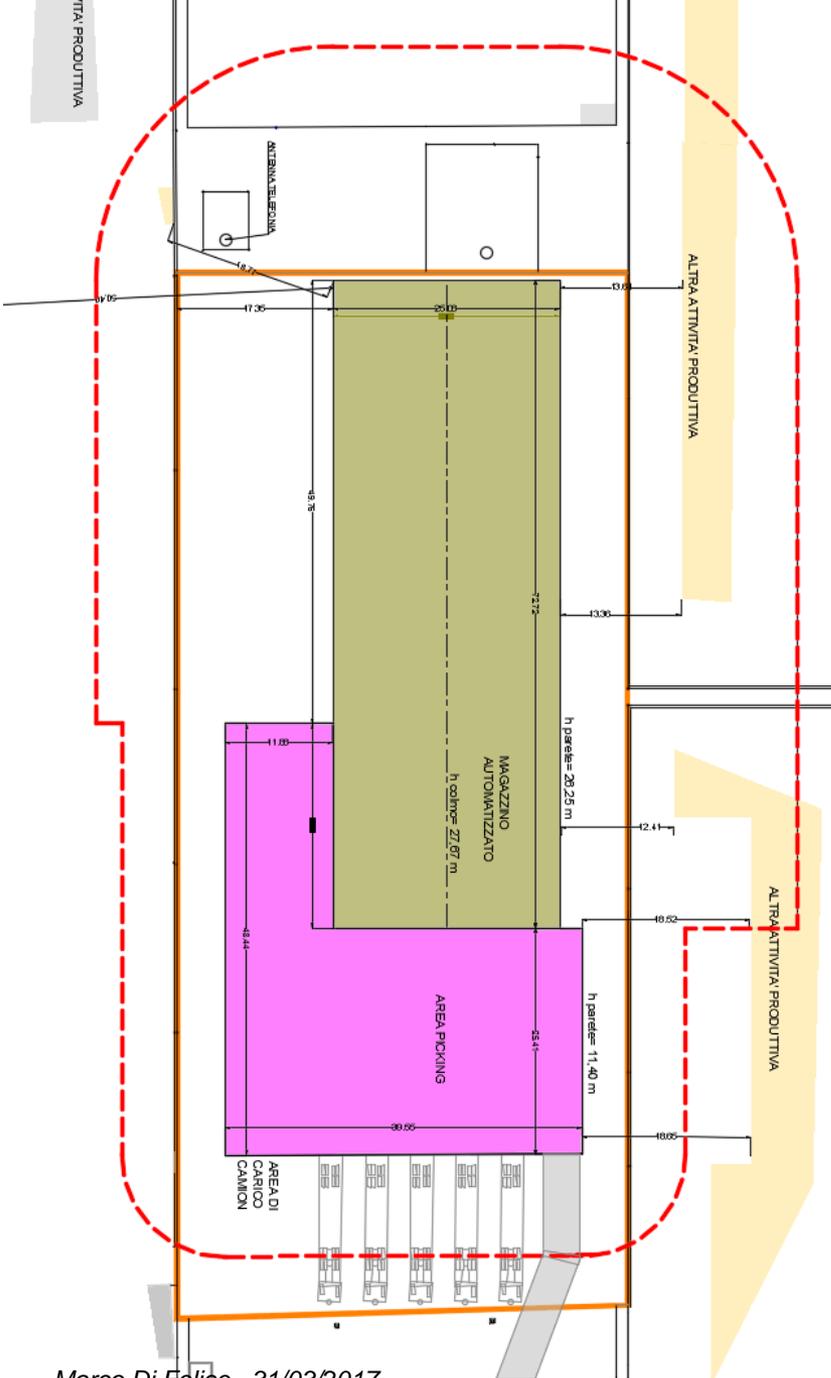


*Struttura metallica in
acciaio autoportante,
priva di resistenza al
fuoco intrinseca*









Caratteristiche del magazzino automatico

Dimensioni magazzino: 73 x 25 m H=27 m

Movimentazione: n. 5 traslo elevatori automatici

Struttura: acciaio autoportante non protetto (R 15)

Tamponatura esterna: pannelli sandwich

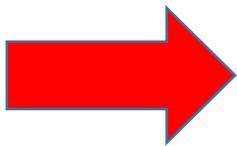
Occupanti: assenti all'interno del magazzino

presenti nell'edificio di servizio adiacente

Criticità per la prevenzione incendi

Bassa resistenza al fuoco: struttura metallica non protetta (R 15)

Altissimo carico incendio specifico: 26'000 MJ/m² (=1'500 kg_{legna}/m²)



carico d'incendio incompatibile con la resistenza al fuoco della struttura portante del magazzino

Sistemi di protezione automatica antincendio

SCELTE DISPONIBILI:

Sprinkler: solo controllo, no estinzione, costi elevati

Water mist: non applicabile per altezza magazzino

Schiuma: ok estinzione, costi altissimi per quantità schiumogeno

Gas inerte: ok estinzione ed efficacia, costi improponibili

Polveri: basso costo, ma elevato sporcamento dei prodotti

Aerosol: ok estinzione, costi improponibili

Riduzione ossigeno: ottima efficacia, costi impegnativi ma sostenibili

Assenza di protezione automatica: opzione possibile

Altre misure antincendio

- **Impianto di rivelazione ed allarme incendio (IRAI): necessario per attivazione del sistema di estinzione automatica**
- **Sistema di evacuazione fumo e calore (SEFC): necessario o opzionale, in funzione dell'impianto di estinzione adottato**
- **Idranti DN 70 per protezione esterna**
- **Gestione della sicurezza antincendio e operatività VVF**

Progettazione con il Codice di prevenzione incendi

- **Profilo rischio:** $R_{vita} = A3$ $R_{beni} = 1$
- **Strategia S.2 - Resistenza al fuoco:** **livello di prestazione I**

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

Tabella S.2-1: Livelli di prestazione per la resistenza al fuoco

Progettazione con il Codice di prevenzione incendi

Soddisfatti i criteri di attribuzione del livello di prestazione I se:

- Viene interposta una distanza di separazione verso altre opere da costruzione almeno pari all'altezza dell'edificio
- Non è richiesta alle strutture alcuna prestazione minima di resistenza al fuoco

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	<p>Opere da Costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate <i>tutte</i> le seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti</u> e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione;• adibite ad attività afferenti ad un solo <i>responsabile dell'attività</i> e con i seguenti profili di rischio:<ul style="list-style-type: none">◦ R_{beni} pari a 1;◦ $R_{ambiente}$ non significativo;• <u>non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti</u>, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.

Progettazione con il Codice di prevenzione incendi

Quindi la strategia antincendio ammette la perdita del magazzino, in caso di incendio, a condizione che:

- 1. il collasso non coinvolga gli edifici confinanti per effetto del crollo e/o dell'irraggiamento**
- 2. sia garantita la salvaguardia dei lavoratori presenti nell'edificio di servizio.**

Ciò indipendentemente dalla presenza di impianti di estinzione automatica all'interno del magazzino.

NUOVO VOLUME
H: 27.00 m

12m da edifici
di altra prop.



Obiettivi della progettazione

Su richiesta della committenza, la progettazione di prevenzione incendi doveva quindi ottenere due obiettivi principali:

- 1. realizzare un magazzino il cui crollo, in caso di incendio, non coinvolgesse gli edifici confinanti**
- 2. evitare l'installazione dell'impianto sprinkler**

**Caratterizzazione dei materiali in deposito nel magazzino:
dimensioni, pesi, carico d'incendio, velocità di sviluppo
dell'incendio, curva di rilascio della potenza termica.**

N. 7000 posti pallet su n. 21 livelli



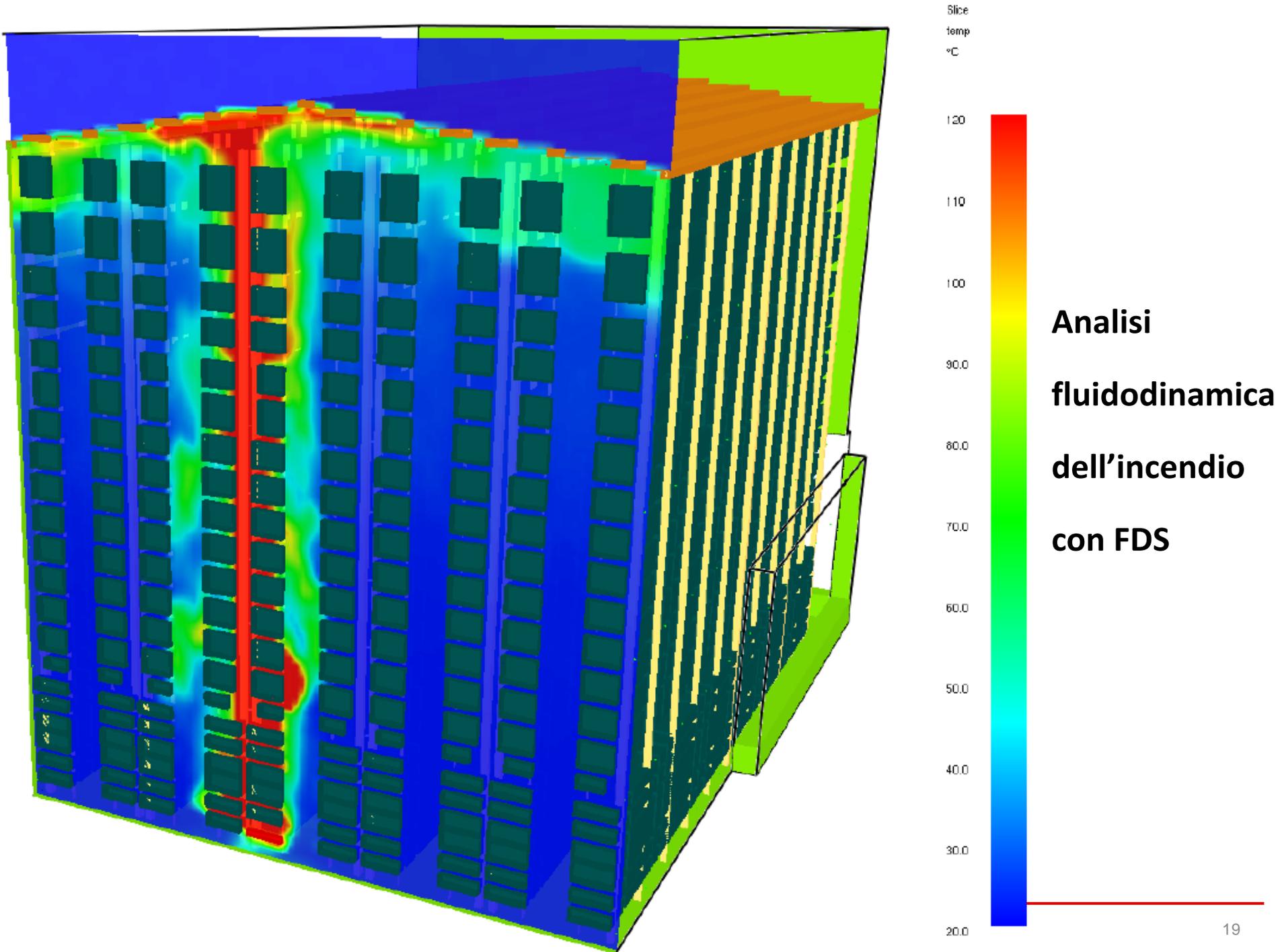
Impostazione progettuale

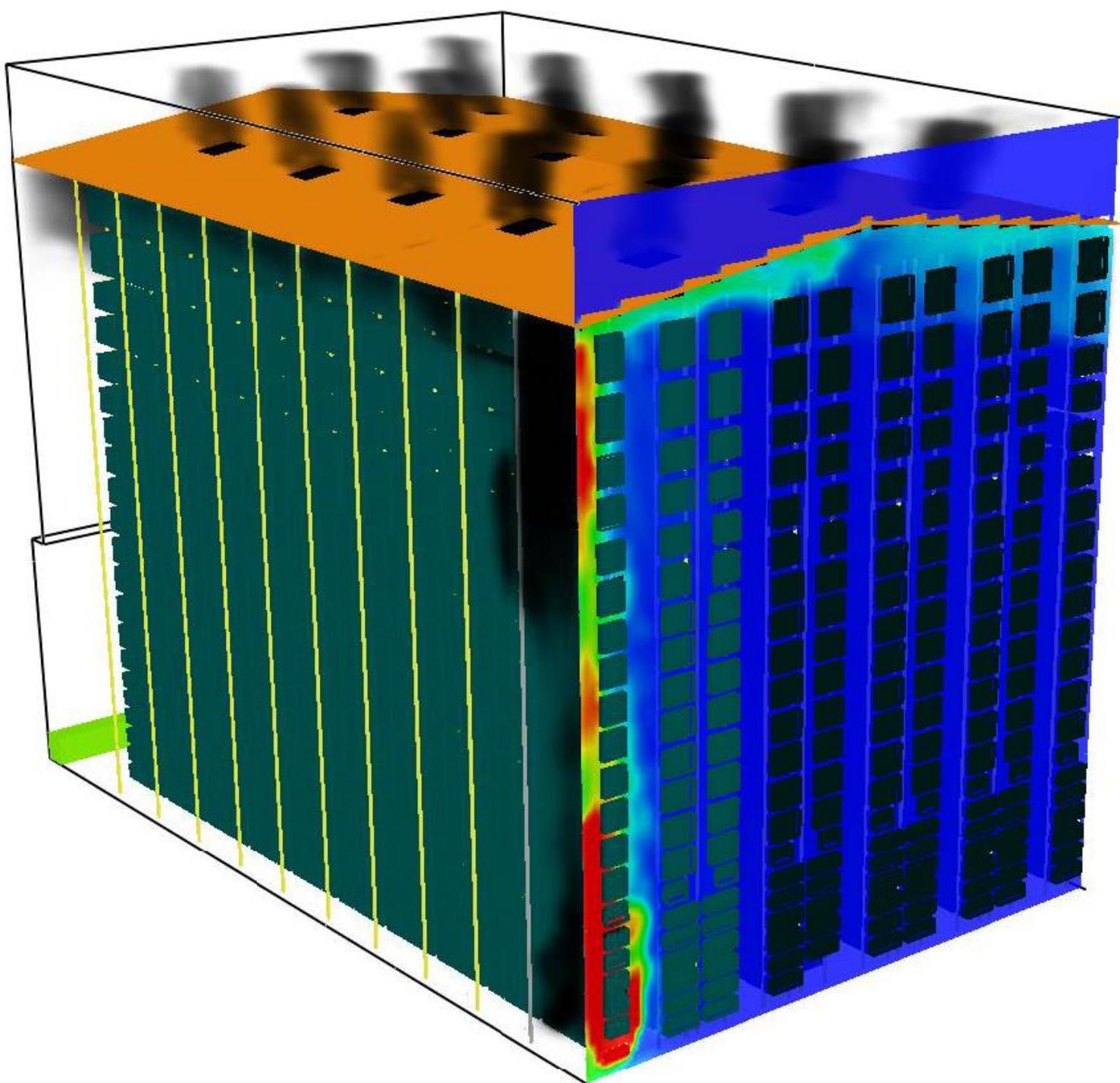
Soluzione alternativa al livello di prestazione I della resistenza al fuoco

Metodo: approccio ingegneristico (capitolo M.2 – Scenari di incendio per la progettazione prestazionale)

Strumenti: **analisi fluidodinamica (FDS) degli scenari di incendio significativi** e **analisi strutturale a caldo della dinamica di collasso della struttura metallica (ABAQUS, ADINA, ANSYS)**

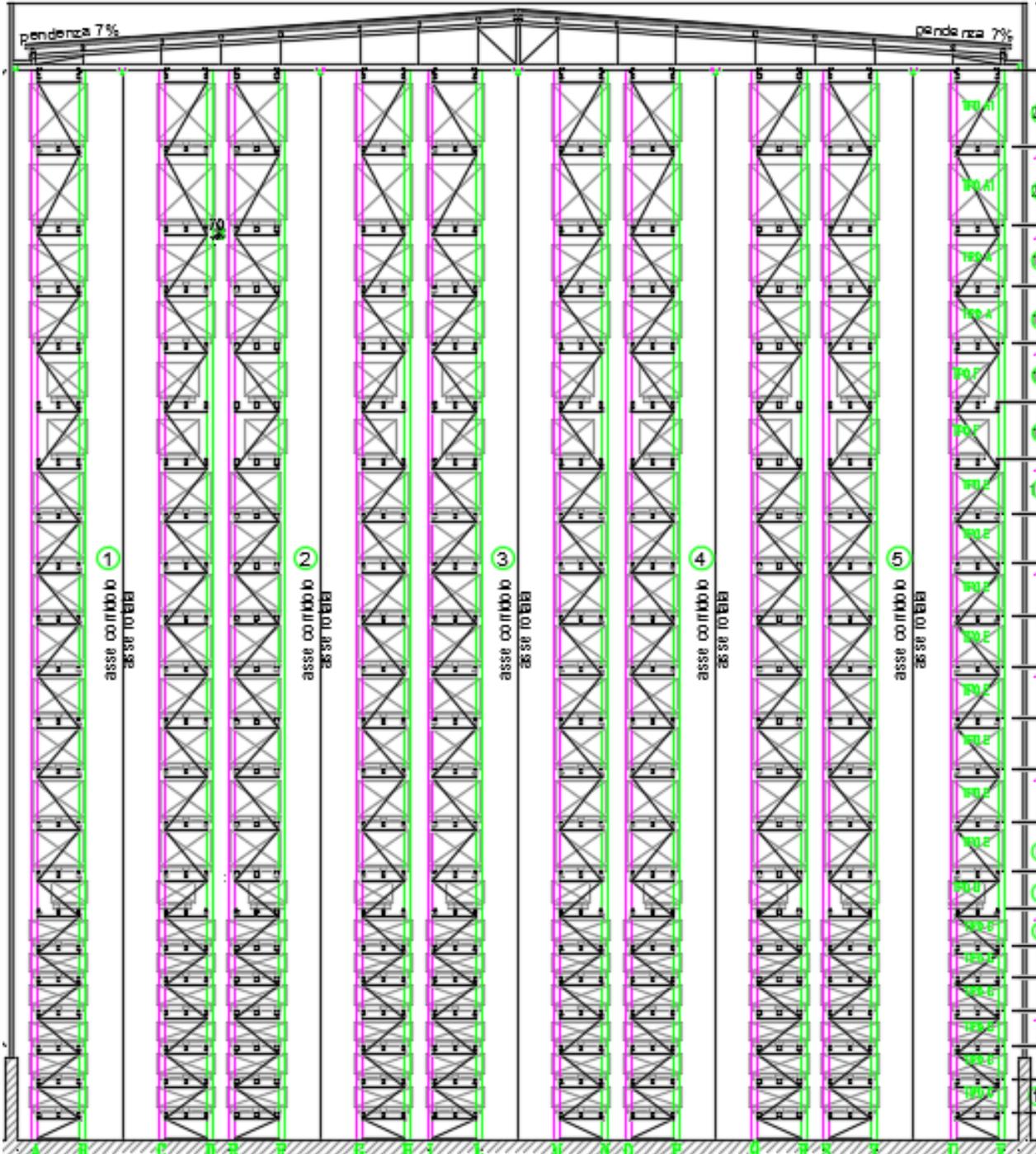
Soluzione: **modifica dello schema statico della struttura metallica per «forzare» il verso del collasso in caso di incendio**



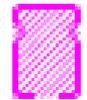


**Analisi
fluidodinamica
dell'incendio
con FDS**



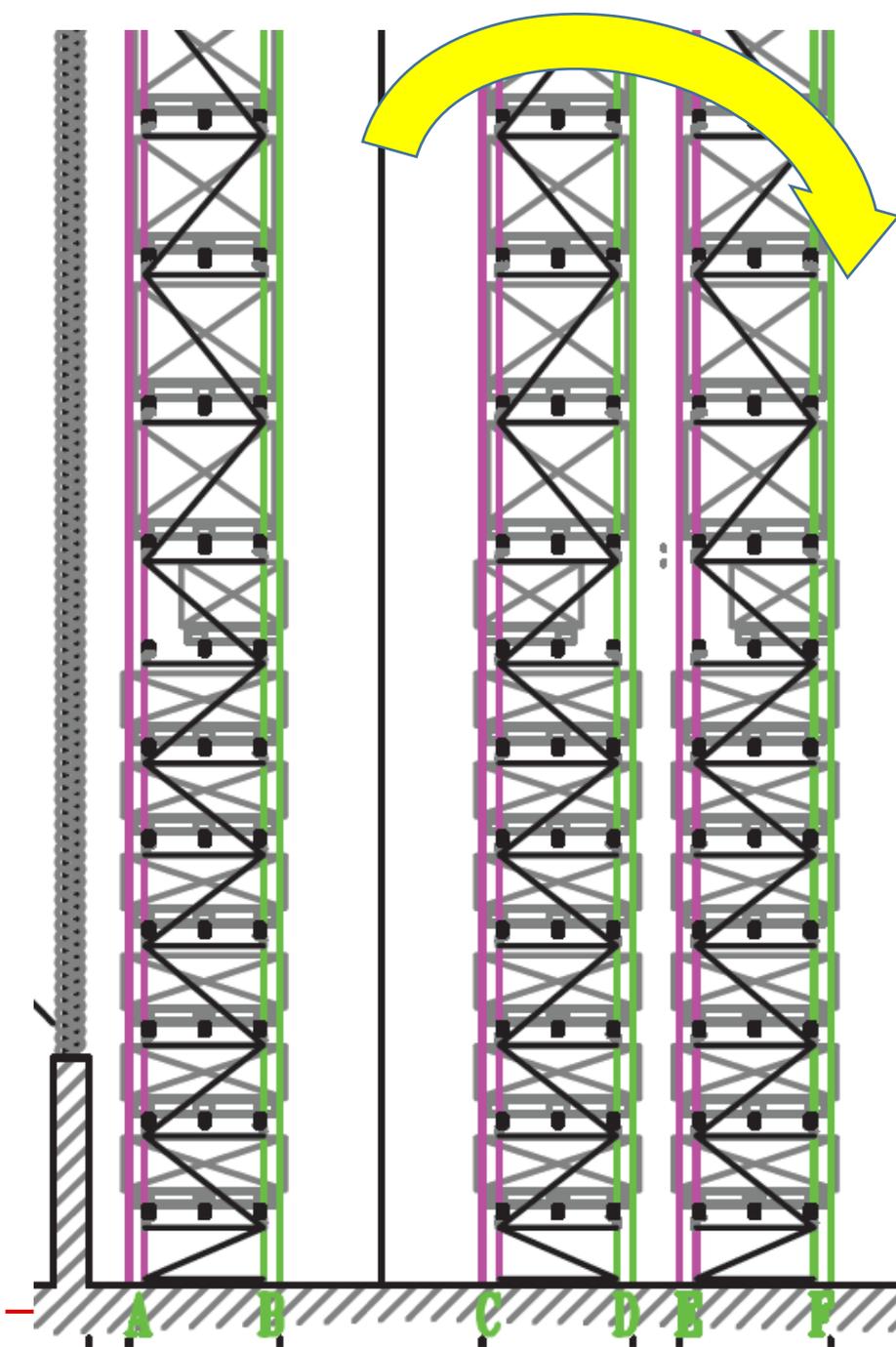


Montante tipo ordinario

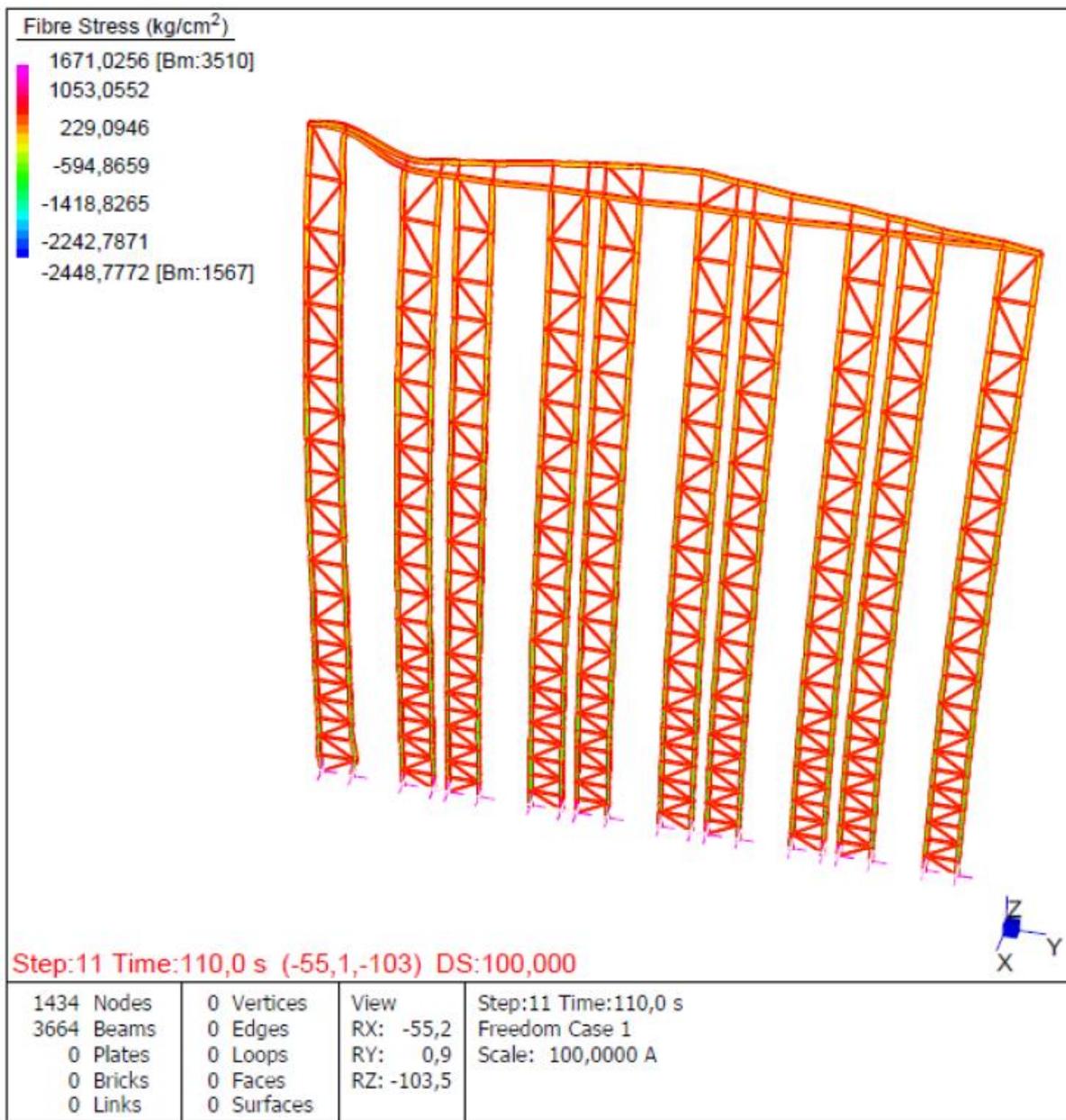


Montante tipo rinforzato (con resistenza maggiorata rispetto al profilo ordinario)

**Ispessimento
asimmetrico dei
montanti degli
scaffali per
differenziare le
temperature
critiche
dell'acciaio**



Con il supporto dell'analisi FSE e della modellazione strutturale a caldo si è verificato che è possibile «pilotare» il collasso della struttura sempre dallo stesso lato, per ogni condizione di carico e ogni scenario d'incendio ipotizzabile.



**Modello di
deformazione a
caldo: innesco
alla base dello
scaffale laterale**

Tensioni a 110 secondi

Fibre Stress (kg/cm²)

3027,3668 [Bm:3510]

2167,7823

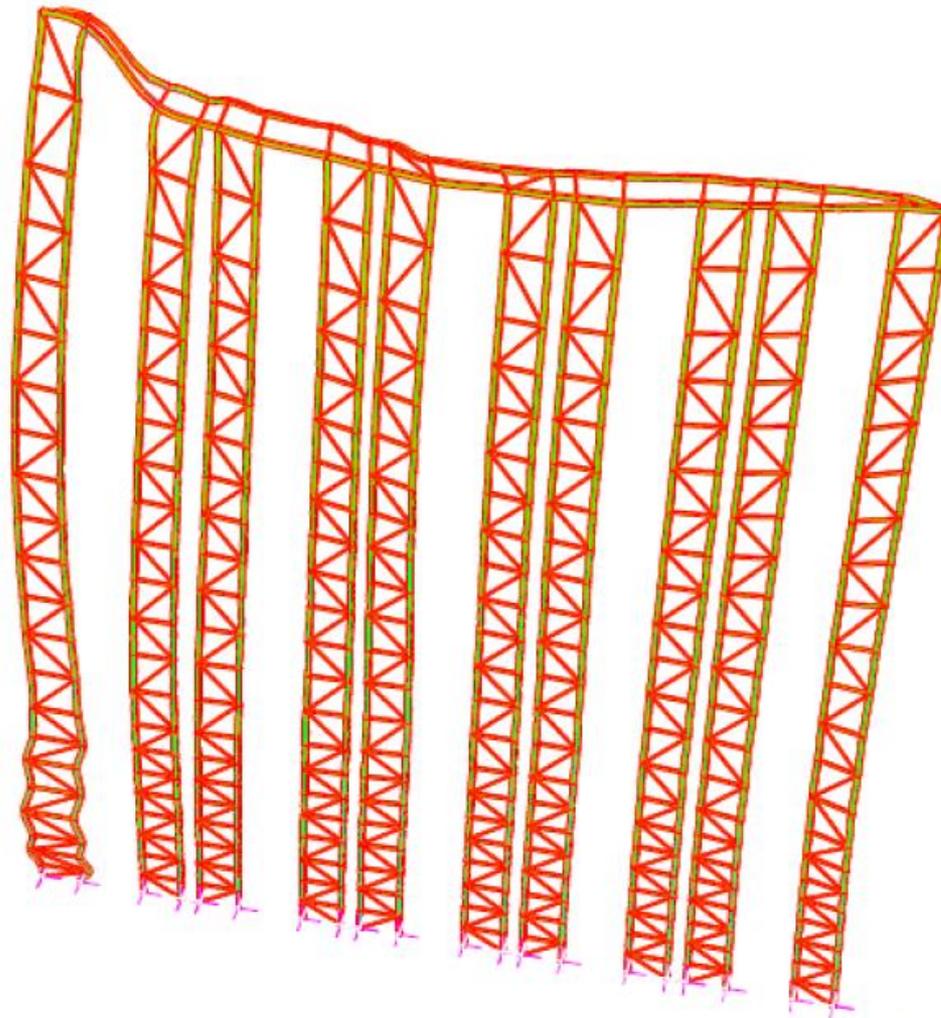
1021,6697

-124,4429

-1270,5555

-2416,6681

-2703,1963 [Bm:3510]



**Analisi della
deformazione a
caldo: fase
avanzata, prima
del collasso**

Step:20 Time:200,0 s (-55,1,-103) DS:100,000

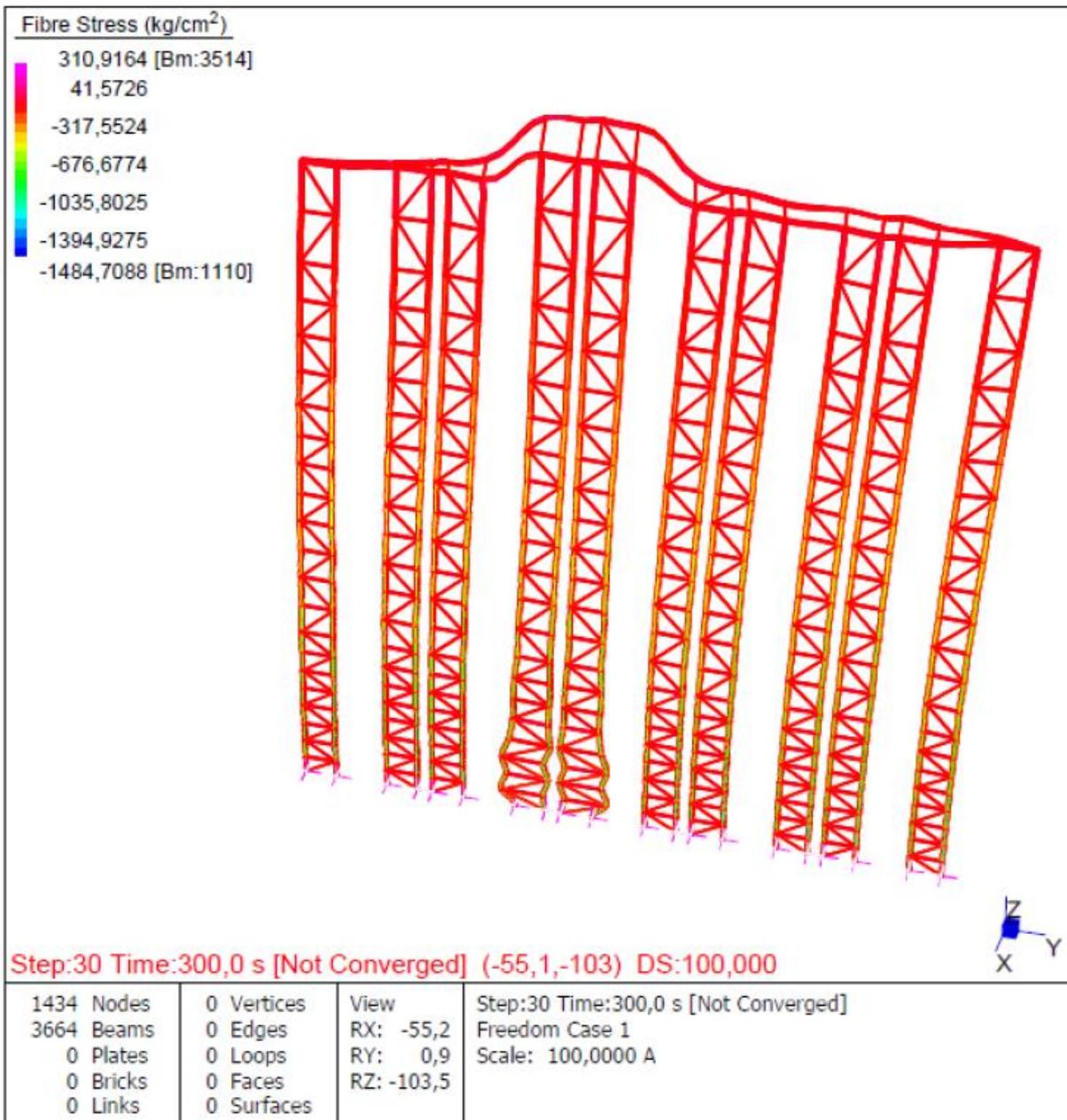
1434 Nodes
3664 Beams
0 Plates
0 Bricks
0 Links

0 Vertices
0 Edges
0 Loops
0 Faces
0 Surfaces

View
RX: -55,2
RY: 0,9
RZ: -103,5

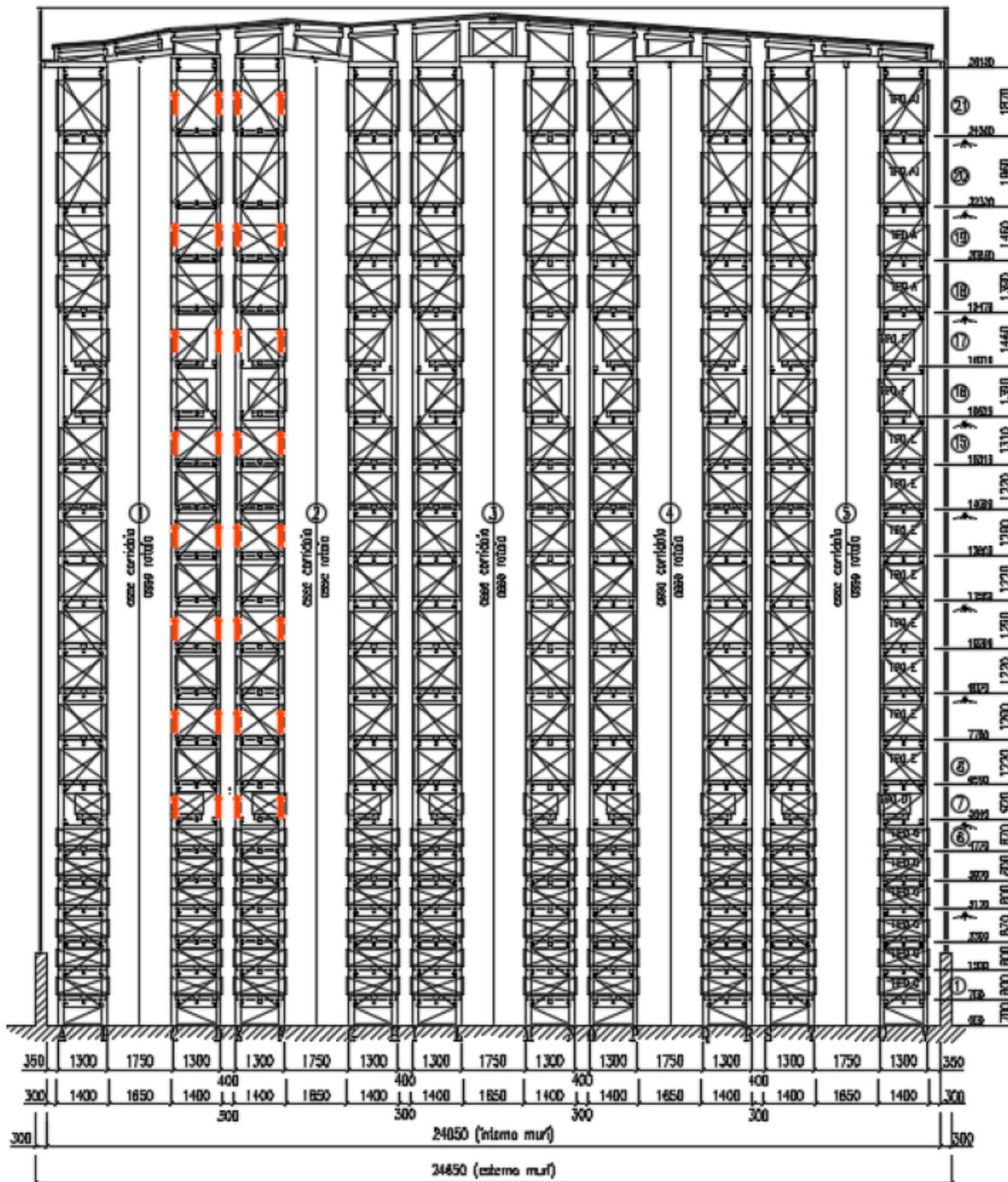
Step:20 Time:200,0 s
Freedom Case 1
Scale: 100,0000 A



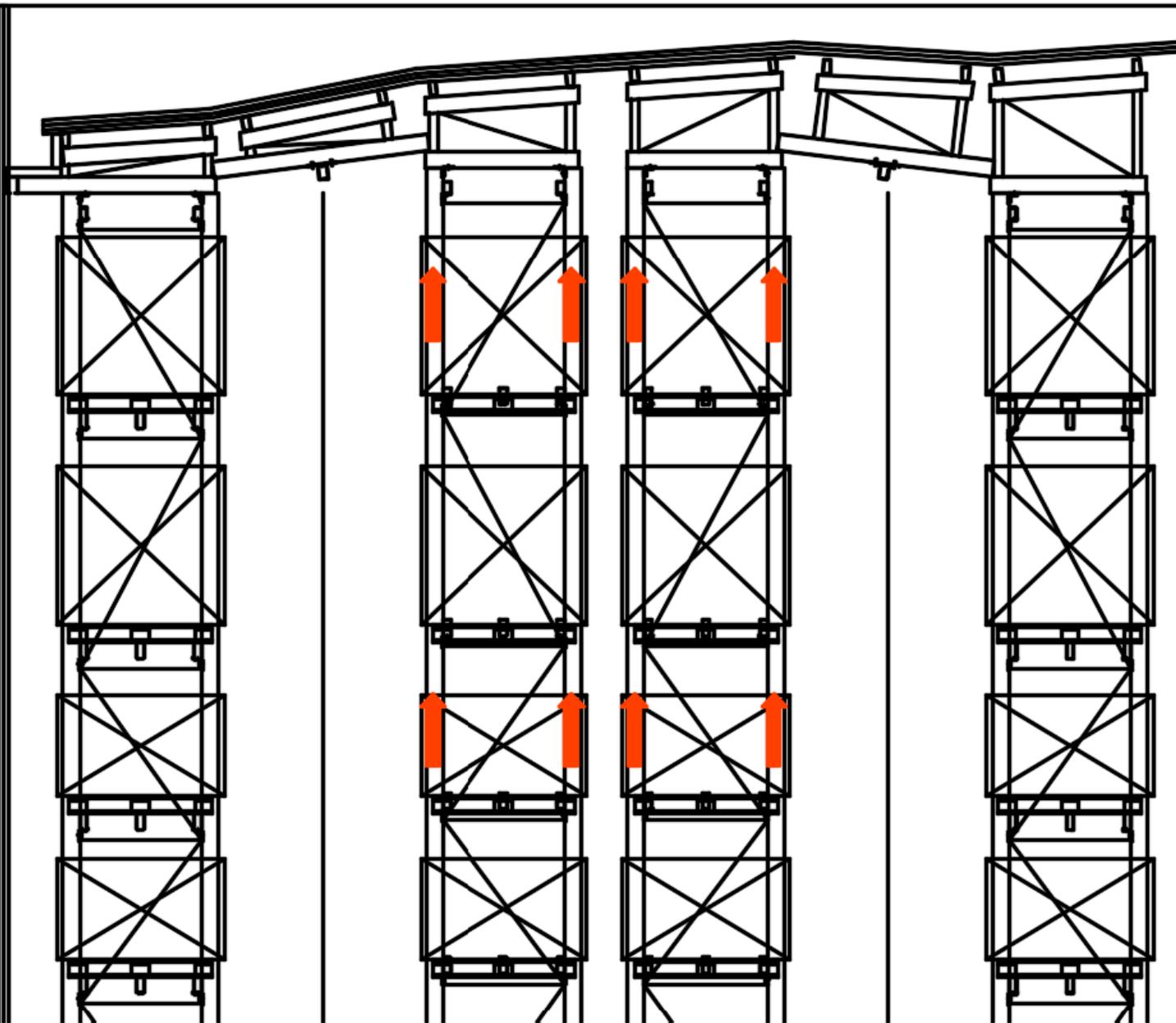


Modello di
 deformazione a
 caldo: innesco
 alla base dello
 scaffale centrale

Tensioni a 300 secondi



Analisi strutturale a
 caldo della dinamica
 di collasso della
 struttura metallica:
 dilatazione montanti



**Dettaglio
deformazione
a caldo della
copertura**

Misure antincendio realizzate

Il magazzino automatico è stato comunque protetto con sistemi di prevenzione e protezione antincendio:

- **protezione esterna (idranti DN 70)**
- **impianto di rivelazione e allarme incendio (IRAI)**
- **sistema di evacuazione fumo e calore (SEFC)**
- **sistema di gestione della sicurezza antincendio (SGSA)**

Raggiungimento degli obiettivi progettuali

Il progetto ha ottenuto il parere favorevole del Comando VVF ed il magazzino è stato realizzato:

- 1. si è dimostrato che la modifica alla struttura metallica consente di scongiurare l'interferenza con gli edifici confinanti in caso d'incendio**
- 2. non è stato installato l'impianto sprinkler, che avrebbe contribuito solo a ritardare il crollo della struttura ma non ad estinguere l'incendio**

Vantaggi e risparmi conseguiti

La strategia progettuale ed il metodo adottato hanno confermato la **fattibilità dell'intervento nella posizione prevista, evitando l'installazione dell'impianto sprinkler.**

Con un risparmio economico netto di circa 200'000 euro grazie alla **mancata installazione dell'impianto sprinkler**, nonostante:

- **maggiori costi della struttura metallica**
- **maggiori costi progettuali e di modellazione**

***SOLUZIONE ALTERNATIVA O INTEGRATIVA AL CONTROLLO
DEL COLLASSO DELLA STRUTTURA METALLICA:***

***GESTIONE ATTIVA DELLE MODALITÀ DI CARICO DEI PALLET
NEGLI SCAFFALI DEL MAGAZZINO***

SEZIONE TRASVERSALE

↻
VERSO DI ROTAZIONE

-  Montante tipo ordinario
-  Montante tipo rinforzato (con resistenza maggiorata rispetto al profilo ordinario)



Riempimento favorevole

Riempimento sfavorevole

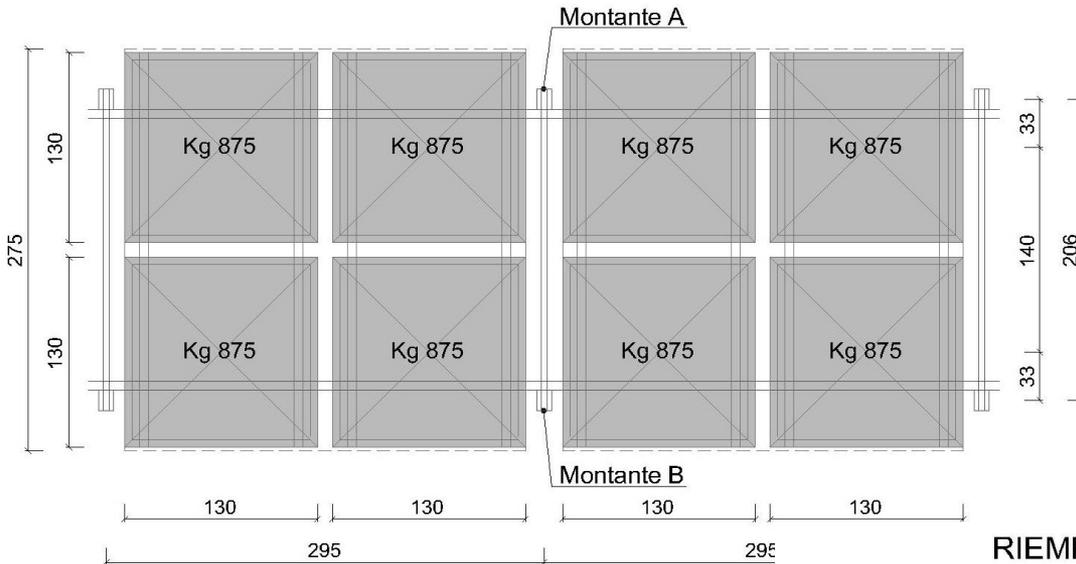
Riempimento equilibrato



Controllo del collasso con gestione del sistema di carico

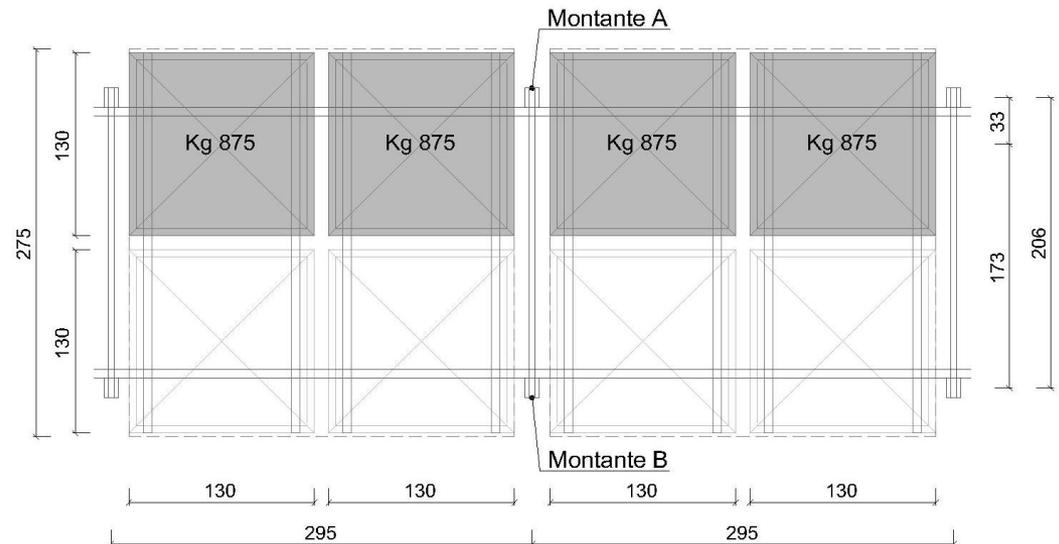
RIEMPIMENTO EQUILIBRATO

CONFIGURAZIONE DI CARICO 8/8



RIEMPIMENTO FAVOREVOLE/SFAVOREVOLE

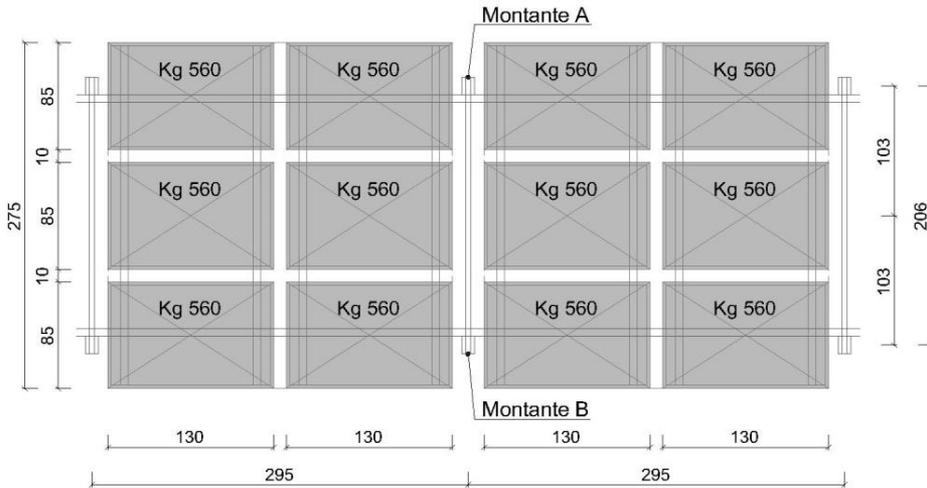
CONFIGURAZIONE DI CARICO 4/8



Controllo del collasso con gestione del sistema di carico

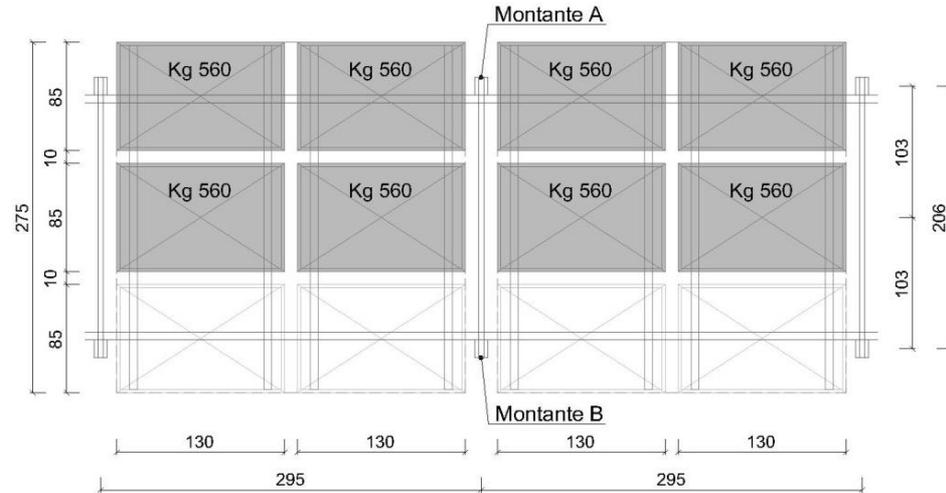
RIEMPIMENTO EQUILIBRATO

CONFIGURAZIONE DI CARICO 12/12



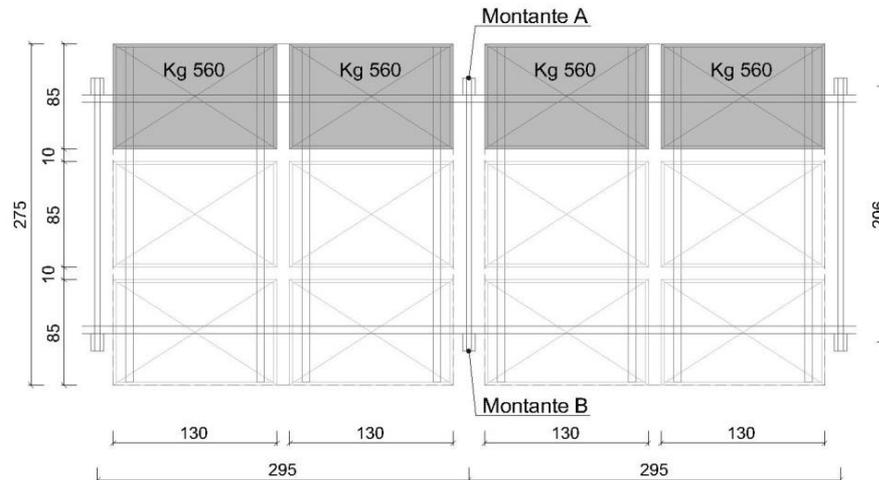
RIEMPIMENTO FAVOREVOLE/SFAVOREVOLE

CONFIGURAZIONE DI CARICO 8/12



RIEMPIMENTO FAVOREVOLE/SFAVOREVOLE

CONFIGURAZIONE DI CARICO 4/12



Grazie

difelice@ordine.ingegneri.vi.it