



ORDINE
DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA
DI PADOVA

COMPORTAMENTO AL SISMA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI ED IMPIANTISTICI SECONDO NTC 2018

FON
DAZ
IONE
INGEGNERI
PADOVA



fischer 

T.B. STUDIO ASSOCIATO DI
INGEGNERIA EDILE

Ing. Federica Tabanelli

Ing. Marco Bartolozzi

FORMAZIONE

Laurea in Ingegneria Edile (Università degli Studi di Bologna)

ESPERIENZA PROFESSIONALE

Anni 2001 - 2008: Tecnici Progettisti presso noto studio imolese di ingegneria ed architettura

Anni 2009 - oggi: **Soci, Direttori tecnici ed Amministratori**

TIB STUDIO ASSOCIATO DI
INGEGNERIA EDILE

Via Cogne 35, 40026 Imola (BO)

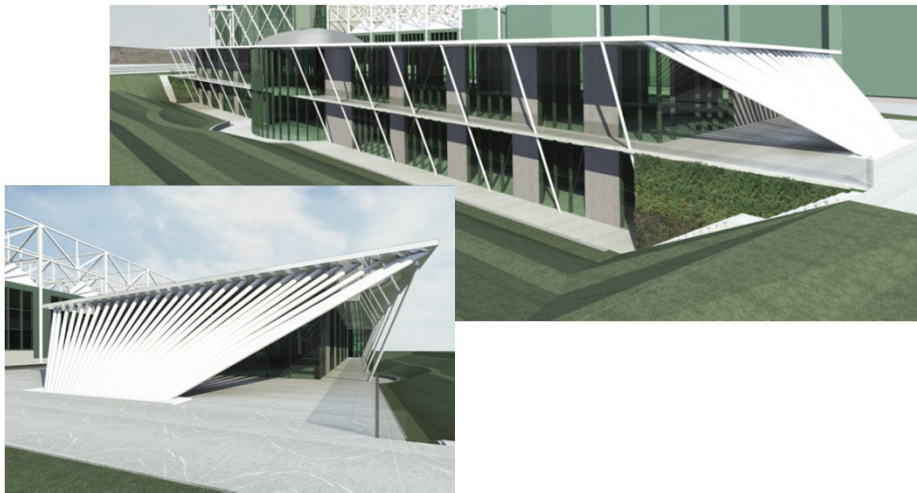
tel. 0542 850190

www.studiotb.com



Lo STUDIO TB si occupa principalmente di:

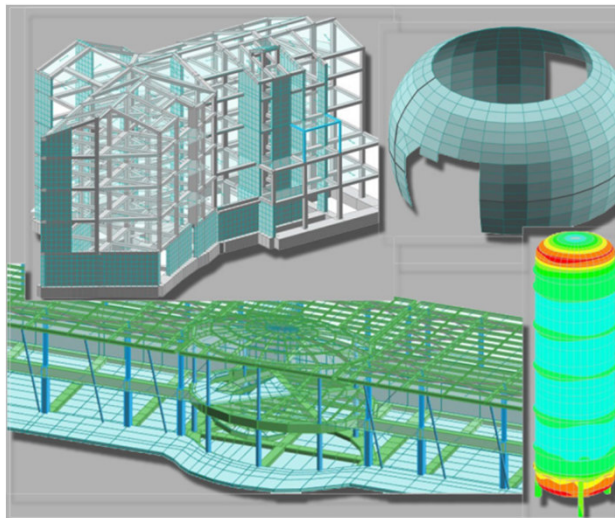
✓ **PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA INTEGRATA**



✓ **DIREZIONE LAVORI ARCHITETTONICA, GENERALE E STRUTTURALE**



✓ **PROGETTAZIONE STRUTTURALE**



✓ **CALCOLO SISMICO DI SERBATOI E CISTERNE**

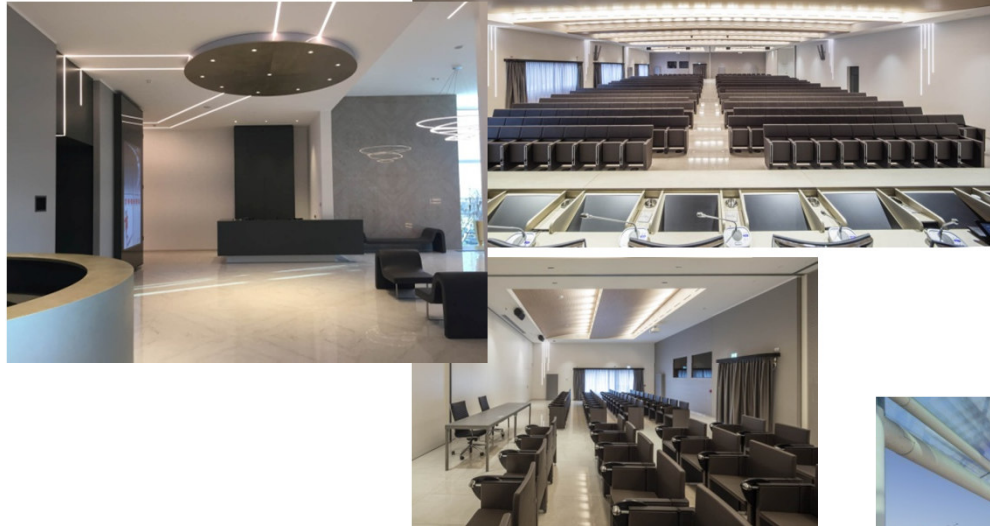
✓ **CALCOLO DEGLI STAFFAGGI PER IMPIANTI ANTISISMICI DI CENTRI COMMERCIALI, AEROPORTI E GRANDI EDIFICI IN GENERE**

✓ **PROGETTAZIONE DI PIANI PARTICOLAREGGIATI E OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA**

✓ **COLLAUDI E PERIZIE**

Alcune realizzazioni STUDIO TB

Auditorium e Sale Corsi



Mense aziendali



Aree relax e reception aziendali



Alcune realizzazioni STUDIO TB

Palazzine uffici



Edifici Specialistici

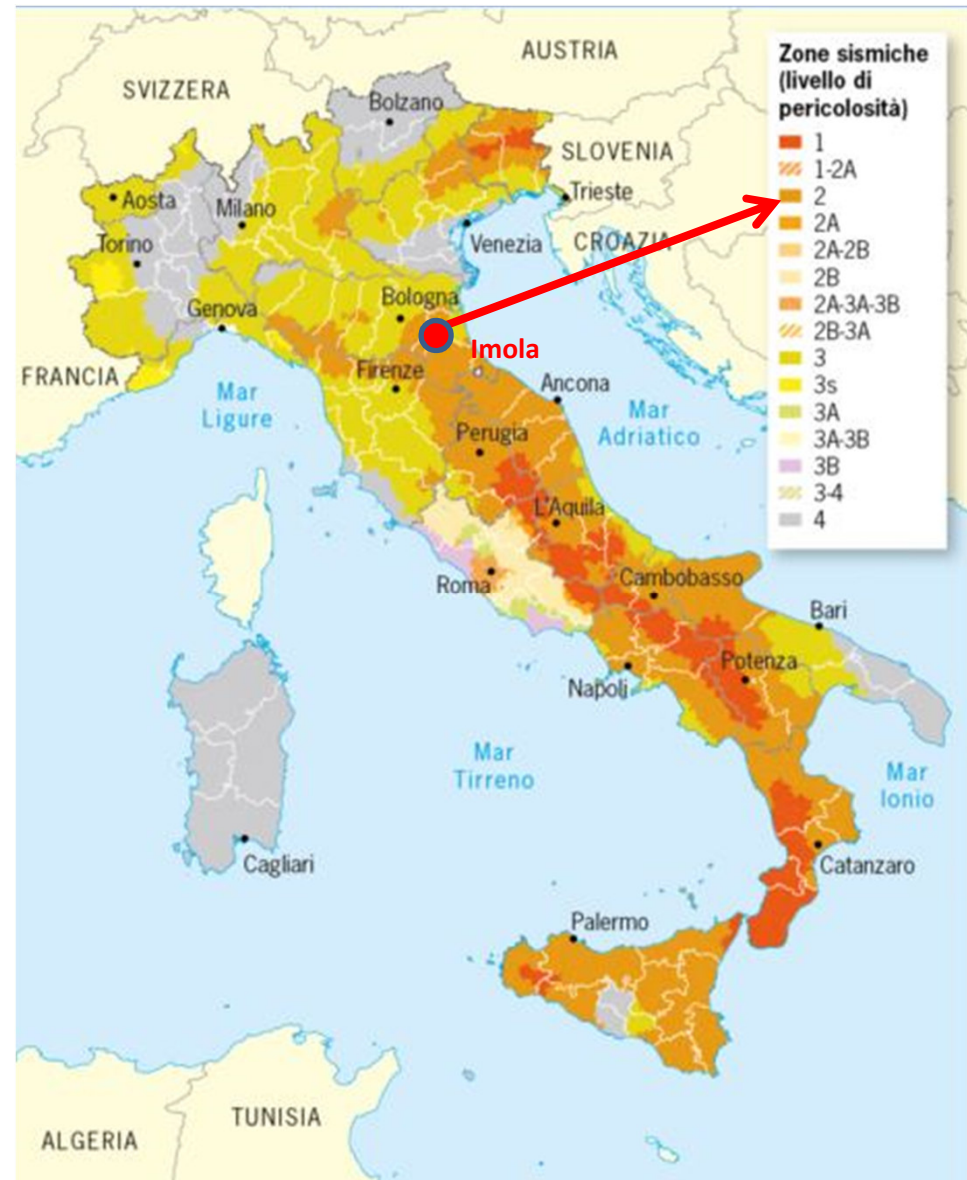


Capannoni industriali



TIB STUDIO ASSOCIATO DI
INGEGNERIA EDILE
IMOLA

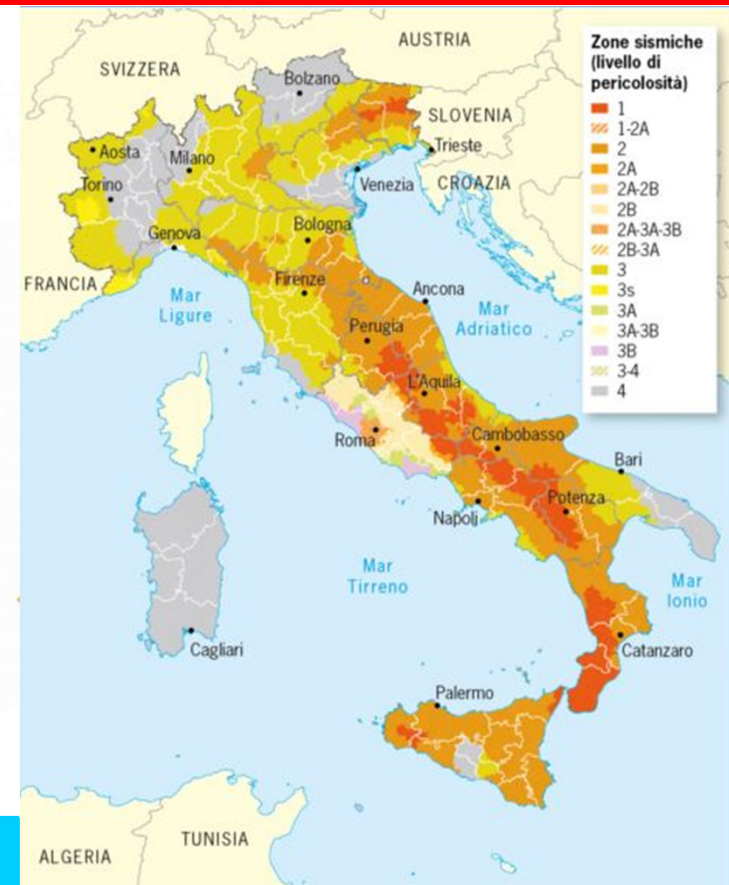
Sismica dal 1983



L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico dell'area mediterranea a causa della sua collocazione geografica

La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della penisola, lungo la dorsale appenninica, in Calabria e Sicilia e in alcune aree settentrionali, come il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale.

L'Italia, negli ultimi anni, è stata interessata da una serie di eventi sismici che hanno colpito i territori dal nord al sud causando perdita di vite umane ed ingenti danni alle strutture edilizie.



- 2002 Molise Puglia
- 2009 L' Aquila
- 2012 Emilia
- 2016 Centro Italia

→ Il **20 marzo 2003** viene emanata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, **n. 3274** *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* che ha segnato una svolta storica a livello nazionale per quanto riguarda le direttive degli edifici.

TUTTA L'ITALIA E' STATA CLASSIFICATA SISMICA

Ordinanza n.3274 del 2003



si è potuto assistere a un susseguirsi di normative e circolari applicative con le quali si sono volute impartire chiare e precise indicazioni che devono essere rispettate da tutte le figure coinvolte nelle fasi di progettazione e realizzazione/ristrutturazione dell'edificio.




MAGGIORE ATTENZIONE

- ASPETTO STRUTTURALE DELL'EDIFICIO (STATICO/SISMICO)
- **TUTTI GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI (ELEMENTI IMPIANTISTICI)**

Nel corso degli anni si è potuto osservare come gli edifici siano in grado di resistere all'azione sismica senza collassare, ma purtroppo sono resi INUTILIZZABILI A CAUSA DEI DANNI SUBITI DA IMPIANTI e altri elementi inseriti all'interno della volumetria dello stesso.



Lo scopo finale è, infatti, riuscire a garantire anche la stabilità degli elementi non strutturali e degli impianti, ponendo particolare attenzione al contesto in cui gli stessi devono operare.

- 
-
- 1. DEFINIZIONE E FUNZIONE DI UNO STAFFAGGIO**
 - 2. PERCHE' E' IMPORTANTE PREVEDERE/PROGETTARE STAFFAGGI SISMICI**
 - 3. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA ITALIANA**
 - 4. FASI DI PROGETTAZIONE DI STAFFAGGI**
 - 5. ESEMPI DI PROGETTI REALIZZATI**

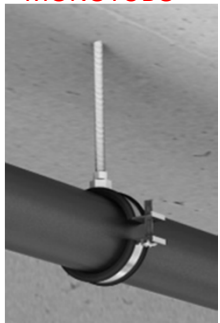
1. DEFINIZIONE E FUNZIONE DI UNO STAFFAGGIO

SISTEMA DI STAFFAGGIO :

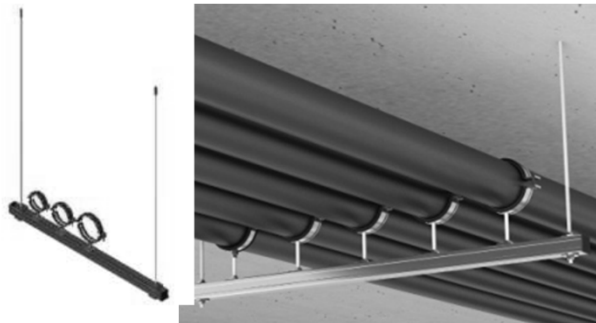
Insieme di elementi costruttivi generalmente in acciaio, industrializzati o progettati occasionalmente, atti a sostenere sistemi impiantistici all'interno di edifici civili o industriali (statico/sismico)

1. Industrializzati SEMPLICI

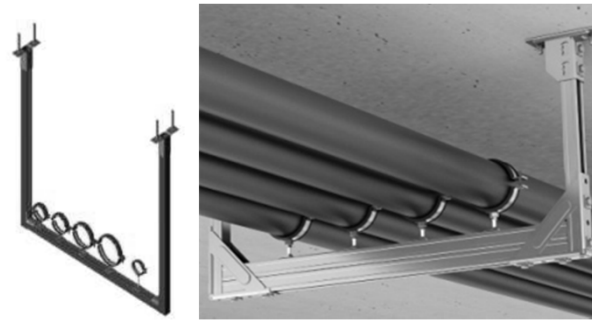
COLLARE APPESO
MONOTUBO



STAFFA CON BARRE FILETTATE E PROFILO



STAFFA CON PROFILO

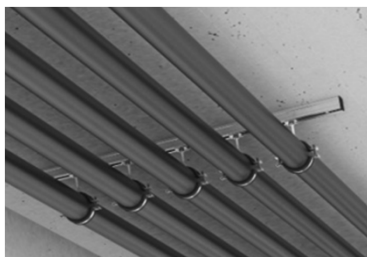


MENSOLA

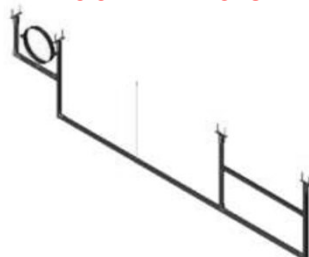


2. Industrializzati COMPOSTI

TUBI APPESI SU PROFILO



SISTEMA MISTO

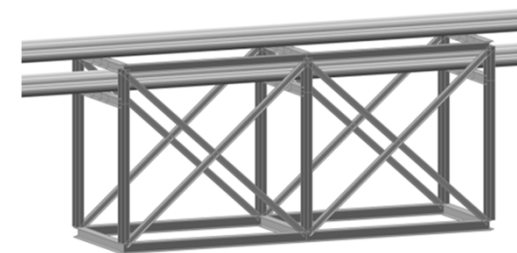


STAFFE MULTIPLE
CON PROFILO



3. OCCASIONALI

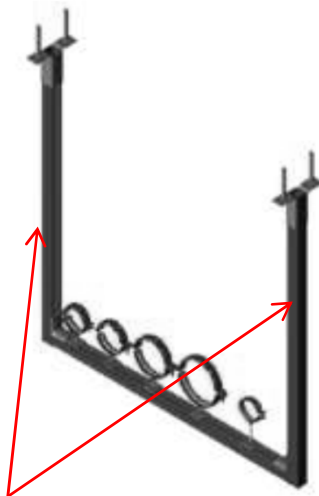
CARPENTERIA
METALLICA PESANTE



STAFFAGGIO SISMICO:

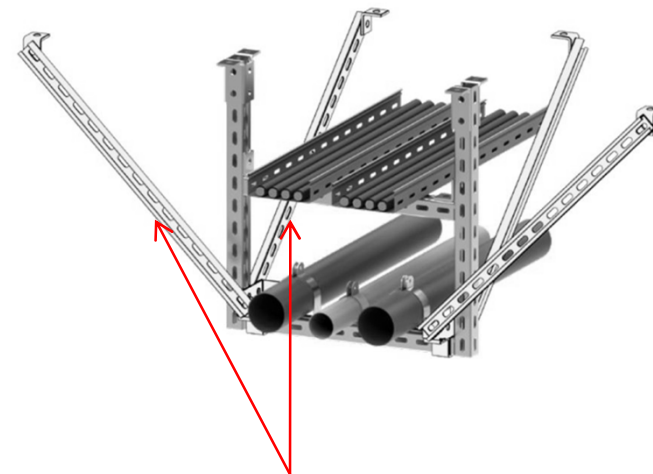
Staffaggio che oltre a resistere ai carichi statici verticali è in grado di assorbire i carichi orizzontali derivanti da un eventuale sisma.

1. SISMICO SEMPLICE



I CARICHI ORIZZONTALI SONO ASSORBITI
DAGLI ELEMENTI VERTICALI CHE
COMPONGONO LO STAFFAGGIO

2. SISMICO CON CONTROVENTI

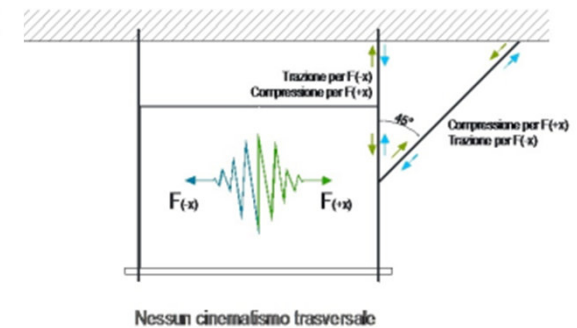
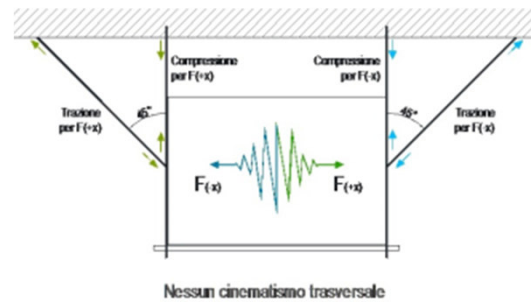
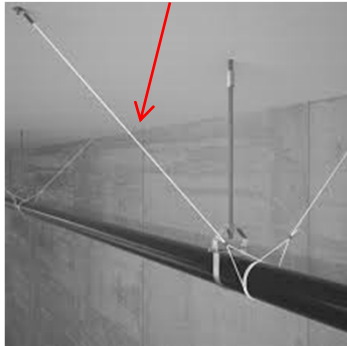


I CARICHI ORIZZONTALI SONO ASSORBITI
PRINCIPALMENTE DAGLI ELEMENTI DI
CONTROVENTO CHE COMPONGONO LO
STAFFAGGIO

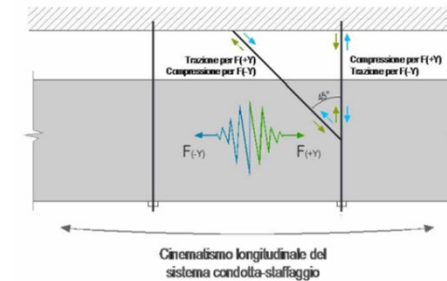
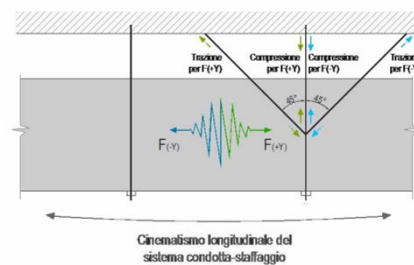
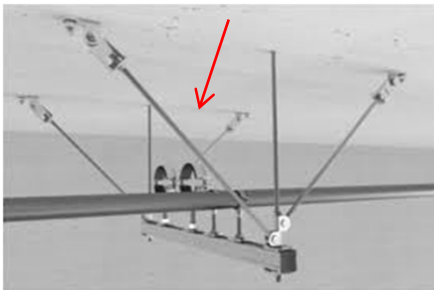
- Profili in acciaio
- Barre filettate

2. SISMICO CON CONTROVENTI

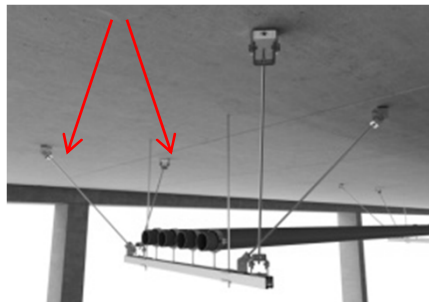
CONTROVENTO TRASVERSALE = assorbe solamente i carichi orizzontali ortogonali alla condotta



CONTROVENTO LONGITUDINALE = assorbe solamente i carichi orizzontali in direzione della condotta

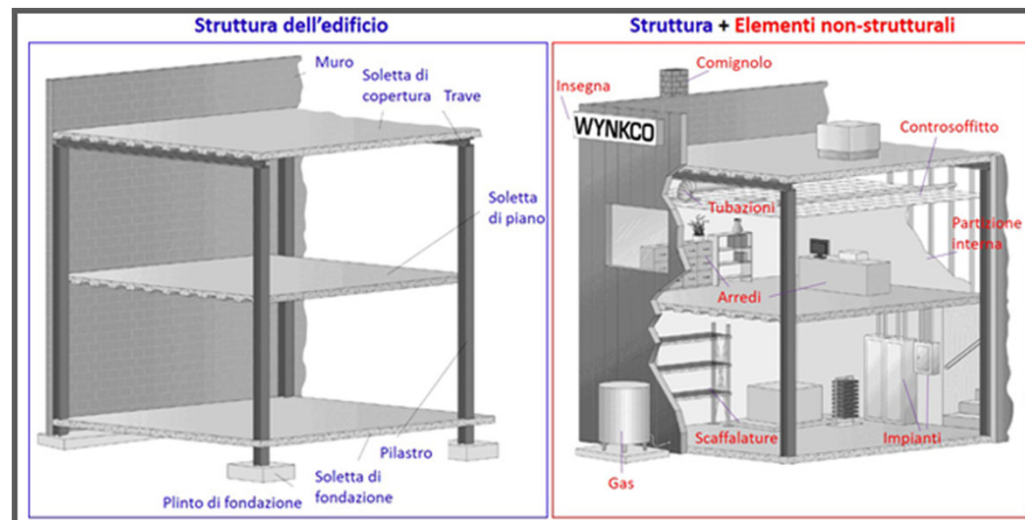


CONTROVENTO DOPPIO = assorbe i carichi orizzontali sia ortogonale che in direzione della condotta



SISTEMA DI STAFFAGGIO = ELEMENTO NON STRUTTURALE / STRUTTURA SECONDARIA

Le strutture di sostegno degli impianti, gli impianti stessi e le opere accessorie che non costituiscono parte della struttura dell'edificio sono descritte come **elementi non strutturali**.
La FUNZIONE DI UNO STAFFAGGIO è quella di fornire un collegamento tra i diversi elementi funzionali degli impianti alla struttura principale.

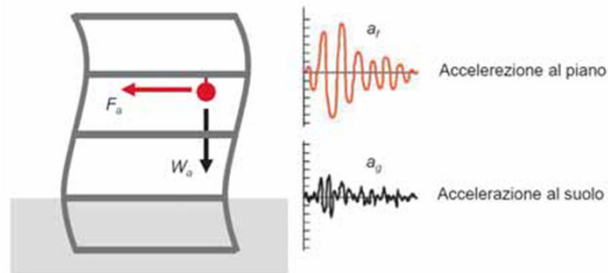


- ✓ Rivestimento e finiture in genere
- ✓ Soffitti sospesi
- ✓ Installazioni impiantistiche, quali: condotte di distribuzione, apparecchiature e macchinari

**Incidenza del 70% del
costo di costruzione**

2. PERCHE' E' IMPORTANTE PREVEDERE/PROGETTARE STAFFAGGI SISMICI

Gli staffaggi richiedono una corretta progettazione che **DEVE** considerare le sollecitazioni che derivano dal peso proprio degli elementi sostenuti e dal comportamento della struttura dell'edificio che contiene gli impianti stessi.



Progettazione a volte complessa che deve considerare, AI VARI PIANI DELL'EDIFICIO, un'accelerazione amplificata rispetto all'accelerazione al suolo

LA NON CORRETTA PROGETTAZIONE PUO' DETERMINARE GRAVI DANNI IN CASO DI EVENTO SISMICO



GRAVI DANNI

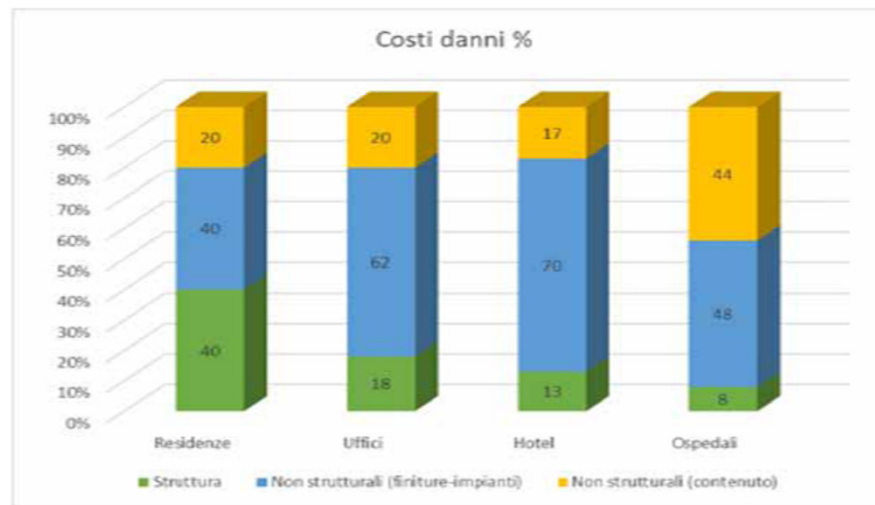
✓ SICUREZZA DELLE PERSONE

l'espulsione o il distacco dei sistemi non strutturali può rappresentare un pericolo per la vita delle persone

✓ FUNZIONALITA'

Per edifici strategici (ospedali, scuole, etc) o ad elevato affollamento devono rimanere operativi durante e dopo gli eventi sismici, fornendo riparo ed assistenza alla popolazione colpita

✓ COSTI DI RIPRISTINO POST-EVENTO SISMICO MOLTO ELEVATI



Danni
elementi non
strutturali
60-90%

DOPO UN SISMA EDIFICI SANI, DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE, SPESSO SONO RESI INUTILIZZABILI DAI DANNI SUBITI DALLE LORO COMPONENTI NON STRUTTURALI

3. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA ITALIANA

✓ **D.M. 96**

ORDINANZA n.3274/2003 (terremoto Molise Puglia)

✓ **D.M. 2008 E CIRCOLARE APPLICATIVA n.617/2009** (terremoto L'Aquila)

✓ **D.M. 2018 e CIRCOLARE APPLICATIVA n.7/2019** (terremoti Centro Italia)

**COME LA NORMATIVA PER LE COSTRUZIONI D.M. 96
TRATTA GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI**

D.M. 16.01.1996 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONE SISMICHE

B.9. Spostamenti e deformazioni.

Siano η_d gli spostamenti elastici relativi tra due punti della struttura dovuti al sisma convenzionale, η_p gli spostamenti elastici relativi tra i medesimi due punti della struttura dovuti alle altre azioni da prendere in considerazione, così come specificato al punto B.8.1. relativamente alla verifica col metodo delle tensioni ammissibili, e al punto B.8.2. relativamente alla verifica agli stati limite ultimi di resistenza, per i quali l'accelerazione sismica è maggiorata di γ_e .

Per limitare la danneggiabilità delle parti non strutturali e degli impianti, gli spostamenti relativi totali η_t sono da valutare convenzionalmente mediante la seguente formula:

$$\eta_t = (\eta_p \pm \lambda \eta_d) / x$$

in cui:

$\lambda = 2$ quando $I = 1,0$

$\lambda = 3$ quando $I = 1,2$

$\lambda = 4$ quando $I = 1,4$

$x = 1$ si utilizza il metodo delle tensioni ammissibili

$x = 1,5$ se si utilizza il metodo degli stati limite.

Con tali spostamenti si devono verificare la stabilità degli elementi non strutturali e la funzionalità degli impianti fissi.

C.6.3. VERIFICHE.

Al fine di eliminare o comunque limitare fortemente i danni agli elementi non strutturali e agli impianti, per i terremoti di medio - bassa intensità, deve essere verificato che, in presenza degli spostamenti relativi η_t tra un piano e il successivo, valutati mediante l'espressione:

$$\eta_t = (\eta_p \pm \lambda \eta_d) / x$$

dove i simboli si interpretano come in B.9., gli elementi non strutturali e gli impianti fissi non subiscano danni tali da impedire la funzionalità dell'edificio.

In mancanza di una specifica valutazione degli effetti del sisma sugli impianti e sugli elementi non strutturali, indicando con h l'altezza d'interpiano, le verifiche di stabilità di cui al punto B.9. possono ritenersi soddisfatte se:

$$\eta_t \leq 0,002 h$$

**PER IL D.M. 96
LE VERIFICHE DI STABILITA' DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI
E LA FUNZIONALITA' DEGLI IMPIANTI
SI POTEVANO LIMITARE
AD UNA VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DI INTERPIANO**

3. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA ITALIANA

**COME LA NORMATIVA PER LE COSTRUZIONI
D.M. 2008 E CIRCOLARE APPLICATIVA N.317/2009
TRATTA GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI**

E DEFINISCE:

- L'AZIONE SISMICA DA APPLICARE AD ESSI**
- LE VERIFICHE DA EFFETTUARE**

DM 14.01.2008 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Definizioni e determinazione della forza sismica da applicare

7.2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI “SECONDARI” ED ELEMENTI NON STRUTTURALI

Alcuni elementi strutturali possono venire considerati “secondari”. Sia la rigidezza che la resistenza di tali elementi vengono ignorate nell’analisi della risposta e tali elementi vengono progettati per resistere ai soli carichi verticali. Tali elementi tuttavia devono essere in grado di assorbire le deformazioni della struttura soggetta all’azione sismica di progetto, mantenendo la capacità portante nei confronti dei carichi verticali; pertanto, limitatamente al soddisfacimento di tale requisito, agli elementi “secondari” si applicano i particolari costruttivi definiti per gli elementi strutturali.

In nessun caso la scelta degli elementi da considerare secondari può determinare il passaggio da struttura “irregolare” a struttura “regolare”, né il contributo alla rigidezza totale sotto azioni orizzontali degli elementi secondari può superare il 15% della analoga rigidezza degli elementi principali.

Con l’esclusione dei soli tamponamenti interni di spessore non superiore a 100 mm, gli elementi costruttivi senza funzione strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l’azione sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite considerati.

Qualora la distribuzione di tali elementi sia fortemente irregolare in pianta, gli effetti di tale irregolarità debbono essere valutati e tenuti in conto. Questo requisito si intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 2 l’eccentricità accidentale di cui al § 7.2.6.

Qualora la distribuzione di tali elementi sia fortemente irregolare in altezza deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significativa riduzione del numero di tali elementi rispetto ai livelli adiacenti. Questo requisito si intende soddisfatto incrementando di un fattore 1,4 le azioni di calcolo per gli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con riduzione dei tamponamenti.

In ogni caso gli effetti degli elementi costruttivi senza funzione strutturale sulla risposta sismica dell’intera struttura vanno considerati nei modi e nei limiti ulteriormente descritti, per i diversi sistemi costruttivi, nei paragrafi successivi. Gli effetti dell’azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale possono essere determinati applicando agli elementi detti una forza orizzontale F_a definita come segue:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a \quad (7.2.1)$$

$$F_a = (S_a W_a) / q_a \quad (7.2.1)$$

dove

F_a è la forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole;

W_a è il peso dell'elemento;

S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1)

q_a è il fattore di struttura dell'elemento.

In assenza di specifiche determinazioni, per q_a si possono assumere i valori riportati in Tab. 7.2.I.

Tabella 7.2.I – Valori di q_a per elementi non strutturale

Elemento non strutturale	q _a
Parapetti o decorazioni aggettanti	1,0
Insegne e pannelli pubblicitari	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	
Pareti interne ed esterne	2,0
Tramezzature e facciate	
Ciminiere, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa	
Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggianti sul pavimento	
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

In mancanza di analisi più accurate S_a può essere calcolato nel seguente modo:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0,5 \right] \quad (7.2.2)$$

dove:

α è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno ag su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame (v. § 3.2.1) e l'accelerazione di gravità g ;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1;

T_a è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;

T_1 è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata;

Z è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione (v. § 3.2.2);

H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione

Per le strutture con isolamento sismico si assume sempre $Z=0$.

Il valore del coefficiente sismico S_a non può essere assunto minore di αS .

7.2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Ciascun elemento di un impianto che ecceda il 30% del carico permanente totale del solaio su cui è collocato o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura, non ricade nelle prescrizioni successive e richiede uno specifico studio.

Gli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto tra loro e alla struttura principale devono essere progettati seguendo le stesse regole adottate per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale ed illustrate nel paragrafo precedente.

L'effetto dell'azione sismica sull'impianto, in assenza di determinazioni più precise, può essere valutato considerando una forza (F_a) applicata al baricentro di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto, calcolata utilizzando le equazioni (7.2.1) e (7.2.2).

Gli eventuali componenti fragili debbono essere progettati per avere resistenza doppia di quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con fattore di struttura q pari ad 1.

Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì debbono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione $T \geq 0,1s$. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto debbono essere flessibili e non possono far parte del meccanismo di vincolo.

Deve essere limitato il rischio di fuoriuscite incontrollate di gas, particolarmente in prossimità di utenze elettriche e materiali infiammabili, anche mediante l'utilizzo di dispositivi di interruzione automatica della distribuzione del gas. I tubi per la fornitura del gas, al passaggio dal terreno alla costruzione, debbono essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi costruzione terreno dovuti all'azione sismica di progetto.

CIRCOLARE 02.02.2009 N. 617 DEL D.M. 2008

Verifiche da effettuare e regole applicative

C7.2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

In aggiunta a quanto già indicato nelle NTC, si segnala che i corpi illuminanti debbono essere dotati di dispositivi di sostegno tali da impedirne il distacco in caso di terremoto; in particolare, se montati su controsoffitti sospesi, devono essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali e trasversali del controsoffitto e non direttamente ad esso.

Alcune indicazioni aggiuntive relative agli impianti sono riportate nell'Appendice C8I al presente documento, relativa al Cap.C8 (Costruzioni esistenti).

APPENDICE AL CAPITOLO C8 "COSTRUZIONI ESISTENTI"

C8A.9. INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI SOGGETTI AD AZIONI SISMICHE

I danni causati dal terremoto ai componenti e ai sistemi non strutturali sono stati una fonte di grande preoccupazione per diversi decenni. Mentre ci sono stati notevoli miglioramenti nella risposta dei sistemi strutturali resistenti alle forze laterali, i terremoti hanno continuato a rivelare la poca attenzione prestata all'ancoraggio e al controventamento dei componenti e dei sistemi non strutturali. Persino nei casi in cui i terremoti hanno causato danni di piccola entità o addirittura nulli ai sistemi strutturali degli edifici, i componenti non strutturali hanno subito danni estesi, soprattutto a causa di un ancoraggio o controventamento impropri. I danni sismici alle installazioni non strutturali non solo possono risultare costosi, ma possono anche rendere la struttura inutilizzabile per un periodo di tempo che può variare da alcune settimane a diversi mesi. L'ancoraggio ed il controventamento corretti dei componenti e dei sistemi non strutturali è cruciale in strutture strategiche, come gli ospedali, e possono contribuire a che questi servizi siano disponibili e utilizzabili subito dopo una calamità.

Le NTC, ai §§ 7.2.3 e 7.2.4, contengono prescrizioni esplicite per la progettazione e l'ancoraggio sismico di sistemi e componenti non strutturali. Un obiettivo di questa Appendice consiste nel fornire un aiuto per la comprensione e l'applicazione dei requisiti delle NTC.

C8A.9.1 INDIVIDUAZIONE DEI COMPONENTI NON STRUTTURALI CHE RICHIEDONO UNA VALUTAZIONE SISMICA

La scelta dei componenti non strutturali da sottoporre ad una valutazione sismica si basa sulle seguenti considerazioni:

CIRC. D.M.2008

- la sismicità (identificata dalla Zona Sismica)
- la vulnerabilità sismica del componente
- l'importanza del componente per la funzionalità nel periodo post-terremoto
- il costo e il grado di interruzione dei servizi necessari per adeguare o ancorare il componente

Lo scopo è concentrare le risorse di progettazione e di costruzione sui miglioramenti sismici non strutturali più critici e convenienti da un punto di vista di rapporto costo/benefici.

La Tabella C8A.9.1 illustra alcune raccomandazioni non esaustive per specifici componenti e sistemi non strutturali, per lo più presenti in complessi ospedalieri. Le raccomandazioni sono fornite sia per le installazioni già esistenti che per quelle nuove. Esse dipendono sia dal tipo di componente o di sistema che dalla zona sismica in cui si trova l'opera.

In generale i sistemi che hanno un'elevata vulnerabilità, una grande importanza, e un basso costo di adeguamento sismico e una limitata interruzione dei servizi necessaria per portare a termine l'adeguamento, sono da considerarsi come candidati per l'adeguamento in tutte le zone sismiche. I sistemi a bassa vulnerabilità o poca importanza, costosi o gravosi da adeguare in termini di interruzione dei servizi dovrebbero essere considerati per l'adeguamento nelle zone 1 e 2. In generale, fornire protezione sismica ad una nuova installazione rispetto ad una già esistente comporta minori costi aggiuntivi d'interruzione dei servizi.

Di conseguenza nella Tabella C8A.9.1 sono segnalate tipologie di componenti non strutturali che dovrebbero essere sismicamente ancorati, se installati ex novo, ma sui quali potrebbe non essere conveniente intervenire, nel caso in cui siano già esistenti. **Le raccomandazioni in Tabella C8A.9.1 si basano sulle osservazioni dei danni degli ultimi terremoti e sulla vulnerabilità, importanza e costi di adeguamento sismico presunti per sistemi tipici.**

C8A.9.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE E AZIONI DI VERIFICA

Se non si eseguono delle indagini più dettagliate, le forze agenti sui componenti non strutturali possono essere calcolate in base ai §§ 7.2.3 e 7.2.4 delle NTC.

Un altro modo di calcolo delle forze sismiche agenti su un componente non strutturale è dato dall'uso diretto dei risultati delle analisi dinamiche dell'edificio, per esempio determinando o la massima accelerazione o gli spettri di risposta a ciascun piano.

Tabella C8A.9.1 - Raccomandazioni per la valutazione e l'adeguamento di componenti non strutturali esistenti e per l'ancoraggio di componenti non strutturali di nuova installazione al variare della zona sismica (continua)

Componente	Vulnerabilità ⁽¹⁾	Importanza	Costo & interruzione per l'adeguamento	Valutazione / adeguamento se esistenti nelle zone ⁽²⁾ :	Ancoraggi se nuovi nelle zone ^(2,3) :
<i>Sistemi di distribuzione</i>					
Tubature sospese nei sistemi critici con un diametro nominale >200 mm e su attacchi lunghi più di 500 mm	Media	Alta	Medio	1 2	1 2 3
Tubature sospese di diametro nominale >100 mm e attacchi lunghi più di 300 mm	Medio-bassa	Medio-alta	Medio		1 2
Condotto per gli impianti di riscaldamento, ventilazione, e condizionamento d'aria	Bassa	Medio-alta	Medio		1
Componenti dell'impianto elettrico come condotti contenenti i cavi e piattaforme di sostegno dei condotti per la distribuzione dell'energia elettrica	Bassa	Alta	Medio		1
<i>Componenti architettonici</i>					
Soffitto sospeso o a pannelli	Bassa	Medio-bassa	Medio		1
Lampadari su controsoffitti	Bassa	Media	Medio-basso	1	1 2
Tamponamenti interni non armati in muratura	Media	Media	Molto alto		1 2
Muri esterni di mattoni non rinforzati	Media	Media	Molto alto		1 2

(1) La vulnerabilità è quella assunta per alta sismicità.

(2) Le raccomandazioni si basano sulle osservazioni dei danni dei terremoti passati e sull'ipotesi di vulnerabilità, importanza e costi di adeguamento per sistemi tipici.

(3) La colonna "Ancoraggi se nuovi nelle zone" riguarda i componenti o i sistemi di nuova installazione in edifici sia nuovi che esistenti.

PER D.M. 2008 E RELATIVA CIRCOLARE APPLICATIVA

✓ LA FORZA SISMICA DA APPLICARE
ALLE COMPONENTI NON STRUTTURALI E' BEN DEFINITA

✓ NON ANCORA BEN DEFINITE
LE VERIFICHE DA AFFETTUARE E LE TIPOLOGIE DI COMPONENTI CHE POSSONO
ESSERE ESCLUSE DALLA VERIFICA/PROGETTAZIONE

✓ NON CHIARE LE RESPONSABILITA'
(CHI SI DEVE OCCUPARE DELLA PROGETTAZIONE DEGLI STAFFAGGI SISMICI?)

3. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA ITALIANA

**COME LA NORMATIVA PER LE COSTRUZIONI
D.M. 2018 E CIRCOLARE APPLICATIVA N.7/2019
TRATTA GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI**

E DEFINISCE:

- L'AZIONE SISMICA DA APPLICARE AD ESSI**
- LE VERIFICHE DA EFFETTUARE**

DM 17.01.2018 NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Definizioni e determinazione della forza sismica da applicare

7.2.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

ELEMENTI SECONDARI

Alcuni elementi strutturali possono essere considerati “secondari”; nell’analisi della risposta sismica, la rigidità e la resistenza alle azioni orizzontali di tali elementi possono essere trascurate. Tali elementi sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e per seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante. Gli elementi secondari e i loro collegamenti devono quindi essere progettati e dotati di dettagli costruttivi per sostenere i carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC, valutati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3, oppure, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4.

ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

Per elementi costruttivi non strutturali s’intendono quelli con rigidità, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell’incolumità delle persone.

La capacità degli elementi non strutturali, compresi gli eventuali elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). Quando l’elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettarne la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione; quando invece l’elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell’installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

La domanda sismica sugli elementi non strutturali può essere determinata applicando loro una forza orizzontale F_a definita come segue:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a \quad (7.2.1)$$

In assenza di specifiche determinazioni, per S_a e q_a può farsi utile riferimento a documenti di comprovata validità.

7.2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Il presente paragrafo fornisce indicazioni utili per la progettazione e l'installazione antisismica degli impianti, intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale. A meno di contrarie indicazioni della legislazione nazionale di riferimento, della progettazione antisismica degli impianti è **responsabile il produttore**, della progettazione antisismica degli elementi di alimentazione e collegamento è **responsabile l'installatore**, della progettazione antisismica degli orizzontamenti, delle tamponature e dei tramezzi a cui si ancorano gli impianti è **responsabile il progettista strutturale**.

La capacità dei diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare (v. § 7.3.6). È compito del progettista della struttura individuare la domanda, mentre è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata.

Non ricadono nelle prescrizioni successive e richiedono uno specifico studio gli impianti che eccedano il 30% del carico permanente totale del campo di solaio su cui sono collocati o del pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui sono appesi o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura.

In accordo con i criteri della progettazione in capacità gli eventuali componenti fragili devono avere capacità doppia di quella degli eventuali componenti duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con modello elastico e fattore di comportamento q pari ad 1,5. La domanda valutata con i criteri della progettazione in capacità può essere assunta non superiore alla domanda valutata per il caso di comportamento strutturale non dissipativo.

Definizioni e determinazione della forza sismica da applicare

C7.2.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

Elementi Secondari⁵

Gli elementi strutturali secondari devono essere in grado, nella configurazione deformata più sfavorevole, di mantenere la loro capacità portante nei confronti dei carichi verticali tenendo conto, quando necessario, delle non linearità geometriche nei modi specificati nel § 7.3 delle NTC. Quando gli elementi secondari soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC, valutati come previsto nel § 7.2.3 delle NTC, non subiscono plasticizzazioni, per questi ultimi possono essere adottati i particolari costruttivi prescritti al Capitolo 4; in caso contrario valgono le prescrizioni del Capitolo 7.

Elementi costruttivi non strutturali

Le NTC classificano gli elementi costruttivi non strutturali in due gruppi:

- 1) elementi con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale;
- 2) elementi che influenzano la risposta strutturale solo attraverso la loro massa, ma sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone.

Ai fini anche della determinazione della domanda sismica, per il primo gruppo di elementi non strutturali, si potrà introdurre, in relazione al tipo di verifica e di analisi da effettuarsi, nel modello strutturale globale oltre alla massa degli elementi che viene sempre considerata anche la loro rigidezza descrivendone le condizioni di vincolo alla struttura.

Per il secondo gruppo di elementi non strutturali, ottenuta la risposta in accelerazione della struttura a ciascun piano, la si può assimilare ad una forzante esterna da applicare all'elemento non strutturale, così ricavando la domanda sismica su di esso.

La verifica degli elementi non strutturali, degli impianti o, per le costruzioni di muratura, dei meccanismi locali richiede una corretta valutazione dell'input sismico; il moto alla base dell'edificio è infatti filtrato dalla risposta della costruzione, in relazione alle sue caratteristiche dinamiche (frequenze proprie) e alla quota alla quale gli elementi soggetti a verifica sono collocati (forme modali); a tal fine risulta utile la seguente definizione di spettri di risposta di piano.

Spettri di risposta di piano

Gli spettri di risposta di piano rappresentano un modello per la valutazione dell'azione sismica in un predeterminato punto della struttura. Diverse formulazioni, più o meno approssimate, possono essere utilizzate. Nel seguito si riportano alcuni possibili metodi di calcolo, è ammesso l'uso anche di altre formulazioni purché di comprovata e documentata validità.

Gli spettri di risposta di ciascun piano possono essere determinati, a partire dalla risposta in accelerazione della struttura alla quota considerata, nell'ipotesi semplificativa che la struttura possa essere assunta come una forzante armonica per l'elemento non strutturale, portando in conto le amplificazioni dovute agli effetti dinamici sul singolo elemento non strutturale, legate al suo periodo di oscillazione e al suo coefficiente di smorzamento nonché alle corrispondenti caratteristiche della struttura.

Nella formula [7.2.1], il parametro S_a rappresenta appunto l'accelerazione massima (risposta), normalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma, per lo stato limite considerato. L'involuppo dei valori assunti da S_a al variare del periodo proprio T_n , a un generico piano della costruzione, costituisce lo spettro di risposta di quel piano.

L'accelerazione del piano j-esimo della struttura relativa al modo i-esimo è data dalla relazione:

$$S_{ij} = \varphi_{ij} \Gamma_i S_i(T_i) \quad [C7.2.1]$$

dove:

- $S_i(T_i)$ è l'ordinata dello spettro relativa al modo i-esimo (normalizzata rispetto a g ed eventualmente ridotta attraverso il fattore di comportamento q della costruzione);
- Γ_i è il "fattore di partecipazione modale", definito dalla relazione:

$$\Gamma_i = \frac{\varphi_i^T M \tau}{\varphi_i^T M \varphi_i} \quad [C7.2.2]$$

Il vettore τ è il vettore di trascinamento corrispondente alla direzione del sisma considerata; il vettore φ_i è la forma modale del modo i-esimo normalizzata al valore massimo; la matrice M è la matrice di massa del sistema reale.

L'accelerazione dell'elemento non strutturale al piano considerato, nella direzione considerata, per il modo i-esimo, è data, dunque, dall'equazione:

$$S_{a,ij} = S_{ij} R \left(\frac{T_a}{T_i}; \xi_a \right) \quad [C7.2.3]$$

dove R, fattore di amplificazione dell'elemento non strutturale, è funzione del coefficiente di smorzamento ξ_a dell'elemento e del rapporto tra il periodo dell'elemento T_a e il periodo del modo i-esimo della struttura T_i e vale:

$$R = \left[\left(2\xi_a \frac{T_a}{T_i} \right)^2 + \left(1 - \left(\frac{T_a}{T_i} \right)^2 \right)^2 \right]^{-\beta} \quad [C7.2.4]$$

L'eq. C7.2.3 rappresenta la risposta del singolo elemento non strutturale di periodo T_a , posto al piano j-esimo, per effetto del modo di vibrare i-esimo della struttura e tiene conto attraverso il coefficiente β (variabile tra 0,4 e 0,5) dell'accoppiamento tra ciascun modo di vibrare della struttura e il modo proprio dell'elemento non strutturale. La risposta totale si ottiene combinando opportunamente le risposte relative ai diversi modi, ad es. attraverso la regola SRSS.

La norma consente infine di ridurre la domanda sismica S_a su ciascun elemento non strutturale attraverso uno specifico fattore di comportamento q_a . In tabella [C7.2.I] sono riportati i valori di q_a utilizzabili per le tipologie ricorrenti di elementi non strutturali.

Tabella C7.2.I - Valori di q_a per elementi non strutturali

Elemento non strutturale	q_a
Parapetti o decorazioni aggettanti Insegne e pannelli pubblicitari Comignoli antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	1,0
Pareti interne ed esterne Tramezzatura e facciate Comignoli, antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole non controventate per meno di metà della loro altezza o connesse alla struttura in corrispondenza o al di sopra del loro centro di massa Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggianti sul pavimento	2,0
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

È opportuno che il progettista, in base a considerazioni specifiche sulla risposta strutturale dell'elemento, indichi espressamente il gruppo attribuito a ciascun elemento non strutturale e il tipo di modellazione adottata. Nell'attribuzione del gruppo è opportuno ricordare che uno stesso elemento strutturale, ad esempio una tamponatura robusta, può appartenere al gruppo 1 per azioni sismiche nel proprio piano medio e al gruppo 2 per azioni sismiche ortogonali al proprio piano medio e tenere opportuno conto di ciò nel modello di calcolo.

Poiché la risposta degli elementi non strutturali è legata, attraverso il periodo proprio dell'elemento, ai modi di vibrare della struttura, nel valutarne la risposta si deve considerare un intervallo nell'intorno del periodo fondamentale della struttura, che tenga conto, per il limite inferiore dell'intervallo, delle possibili incertezze di modellazione o dell'incremento di rigidità rispetto al modello di riferimento dovuta agli elementi non strutturali, per il limite superiore dell'intervallo, dell'incremento di periodo dovuto alle plasticizzazioni, da valutarsi in funzione del fattore di comportamento attribuito alla struttura. Lo stesso fattore di comportamento deve essere utilizzato per la valutazione della risposta spettrale inelastica della struttura.

Formulazione semplificata, a diverse quote, per elementi non strutturali, impianti, eventuali meccanismi locali

Nel seguito è fornita una formulazione analitica semplificata, valida per gli elementi non strutturali, per gli impianti e per eventuali meccanismi locali, valida qualunque sia la tipologia della costruzione.

La formulazione analitica semplificata consente di valutare lo spettro di accelerazione $S_{eZ}(T, \xi)$ ad una quota z significativa per l'elemento non strutturale, l'impianto o il meccanismo locale in esame; la formulazione è basata sulle proprietà dinamiche della struttura principale e sui valori dello spettro di risposta alla base dell'edificio calcolati in corrispondenza dei periodi propri della costruzione.

Questa formulazione consente di tenere conto del contributo fornito da tutti i modi di vibrazione ritenuti significativi; in linea generale devono essere preventivamente individuate le forme di vibrazione (ed i relativi periodi) significative per l'elemento non strutturale, l'impianto o il meccanismo locale in esame, anche in relazione alla sua posizione in pianta (la sommatoria nella formula che segue è estesa a questi modi, identificati dal pedice k):

$$S_{eZ}(T, \xi, z) = \sqrt{\sum (S_{eZ,k}(T, \xi, z))^2} (\geq S_e(T, \xi) \text{ per } T > T_1) \quad [C7.2.5]$$

$$S_{eZ,k}(T, \xi, z) = \begin{cases} \frac{1.1 \xi_k^{-0.5} \eta(\xi) a_{z,k}(z)}{1 + [1.1 \xi_k^{-0.5} \eta(\xi) - 1] \left(1 - \frac{T}{aT_k}\right)^{1.6}} & \text{per } T < aT_k \\ 1.1 \xi_k^{-0.5} \eta(\xi) a_{z,k}(z) & \text{per } aT_k \leq T < bT_k \\ \frac{1.1 \xi_k^{-0.5} \eta(\xi) a_{z,k}(z)}{1 + [1.1 \xi_k^{-0.5} \eta(\xi) - 1] \left(\frac{T}{bT_k} - 1\right)^{1.2}} & \text{per } T \geq bT_k \end{cases} \quad [C7.2.6]$$

$$a_{z,k}(z) = S_g(T_k, \xi_k) |\gamma_k \psi_k(z)| \sqrt{1 + 0.0004 \xi_k^2} \quad [C7.2.7]$$

dove:

$S_g(T, \xi)$ è lo spettro di risposta elastico al suolo, valutato per il periodo equivalente T e lo smorzamento viscoso equivalente ξ dell'elemento non strutturale, dell'impianto o del meccanismo locale considerato;

$S_{eZ,k}$ è il contributo allo spettro di risposta di piano fornito dal k -esimo modo della struttura principale, di periodo proprio T_k e smorzamento viscoso equivalente ξ_k (in percentuale);

a e b sono coefficienti che definiscono l'intervallo di amplificazione massima dello spettro di piano, che possono essere assunti pari a 0.8 e 1.1 rispettivamente;

γ_k è il k -esimo coefficiente di partecipazione modale della costruzione;

$\psi_k(z)$ è il valore della k -esima forma modale alla quota z , nella posizione in pianta dove è collocato il meccanismo locale da verificare;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per un coefficiente di smorzamento ξ diverso dal 5%, dato dalla (3.2.4) nel § 3.2.3.2.1;

$a_{z,k}$ è il contributo del k -esimo modo alla accelerazione massima di piano.

L'accelerazione massima alla quota z è quindi fornita dalla seguente espressione:

$$a_z(z) = \sqrt{\sum (a_{z,k}(z))^2} \quad [C7.2.8]$$

mentre il contributo al picco di accelerazione spettrale in corrispondenza del periodo T_k , fornito dal k -esimo modo, vale:

$$S_{vz,k}(T_k, \xi, z) = 1.1 \xi_k^{-0.5} \eta(\xi) a_{z,k}(z) \quad [C7.2.9]$$

Nella verifica di meccanismi locali in edifici multipiano è, in genere, sufficiente riferirsi al solo primo modo di vibrare nella direzione di verifica, in quanto è quello che induce la domanda di spostamento più significativa; nel caso in cui si stia eseguendo una verifica globale dell'edificio principale attraverso un'analisi statica non lineare, per il periodo T_1 può essere assunto il periodo elastico T^* , dato dalla formula [C7.3.6] riportata nel § C7.3.4.2.

Una valutazione più accurata di T_1 richiederebbe la stima del periodo secante del sistema bilineare, in corrispondenza della domanda di spostamento (v. equazione [C7.3.7] o [C7.3.8]) prodotta dall'accelerazione al suolo che porta allo stato limite il meccanismo locale (procedimento iterativo che tiene conto dello stato di danneggiamento della struttura principale, al raggiungimento dello stato limite da parte del meccanismo locale).

In assenza di tali valutazioni, il periodo T_1 può essere stimato con la formula [7.3.6] del § 7.3.3.2.

Nel caso di strutture con masse distribuite in maniera sostanzialmente uniforme lungo l'altezza, se si assume la prima forma modale lineare e la si normalizza allo spostamento in sommità all'edificio, il coefficiente di partecipazione modale può essere approssimato dalla formula:

$$\gamma_1 = \frac{3n}{2n+1} \quad [C7.2.10]$$

dove n è il numero di piani.

Si segnala che gli spettri alle diverse quote sono fortemente influenzati dal livello di non linearità della struttura principale; essi presentano infatti una forte amplificazione in corrispondenza del periodo fondamentale della struttura elastica. Tale amplificazione si riduce considerevolmente quando la struttura entra in campo non lineare. La formulazione proposta considera tale effetto attraverso lo smorzamento viscoso equivalente ξ_k e l'incremento del periodo equivalente T_k .

Formulazione semplificata per costruzioni con struttura a telai

Per le sole costruzioni con struttura intelaiata, in alternativa alle precedenti formulazioni e nell'ipotesi di andamento delle accelerazioni strutturali linearmente crescente con l'altezza, l'accelerazione massima $S_a(T_a)$ può essere determinata attraverso l'espressione [C7.2.5].

In alternativa all'utilizzo di specifici spettri di risposta di piano e nell'ipotesi di andamento delle accelerazioni strutturali linearmente crescenti con l'altezza, l'accelerazione massima $S_a(T_a)$ può essere determinata attraverso l'espressione [C7.2.5 o 11].

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a < aT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) a_p & \text{per } aT_1 \leq T_a < bT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{bT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a \geq bT_1 \end{cases} \quad [C7.2.11]$$

dove:

- α è il rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame (si veda § 3.2.1) e l'accelerazione di gravità g ;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1;
- T_a è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;
- T_1 è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata;
- z è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;
- H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione;

a, b, a_p sono parametri definiti in accordo con il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione (si vedano Fig. C.7.2.4 e Tabella C.7.2.II).

Per le strutture con isolamento sismico si assume sempre $z = 0$.

Gli spettri di piano, descritti attraverso l'eq. C7.2.11, sono in generale conservativi per un ampio campo di periodi, con particolare riguardo a elementi non strutturali aventi periodo proprio prossimo al periodo fondamentale della costruzione. In particolare i parametri a , b e a_p sono stati definiti in accordo con il periodo proprio della struttura e calibrati per tener conto dell'elongazione del periodo fondamentale, legata alle non linearità del sistema, e del contributo dei modi superiori.

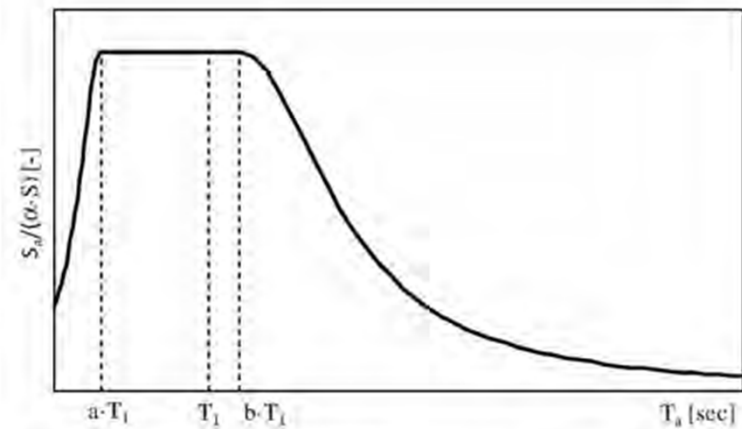


Figura. C7.2.3 –Spettri di risposta di piano per gli elementi non strutturali

Tabella C7.2.II- Parametri a , b , a_p in accordo con il periodo di vibrazione della costruzione T_1 .

	a	b	a_p
$T_1 < 0,5 \text{ s}$	0,8	1,4	5,0
$0,5 \text{ s} < T_1 < 1,0 \text{ s}$	0,3	1,2	4,0
$T_1 > 1,0 \text{ s}$	0,3	1,0	2,5

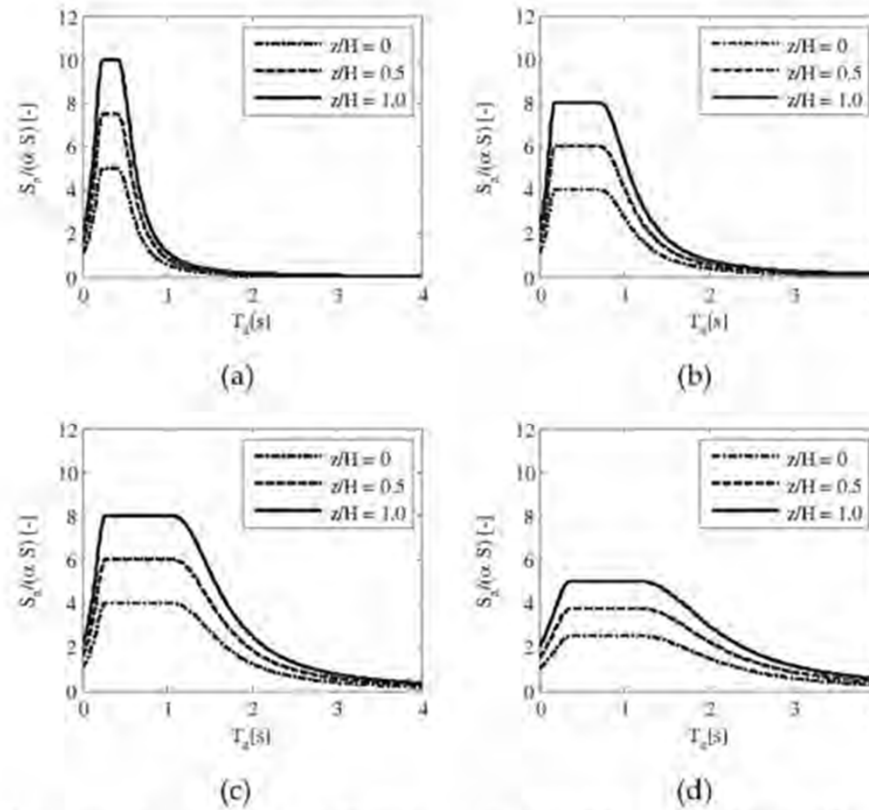


Figura C7.2.4 - Accelerazione massima, normalizzata rispetto ad αS , per i seguenti valori di T_1 : (a) $T_1 = 0.3$ s, (b) $T_1 = 0.6$ s, (c) $T_1 = 0.9$ s, (d) $T_1 = 1.2$ s.

Verifiche da effettuare e regole applicative

D.M.2018

7.3.6. RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Le verifiche degli elementi non strutturali (NS) e degli impianti (IM) si effettuano in termini di funzionamento (FUN) e stabilità (STA), come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Tabella C7.3.I – Stati Limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti: descrizione delle prestazioni e corrispondenti verifiche

STATI LIMITE	Descrizione della prestazione	ST			NS	IM		Classe d'uso			
		RIG	RES	DUT (SPO)	STA	FUN	STA	I	II	III IV	
SLE	SLO	NS	§ 7.3.6.1								x
		ST									
	IM					§ 7.3.6.3					x
SLD	ST			§ 7.3.1							x
	NS	§ 7.3.6.1							x	x	
ST											
SLU	SLV	ST		§ 7.3.6.1					x	x	x
		NS				§ 7.3.6.3				x	x
	IM						§ 7.3.6.3		x	x	

CIRC. D.M.2018

7.3.6.3 IMPIANTI (IM)

VERIFICHE DI FUNZIONAMENTO (FUN)

Per gli impianti, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SL e alla CU considerati non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

VERIFICHE DI STABILITÀ (STA)

Per ciascuno degli impianti principali, i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL e alla CU considerati.

AL CAPITOLO C8 "COSTRUZIONI ESISTENTI"

C8.7.6 INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI SOGGETTI AD AZIONI SISMICHE

I danni causati dal terremoto ai componenti e ai sistemi non strutturali possono essere significativi. Ai notevoli miglioramenti nella concezione sismica dei sistemi strutturali resistenti non sono corrisposti significativi progressi nell'ambito dell'ancoraggio e del controventamento dei componenti e dei sistemi non strutturali, che spesso hanno subito danni estesi, anche nel caso di terremoti di modesta intensità. D'altro canto, i danni sismici di componenti non strutturali e impianti possono essere tali da rendere la struttura inutilizzabile per un periodo di tempo anche molto lungo, con conseguenze notevoli, in particolare per le strutture strategiche.

Le NTC, ai §§ 7.2.3 e 7.2.4, contengono prescrizioni esplicite per la progettazione di sistemi e componenti non strutturali.

C8.7.6.1 INDIVIDUAZIONE DEI COMPONENTI NON STRUTTURALI CHE RICHIEDONO UNA VALUTAZIONE SISMICA

La scelta dei componenti non strutturali da sottoporre ad una valutazione sismica si basa sulle seguenti considerazioni:

- la pericolosità sismica,
- la vulnerabilità sismica del componente,
- l'importanza del componente per la funzionalità nel periodo post-terremoto,
- il costo e il grado di interruzione dei servizi necessari per adeguare o ancorare il componente.

Tabella C8.7.6.3.I - Raccomandazioni per la valutazione e l'adeguamento di componenti non strutturali esistenti e per l'ancoraggio di componenti non strutturali di nuova installazione al variare della zona sismica

Componente	Vulnerabilità ⁵	Importanza	Costo & interruzione per l'adeguamento	Valutazione / adeguamento se esistenti nelle zone ⁶			Ancoraggi se nuovi nelle zone ^{7,8}		
				1	2	3	1	2	3
<i>Sistemi di distribuzione</i>									
Tubature sospese nei sistemi critici con un diametro nominale >200 mm e su attacchi lunghi più di 500 mm	Media	Alta	Medio	1	2		1	2	3
Tubature sospese di diametro nominale >100 mm e attacchi lunghi più di 300 mm	Medio-bassa	Medio-alta	Medio				1	2	
Condotto per gli impianti di riscaldamento, ventilazione, e condizionamento d'aria	Bassa	Medio-alta	Medio				1		
Componenti dell'impianto elettrico come condotti contenenti i cavi e piattaforme di sostegno dei condotti per la distribuzione dell'energia elettrica	Bassa	Alta	Medio				1		
<i>Componenti architettonici</i>									
Soffitto sospeso o a pannelli	Bassa	Medio-bassa	Medio				1		
Lampadari su controsoffitti	Bassa	Media	Medio-basso	1			1	2	
Tamponamenti interni non armati in muratura	Media	Media	Molto alto				1	2	
Muri esterni di mattoni non rinforzati	Media	Media	Molto alto				1	2	

6 - Le raccomandazioni si basano sulle osservazioni dei danni dei terremoti passati e sull'ipotesi di vulnerabilità, importanza e costi di adeguamento per sistemi tipici.

7 - La colonna "Ancoraggi se nuovi nelle zone" riguarda i componenti o i sistemi di nuova installazione in edifici sia nuovi che esistenti.

PER D.M. 2018 E RELATIVA CIRCOLARE APPLICATIVA

✓ LA FORZA SISMICA DA APPLICARE
ALLE COMPONENTI NON STRUTTURALI
E' VARIATA RISPETTO AL DM 2008 MA BEN DEFINITA

✓ BEN DEFINITE
LE VERIFICHE DA AFFETTUARE

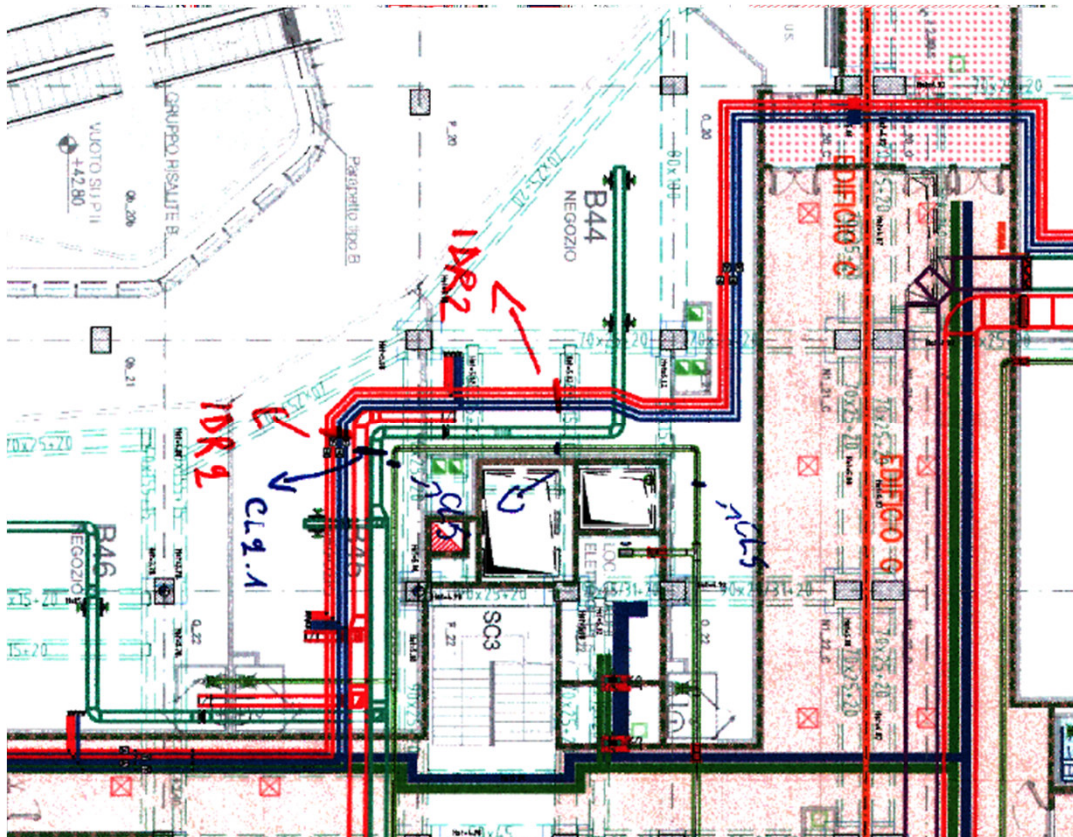
✓ CHIARE LE RESPONSABILITA'

✓ NON CHIARE LE TIPOLOGIE DI COMPONENTI
CHE POSSONO ESSERE ESCLUSE DA VERIFICA/PROGETTAZIONE

4. FASI DI PROGETTAZIONE DI STAFFAGGI

- a. ANALISI DELLE TIPOLOGIE DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE E DEL LORO PERCORSO**
- b. CALCOLO DEI CARCHI DERIVANTI DA CIASCUNA CONDOTTA**
- c. IDENTIFICAZIONE DEI TIPOLOGICI**
- d. IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DEGLI STAFFAGGI STATICI**
- e. IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DEGLI STAFFAGGI SISMICI**
- f. CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA**
- g. INPUT MODELLO DI CALCOLO DI OGNI SINGOLO TIPOLOGICO**
- h. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO**
- i. VERIFICA DI TUTTI GLI ELEMENTI CHE COMPONGOGLI GLI STAFAGGI**

a. ANALISI DELLE TIPOLOGIE DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE E DEL LORO PERCORSO



Tipologie di sistemi di distribuzione:

Condotte dell'impianto idrico



Canali Impianto trattamento aria



Canaline dell'impianto elettrico

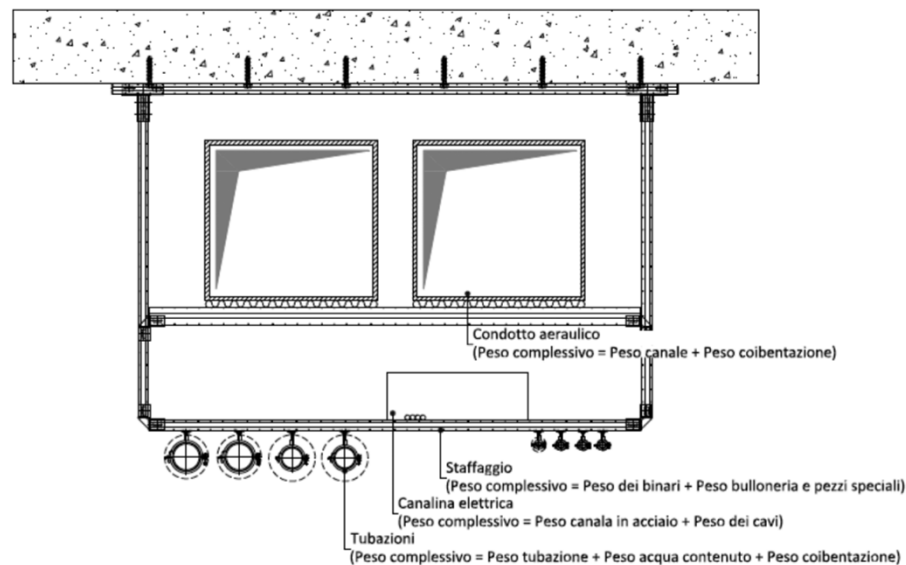


Condotte dell'impianto antincendio



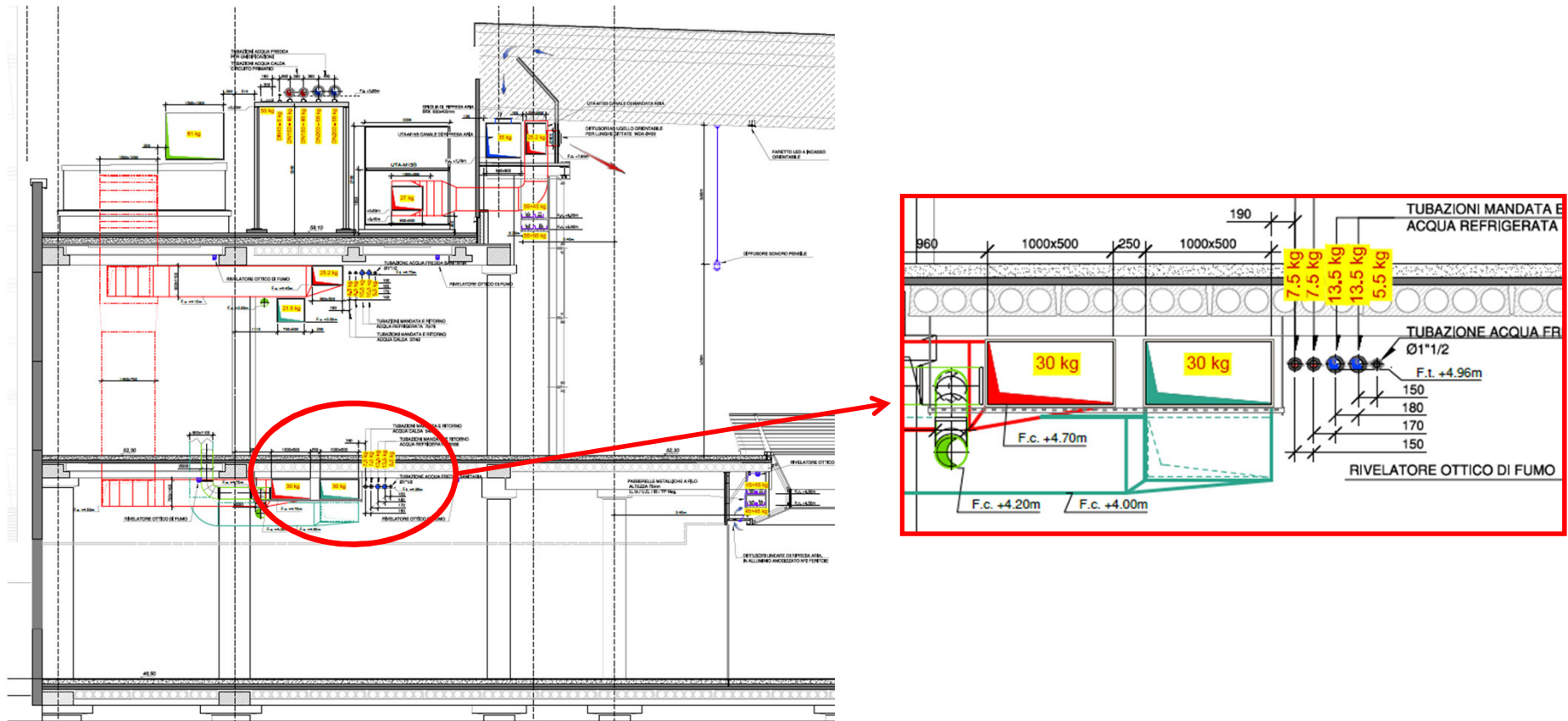
b. CALCOLO DEI CARCHI DERIVANTI DA CIASCUNA CONDOTTA

DN	ø esterno secondo DIN 1080 [mm]	Spessore s [mm]	Peso del tubo [kg/m]				Dimensione del tubo isolato			
			Vuoto	Pieno d'acqua	Pieno d'acqua e con isolamento al 50%	Pieno d'acqua e con isolamento al 100%	Spessore isolamento al 100%	Ø Est. mm con isolamento		
								50%	100%	
8	13,5	1,80	0,52	0,60	1,28	1,78	20	30	50	
	16,0	1,80	0,63	0,75	1,48	2,00	20	40	60	
10	17,2	1,80	0,68	0,83	1,59	2,11	20	40	60	
15	21,3	2,00	0,95	1,19	2,03	2,57	20	40	60	
20	26,9	2,00	1,23	1,64	2,60	3,16	20	50	70	
	31,8	2,00	1,47	2,08	3,42	4,37	30	60	90	
25	33,7	2,00	1,56	2,26	3,64	4,61	30	60	90	
32	42,4	2,30	2,27	3,40	4,98	6,00	30	70	100	
	44,5	2,30	2,39	3,64	5,60	7,08	40	90	130	
40	48,3	2,30	2,61	4,11	6,16	7,67	40	90	130	
	51,0	2,30	2,76	4,45	6,57	8,10	40	90	130	
50	57,0	2,30	3,10	5,26	7,89	10,00	50	110	160	
	60,3	2,30	3,29	5,73	8,45	10,58	50	110	160	
	63,5	2,30	3,47	6,20	9,00	11,17	50	110	160	
	70,0	2,60	4,32	7,62	11,01	13,85	60	130	190	
65	76,1	2,60	4,71	8,66	12,22	15,14	60	140	200	
80	88,9	2,90	6,15	11,57	16,45	20,98	80	170	250	
	101,6	2,90	7,06	14,27	20,62	27,09	100	200	300	
	108,0	2,90	7,52	15,72	22,30	28,89	100	210	310	
100	114,3	3,20	8,77	17,91	24,72	31,43	100	210	310	
	127,0	3,20	9,77	21,19	28,46	35,41	100	230	330	
	133,0	3,60	11,49	23,92	31,40	38,46	100	230	330	
125	139,7	3,60	12,08	25,87	33,60	40,78	100	240	340	
	152,4	4,00	14,64	31,02	39,20	46,63	100	260	360	
	159,0	4,00	15,29	33,20	41,62	49,17	100	260	360	
150	168,3	4,00	16,21	36,39	45,15	52,87	100	270	370	
	177,8	4,50	19,23	41,61	50,71	58,62	100	280	380	
	193,7	4,50	21,00	47,79	57,47	65,67	100	300	400	
200	219,1	4,50	23,82	58,48	69,08	77,76	100	320	420	
225	244,5	5,00	29,53	72,72	84,23	93,39	100	340	440	
250	273,0	5,00	33,05	87,37	99,91	109,61	100	370	470	
300	323,9	5,60	43,96	120,76	135,13	145,79	100	425	525	
350	355,6	5,60	48,34	141,49	157,02	168,27	100	460	560	
400	406,4	6,30	62,16	183,96	201,32	213,53	100	510	610	
450	457,0	6,30	70,02	225,13	244,32	257,49	100	560	660	
500	508,0	6,30	77,95	270,70	293,06	308,91	110	620	730	
550	559,0	6,30	85,87	320,35	346,09	364,88	120	680	800	
600	610,0	6,30	93,80	374,09	401,86	421,80	120	730	850	
650	660,0	7,10	114,32	441,88	471,64	492,71	120	780	900	



Dimensione canale	cavi	elemento rettilineo kg/m	staffaggio kg	Riempimento al 50%		Riempimento al 75%		Riempimento al 100%		Peso totale kg
				numero cavi	peso cavi	numero cavi	peso cavi	numero cavi	peso cavi	
100x75mm	5G6	1,17	0,66	10	4,95					6,78
100x75mm	5G6	1,17	0,66			15	7,425			9,26
100x75mm	5G6	1,17	0,66					20	9,9	11,73
150x75mm	5G6	1,81	0,66	14	6,93					9,40
150x75mm	5G6	1,81	0,66			21	10,395			12,87
150x75mm	5G6	1,81	0,66					28	13,86	16,33
200x75mm	5G6	2,07	0,76	20	9,9					12,73
200x75mm	5G6	2,07	0,76			30	14,85			17,68
200x75mm	5G6	2,07	0,76					40	19,6	22,63
300x75mm	3G4	3,28	0,95	38	10,45					14,68
300x75mm	3G4	3,28	0,95			57	15,675			19,91
300x75mm	3G4	3,28	0,95					76	20,9	25,13
300x75mm	5G6	3,28	0,95	30	14,85					19,08
300x75mm	5G6	3,28	0,95			45	22,275			26,51
300x75mm	5G6	3,28	0,95					60	29,7	33,93
300x75mm	5G16	3,28	0,95	11	11,66					15,89
300x75mm	5G16	3,28	0,95			15	15,9			20,13
300x75mm	5G16	3,28	0,95					22	23,32	27,55
300x75mm	1x240	3,28	0,95	9	20,79					25,02
300x75mm	1x240	3,28	0,95			13	30,03			34,26
300x75mm	1x240	3,28	0,95					18	41,58	45,81
400x75mm	5G6	3,95	1,14	40	19,8					24,89
400x75mm	5G6	3,95	1,14			60	29,7			34,79
400x75mm	5G6	3,95	1,14					80	39,6	44,69
400x75mm	1x240	3,95	1,14	12	27,72					32,81
400x75mm	1x240	3,95	1,14			18	41,58			46,67
400x75mm	1x240	3,95	1,14					24	55,44	60,53
500x75mm	5G6	5,57	1,68	50	24,75					32,00
500x75mm	5G6	5,57	1,68			75	37,125			44,38
500x75mm	5G6	5,57	1,68					100	49,5	56,75
500x75mm	1x240	5,57	1,68	15	34,65					41,90
500x75mm	1x240	5,57	1,68			21	48,51			55,76
500x75mm	1x240	5,57	1,68					30	69,3	76,55
600x75mm	5G6	6,38	1,93	60	29,7					38,01
600x75mm	5G6	6,38	1,93			90	44,55			52,86
600x75mm	5G6	6,38	1,93					120	59,4	67,71
600x75mm	1x240	6,38	1,93	18	41,58					49,89
600x75mm	1x240	6,38	1,93			27	62,37			70,68
600x75mm	1x240	6,38	1,93					36	83,16	91,47

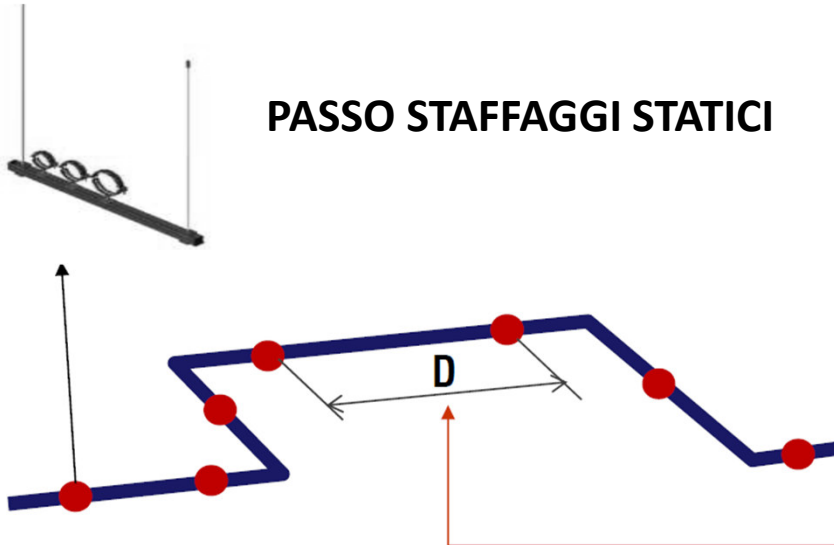
c. IDENTIFICAZIONE DEI TIPOLOGICI



Ogni tipologia di sistema di distribuzione deve essere staffato ad interassi che dipendono dal tipo di materiale e sezione geometrica.

d. IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DEGLI STAFFAGGI STATICI

PASSO STAFFAGGI STATICI



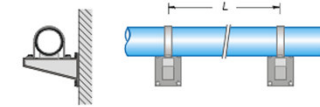
“D” dipende dal tipo di materiale e diametro della tubazione / canale

Verifica eseguita tenendo conto dell'azione verticale in funzione della massa (W_a) e del passo del supporto

Distanza tra i supporti di tubazione aerea piena d'acqua, in funzione della freccia massima



\varnothing = Diametro esterno tubazione
 s = Spessore tubo
 L = Distanza tra gli appoggi
 f = Freccia massima



[Download \(dwg+pdf\)](#)

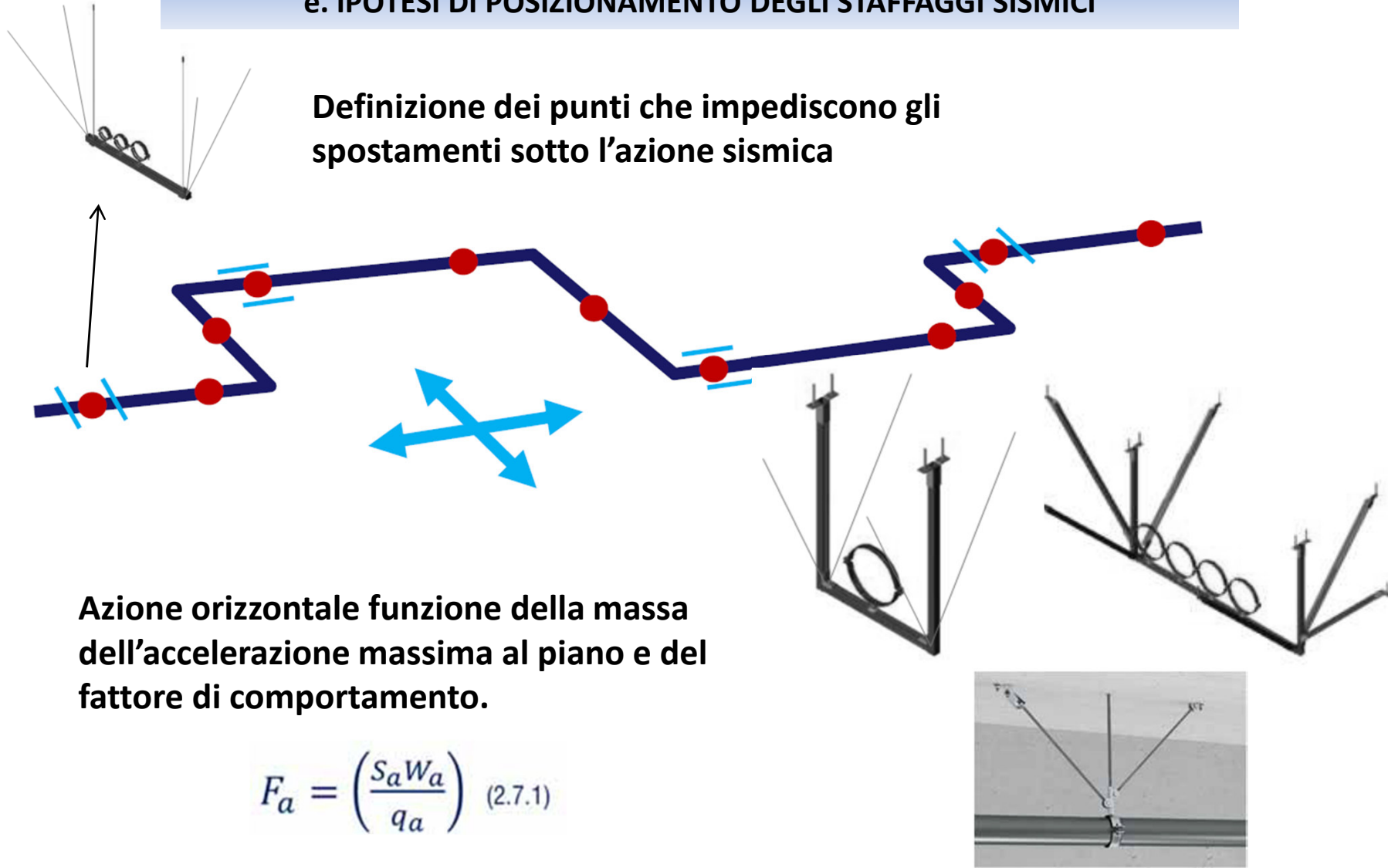
$\varnothing \times s$ mm	Distanza L m	
	Freccia f 0,3 mm	Freccia f 0,5 mm
21,3 x 2,3	1,24	1,41
26,9 x 2,6	1,39	1,58
33,7 x 2,6	1,55	1,76
42,4 x 2,9	1,73	1,96
48,3 x 2,9	1,83	2,08
60,3 x 3,2	2,03	2,30
76,1 x 3,2	2,23	2,54
88,9 x 2,9	2,35	2,67
88,9 x 3,6	2,41	2,74
114,3 x 2,0	2,45	2,79
114,3 x 4,0	2,69	3,06
139,7 x 3,6	2,87	3,26
139,7 x 4,5	2,95	3,35
168,3 x 4,0	3,11	3,54
219,1 x 5,0	3,53	4,01
219,1 x 5,6	3,59	4,08
273,0 x 5,6	3,88	4,41
323,9 x 5,9	4,16	4,72
323,9 x 7,1	4,27	4,85

$\varnothing \times s$ mm	Distanza L m	
	Freccia f 0,3 mm	Freccia f 0,5 mm
6 x 1,0	0,56	0,64
8 x 1,0	0,66	0,75
10 x 1,0	0,73	0,83
12 x 1,0	0,80	0,91
14 x 1,0	0,86	0,98
16 x 1,0	0,92	1,04
18 x 1,0	0,97	1,10
22 x 1,0	1,05	1,20
22 x 1,5	1,08	1,23
28 x 1,0	1,16	1,32
28 x 1,5	1,20	1,37
35 x 1,2	1,30	1,47
35 x 1,5	1,32	1,50
42 x 1,2	1,39	1,58
42 x 1,5	1,43	1,62
54 x 1,5	1,58	1,79
54 x 2,0	1,62	1,85
76,1 x 2,0	1,86	2,11
76,1 x 2,5	1,91	2,17

$\varnothing \times s$ mm	Distanza L m	
	Freccia f 0,3 mm	Freccia f 0,5 mm
16 x 1,6	0,48	0,55
20 x 1,6	0,52	0,59
25 x 1,6	0,56	0,64
25 x 1,9	0,58	0,66
32 x 1,6	0,61	0,69
32 x 2,4	0,65	0,74
40 x 2,0	0,68	0,77
40 x 3,0	0,73	0,83
50 x 2,4	0,75	0,86
50 x 3,7	0,82	0,93
63 x 3,0	0,85	0,96
63 x 4,7	0,92	1,04
75 x 3,6	0,93	1,05
75 x 5,6	1,00	1,14
90 x 4,3	1,01	1,15
90 x 6,7	1,10	1,25
110 x 5,3	1,12	1,28
110 x 8,2	1,21	1,38
125 x 6,0	1,20	1,36

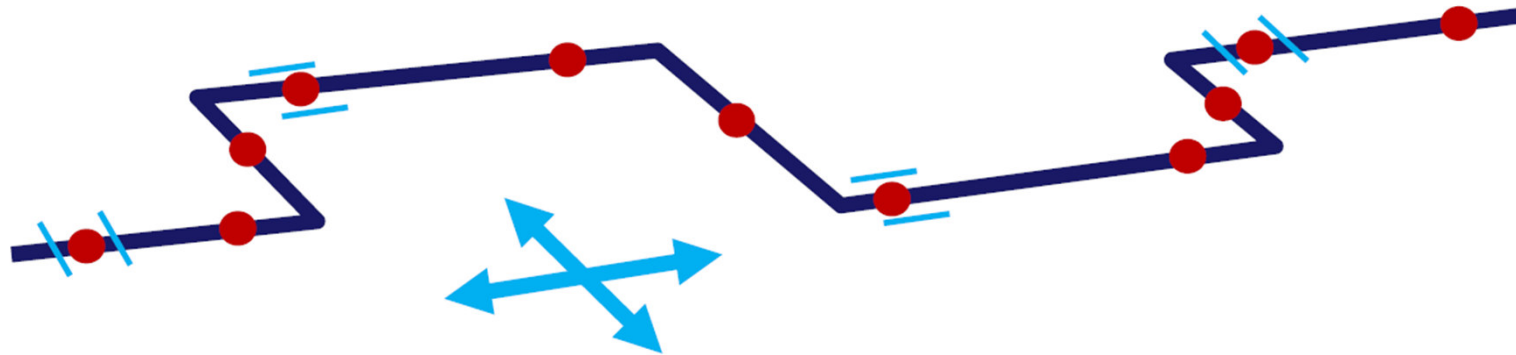
e. IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DEGLI STAFFAGGI SISMICI

Definizione dei punti che impediscono gli spostamenti sotto l'azione sismica



e. IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DEGLI STAFFAGGI SISMICI

PASSO STAFFAGGIO SISMICO



Le Normative USA (California Building Code CBC – Ed. 1998/2001/2007, International Building Code IBC – Ed. 2000/2003/2006, Uniform Building Code UBC – Ed. 1997) riportano indicazioni in merito al posizionamento dei supporti sismo-resistenti a sostegno di una generica linea impiantistica.

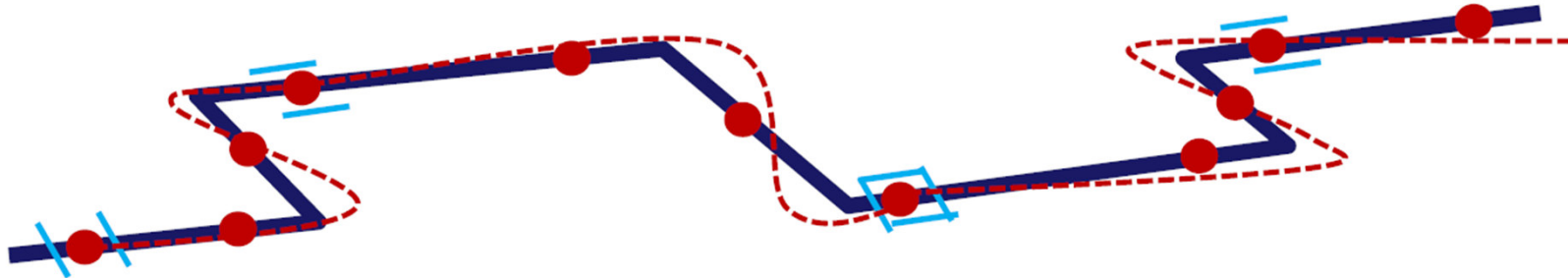
Come regola generale, non esaustiva, tali Normative prevedono le seguenti prescrizioni in funzione della tipologia di Impianto sostenuto (a condizione di rispettare le resistenze e le massime deformazioni di tutti gli elementi coinvolti nel percorso di trasmissione delle azioni dall'elemento impiantistico alla struttura edile):

- *Supporti per Tubazioni Fluidi diversi e Tubazioni Impianto Antincendio:*

- interasse massimo tra due controventi trasversali consecutivi deve essere pari, al più, a 40ft (12,00m);
- interasse massimo tra due controventi longitudinali consecutivi deve essere pari, al più, a 80ft (24,00m).

e. IPOTESI DI POSIZIONAMENTO DEGLI STAFFAGGI SISMICI

ATTENZIONE ALLA DILATAZIONE TERMICA



LA CONFIGURAZIONE DELLO STAFFAGGIO DEVE ESSERE PENSATO PER PERMETTERE LE DILATAZIONI TERMICHE E PER EVITARE STATI DI COAZIONI INTERNI ECCESSIVI CHE INEVITABILMENTE GENERANO DEFORMAZIONI ECCESSIVE E SVERGOLAMENTI DELLA CONDOTTA.

Per determinare il valore di dilatazione lineare di una tubazione, causato da variazioni di temperatura, devono essere considerati i seguenti parametri:

1. Temperatura d'installazione (temperatura ambiente)
2. Temperatura del fluido nella tubazione

Come determinare la dilatazione di una tubazione

La variazione di lunghezza viene calcolata come segue:

ΔL = variazione di lunghezza in mm

L = lunghezza della tubazione in m

ΔT = differenza di temperatura tra temperatura media e temperatura ambiente

α = coefficiente di espansione termica in mm/m °K

Formula:

$$\Delta L = L \times \Delta T \times \alpha$$

f. CALCOLO DELL' AZIONE SISMICA

Gli staffaggi sono calcolati per sopportare i carichi verticali generati dagli elementi impiantistici ed in grado di assorbire le sollecitazioni orizzontali derivanti dal sisma.

La valutazione dell'azione sismica viene fatta secondo le **Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni DM 2018 e Circolare 21 gennaio 2019 n.7**, dove l'azione viene valutata nel seguente modo:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a \quad (7.2.1)$$

dove

F_a è la forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole;

W_a è il peso dell'elemento;

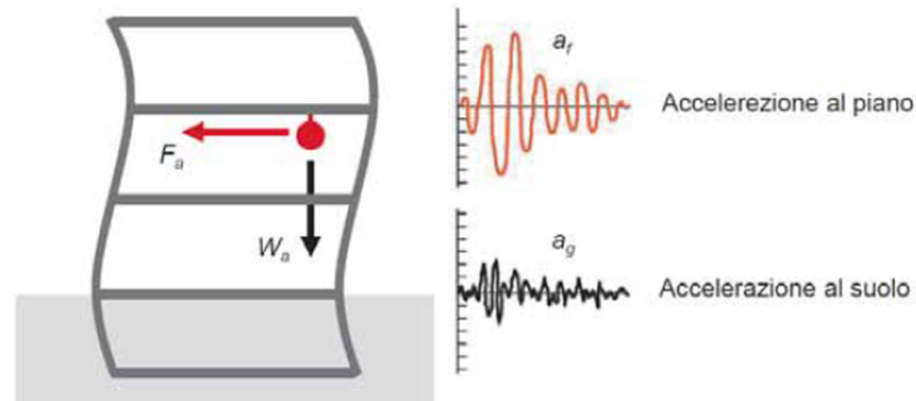
S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1)

q_a è il fattore di struttura dell'elemento.

In assenza di specifiche determinazioni, per q_a si possono assumere i valori riportati in Tab. 7.2.I.

Identificazione dell' Accelerazione massima (S_a) a cui è sottoposto l'elemento non strutturale

Il fattore fondamentale è l'accelerazione al piano S_a , il cui valore dipende dalla struttura dell'edificio attraverso il quale le scosse sismiche vengono trasmesse.

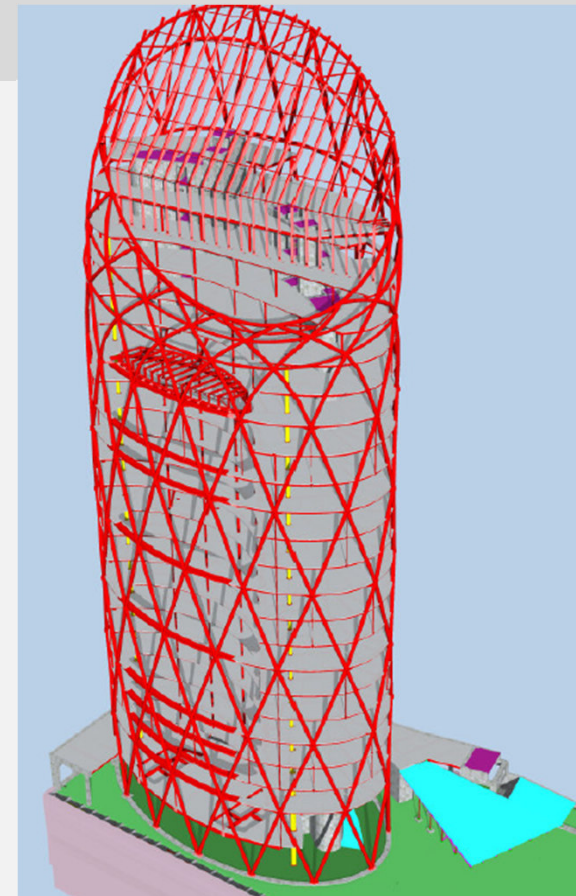


L'edificio agisce da filtro di frequenza, che amplifica l'accelerazione nell'area della frequenza naturale dell'edificio.

ESEMPIO TORRE UNIPOL "MILANO"

Dati forniti:

- Zona sismica: **ZONA 3**
 - Sito di costruzione: **Milano**, Long. **9.19208°**; Lat. **45.48260°**
 - Contenuto tra ID reticolo: **12039 12261 12038 12260**
 - Classe d'uso del manufatto: **Classe III**
 - Coeff. d'uso: **Cu=1,5**
 - Vita Nominale: **V_N>50**
 - **$\alpha = 0,055$ (SLV)** (*Rapporto tra l'accelerazione massima del terreno a_g e l'accelerazione di gravità g*)
 - Suolo tipo **B** e categoria topografica **T1**
- Il valore di S è pari a: **S = 1,2**



CALCOLO DELL' AZIONE SISMICA

ESEMPIO TORRE UNIPOL "MILANO"

Determinazione dei periodi fondamentali di Vibrazione (T)

Per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia distribuita in modo approssimativamente uniforme lungo l'altezza, T_1 (in secondi) può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T_1 = 2\sqrt{d} \quad [7.3.6]$$

dove d è lo spostamento laterale elastico del punto più alto dell'edificio, espresso in metri, dovuto alla combinazione di carichi [2.5.7] applicata nella direzione orizzontale.

Oppure

$$T_1 = C_1 H^{3/4} \quad [C7.3.2]$$

dove H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione e C_1 vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio di acciaio o di legno, 0,075 per costruzioni con struttura a telaio di calcestruzzo armato e 0,050 per costruzioni di muratura o per qualsiasi altro tipo di struttura.

Nel caso di edifici di altezza maggiore occorre utilizzare il periodo proprio della struttura principale.

Tramite la relazione di calcolo fornita dal progettista della struttura principale è stato possibile ricavare i periodi di vibrazione della struttura e pertanto:

- **Periodo fondamentale della TORRE (T_1)**

$$\text{Mode 1: } f_1 = 0.52846 \text{ Hz} \quad T_x = 1 / f_1 = 1.89 \text{ s}$$

$$\text{Mode 2: } f_2 = 0.79084 \text{ Hz} \quad T_y = 1 / f_2 = 1.26 \text{ s}$$

Caso più sfavorevole per il calcolo della forza sismica

Tabella C7.2.II- Parametri a , b , a_p in accordo con il periodo di vibrazione della costruzione T_1 .

	a	b	a_p
$T_1 < 0,5 \text{ s}$	0.8	1,4	5,0
$0,5 \text{ s} < T_1 < 1,0 \text{ s}$	0.3	1,2	4,0
$T_1 > 1,0 \text{ s}$	0.3	1,0	2,5

- **Periodo fondamentale T_a della strutture secondarie a sostegno di impianti**

$$T_a = C_a x H^{3/4} = 0,085 x 0,40^{0,75} = 0,043 \text{ sec}$$

C_a = coefficiente pari a 0,085 per strutture in acciaio

H_a = 0,40m lunghezza staffaggio

$$T_{1 \text{ min}} = 1,26 \text{ s} > 1,0 \text{ s}$$

$$a = 0,3$$

$$b = 1,0$$

$$a_p = 2,5$$

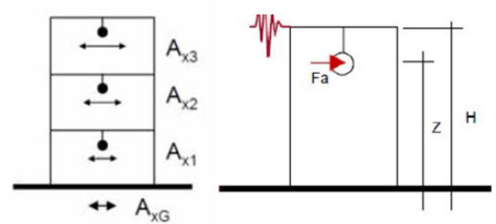
CALCOLO DELL' AZIONE SISMICA

ESEMPIO PALAZZO UNIPOL "MILANO"

ACCELERAZIONE MASSIMA ADIMENSIONALIZZATA –SECONDO NTC 2018

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a < aT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) a_p & \text{per } aT_1 \leq T_a < bT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{bT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a \geq bT_1 \end{cases} \quad [C7.2.11]$$

→ $T_a = 0,043 \text{ s} < aT_1 = 0,378$



α è il rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame (si veda § 3.2.1) e l'accelerazione di gravità g ; **α agli SLV = 0,055**

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1; **$S = 1,2$**

T_a è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale; **$T_a = 0,043\text{s}$**

T_1 è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata; **$T_1 = 1,26\text{s}$** → **$Z = 9,2\text{m}$ (3° piano)**

z è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione; → **$Z = 115\text{m}$ (ultimo piano)**

H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione; **$H = 128\text{m}$**

a, b, a_p sono parametri definiti in accordo con il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione (si vedano Fig. C.7.2.4 e Tabella C.7.2.II). **$a = 0,3$; $b = 1,0$; $a_p = 2,5$**

Si riporta confronto tra accelerazione agente al 3° piano e all'ultimo piano della torre agli SLV:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] = \mathbf{0,081} > \alpha \cdot S = 0,066 \quad (3^\circ \text{ piano})$$

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] = \mathbf{0,137} > \alpha \cdot S = 0,066 \quad (\text{Ultimo piano})$$

CALCOLO DELL' AZIONE SISMICA

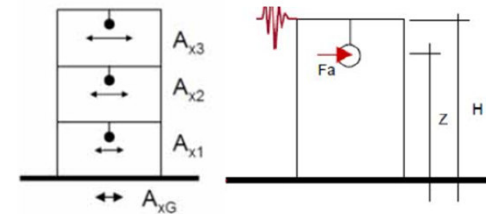
ESEMPIO PALAZZO UNIPOL "MILANO"

VALUTAZIONE FINALE DELLA FORZA SISMICA F_a

Considerando il **FATTORE DI COMPORTAMENTO $q=2$** , le azioni orizzontali sismiche agenti sullo staffaggio risultano essere pari a:

$$F_a = (S_a W_a) / q_a \quad (7.2.1)$$

con W peso proprio della tubazione/canalina = 50kg/m

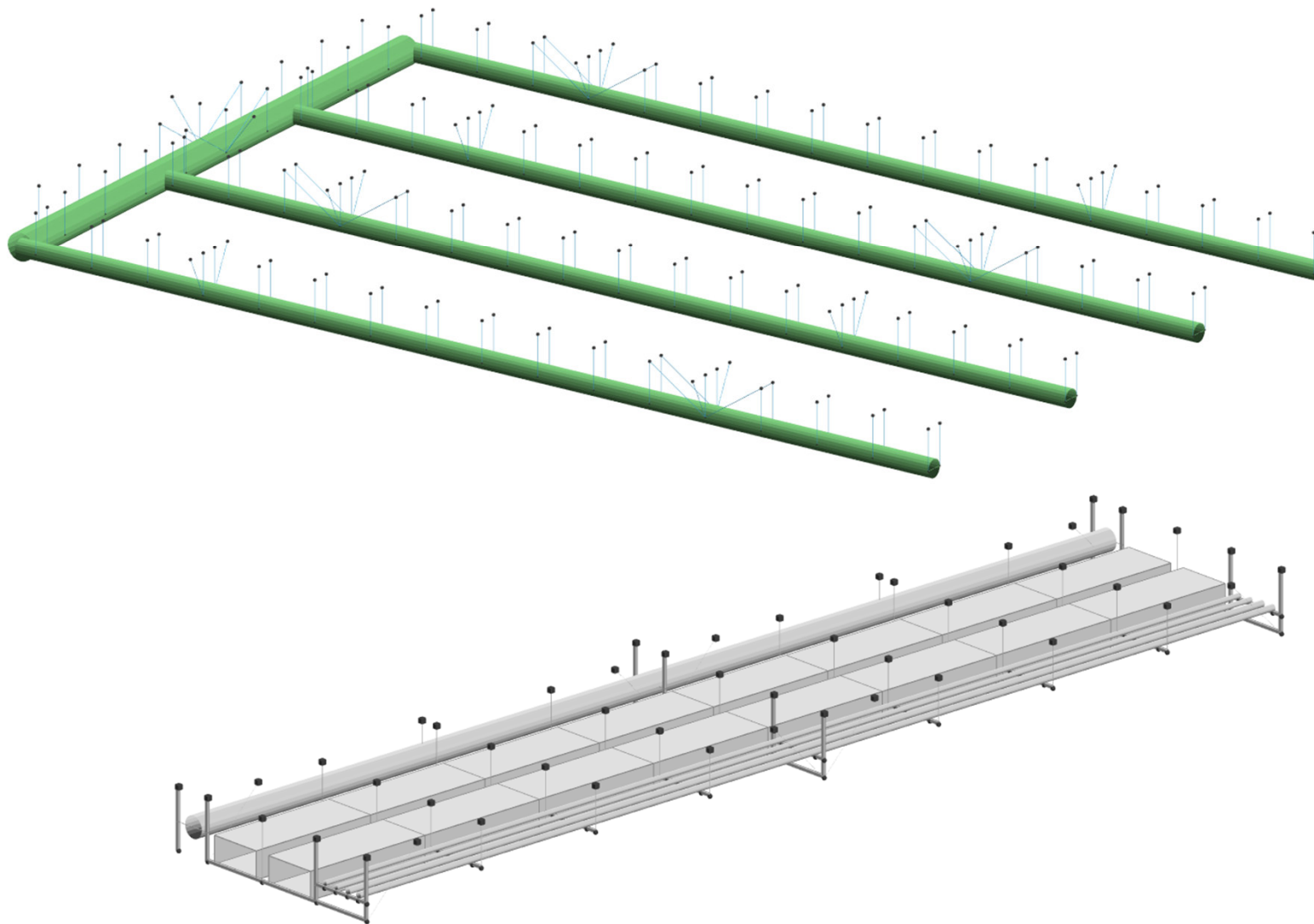


L'azione sismica deve essere considerata nelle due direzioni, x (perpendicolare alla direzione degli impianti e parallela al binario di appoggio delle stesse) ed y (parallela alla direzione degli impianti e perpendicolare al binario di appoggio delle stesse).

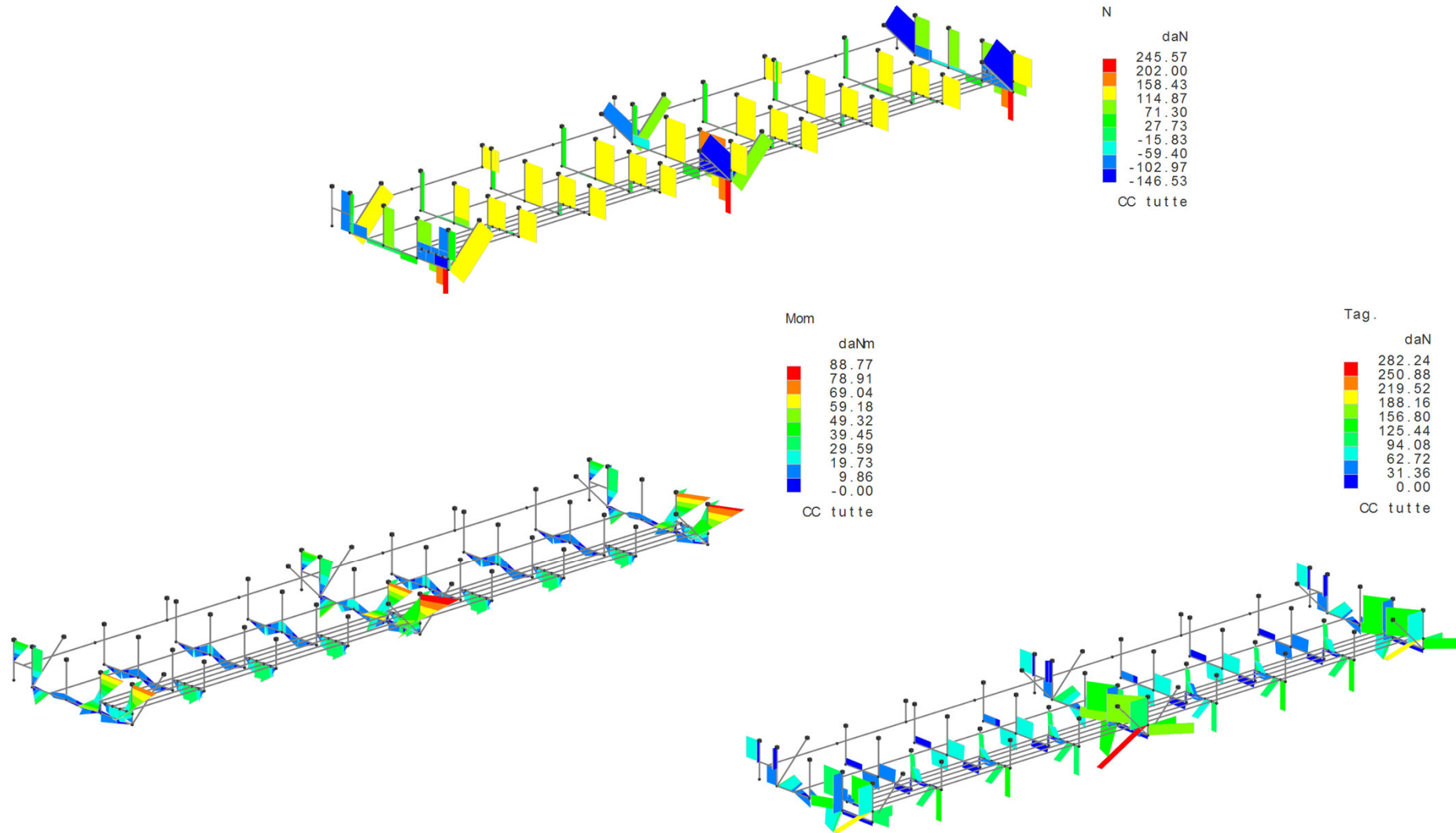
Si riportano di seguito i valori delle AZIONI SISMICHE a metro lineare di tubazione considerati nel modello di calcolo in entrambe le direzioni:

Elemento	Azione verticale statica W [kg/m}	Valore S_a	Azione orizzontale sismica $F_{a,x,y}$ (kg/m)
STAFFAGGI PER IMPIANTI DI CANALIZZAZIONE DELL'ARIA ED ELETTRICO			
STAFFAGGI IMPIANTI 3°Piano	50 kg/m	0,081	2,0 kg/m
STAFFAGGI IMPIANTI Ultimo Piano	50 kg/m	0,137	3,5 kg/m

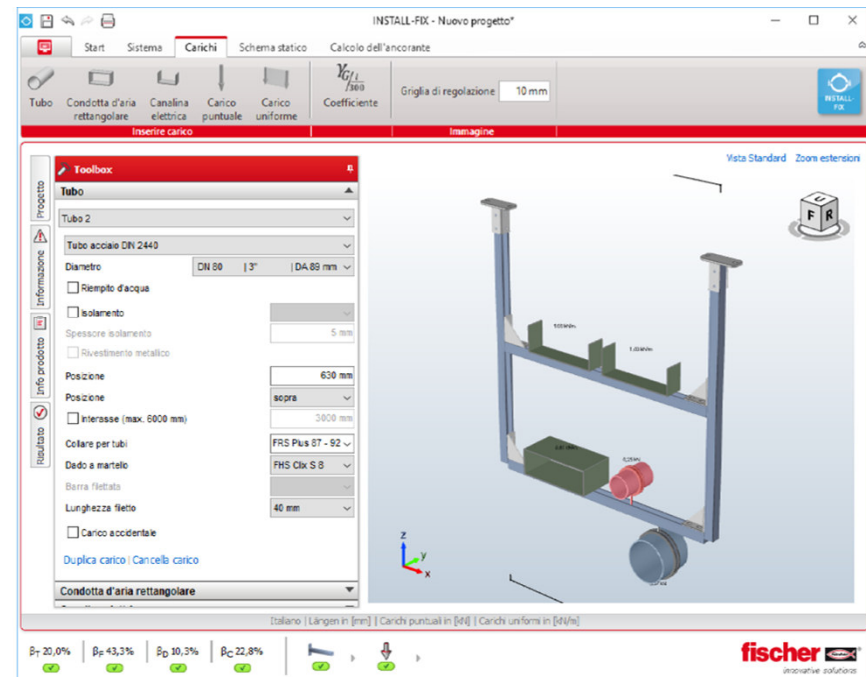
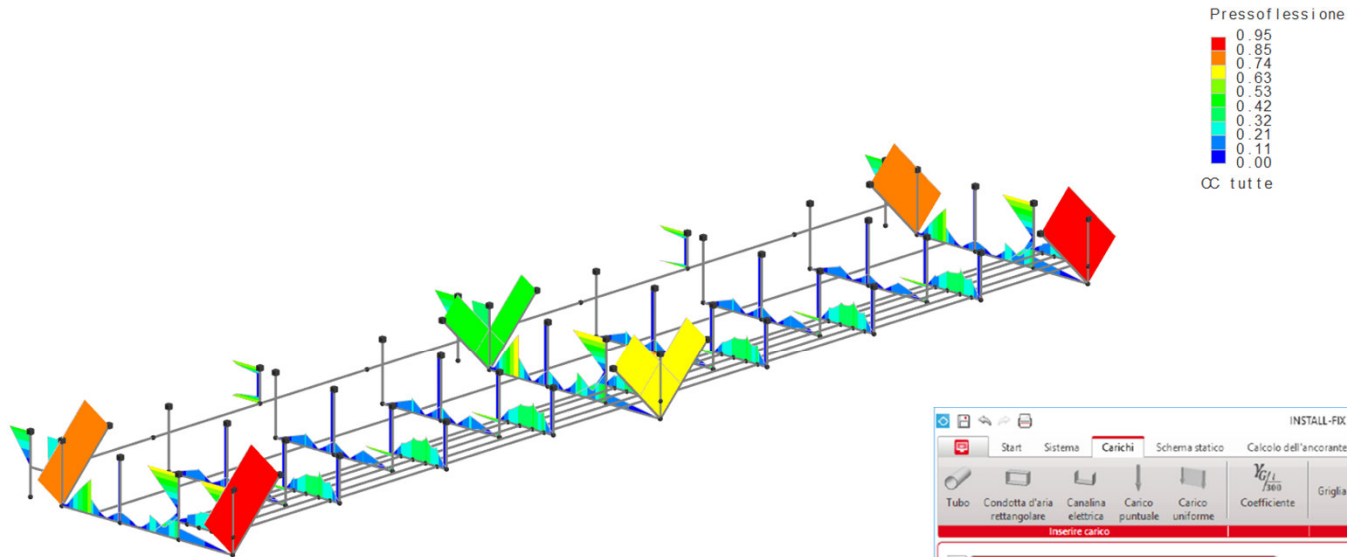
g. INPUT MODELLO DI CALCOLO DI OGNI SINGOLO TIPOLOGICO



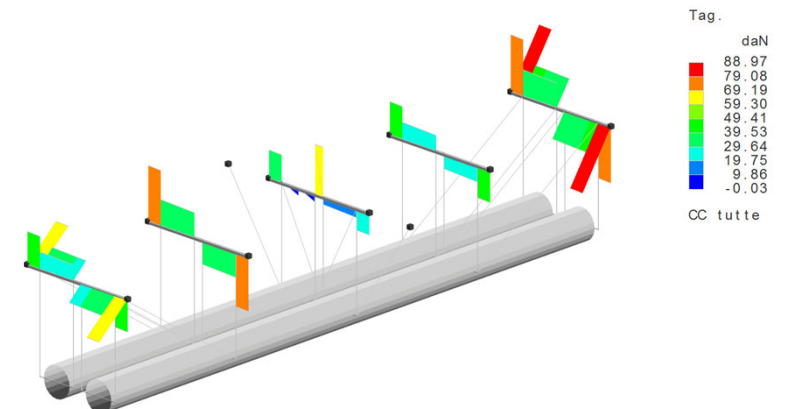
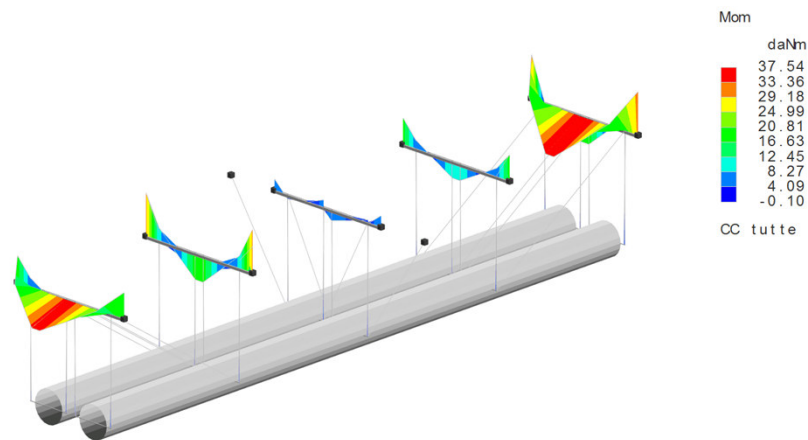
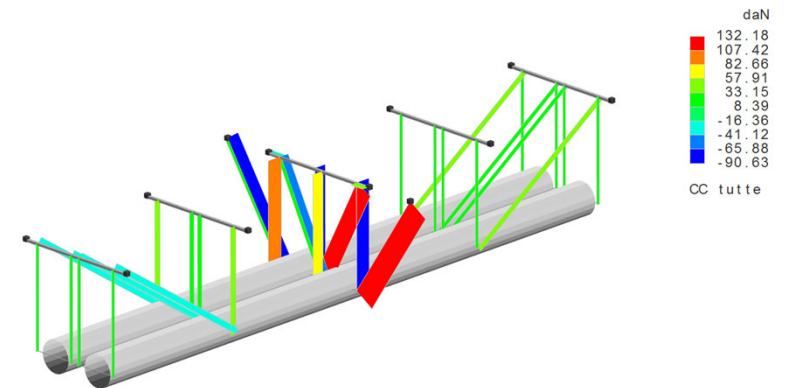
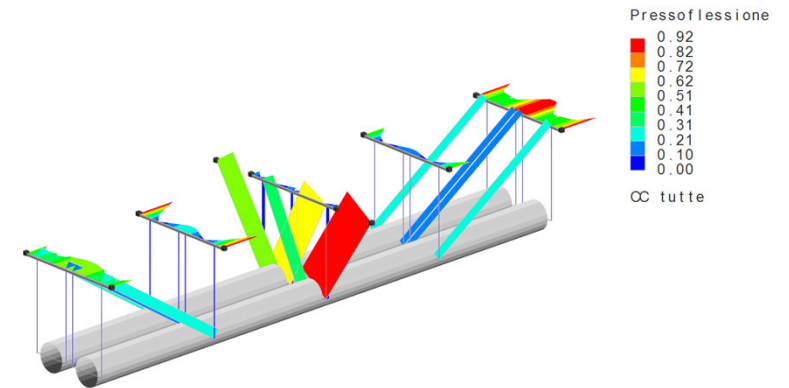
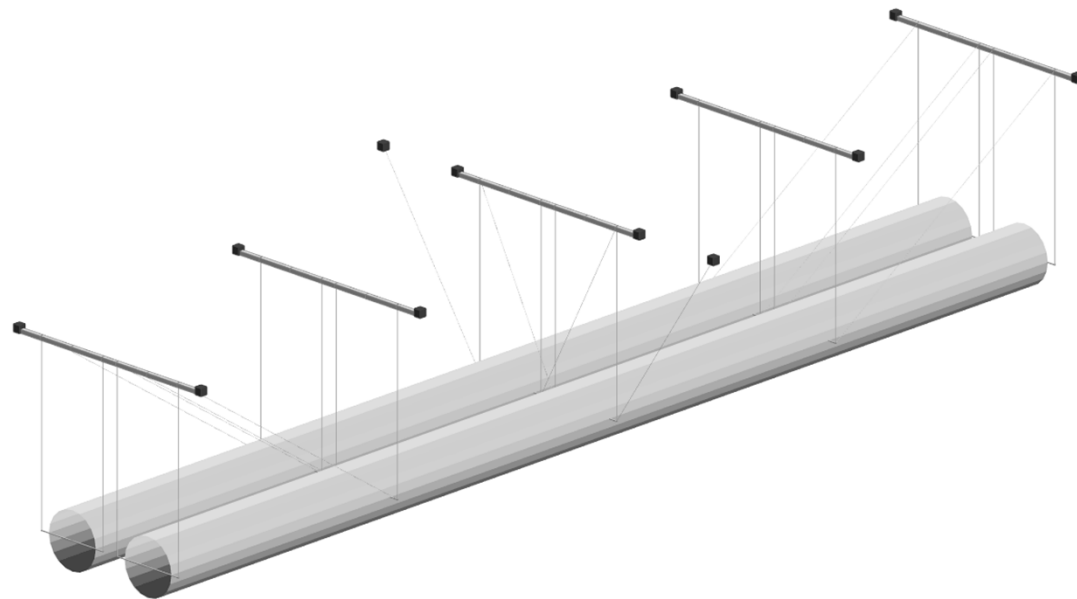
h. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO



i. VERIFICA DI TUTTI GLI ELEMENTI CHE COMPONGONO GLI STAFFAGGI



Staffaggio sismico per condotte aria circolari





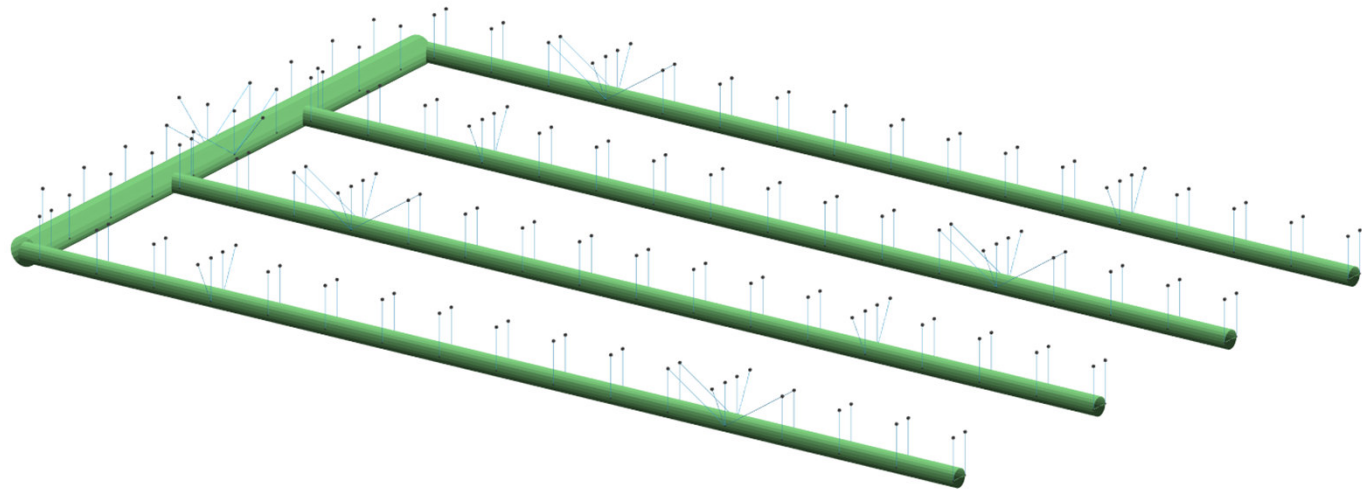
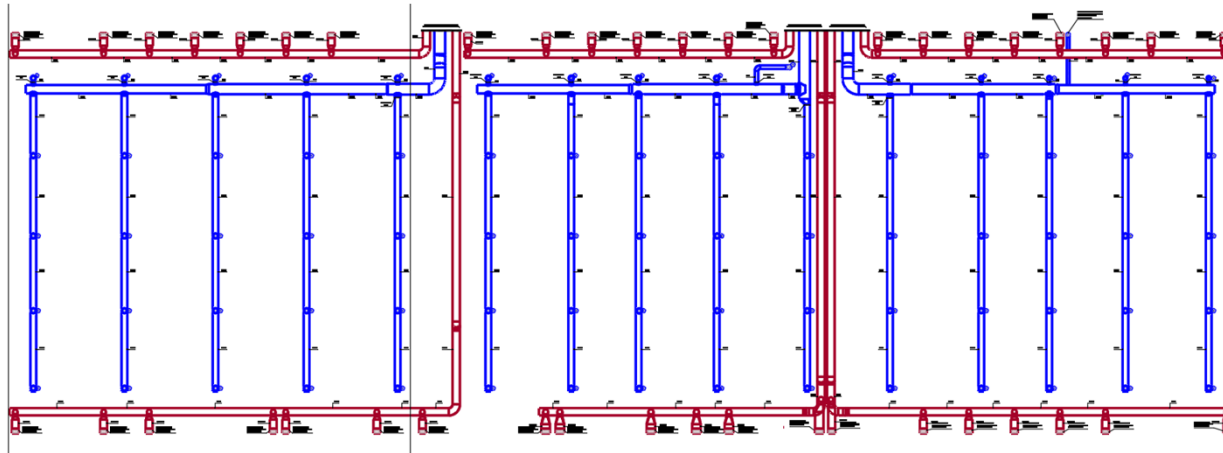
5. ESEMPI DI PROGETTI REALIZZATI

AEREOPORTO MILITARE DI CAMERI – NOVARA



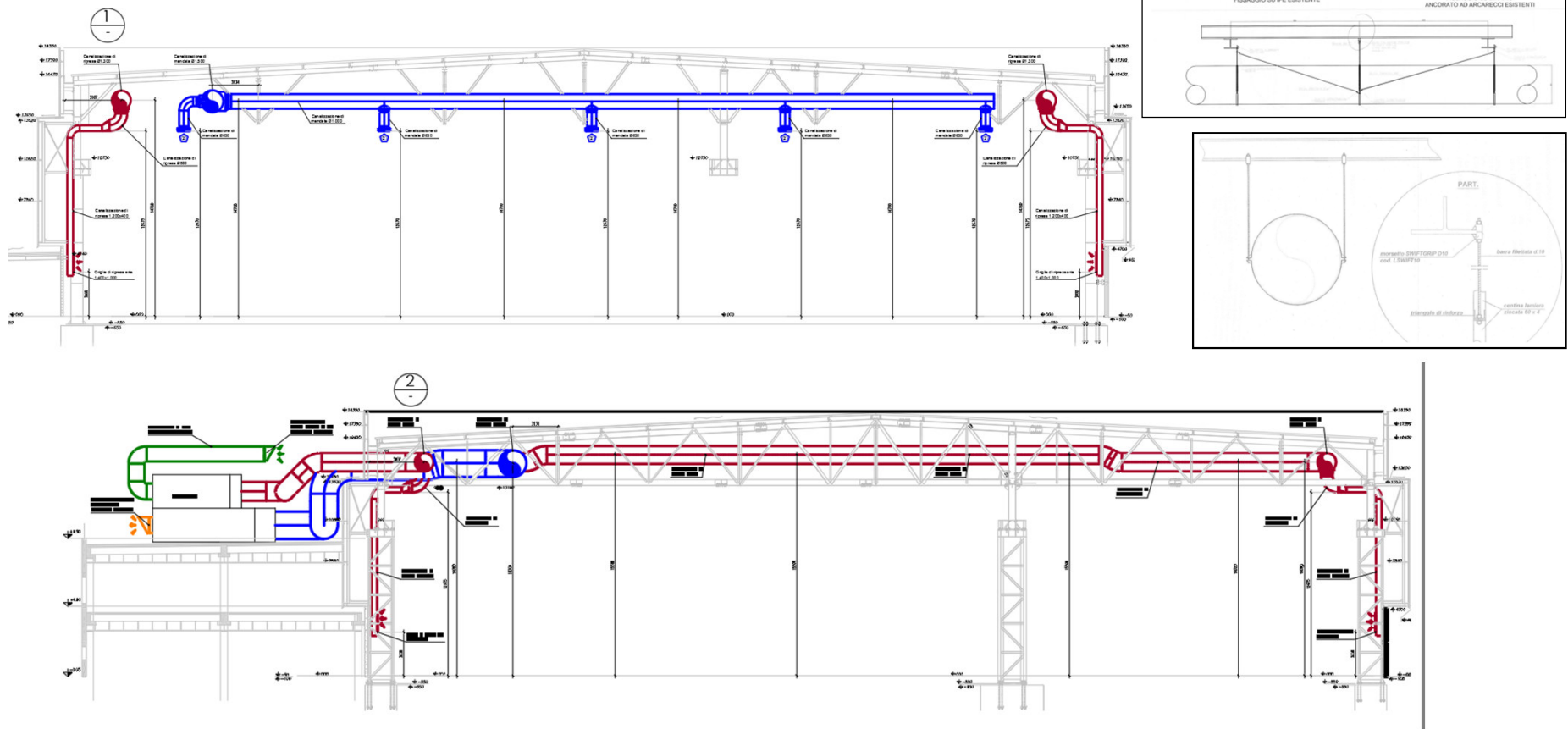
Tipologici degli staffaggi SISMICI realizzati all'interno dell'aeroporto

STAFFAGGI PER CONDOTTE DELL'IMPIANTO AERAUICO



Realizzazione di staffaggi SISMICI interni

STAFFAGGI PER CONDOTTE IMPIANTO AERAUICO



CENTRO COMMERCIALE FICO EATALY WORLD – BOLOGNA





Tipologici degli staffaggi SISMICI realizzati all'interno del centro commerciale

1. STAFFAGGI PER TUBAZIONI (Impianto di canalizzazione dell'aria)

2. STAFFAGGI A MENSOLA PER CANALINE (Impianto elettrico)

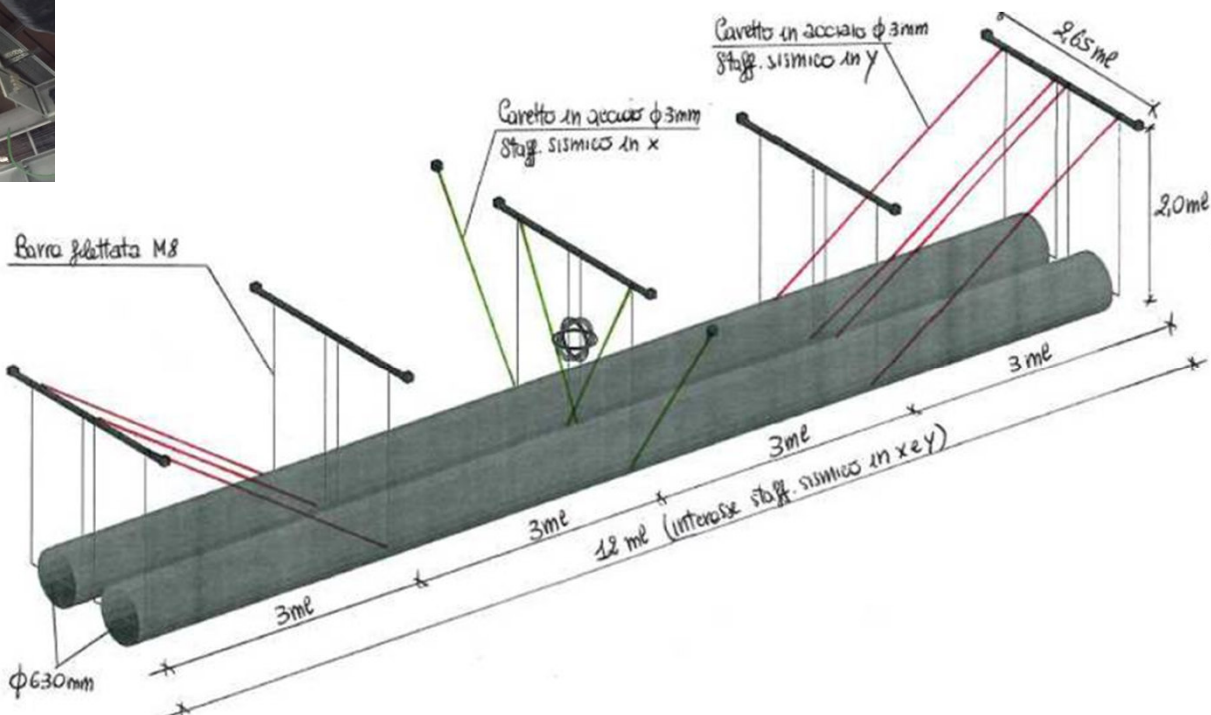
3. STAFFAGGIO A STAFFA PER TUBAZIONI (Impianto Idrico)

Realizzazione di staffaggi SISMICI interni

STAFFAGGI PER TUBAZIONI CON CASTELLETTO

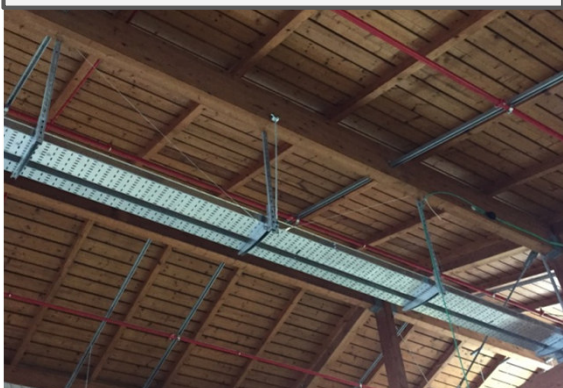


STAFFAGGI PER TUBAZIONI

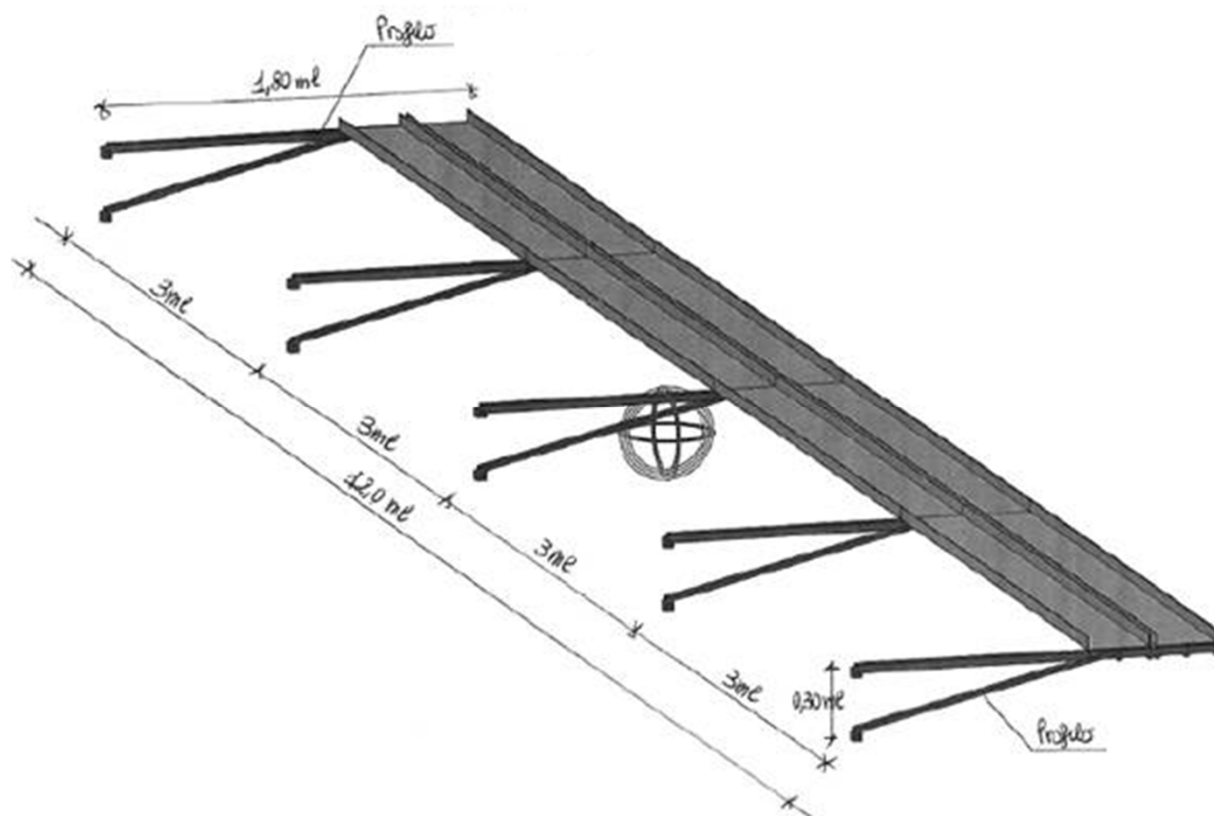


Realizzazione di staffaggi SISMICI interni

**STAFFAGGIO A MENSOLA PER
CANALINE ELETTRICHE TIPO 1**

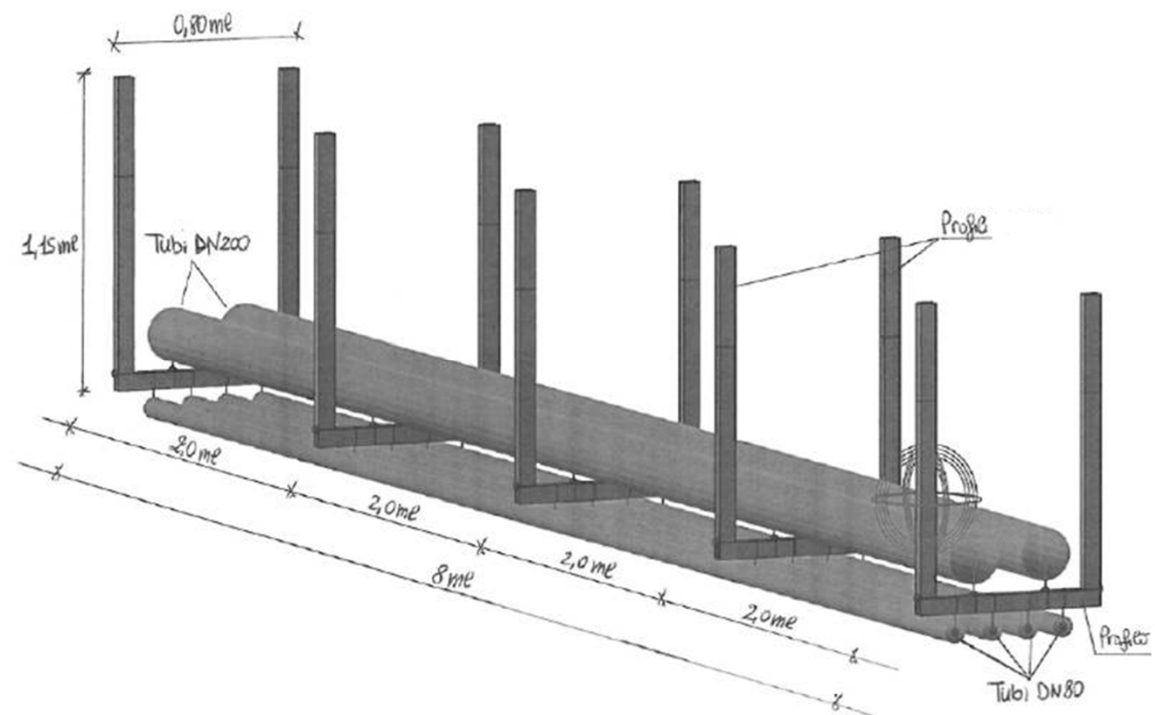


**STAFFAGGIO A MENSOLA PER
CANALINE ELETTRICHE TIPO 2**

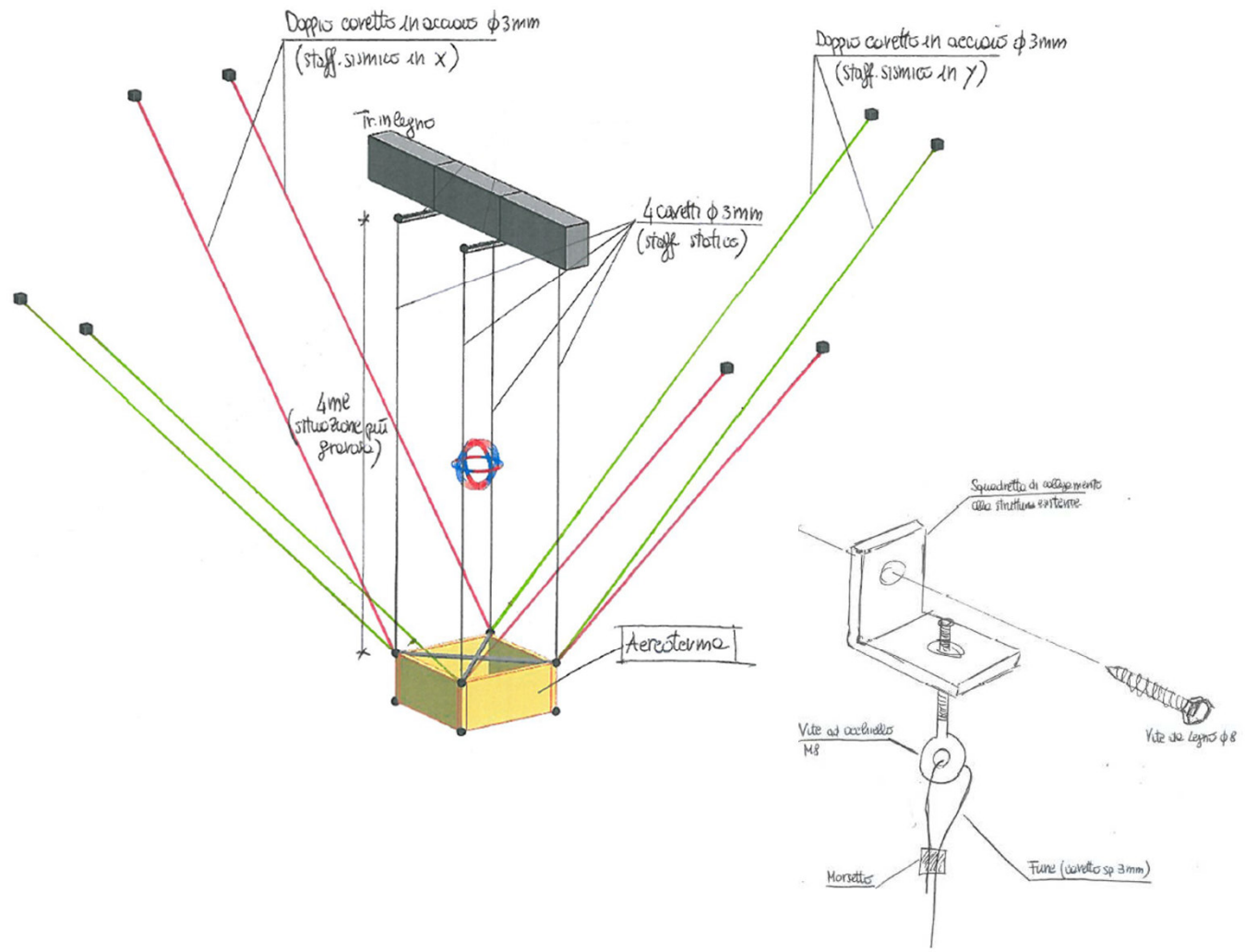


Realizzazione di staffaggi SISMICI interni

STAFFAGGIO A STAFFA PER TUBAZIONI



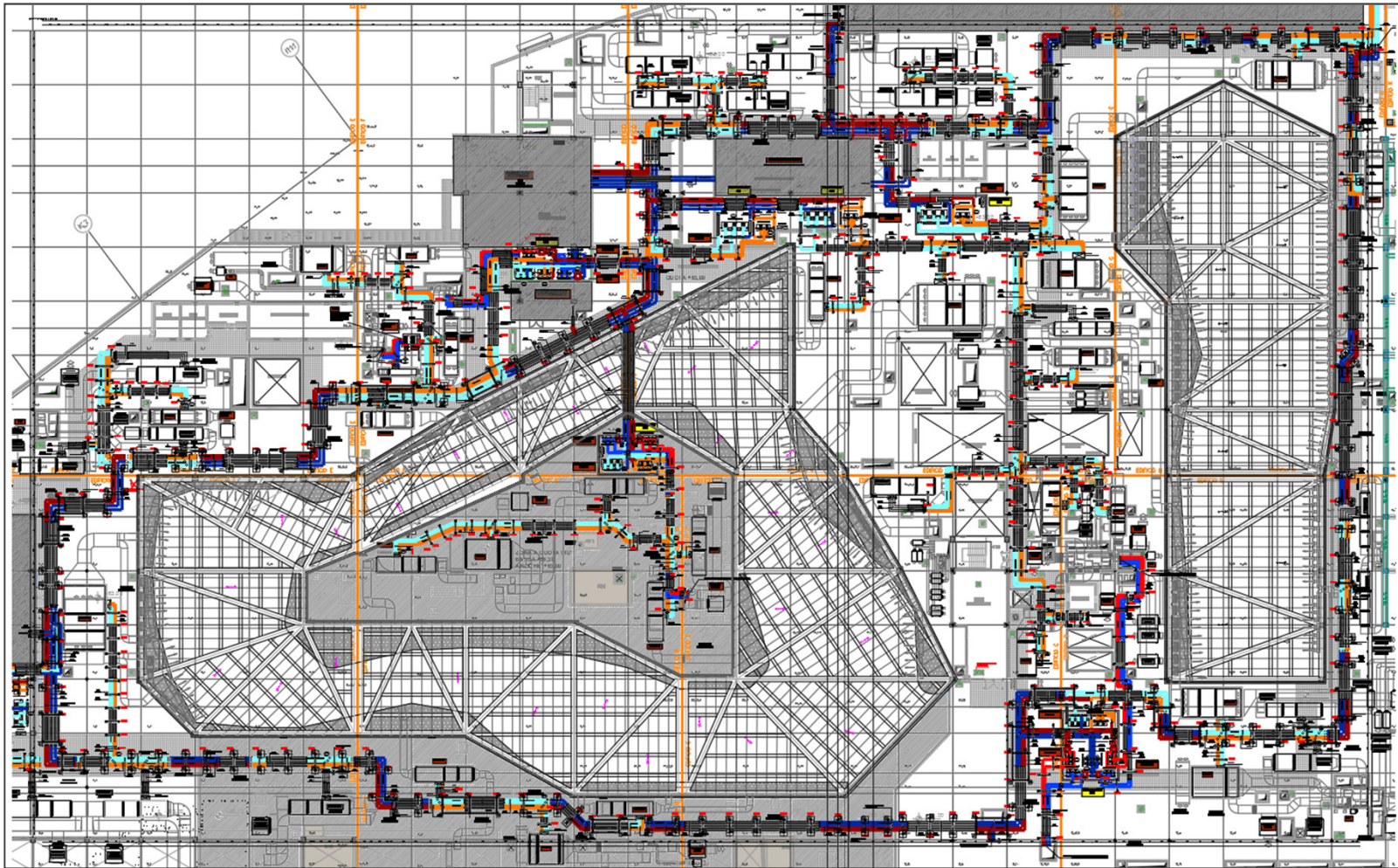
Staffaggio sismico areoterma



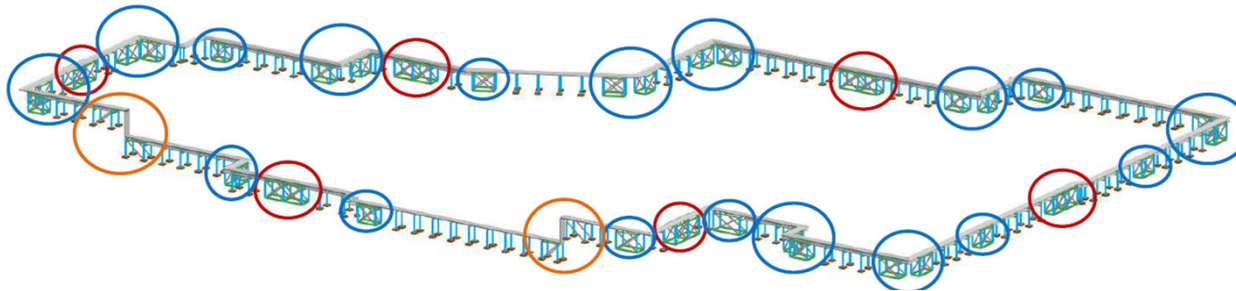
CENTRO COMMERCIALE MAXIMO – ROMA



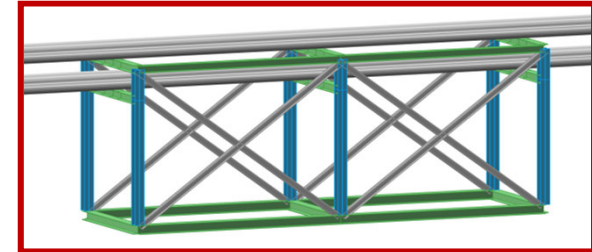
Realizzazione di staffaggi occasionali in copertura



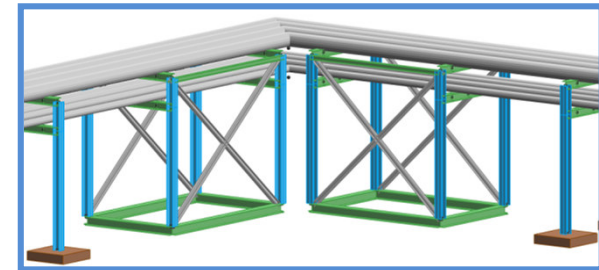
Realizzazione di staffaggi occasionali in copertura



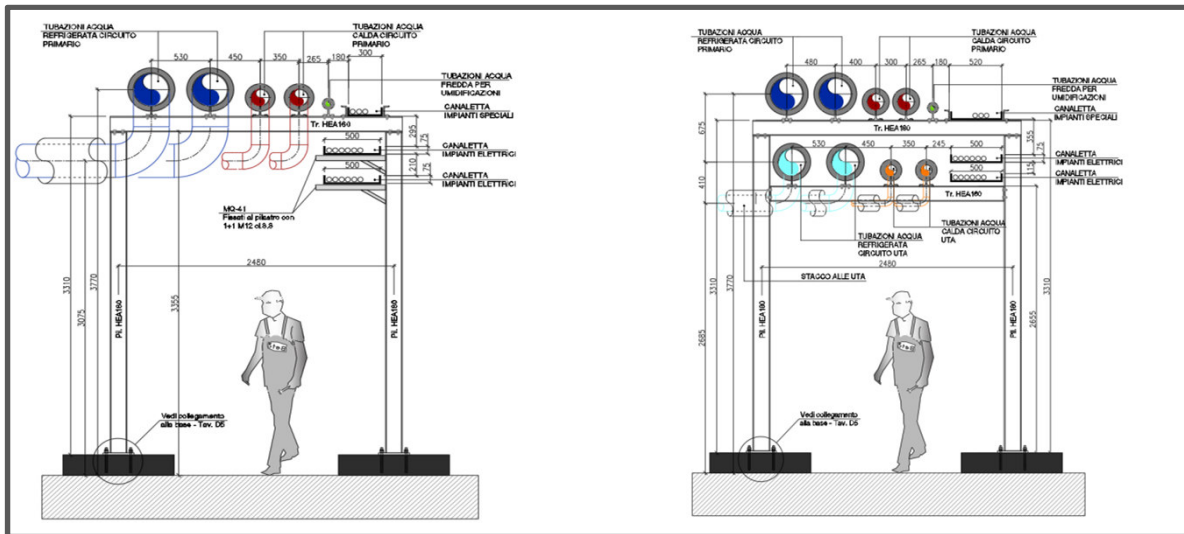
CASTELLO FISSO



CASTELLO D'ANGOLO



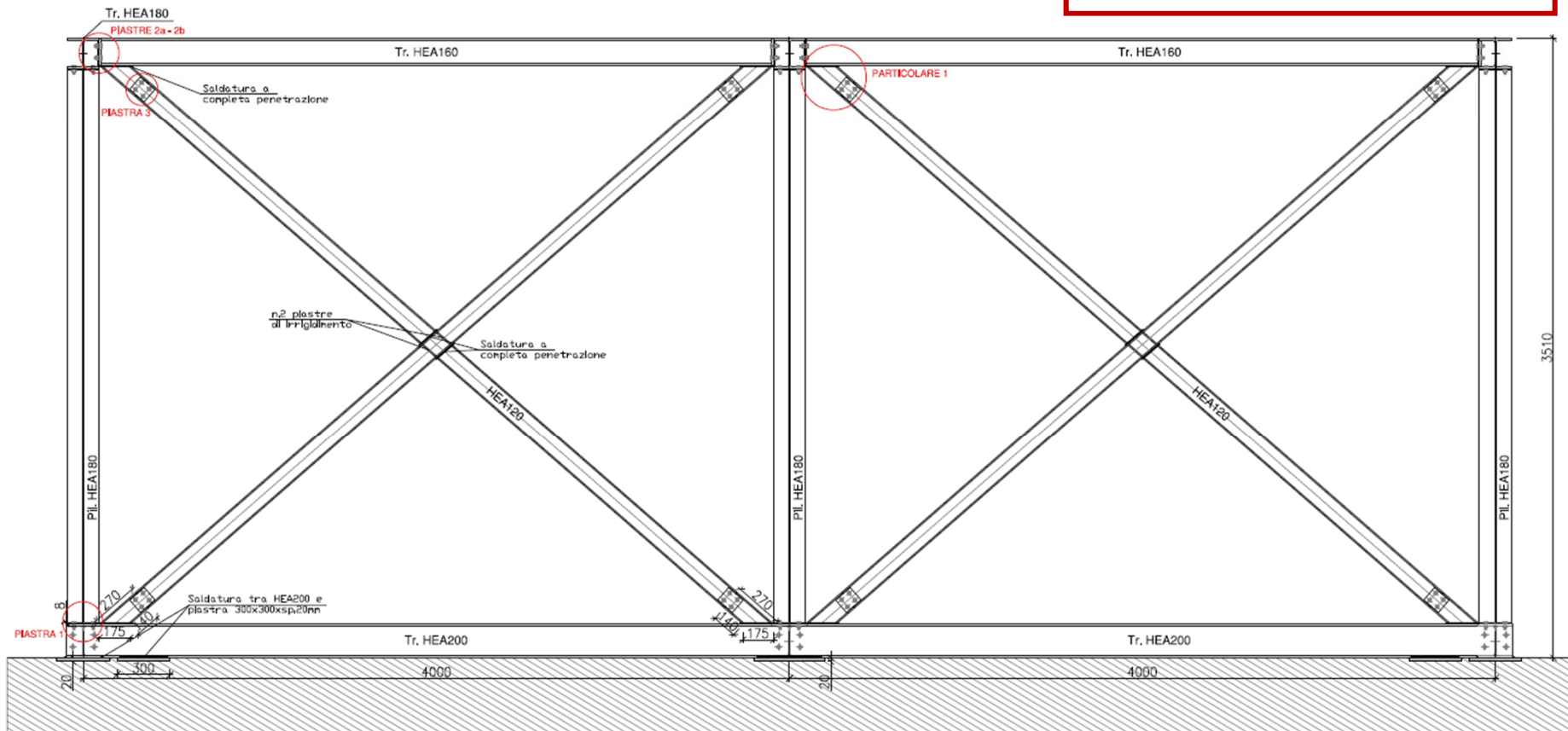
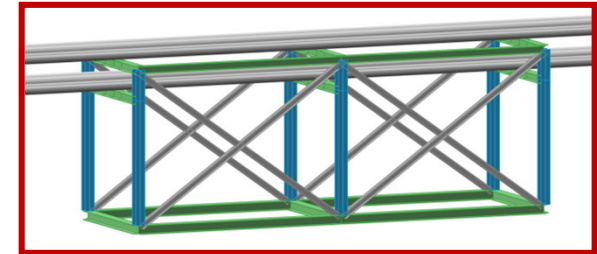
PORTALI SEMPLICI



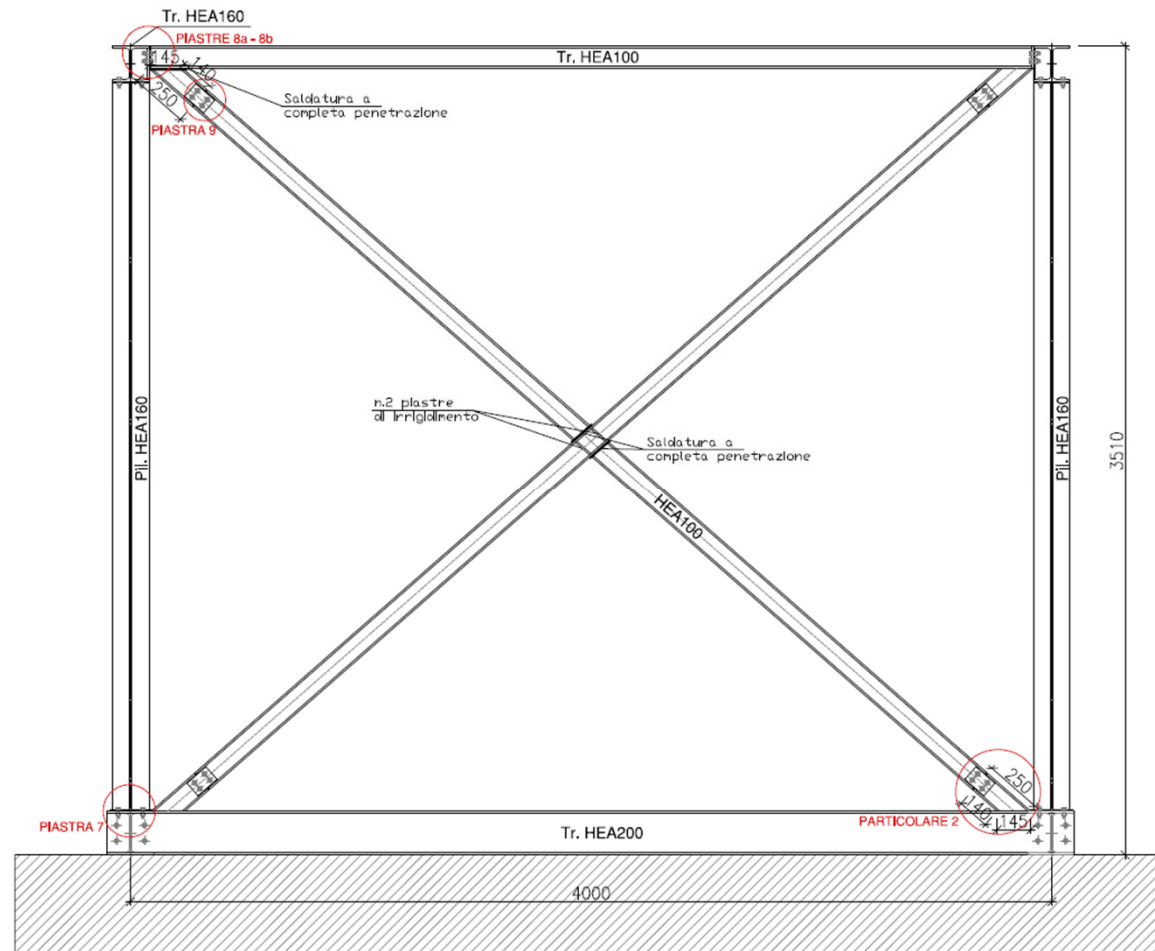
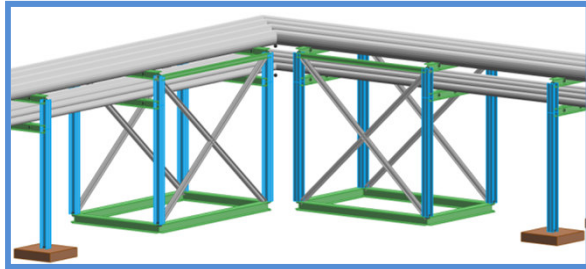
CASTELLO CON CONTROVENTI SEMPLICI



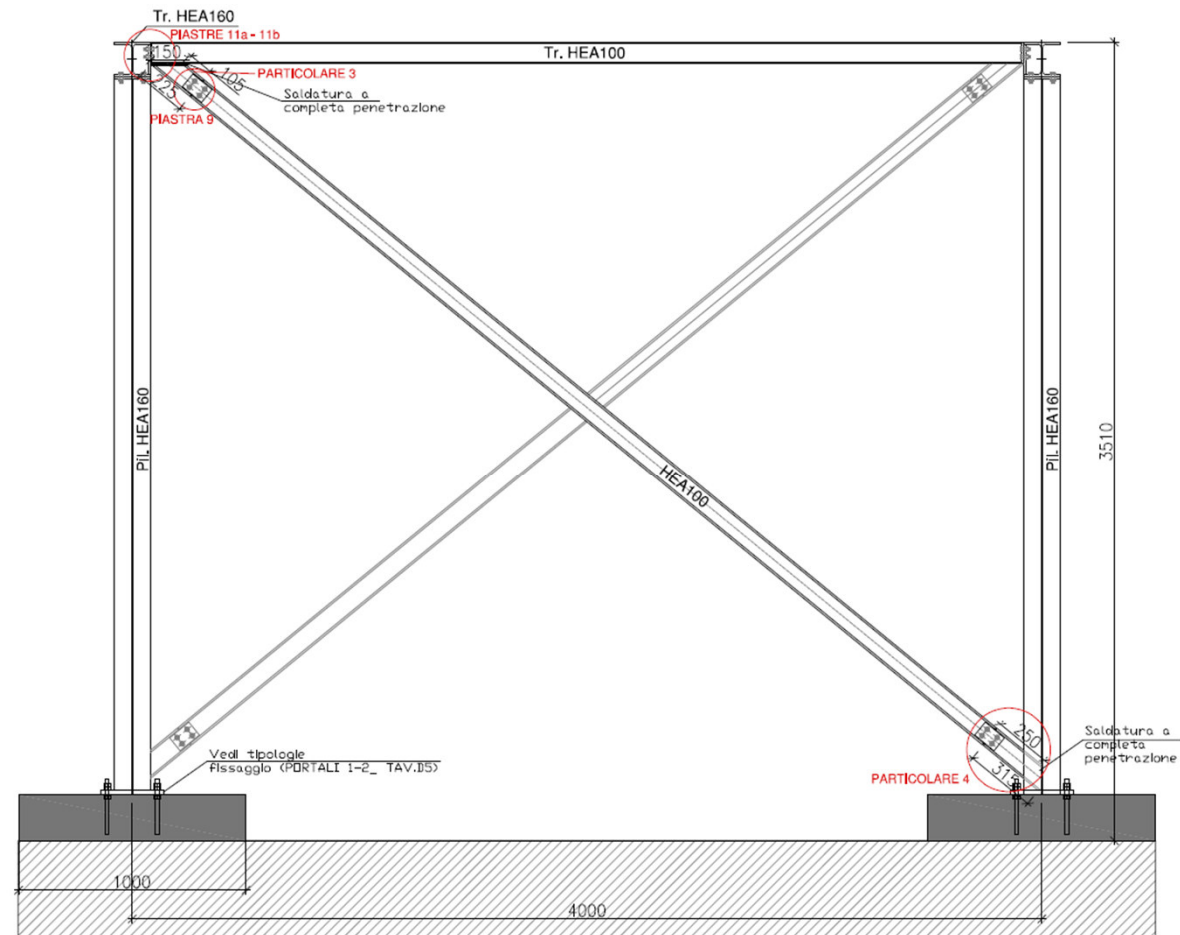
Esecutivo Castello Fisso



Esecutivo Castello d'angolo



Esecutivo Castello con controventi semplici





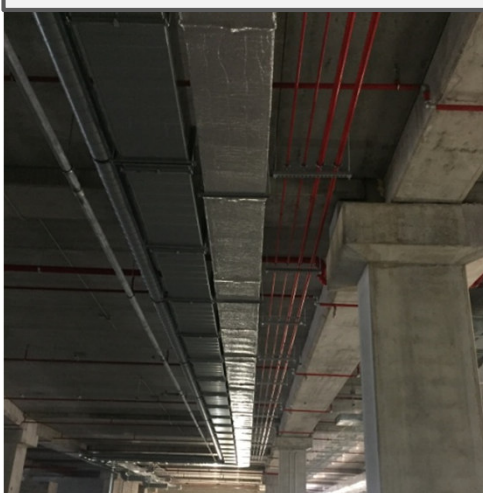
Tipologici degli staffaggi SISMICI realizzati all'interno del centro commerciale

- 1. STAFFAGGIO A STAFFA CON CANALE DOPPIO/TRIPLO (Impianto di canalizzazione dell'aria)**
- 2. STAFFAGGIO A STAFFA PER CANALINE (Impianto elettrico)**
- 3. STAFFAGGIO A STAFFA PER TUBAZIONI (Impianto Idrico)**
- 4. STAFFAGGI COMPOSTI**

ESEMPIO CENTRO COMMERCIALE MAXIMO – ROMA

Realizzazione di staffaggi SISMICI interni

STAFFAGGIO COMPOSTO TIPO 1



STAFFAGGIO COMPOSTO TIPO 2

