

HILTI

SEISMIC
ACADEMY

BOLOGNA
10 OTTOBRE 2019
VII EDIZIONE

Progettazione, sicurezza ed evoluzione normativa delle scaffalature portapallet sismoresistenti

Bologna

10 ottobre 2019

Ing. Giuliano Rossi
Progettista strutturale
Modulblok S.p.A.





Caratteristiche delle scaffalature portapallet

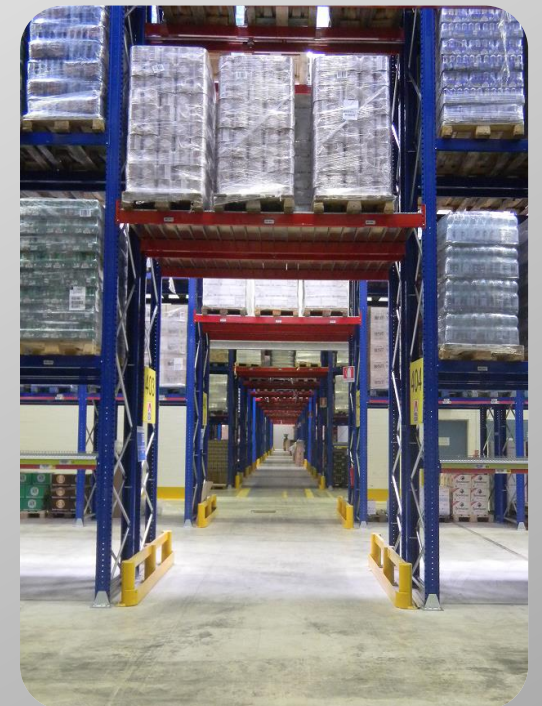
- Scaffale di comune utilizzo per la logistica di distribuzione
- Impiego per stoccaggio merci, generalmente su pallet
- Utilizzato con sempre maggior frequenza nei magazzini a pubblico accesso



Bologna, 10/10/2019



Modulblok SpA





Caratteristiche delle scaffalature portapallet

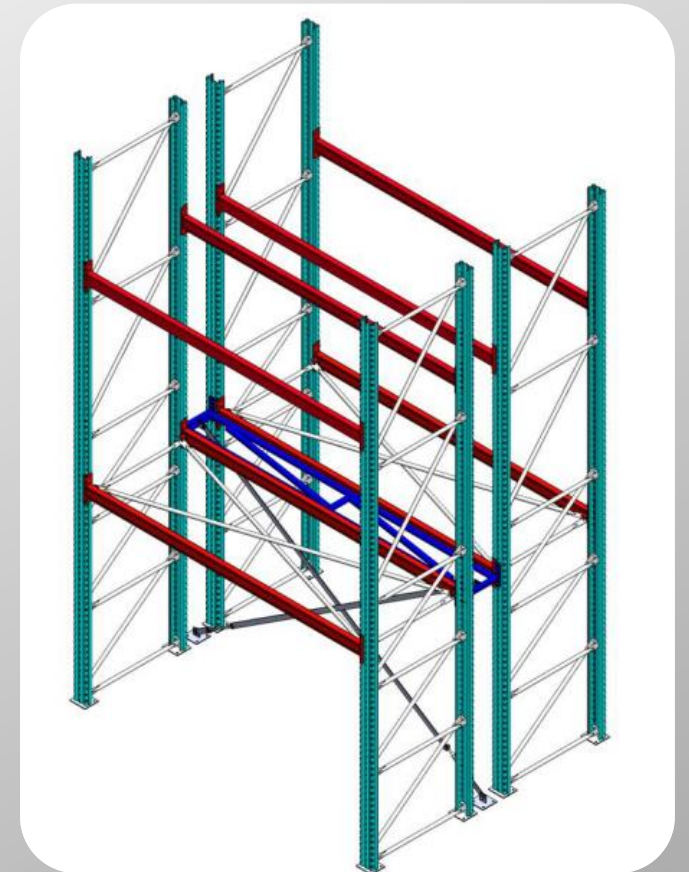
- Profili sottili sagomati a freddo e forati a passo costante
- Connessioni ad incastro
- Elementi modulari con elevata ripetibilità



Bologna, 10/10/2019



Modulblok SpA



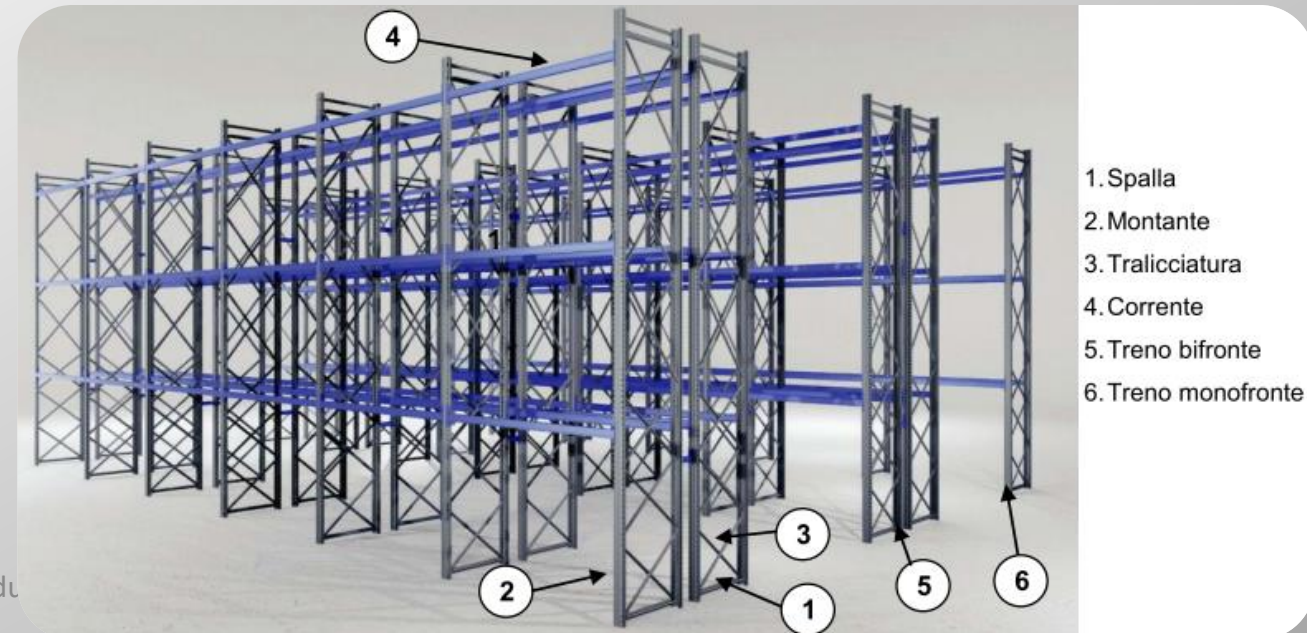


Caratteristiche delle scaffalature portapallet

- Composizione tipica

- Spalle (elementi verticali tralicciati) opportunamente fissate alla pavimentazione
- Correnti (elementi orizzontali di sostegno ai pallet)
- Controventature verticali (eventuali) ed orizzontali

- Strutture «autoportanti»:
devono sostenere le azioni verticali ed orizzontali in modo autonomo





Caratteristiche delle scaffalature portapallet

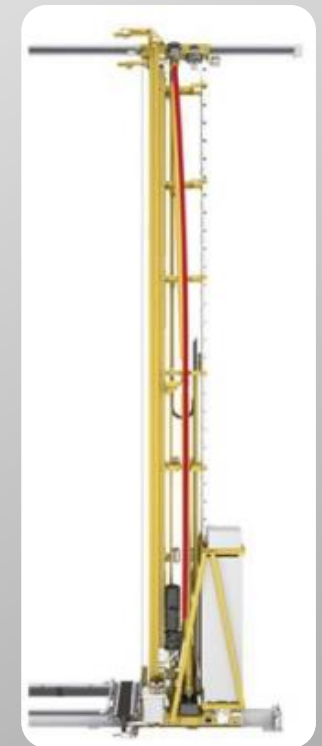
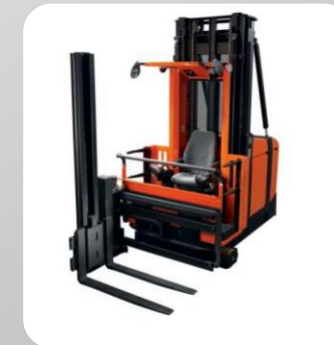
- Altezze di movimentazione
 - Carrello frontale: circa 6 m
 - Carrello retrattile: circa 10 m
 - Carrello trilaterale: circa 12 m
 - Impianti automatici: generalmente 20 – 30 m di altezza, ma si possono raggiungere anche altezze maggiori



Bologna, 10/10/2019



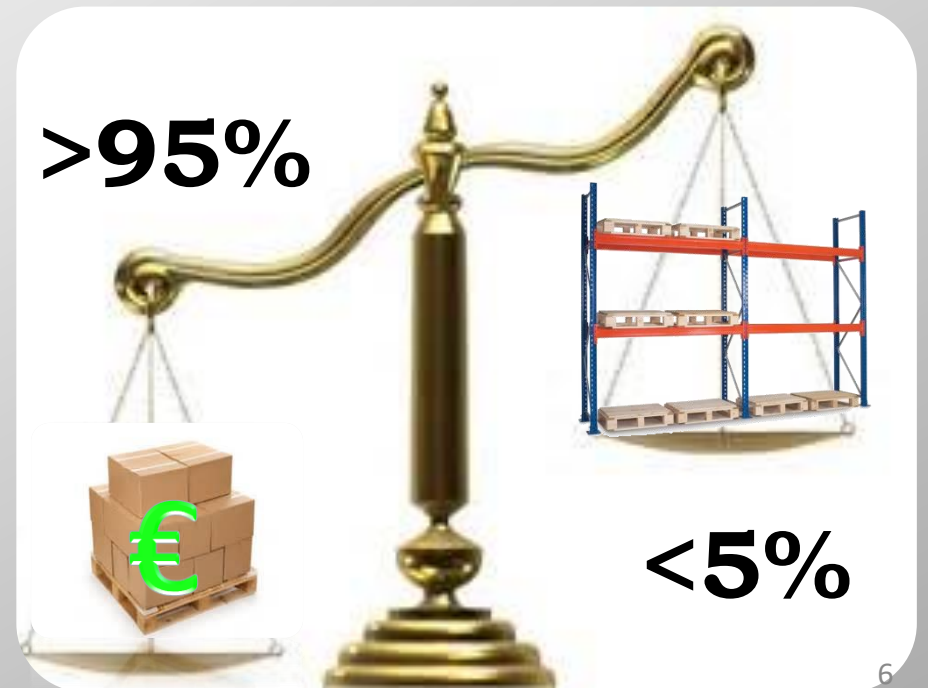
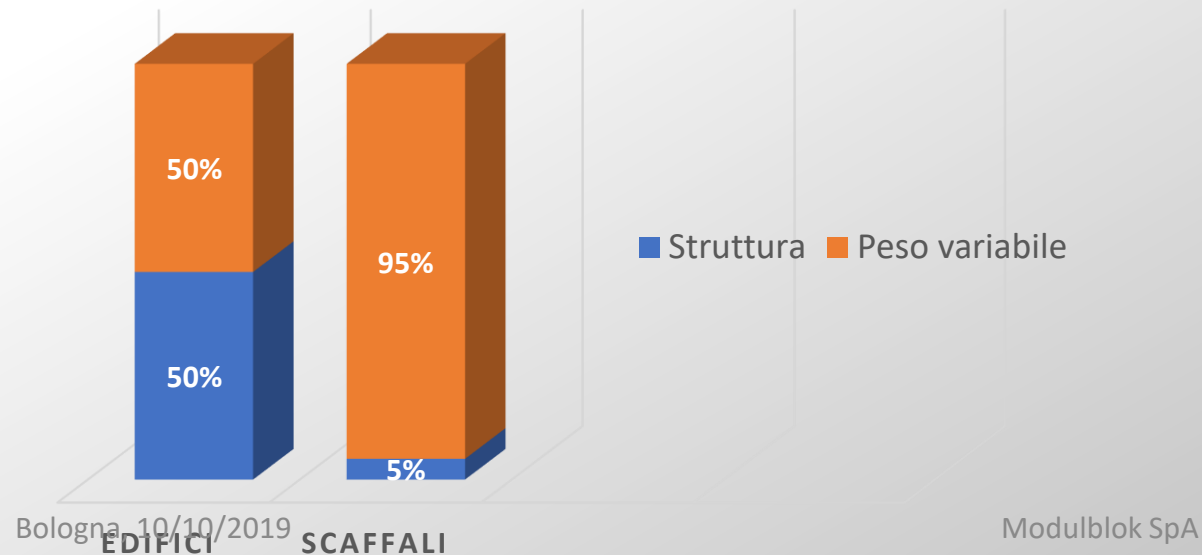
Modulblok SpA





Caratteristiche delle scaffalature portapallet

- Il peso della struttura portante è trascurabile rispetto al peso dei carichi variabili (merce stoccata)
- L'incidenza economica delle strutture è minima rispetto al valore della merce stivata





Progettazione delle scaffalature portapallet

- La progettazione si deve basare su test di laboratorio

§5.1 UNI EN 15512:

5 Basis of design

5.1 Requirements

5.1.1 Basic requirements

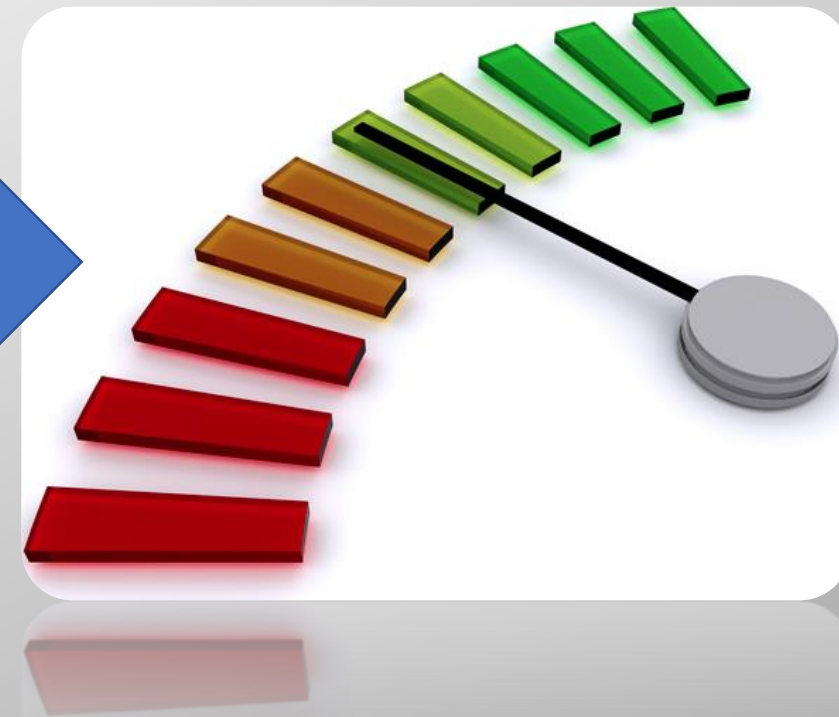
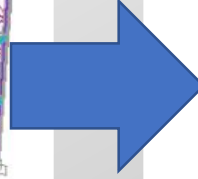
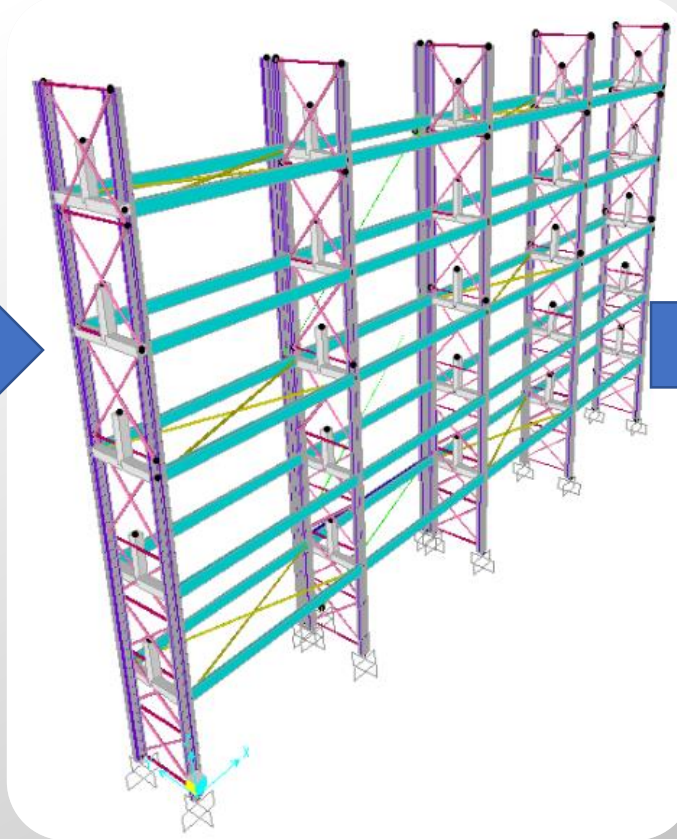
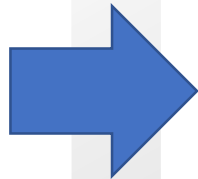
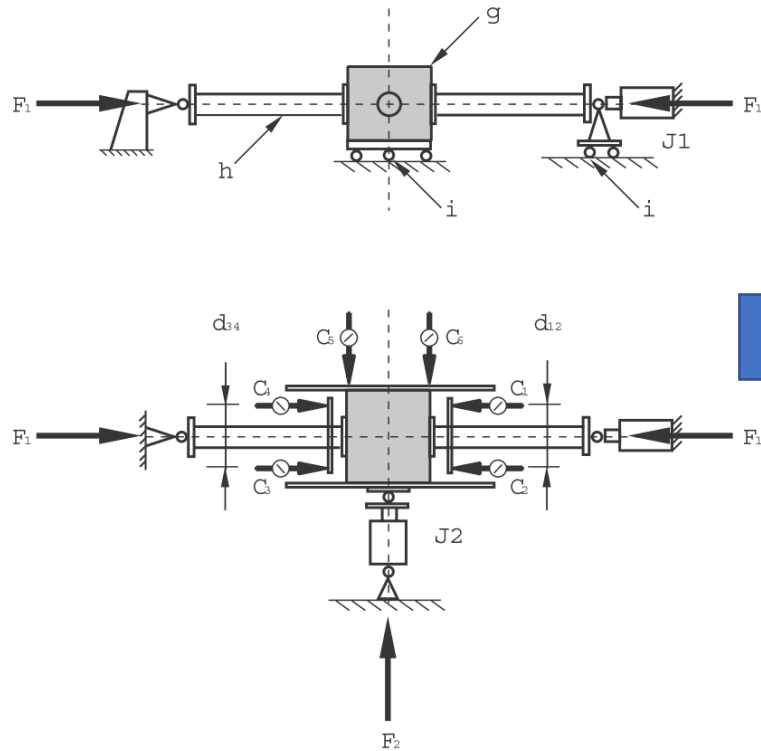
Pallet racks are standard products for which design by calculation alone may not be appropriate. Test procedures are therefore specified where current analytical methods are not given, or are not appropriate. The relevant test procedures are given in Annex A.

«Le scaffalature porta-pallet sono prodotti standardizzati per i quali la progettazione mediante solo calcolo può non essere appropriata. Vengono pertanto prescritti dei test di laboratorio nei casi in cui non siano disponibili metodi analitici di calcolo»



Progettazione delle scaffalature portapallet

- La progettazione si deve basare su test di laboratorio



TEST DI LABORATORIO

Bologna, 10/10/2019

ANALISI NUMERICHE

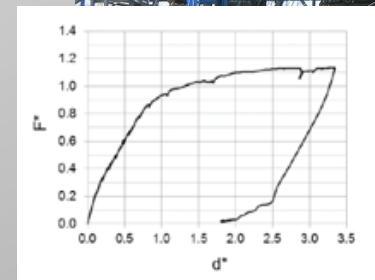
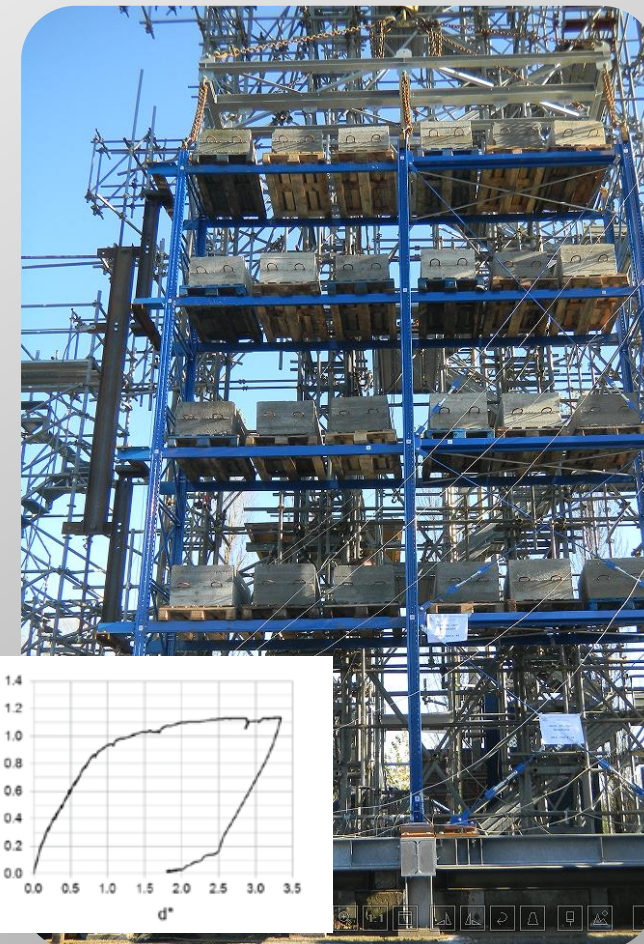
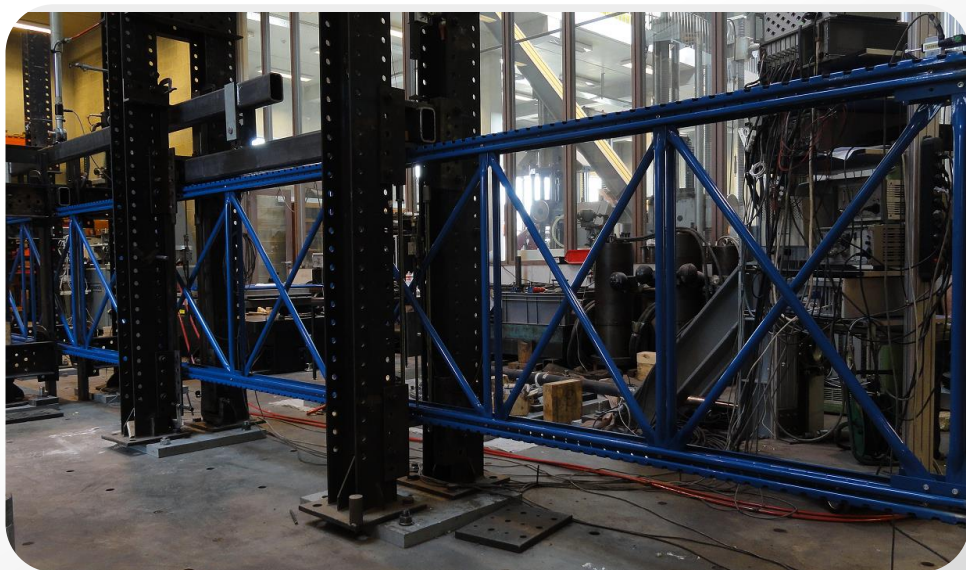
Modulblok SpA

VERIFICHE ELEMENTI COSTRUTTIVI



Progettazione delle scaffalature portapallet

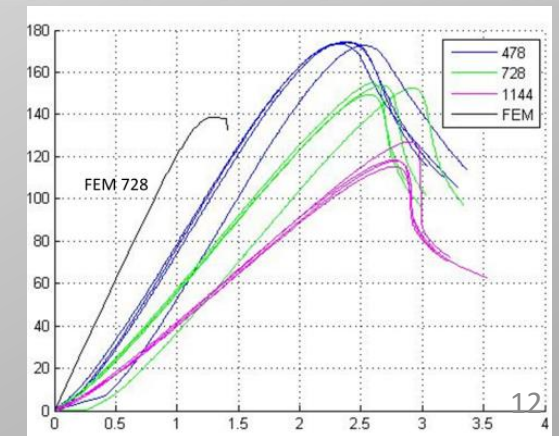
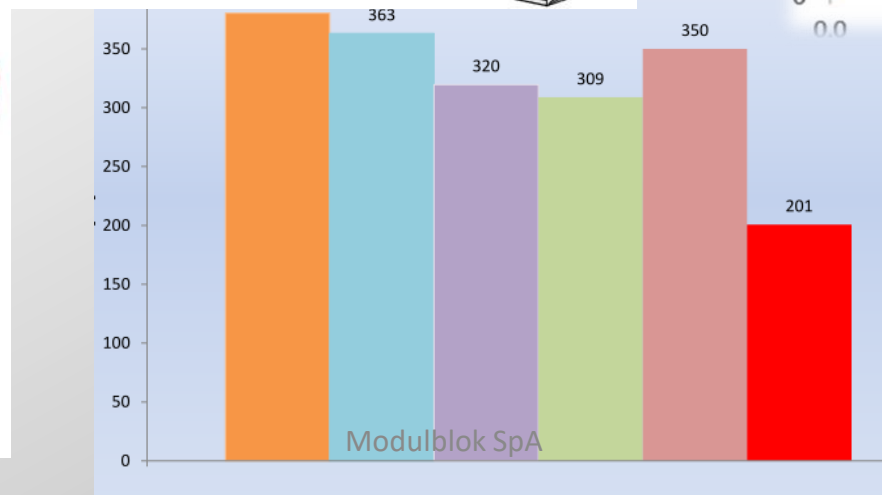
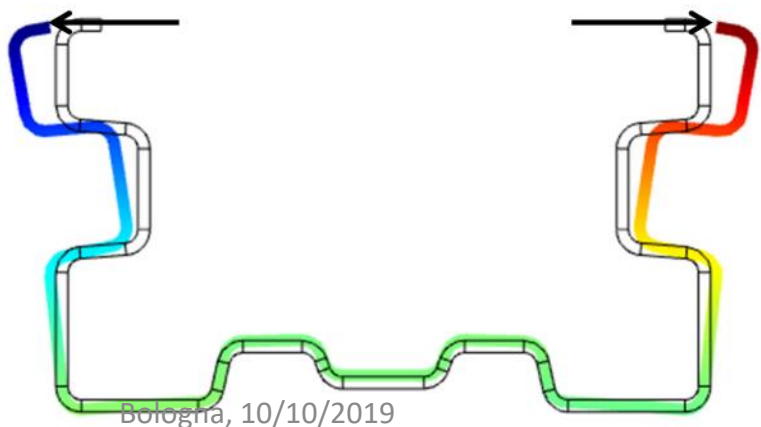
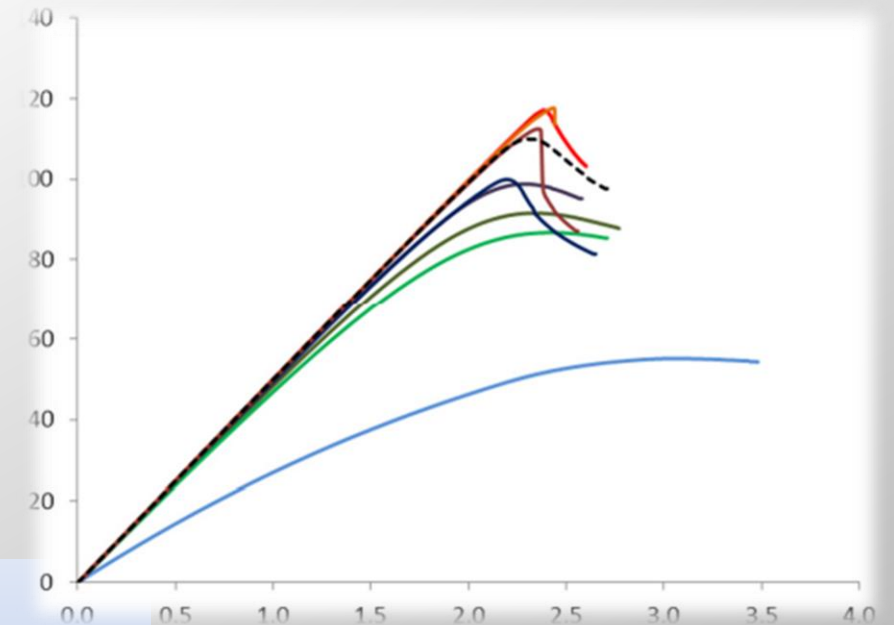
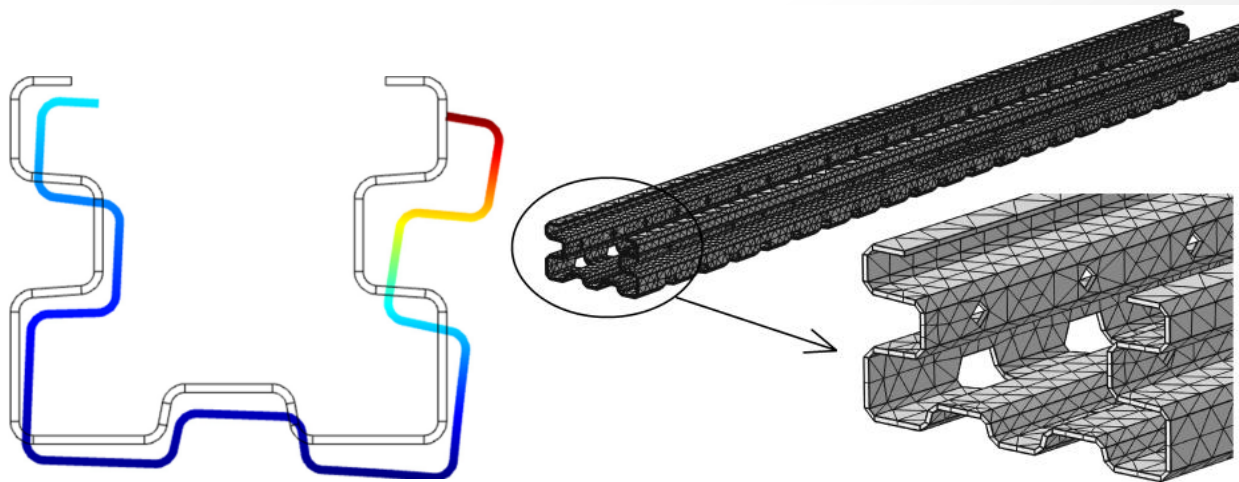
- La progettazione si deve basare su test di laboratorio





Progettazione delle scaffalature portapallet

○ Analisi numeriche





Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

- Vulnerabilità sismica delle scaffalature
 - I rischi connessi all'azione sismica che investe una scaffalatura industriale non correttamente progettata, realizzata, installata e utilizzata sono i seguenti.
 - Ribaltamento o caduta dei pallet, all'interno dello scaffale o verso l'esterno (corridoi)
 - Danneggiamento merce stoccata
 - Crollo di una parte dello scaffale o dell'intera installazione (effetto domino)
 - Interruzione dell'attività (molto onerosa nel caso di strutture in cella frigo)
 - Perdita di vite umane

 - **Come rendere sicura nei confronti del sisma una scaffalatura tradizionalmente progettata per le sole azioni verticali statiche?**



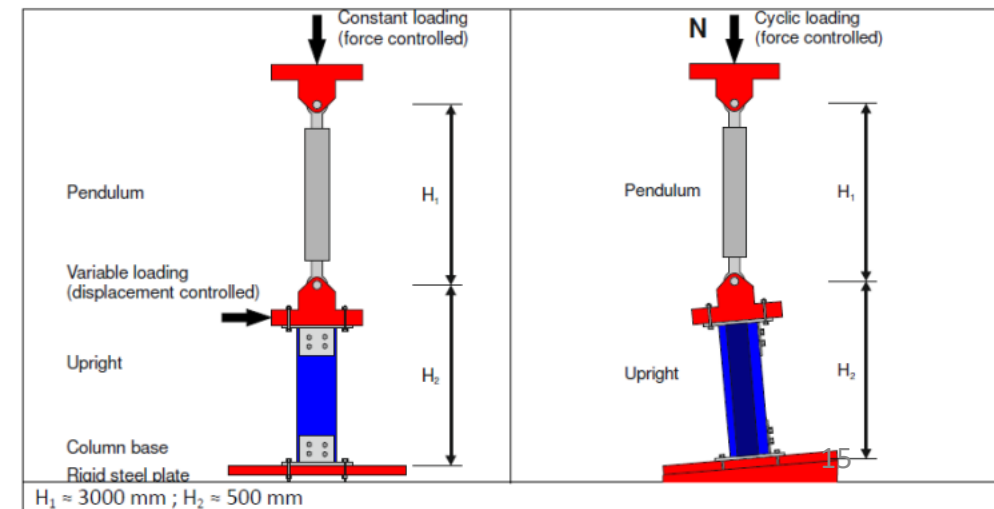
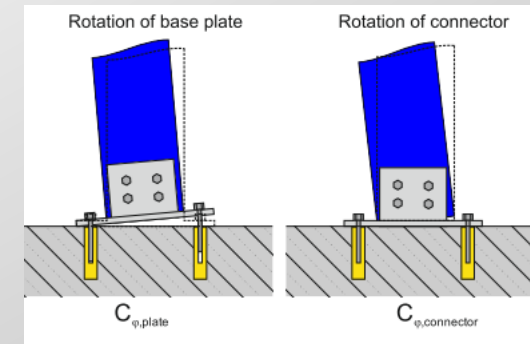
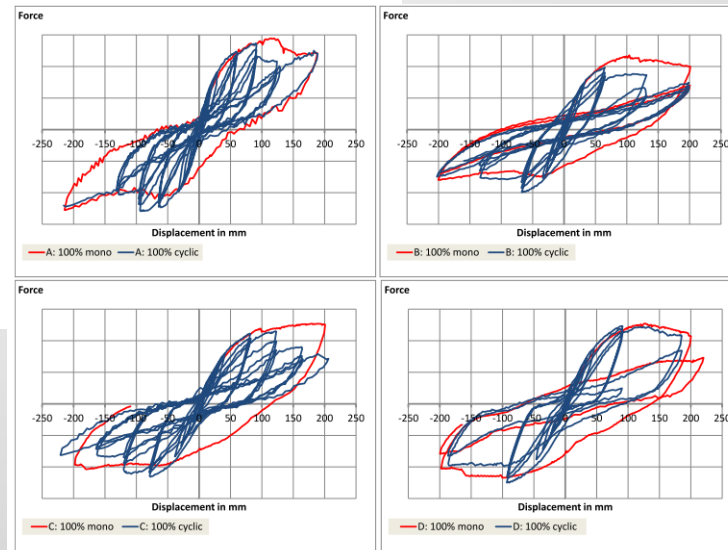
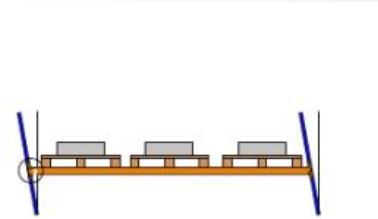
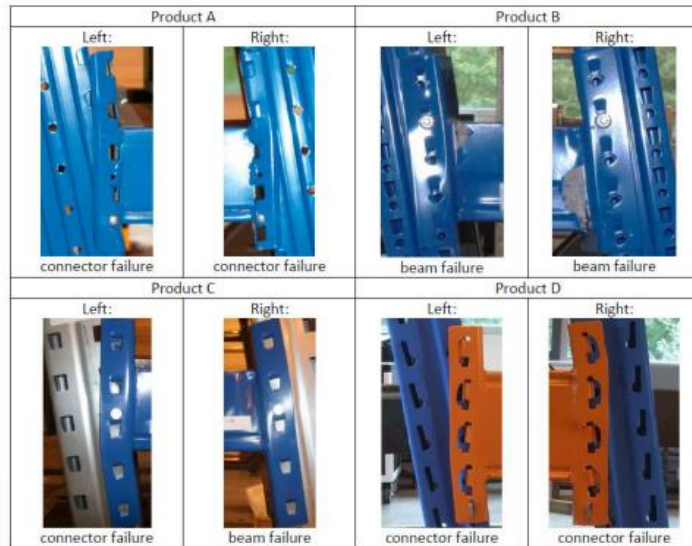
Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

- Nel caso di progettazione «statica» delle scaffalature, si considerano azioni verticali elevate mentre le azioni orizzontali imposte dalle norme di settore sono di modesta entità
- Nel caso sismico, le scaffalature devono essere in grado di resistere a forze orizzontali elevate, sia in direzione longitudinale che trasversale
- Risulta necessario irrobustire gli elementi strutturali, ponendo particolare attenzione ai dettagli costruttivi (nodi, piastre di base, fissaggi a terra)
- Le soluzioni SR possono essere *controventate* o *non controventate* in direzione longitudinale; in direzione trasversale sono sempre *controventate* (tralicciatura spalla)



Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

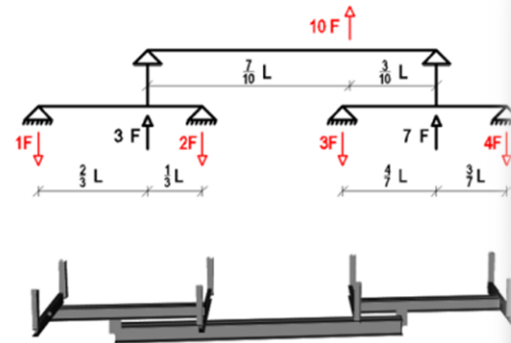
- Risultano necessari ulteriori test di laboratorio per valutare la risposta degli elementi strutturali soggetti ad azioni equivalenti a quelle sismiche





Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

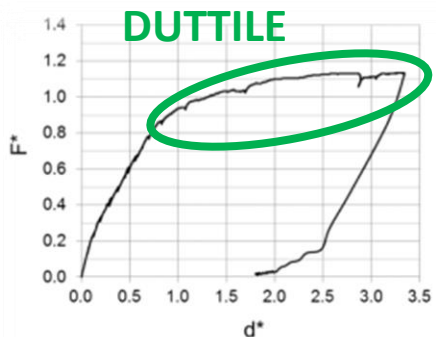
- Progetto di ricerca europeo SEISRACKS2: full scale test on 3D rack systems (push over test)



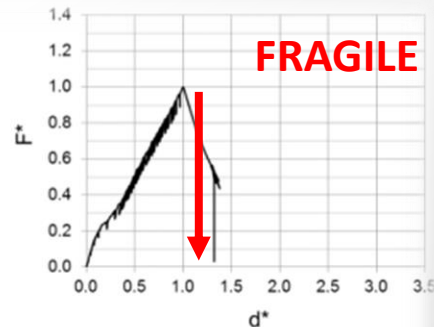


Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

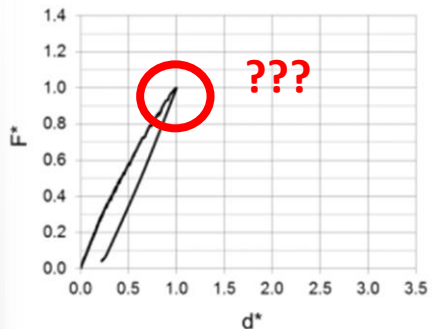
- Progetto di ricerca europeo SEISRACKS2: full scale test on 3D rack systems (pushover test)



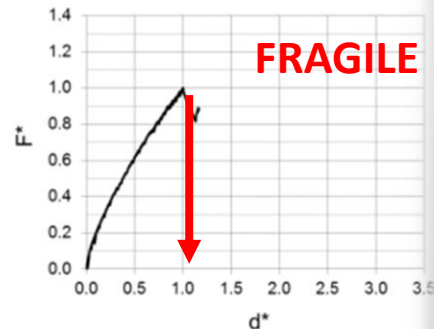
a. IPA2



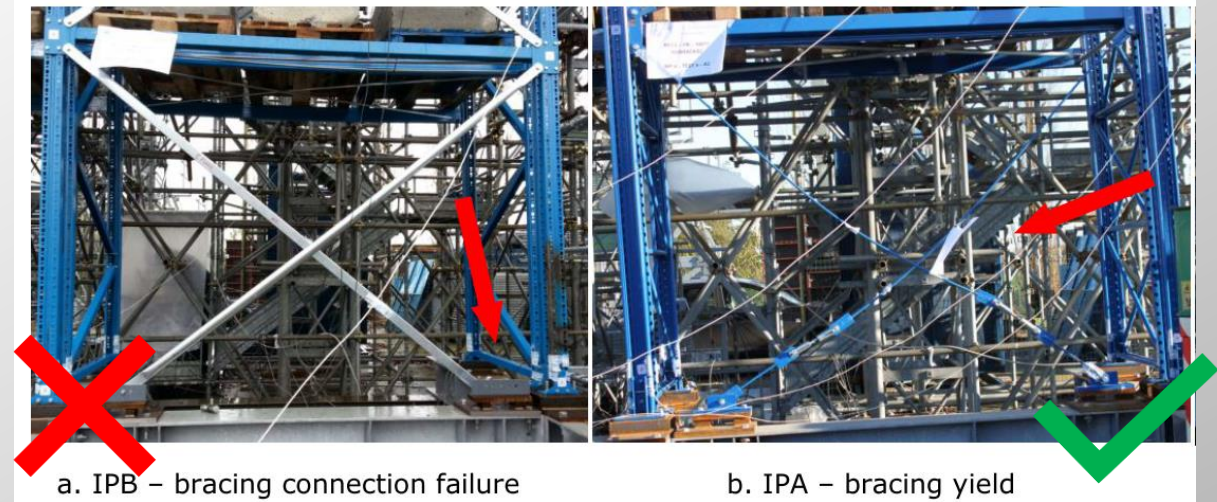
b. IPB2



c. IPC2



d. IPD2



a. IPB – bracing connection failure

b. IPA – bracing yield



Fondamentale la cura dei dettagli strutturali, ottenibile con limitati costi aggiuntivi



Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

- Indicazioni progettuali
 - Scaffali non controventati
 - ✓ Impiego di connettori con comportamento duttile che non danneggiano i montanti
 - ✓ Impiego di bulloni passanti per migliorare il comportamento del nodo sotto azioni cicliche
 - ✓ Piastre di base solidamente fissate ai montanti e ben ancorate alla pavimentazione
 - Scaffali controventati
 - ✓ Fare affidamento sulla duttilità attraverso l'introduzione di controventi dissipativi
 - ✓ Evitare l'uso di controventi troppo resistenti e rigidi dal comportamento non dissipativo, perché tendono a trasmettere sollecitazioni troppo elevate alla pavimentazione (necessarie fondazioni speciali)
 - ✓ Preferibile impiegare controventi diffusi, in particolare nel caso di installazioni su pavimenti esistenti di scarsa qualità e spessori limitati



Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

- Indicazioni progettuali: strategia di dimensionamento

	STRATEGIA 1 PESO MASSIMO	STRATEGIA 2 PESO MEDIO	STRATEGIA 3 LIVELLI DEDICATI
FLESSIBILITÀ IMPIANTO	+++ (le UDC più pesanti possono andare ovunque)	+ (le UDC più pesanti possono andare ovunque)	- (le UDC pesanti vanno solo a certi livelli predefiniti)
FACILITÀ DI CONTROLLO	+ (gestibile con targhe portata)	- (serve WMS)	+ (gestibile con targhe portata)
PESO CORRENTI	- (correnti dimensionati per UDC più pesanti)	- (correnti dimensionati per UDC più pesanti)	+ (correnti differenziati, con udc più pesanti ai livelli inferiori)
PESO SCAFFALE	-- (scaffale molto pesante e costoso)	+ (scaffale molto pesante e costoso)	++ (soluzione più economica)



Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

- Indicazioni progettuali: pavimentazione e fissaggi
 - Le forze trasmesse dalle scaffalature sismoresistenti alla pavimentazione possono essere sensibilmente più elevate rispetto ad analoghe scaffalature statiche. Non tutti i pavimenti sono adatti a ricevere tutte le scaffalature!
 - Importante interagire con il Cliente quanto prima per essere in grado di offrire la soluzione più adatta alla tipologia di pavimentazione esistente oppure per indirizzare correttamente il progetto di una nuova
 - Porre particolare attenzione ai casi caratterizzati da:
 - Riscaldamento a pavimento (profondità ridotta di tassellaggio → incrementare numero fissaggi)
 - Celle frigo (limitata portata della pavimentazione, causa strati di isolante → incrementare dimensioni piastre base, accorciare le campate)
 - Massetti superficiali non strutturali (limitata portata della pavimentazione, tasselli non verificabili → utilizzare tasselli chimici con profondità di posa sufficienti a raggiungere la fondazione resistente)



Progettazione sismoresistente delle scaffalature portapallet

- Confronto fra scaffale statico e sismico
 - Comparazione fra diverse analisi per un caso reale, in un sito a media sismicità

	Categoria sottosuolo	Variazione prezzo rispetto allo statico
Magazzino statico		
Nuovo magazzino sismoresistente	B	+ 20%
	C	+ 40%
	D	+ 90%
<i>Scaffalatura a 4 livelli di carico, interasse livelli 2 m, campata 2706 mm, UDC 800 daN, accelerazione di base 0.17 g</i>		

Attenzione al rapporto fra costo scaffale e valore della merce stoccata (es. settore farmaceutico)



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Riferimenti legislativi

- D. Lgs. 81/2008 TESTO UNICO SULLA SICUREZZA SUL LAVORO

Il D. Lgs. 81 non parla in modo esplicito di scaffalature, ma prevede generalmente che si applichino le disposizioni del Titolo I e II del decreto, in particolare:

- ✓ obbligo di effettuare l'analisi dei rischi lavorativi, tenendo conto anche degli effetti ambientali
- ✓ formazione dei lavoratori sull'uso delle scaffalature e sui rischi derivanti dal loro uso

All'interno di un luogo di lavoro quindi, la valutazione dei rischi ambientali si traduce nel considerare anche gli effetti dell'azione del sisma su scaffalature industriali. **Ad oggi, ha senso ancora non considerare questo rischio?**



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Requisiti da garantire per scaffali in zona sismica secondo EN 16681
 - Prevenzione del **collasso**. La scaffalatura deve essere progettata per resistere all'azione sismica, senza che si verificano crolli locali o globali, mantenendo la sua integrità strutturale e mantenendo una residua capacità portante a sostenere carichi verticali e orizzontali dopo l'evento sismico (per consentire l'evacuazione e la messa in sicurezza).
 - Prevenzione del **martellamento**. Il layout del magazzino deve adottare distanze tali da evitare il martellamento tra scaffalature adiacenti e tra scaffali ed edifici adiacenti. Le distanze devono considerare in modo opportuno gli spostamenti dello scaffale e del fabbricato. Il proprietario del fabbricato deve fornire gli spostamenti dell'edificio.
 - Prevenzione della **caduta della merce**. Se le unità di carico sono libere di muoversi sui correnti, deve essere valutato il rischio di scivolamento. In caso di rischio non trascurabile, devono essere prese le contromisure appropriate per eliminare il rischio di caduta all'interno dello scaffale.



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Requisiti da garantire per scaffali in zona sismica secondo EN 16681
 - Riduzione rischio di **scivolamento** e **caduta della merce**. Si possono adottare ad esempio i seguenti dispositivi di sicurezza.
 - Terzo corrente centrale (tipicamente per inforamento UDC lato 800 mm) oppure rompitratta (nel caso di inforamento lato 1200 mm, per esempio settore ceramico)
 - Antisbordamento posteriore, posizionato ad adeguata distanza rispetto al montante spalla come previsto nella EN 15620 (non deve essere impiegato come un «buffering backstop»)
 - Livelli di carico attrezzati con elementi che aumentano notevolmente l'attrito fra pallet e scaffale (ad esempio doghe bugnate con bancali in legno)
 - Livelli di carico costituiti da correnti sfalsati (ad esempio trave posteriore a -10 mm rispetto anteriore) e terzo corrente ribassato
- Prevenzione danni da urto accidentale
 - Prevedere paracolpi e guard-rail per proteggere il tratto inferiore dei montanti



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

○ La marcatura CE delle scaffalature

- Il regolamento UE N. 305/2011 del parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 2011, fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione.
- Definizione di «Prodotto da costruzione»: qualsiasi prodotto fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse [...]
- Le opere di costruzione sono quelle opere strutturali regolamentate dalla legge 1086/71 (DPR 380), quindi le opere per cui si devono applicare le NTC 2018.
- La marcatura CE quindi si applica fundamentalmente a:
Autoportanti, Soppalchi

➤ **Non si applica a scaffalature portapallet!**



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- La marcatura CE delle scaffalature

RAPPORTO TECNICO	Linee guida per l'implementazione della EN 1090-1:2009+A1:2011, Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali	UNI CEN/TR 17052 GENNAIO 2018
---------------------	---	---

CEN/TR 17052:2017 (E)

Annex B (informative)

Products not covered by EN 1090-1

The following steel and aluminium products are not covered by the scope of EN 1090-1. This list is indicative and non-exhaustive. ²⁾

B.56

Bologna, 10/10/2019

Racking and shelving systems, if not integral part of the load bearing structure of the construction works,

Modulblok SpA



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Aggiornamenti normativi futuri
 - EN 15512 ~ 2020

Annex N (informative)

A-deviations

A-deviation: National deviation due to regulations, the alteration of which is for the time being outside the competence of the CEN/CENELEC member.

This European Standard does not fall under any Directive of the EU.

In the relevant CEN/CENELEC countries, these A-deviations are valid instead of the provisions of the European Standard until they have been removed.

N.2 Italian national legislative deviations

The Italian Building Code D.M. Fourteen Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", prescribes in Clause 2.2 that "components, systems and products, not part of the building structure, which are independent from a static point of view, shall be designed and installed following the safety levels and the performances foreseen in the following [standard for buildings]".

For this reason, load and material factors shall be as reported in the following table (the deviations are underlined):

Modulblok SpA



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Aggiornamenti normativi futuri
 - EN 15512 ~ 2020

Table N.1 — Load factors γ_r

Actions	Ultimate limit state
Permanent loads γ_G	
with unfavourable effect	1,3
with favourable effect	1,0
imposed slab deformation unfavourable effect	1,3
imposed slab deformation favourable effect	0,0
Variable loads γ_Q	
unit loads	<u>1,5</u>
unit loads in crane operated systems	<u>1,5</u>
placement loads	<u>1,5</u>
other variable loads	1,5
Accidental loads	
γ_A	1,0

Table N.2 — Material factors γ_M

Resistance		Ultimate limit state
Resistance of cross-sections whatever the class is	γ_{M0}	<u>1,05</u>
Resistance of members to instability assessed by member checks	γ_{M1}	<u>1,05</u>
Resistance of connections	γ_{M2}	1,25
Resistance of connections subject to testing and quality control (e.g. beam end connectors) see Annex M	γ_{M2}	1,1



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

○ Aggiornamenti normativi futuri

- EN 15512 ~ 2020

E.4.3 Bending and axial compression – buckling resistance of member

For members in combined compression and bending, the following criterion should be satisfied in each cross-section along the member:

$$\left(C_{x,y} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}} \right)^{A_y} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{D_y} \leq 1,0$$

$$\left(C_{x,z} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rd}} \right)^{A_z} + \left(C_{x,LT} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rd}} \right)^{B_z} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{D_z} \leq 1,0$$

EN 15512 attuale

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{min} A_{eff} f_y / \gamma_M} + \frac{k_{LT} M_{y,Sd}}{\chi_{LT} W_{eff,y} f_y / \gamma_M} + \frac{k_z M_{z,Sd}}{W_{eff,z} f_y / \gamma_M} \leq 1$$

Exponents	Design resistance of the cross-section to bending moment about the relevant axis		Conservative for all cross-sections
	$M_{Rd} \geq \frac{W_{el,y} f_{yb}}{\gamma_{M0}}$	$M_{Rd} < \frac{W_{el,y} f_{yb}}{\gamma_{M0}}$	
A_y	$\chi_y \min(\mu_y^2; 1,56)$ but $A_y \geq 1,0$	1,0	1,0
A_z	$\chi_z \min(\mu_z^2; 2,0)$ but $A_z \geq 1,0$	1,0	1,0
B_z	$\min(\mu_z^2; 1,56)$	1,0	1,0
D_y	$\chi_y \min(\mu_y^4; 2,0)$ but $D_y \geq 0,8$		0,8
D_z	$\chi_z \min(\mu_z^4; 1,56)$ but $D_z \geq 0,8$		0,8

where

$$\mu_y = \frac{M_{y,Rd}}{W_{el,y} f_{yb} / \gamma_{M0}} \text{ but } \mu_y \geq 1,0$$

$$\mu_z = \frac{M_{z,Rd}}{W_{el,z} f_{yb} / \gamma_{M0}} \text{ but } \mu_z \geq 1,0$$

Factor	For a specific cross-section location along the member	Conservative for all cross-sections
$C_{x,y}$	$\chi_y + (1 - \chi_y) \sin\left(\frac{\pi x_s}{L_{cr,y}}\right)$	1,0
$C_{x,z}$	$\chi_z + (1 - \chi_z) \sin\left(\frac{\pi x_s}{L_{cr,z}}\right)$	1,0
$C_{x,LT}$	$\chi_{LT} + (1 - \chi_{LT}) \sin\left(\frac{\pi x_s}{L_{cr,LT}}\right)$	1,0



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Aggiornamenti normativi futuri
 - Linee guida CSLLPP 2020 (?)

Tipologia Scaffalatura	Altezza di spalla(*)	Normativa	Materiali
Autoportante	Qualsiasi	NTC	Secondo NTC
Interna/Esterna	≤ 14 m	UNI EN 16681	Secondo UNI EN 1993
Interna/Esterna	> 14 m	NTC	Secondo NTC

Nel caso di applicazione della UNI EN 16681, le linee guida prevedono comunque delle modifiche ad alcuni parametri tipicamente utilizzati nelle scaffalature sismoresistenti, con conseguente aggravio del dimensionamento strutturale



Evoluzione normativa scaffalature portapallet

- Aggiornamenti normativi futuri
 - Linee guida CSLP e parere CTS Regione Emilia Romagna

 **Regione Emilia-Romagna**

COMITATO TECNICO SCIENTIFICO
(L.R. n. 19/2008 e D.G.R. n. 11/2018)

Riunione del 9 luglio 2018

Seduta n. 67

Oggetto: Parere (in sostituzione del precedente n. 147 deliberato nella riunione del 20/07/2017) in merito alle modalità di calcolo/verifica delle strutture di stoccaggio ed immagazzinamento a sviluppo verticale ed all'assoggettabilità delle stesse alle procedure amministrative di cui agli artt. 93 e 94 del D.P.R. 380/2001 e agli artt. 11, 12 e 13 della L.R. 19/2008 (Rif. prot. int. n. 157).

- a) debbano essere considerate assimilabili a costruzioni: (A) le scaffalature autoportanti, (B) le scaffalature interne/esterne dotate di percorsi pedonali in quota, e (C2) le scaffalature interne/esterne con altezza dei montanti superiori a 14 m. Pertanto, la progettazione dovrà essere conforme alle NTC 2018 e tali scaffalature sono assoggettabili al deposito o all'autorizzazione sismica ai sensi degli artt. 93, 94 del D.P.R. 380/2001 e agli artt. 11, 12 e 13 della L.R. 19/2008;
- b) la progettazione sismica di (C1) scaffalature interne/esterne di altezza inferiore o uguale a 14 metri, potrà essere eseguita secondo le UNI EN 16681 con la A-deviation italiana. In tal caso le spalle della



Conclusioni

- **Le scaffalature tradizionali rappresentano un pericolo**

Le scaffalature tradizionali sono strutture molto vulnerabili nei confronti delle azioni sismiche, con elevato rischio per le persone e la continuità dell'attività produttiva.

- **Nuove scaffalature sempre sismoresistenti!**

Realizzare scaffali sismicamente sicuri è possibile a costi contenuti rispetto all'elevato valore della merce stivata.

- **Migliorare la sicurezza delle scaffalature esistenti**

Migliorare la sicurezza delle scaffalature esistenti è possibile a costi contenuti a fronte di un ragionevole incremento della sicurezza.

- **Rivolgersi ad aziende di comprovata competenza**

Rivolgersi ad aziende competenti e con esperienza consolidata nel campo della sicurezza sismica.



Progettazione, sicurezza ed evoluzione normativa delle scaffalature portapallet sismoresistenti

Grazie per l'attenzione!