



## **Federazione Ordine degli Ingegneri della Toscana**

**(Commissione Impianti Elettrici)**



# **GUIDA ALLA VALUTAZIONE DELLA INSTALLAZIONE DEGLI IMPIANTI ELETTRICI NEI LUOGHI A RISCHIO SISMICO**

## INSTALLAZIONE DI IMPIANTI ELETTRICI RESISTENTI AL SISMA

*Linea guida di introduzione per i progettisti di impianti elettrici con limitate competenze in ingegneria civile*

### Sommario

Premessa.....	2
Il SISMA e gli elementi secondari.....	3
Fasi del progetto .....	6
Step 01 – Anagrafica edificio .....	6
Sep 02- Topografia impianti.....	6
Step 03 – Gli ancoraggi .....	11
La formula per il calcolo dei sostegni .....	14
Quadri Elettrici .....	21
APPENDICE .....	22
Bibliografia .....	27

## Premessa

Il progettista di impianti elettrici è forse il professionista cui sono richieste più competenze interdisciplinari perchè non vi è ambiente che non necessiti di alimentazione elettrica o controllo.

Ogni ambiente ha le sue caratteristiche, vincoli, limitazioni e l'impianto elettrico deve transitarvi in sicurezza, alimentare i carichi in modo sicuro ed efficiente, proteggere la struttura impiantistica, le persone e le utenze in caso di guasto.

Nella genesi di un progetto il professionista deve sviluppare una conoscenza ed un'esperienza che va oltre la legge di Ohm e spesso accade che, dopo aver dimensionato quadri e linee per soddisfare le esigenze delle utenze, dopo aver rispettato le varie regole tecniche per la posa in opera nei vari ambienti ( M.A.R.C.I, soggetti a Controllo VVF, rischio esplosione, quadri, ecc) il progetto viene – redatto con la classica frase: “ *in fase di realizzazione sarà cura di installatore e DL scegliere i sostegni antisismici più opportuni...*” . La conseguenza è che spesso la DL richiede al progettista di rendere esecutivo il proprio progetto fino all'ultimo dettaglio , pena la sua non realizzabilità. Questo ritarda l'esecuzione degli stessi se non peggio.

Il documento che segue ha lo scopo di fornire semplici strumenti di comprensione del fenomeno “antisismico” al progettista di impianti elettrici, in modo possa ubicare apparecchiature e definire passaggi con un criterio che renderà più immediata la successiva fase di calcolo dei sostegni. Il documento ha uno scopo divulgativo e di introduzione alle tematiche che regolano la vulnerabilità sismica degli impianti ed è rivolto a coloro che non hanno una preparazione specifica in calcolo di strutture.

Da evidenziare, inoltre, che le NTC2018 indicano con estrema chiarezza le competenze e responsabilità in tema di progettazione e realizzazione antisismica. Di seguito si riporta il periodo estratto dalle NTC 2018 capitolo 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...”**

Tuttavia è importante che anche l’impiantista abbia una conoscenza di base sull’argomento, soprattutto per dare una impostazione al layout distributivo e alle interferenze che semplifica il lavoro dei colleghi strutturisti e per risolvere casi più semplici dove l’entità della riqualificazione non interessa le strutture.

## Il SISMA e gli elementi secondari

Quando pensiamo ad un terremoto ci immaginiamo un evento catastrofico con crolli diffusi e viene normale, ad un progettista di impianti, pensare che in tali circostanze i cavi elettrici, che crollano insieme al solaio o le utenze varie, non rappresentino un aggravio di rischio rispetto alla muratura.

Ma, anche se la struttura su cui è ancorato l’impianto non crolla, l’impianto subisce sollecitazioni perlopiù in senso orizzontale, che potrebbero danneggiare gravemente lo stesso e renderlo inutilizzabile.

Stessa cosa dicasi per i Quadri Elettrici, gli Ups, i Gruppi elettrogeni, i Trasformatori e altri apparati non ancorati correttamente potrebbero essere soggetti a traslazioni e ribaltamenti. Qui di seguito si propone un elenco di tali apparecchiature:

1. Quadri elettrici a media/bassa tensione di potenza e di automazione, in particolare apparecchiature assiemate di protezione e di manovra
2. Gruppi elettrogeni
3. Raddrizzatori, Inverter, UPS, Gruppi Elettrogeni
4. Batterie di accumulatori i relativi supporti (rastrelliere e armadi).
5. Apparecchi di illuminazione.
6. Apparecchiature dei sistemi di automazione e controllo.
7. Sistemi e componenti di Strumentazione.
8. Sistemi e componenti a bassa tensione assimilabili.
9. Distribuzione : canalizzazioni, passerelle, blindosbarre

Sempre più frequente è il caso di un edificio che ha correttamente assorbito il sisma, ma che è stato reso inagibile dalla rottura di cavi, crollo di plafoniere, caduta o danneggiamento di quadri con conseguenti costi significativi per il ripristino ed il rilascio delle nuove agibilità. Anche i controsoffitti in certe occasioni sono crollati perché appesantiti da impianti “appoggiati” e non correttamente ancorati alle strutture portanti.

Dalla perturbazione dell’assetto degli impianti elettrici possono avere origine

10. Propagazione di incendio od esplosioni
11. Ferimento di persone
12. Ostruzione vie di esodo
13. Perdita di funzionalità degli impianti in edifici rilevanti per la sicurezza pubblica
14. Interruzione di servizio degli impianti in edifici produttivi
15. Interruzione del monitoraggio di aree sensibili

Molti studi rilevano come il costo di riparazione degli impianti e di altri elementi non strutturali abbia un impatto talvolta prossimo al costo di ripristino di elementi strutturali e ciò impone una maggiore presa di coscienza del problema sia dalle prime fasi di sviluppo del progetto.

Qui di seguito sono riportate alcune immagini di danni prodotti dal sisma che hanno interessato solo parti di impianto



FIG. 1 - Danni su elementi di impianto

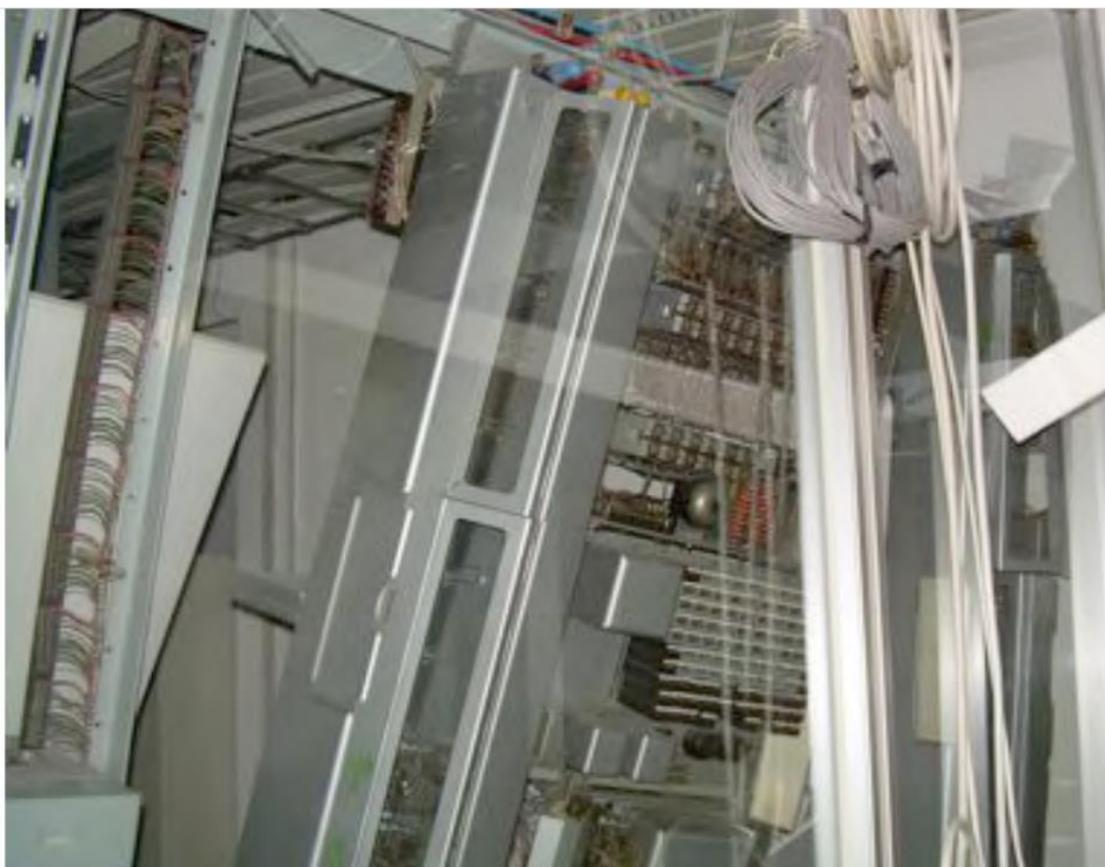


FIG 2 – Ribaltamento Quadro

# Fasi del progetto

Di seguito si identificano i possibili step di progetto per tenere in debita considerazione la variabile "sisma"

## Step 01 – Anagrafica edificio

Gli elementi fondamentali sono:

### 1. Caratterizzazione delle persone che usufruiscono degli ambienti

La salvaguardia delle persone è sempre al primo punto di ogni valutazione e quindi uno degli aspetti più importanti è il grado di l'affollamento e la tipologia dello stesso. Si passa da ambienti con scarsa presenza di persone a luoghi più affollati come Uffici, Scuole, Ospedali, Centri Commerciali, ed in tutti questi influisce molto il grado di "conoscenza" e familiarità delle persone con il luogo.

### 2. Caratterizzazione dei beni in essi contenuti

E' possibile distinguere:

- **Ambienti ordinari** senza funzioni strategiche ( gli impianti possono danneggiarsi ma non producono altri effetti, ed è tollerata la mancanza del servizio cui erano deputati, ad esempio: l'illuminazione di un deposito) . E' comunque da porre attenzione alle vie di esodo perché se è vero che, ad esempio, la caduta di una plafoniera può essere un rischio trascurabile in ambienti dove non vi è costante presenza di persone, la stessa potrebbe interferire con la viabilità di emergenza creando comunque gravi disagi.
- **Ambienti essenziali** dove non è tollerato un disservizio, ovvero dove il maggior danno è provocato dal mancato funzionamento del sistema, ad esempio: sale operatorie.
- **Ambienti pericolosi** dove vi è la possibilità di generare incendi/esplosioni a seguito di sollecitazioni sismiche per rilascio di sostanze pericolose o inneschi di atmosfere esplosive. Da non trascurare l'effetto domino che potrebbe trasmettere l'evento ad altre aree.

Un metodo per definire correttamente il contesto potrebbe essere quello di identificare tali aree in planimetria con opportuna grafica o colorazioni.

### 3. Servizi essenziali da mantenere e squadre di soccorso

E' fondamentale evidenziare tutti i servizi che devono funzionare anche dopo il sisma sia per la continuità del servizio, sia per la sicurezza delle squadre di soccorso e l'efficacia dell'intervento. Ad esempio: i sistemi di attivazione di impianti di protezione attiva, i monitoraggi di parti di processo critiche, ecc. non possono andare fuori controllo o non essere raggiungibili anche in caso di sisma.

## Sep 02- Topografia impianti

Si entra nel vivo del progetto con le seguenti valutazioni:

1. identificare, anche con l'aiuto dello **strutturista**, quali sono le pareti/solai portanti, giunti sismici, giunti termici, spazi liberi di oscillare o di muoversi e altri elementi di possibile scorrimento. Anche qui è utile identificarle in planimetria
2. **UtENZE ed apparecchiature da alimentare**  
E' fondamentale disporre su planimetria quadri elettrici, Ups, macchinari ed apparecchiature in genere, per verificarne la loro ubicazione in funzione degli elementi strutturali dell'edificio. E' opportuno valutarne le interazioni negative sia con con gli altri elementi strutturali ( urti , martellamenti, punzonamenti, distorsioni, instabilizzazioni ,

dislocazioni), sia con vie di esodo che potrebbero rimanere ostruite da un eventuale spostamento o ribaltamento dell'apparecchio. Il layout così definito consente di ricercare la configurazione ottimale privilegiando il posizionamento a ridosso di strutture portanti, fuori dalle vie di esodo e prescrivere se e dove sono necessari ancoraggi antisismici.

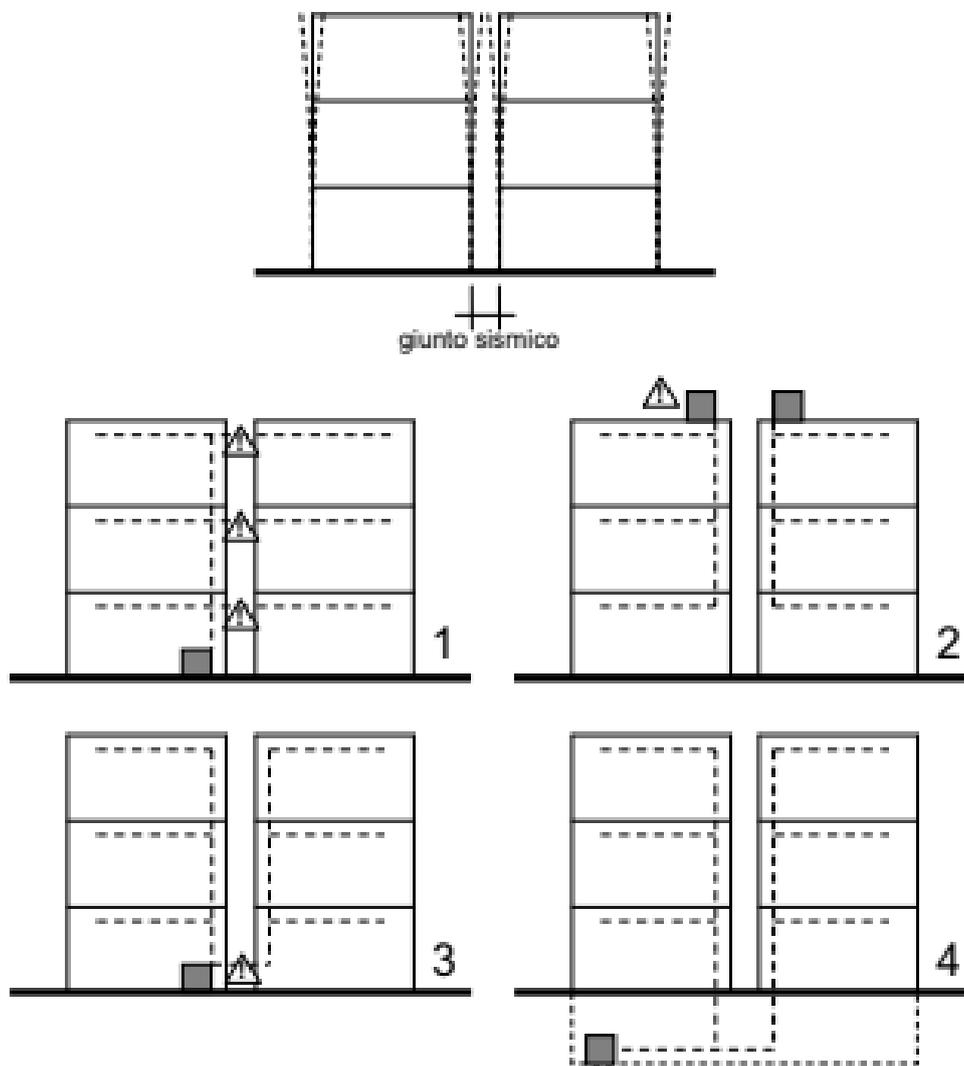


FIG.3 – Criticità introdotte dalle scelte progettuali del layout. Il giunto sismico rappresenta un punto di criticità per gli attraversamenti degli impianti che è sempre opportuno ridurre al minimo. Il posizionamento di apparecchiature pesanti ai piani alti rappresenta un ulteriore elemento di criticità tale da preferire il loro posizionamento il più in basso possibile

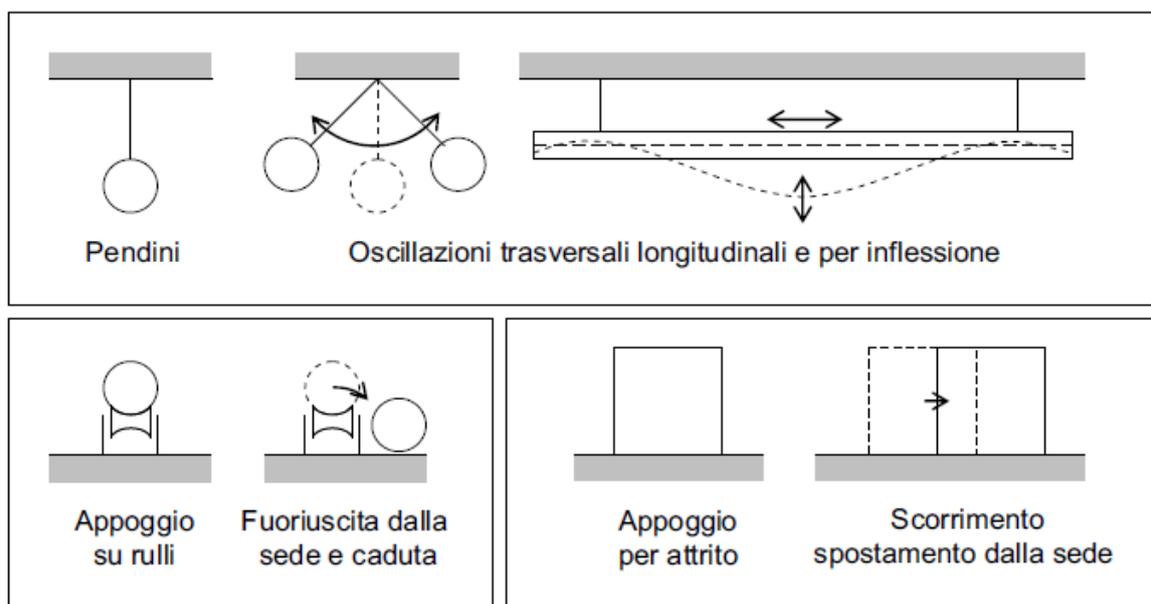


FIG.4 – Criticità locali dovute alla risposta degli ancoraggi al tipo di perturbazione prodotta dal sisma.



FIG.5 – Criticità locali dovute all'interazione con altri elementi, esempio il martellamento dell'involucro di un silos contro parete perimetrale (Terremoto L'Aquila 2009)

3. Identificazione del miglior **percorso cavi**: una volta conosciuta la struttura è da evitare l'ancoraggio di canale su murature di differente consistenza, ad esempio: passare da una parete strutturale ad una in cartongesso non è consigliabile. Dovendolo comunque

fare si devono amplificare le valutazioni sulla stabilità sismica. Altro fattore è valutare la distanza dai sistemi strutturali a quelli impiantistici. Traslando reciprocamente possono entrare in contatto e danneggiarsi. Non dimentichiamoci che le due azioni del sisma sono **l'accelerazione sui vincoli e lo spostamento relativo**.

4. Ubicazione e Suddivisione dei **quadri di alimentazione** degli impianti: se dobbiamo attraversare un giunto sismico è preferibile farlo con una dorsale piuttosto che con molte linee ed è buona regola attraversare i giunti solo se non vi sono altre possibilità, limitare i tratti di linee di continuità assoluta privilegiando la delocalizzazione degli apparati di back-up.
5. **Interferenze con altri impianti**: ricordiamo, infatti che molto spesso gli spazi tecnici non sono infiniti, anzi tutt'altro, e sono da condividere con gli impianti meccanici, idrico sanitari, antincendio tutti aventi necessità della stessa attenzione. Quindi per non trovarsi a dover realizzare un ancoraggio impossibile, perché fisicamente non entra negli spazi a disposizione, il coordinamento con gli altri tipi di impianti è una delle fasi più importanti.

### Vediamo ora alcuni consigli e metodi

Quando è necessario attraversare un giunto sismico (se proprio non è possibile evitarlo) oppure quando è necessario transitare su due pareti non solidali, ovvero che potrebbero muoversi in modo differente durante un sisma, è necessario garantire all'impianto una certa elasticità per sopportare i movimenti tra due staffe ancorate alle due pareti. Un metodo utilizzato è quello di consentire ai cavi elettrici di assecondare i possibili movimenti lasciandoli senza vincolo nel punto di disconnessione strutturale.

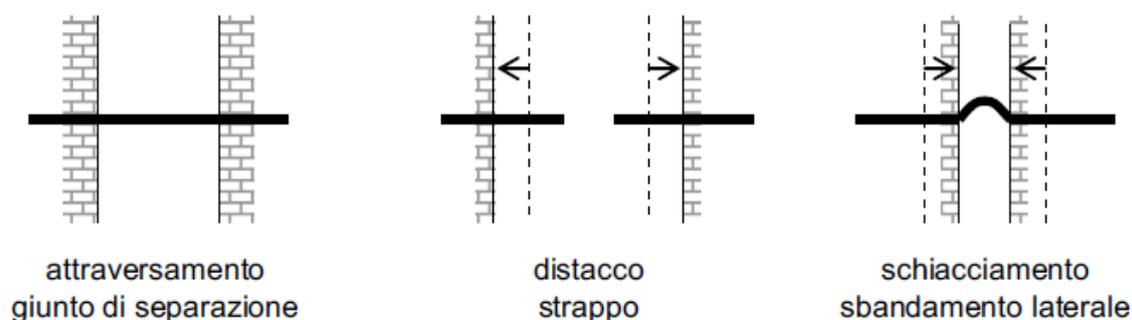


FIG.6 – Criticità nell'attraversamento di giunti strutturali

La figura mostra una tipica soluzione per attraversare giunti sismici: si interrompe la passerella e si lasciano i cavi liberi di muoversi in tale tratto.

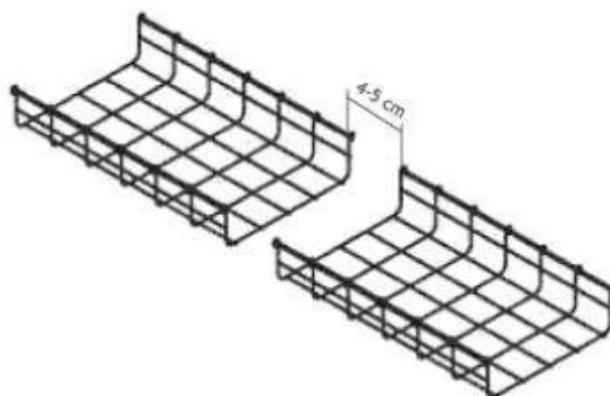


FIG.7 – Esempio di soluzione per attraversare giunti sismici: disconnessione del supporto

Altri esempi di disconnessione tra parti murarie che si muovono in modo indipendente



FIG.8 – esempio di disconnessione di cavidotti ( Terremoto L'Aquila 2009)

Riguardo al problema degli urti si utilizza spesso distanziare gli impianti da ciò che potrebbe muoversi. L'esempio nella figura sotto evidenzia come la distanza tra le tubazioni a soffitto dell'autorimessa ed i pilastri (30 cm) evita in caso di movimento della piastra l'urto dei tubi.



FIG.9 – Esempio distanza di sicurezza tra tubi e pilastri per evitare che entrino in contatto durante il sisma (Terremoto l'Aquila 2009) .

## Step 03 – Gli ancoraggi

Dopo aver studiato a fondo i percorsi per renderli più lineari possibile e meno interferenti con le strutture si può iniziare lo studio degli ancoraggi che è l'argomento da analizzare insieme allo strutturista ed al fornitore di sistemi. I parametri necessari per il dimensionamento sono:

- Area geografica, tipo di edificio e piano in elevazione di intervento
- manufatti da ancorare per capire forma e peso
- layout e peso delle canale
- distribuzione apparecchi
- tipologia di muratura su cui ancorare i manufatti ( cemento, laterizio ecc)

inizia così la fase di definizione dapprima degli ancoraggi statici che consentono di sostenere il peso degli impianti e successivamente il posizionamento dei vincoli per garantire adeguata risposta agli sforzi di accelerazione prodotti dal sisma nel piano orizzontale.

Oltre alle canalizzazioni, vi sono tutti gli apparati appesi quali luci, altoparlanti, ecc. che hanno una loro valutazione parallela spesso gestita vincolandoli alla struttura portante con cavi di acciaio anche in forma di controvento ove necessario.

Gli impianti durante il sisma sono investiti da forze verticali e orizzontali longitudinali e trasversali.

In linea generale la accelerazione delle onde verticali è inferiore a quelle delle onde orizzontali, e proprio le perturbazioni sul piano orizzontale sono la principale causa dei danni tipici di impianti e apparati all'interno degli edifici. Per questo motivo si trascurano le forze aventi sul piano verticale per la maggior parte delle applicazioni.

Le forze orizzontali aumentano crescendo con l'altezza dell'edificio tanto che le accelerazioni del pavimento dei piani superiori, possono essere anche **2 volte** quelle al suolo.

Per la verifica sismica sono dunque fondamentali due fattori:

4. Accelerazioni legate al rischio sismico del sito riferito al livello del suolo
5. Fattori specifici relativi alla conformazione dell'edificio
- 6.

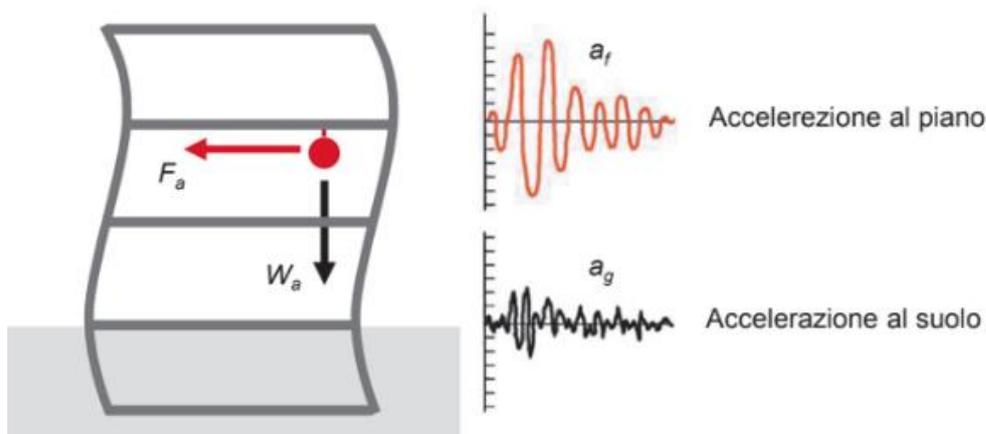


FIG.10 – Accelerazione al suolo ed al piano, metodo della forza statica equivalente

Le scosse si propagano dal suolo attraverso l'edificio e lo stesso agisce da filtro di frequenza amplificando le scosse del terremoto nell'area della frequenza naturale dell'edificio. Dunque è determinante nell'analisi:

7. Il comportamento di vibrazione naturale dell'elemento oggetto di verifica

8. Le sue caratteristiche di smorzamento
9. La sua capacità di dissipare energia attraverso la deformazione plastica

In generale possiamo raggruppare i sostegni in 4 famiglie:

10. Verticali
11. Laterali
12. Longitudinali
13. A 4 vie

Il tutto per combinare una funzione statica, ovvero per sostenere il peso del manufatto ed una funzione dinamica, ovvero di bilanciamento delle perturbazioni sismiche. Il dimensionamento passa dalla verifica delle forze che i sostegni devono equilibrare.

La tabella sotto sintetizza le tipologie

<b>Collegamento delle tubazioni alla staffa</b>	I tipi più comuni e meno costosi sono i collari, i sostegni ad U e le mensole in profilato di acciaio per i fasci tuberi. Nei collari ad U è importante l'inserimento di una sella di rinforzo per evitare che il ferro ad U si pieghi sotto l'azione della forza sismica. Esistono anche elementi a cerniera perforati per il collegamento a staffe rigide o dotati di punti di attacco per cavi	
<b>Elementi di sostegno</b>	Cavi acciaio	I cavi consentono una maggiore adattabilità e flessibilità di installazione in loco, tuttavia, non resistendo a compressione è richiesto per ogni staffaggio un numero doppio di collegamenti alla struttura. I cavi consentono di apportare variazioni in lunghezza e regolazioni della tensione dei collegamenti terminali.
	Angolari acciaio	Gli staffaggi rigidi richiedono un numero minore di collegamenti ma una maggiore precisione nella posizione e allineamento dei fori dei bulloni.
	Qualunque sia il metodo scelto, esso deve essere sempre lo stesso per l'intero percorso delle condotte in una direzione	
<b>Ancoraggio alla struttura</b>	Nel cemento armato i tipi di ancoraggio più comuni sono gli angolari fissati alla struttura con tasselli ad espansione. Il numero di tasselli richiesti è funzione delle forze previste. Il tassello viene dimensionato per resistere alle forze di taglio e tensione con adeguati fattori di sicurezza. I collegamenti ad elementi strutturali in ferro possono essere realizzati mediante bulloni, morsetti o passanti saldati	

FIG.11 – Elementi di rinforzo contro l'ondeggiamento

Il modo per contrastare le forze trasversali e longitudinali su piano orizzontale è l'adozione di un sistema a controventi, che non è altro che una aggiunta di profili in acciaio lungo l'asse da equilibrare. Cambia la tipologia che può essere cavo di acciaio, barra filettata, profilato di vario spessore, ma non cambia il concetto. Ad esempio se si adotta un cavo, è ovvio che se ne devono installare almeno due contrapposti perché non resiste a compressione. Se si installa un profilato rigido è possibile e che la si possa mettere solo su un lato data la sua rigidità.

La figura sotto mostra le due tipologie di installazione, a filo o a barra rigida



FIG.12 – Esempi di controventi con filo di acciaio e con barre rigide.

E' utile, inoltre, riportare la tabella di sintesi sottostante per avere una idea dei criteri principali seguiti per il dimensionamento.

<b>Criteri generali di dimensionamento dei dispositivi di vincolo</b>	
a.	Ciascuna tratta lineare deve essere controventata in direzione longitudinale (parallela alla direzione del tubo o del condotto) mediante almeno un controvento.
b.	Ciascuna tratta di tubo, condotto elettrico o dell'aria con due o più supporti necessita di: <ul style="list-style-type: none"><li>- almeno due controventi trasversali (perpendicolari alla direzione del tubo o del condotto). Un controvento longitudinale dalla parte opposta di un gomito o di un giunto a T può servire come controvento trasversale;</li><li>- almeno un controvento longitudinale (parallelo alla direzione del tubo o del condotto). Un controvento trasversale dalla parte opposta di un gomito o di un giunto a T può servire come controvento longitudinale.</li></ul>
c.	È opportuno che i controventi trasversali e longitudinali vengano installati ad un angolo di 45 gradi dall'orizzontale, ossia rapporto base altezza B:H pari 1:1. Se si vuole ancorare i controventi con un angolo pari a un rapporto 1,5:1 o 2:1, lo spazio tra controventi consecutivi oppure il peso massimo del tubo per metro lineare deve essere ridotto. Evitare, per quanto possibile, installazioni con angolo maggiore di 2:1.
d.	Non usare mai, nella stessa parte diritta di tubo o condotto elettrico, controventi di tipo rigido e cavi agenti nella stessa direzione.
e.	Non controventare mai un sistema meccanico o elettrico a due parti differenti della struttura che possono rispondere in modo diverso durante il sisma. Ad esempio, si deve evitare di connettere un controvento trasversale a un muro e un controvento longitudinale al pavimento o al soffitto se entrambi i controventi sono connessi allo stesso punto del sistema meccanico o elettrico.
f.	Ogni sistema che attraversa un giunto di separazione o un giunto sismico deve essere progettato per assorbire uno spostamento differenziale pari allo spostamento relativo fra i due punti.
g.	Sistemi soggetti a deformazioni termiche significative devono essere progettati caso per caso in modo da resistere a carichi sismici ed evitare coazioni termiche. Solitamente ogni parte diritta di tubo deve essere controventata longitudinalmente in un punto soltanto.

FIG.13 – Criticità nel dimensionamento dei dispositivi di vincolo ( tratto da Mason Industries)

## La formula per il calcolo dei sostegni

Vediamo ora di descrivere la formula che viene utilizzata per il calcolo degli staffaggi riportata nelle norme NTC 2018

Nella immagine sotto vogliamo ricordare le formule alla base del calcolo degli staffaggi non per approfondirne l'utilizzo ma per leggere la descrizione dei vari fattori che le compongono al fine di comprendere meglio il contesto di applicazione.

La forza sismica orizzontale agente sul centro di massa  $F_a$  è proporzionale al peso e alla accelerazione  $S_a$  e inversamente proporzionale al fattore di struttura  $q_a$ , desumibile quest'ultimo da tabelle presenti nella circolare esplicativa 2019. Riportiamo di seguito estratto delle NTC2018 Par. 7,2,3

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

dove:

- $F_a$  è la forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;
- $S_a$  è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1 D.M. 2018);
- $W_a$  è il peso dell'elemento;
- $q_a$  è il fattore di comportamento dell'elemento.

Per il fattore  $q_a$  la circolare 2019 [9] definisce il seguente valore

**Tabella C7.2.1** - Valori di  $q_a$  per elementi non strutturali

Elemento non strutturale	$q_a$
Parapetti o decorazioni aggettanti	1,0
Insegne e pannelli pubblicitari	
Comignoli antenne e serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza	
Pareti interne ed esterne	2,0
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 poggiati sul pavimento	
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

L'accelerazione massima  $S_a$ , che è il principale e più complesso fattore da calcolare, dipende essenzialmente dalla caratteristica del sito, dalla tipologia di elemento da staffare e dall'edificio. E' un parametro che richiede conoscenze della struttura, sul terreno di difficile determinazione per un impiantista ma che possono essere o richieste all'ente proprietario o stimate con l'aiuto di procedure on-line come mostrato in Appendice 2.

In realtà le NTC 2018 hanno reso più complesso il calcolo di  $S_a$ , di complessa esecuzione senza l'aiuto di codici di calcolo utilizzati dagli strutturisti tanto da rendere necessaria la circolare esplicativa [9] per definire formulazioni semplificate. Ad esempio vi è la formula C7.2.11 valida per costruzioni con struttura a telai, ma per un impiantista è ancora dispersiva

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

dove:

- $\alpha$  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).

In alternativa è possibile riferirsi agli Eurocodici (norma Uni En 19989-1: 2013) per la definizione di  $S_a$  che può essere adottata ai fini del calcolo di una staffatura impiantistica.

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

dove:

- $\alpha$  è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno  $a_g$  su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità  $g$ ;
- $S=S_T-S_S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
- $T_a$  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.

FIG.14 – Formule principali per il calcolo di  $F_a$

Calcolata la  $F_a$ , è possibile scegliere la tipologia di controventi in termini di spessore e lunghezza. Da ricordare che il controvento deve gestire gli spostamenti sia longitudinali che trasversali.

Lo staffaggio con controvento è da porre a distanza multipla degli staffaggi longitudinali per praticità, e si possono avere o controventi che bilanciano le forze in ogni direzione, o alternati controventi che bilanciano le singole forze.

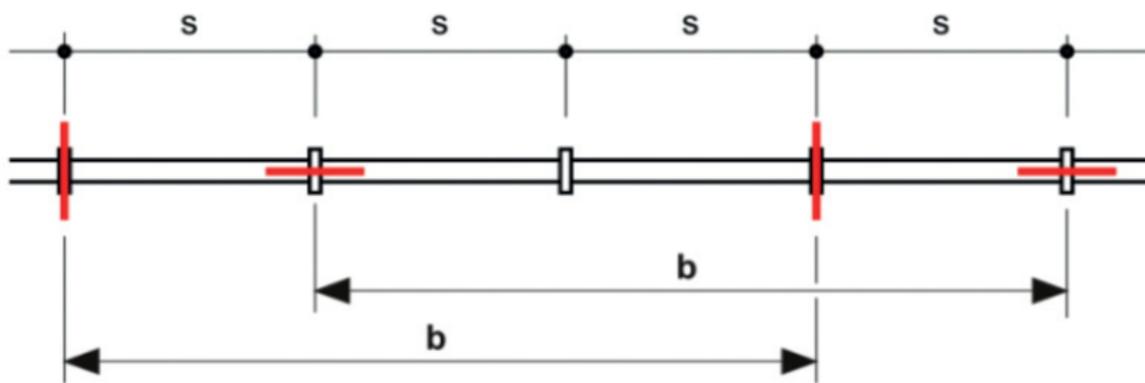


FIG.15 – esempio di Controventi longitudinali e trasversali separati ed alternati, disposti ad un interasse b [4]

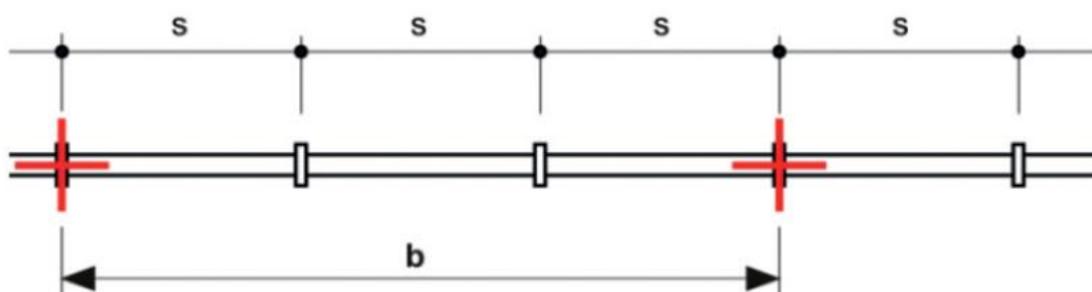


FIG.16 – esempio di Controventi longitudinali e trasversali installati sullo stesso supporto dei tubi ( controvento a 4 vie ) [4]

E' utile inoltre ricordare nella fig. 16 A una semplice regola consigliata in USA per avere una prima indicazione [8]

VENTILAZIONE	ELETTRICI	MECCANICI
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• TRASVERSALE: 9 m</li> <li>• LONGITUDINALE: 18 m</li> </ul> <p><b>GAS PERICOLOSI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TRASVERSALE: 4,5 m</li> <li>• LONGITUDINALE: 9 m</li> </ul>	<p><b>CANALINE MATERIALE DUTTILE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TRASVERSALE: 12 m</li> <li>• LONGITUDINALE: 24 m</li> </ul> <p><b>CANALINE NON DUTTILE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TRASVERSALE: 6 m</li> <li>• LONGITUDINALE: 12 m</li> </ul>	<p><b>ACCIAIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TRASVERSALE: 12 m</li> <li>• LONGITUDINALE: 24 m</li> </ul> <p><b>PLASTICA GHISA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TRASVERSALE 6 m</li> <li>• TRASVERSALE 12 m</li> </ul>
<p><small>(CBC_2001, CBC_1998, UBC_1997, IBC_2006, CBC_2007) (S.M.A.C.N.A.) Progettazione Sistemica di Elementi non Strutturali   October, 2018</small></p>		

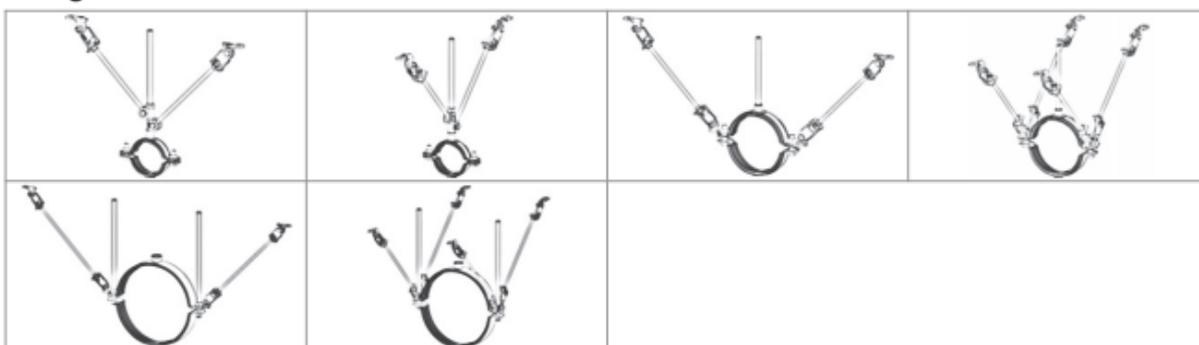
FIG.16 A Interassi sismici consigliati in USA [8]

La procedura dunque per ben ancorare un canale portacavi, una plafoniera o altro è

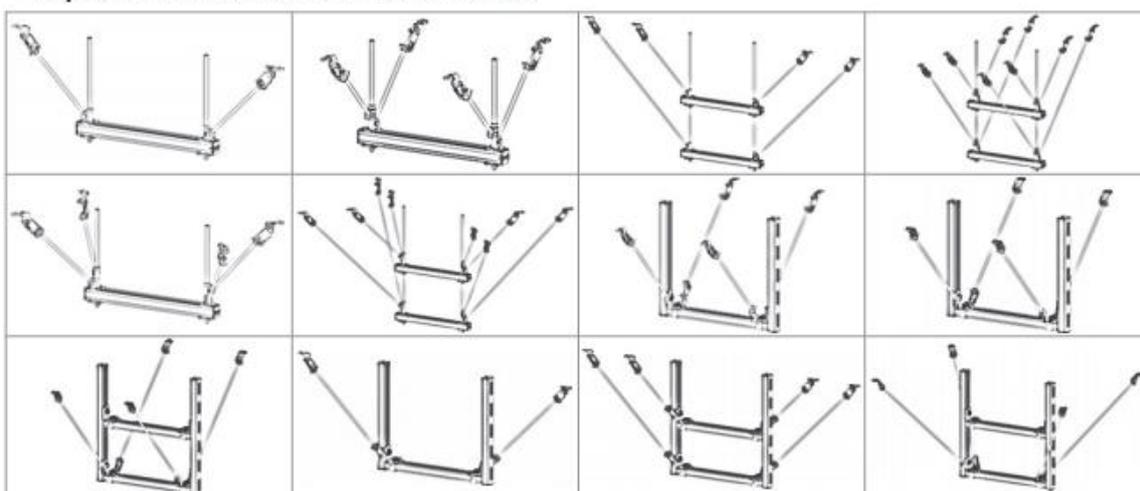
1. Definire tipologia e passo delle staffe strutturali che devono sostenere il perso.
2. Verificare la forza orizzontale che deve sostenere la staffa
3. Decidere il passo delle staffe con controvento
4. Definire la geometria del controvento.

Nella sequenza di schede sotto si presenta un esempio di controventi: si va da un controvento semplice fino a raggiungere il controvento per carichi importanti.

### Singola tubazione



### Trapezio controventato con barre filettate



### Trapezio controventato con binari

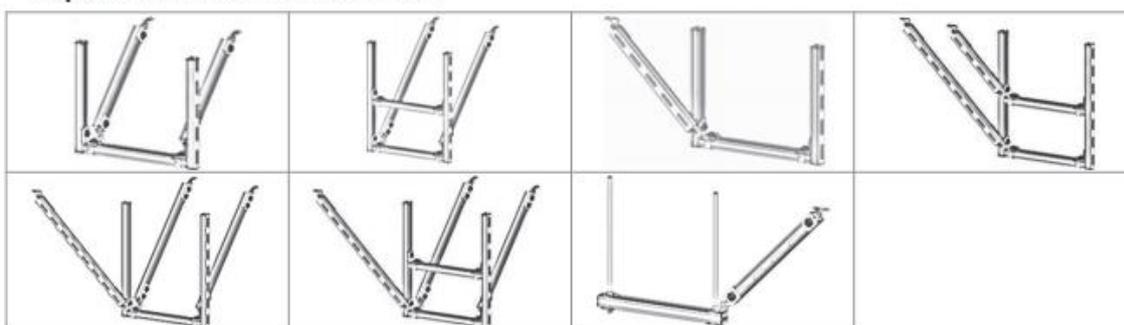


FIG.18 – Vari esempi di controventature [4]

Fondamentale importanza è poi rivestita dal tipo di tassello che sostiene la staffa e qui ogni produttore identifica il proprio kit in funzione della consistenza della muratura.

Per avere una idea della composizione del kit si propone una scheda tratta dal manuale [4] al fine di sensibilizzarsi sulla importanza anche della singola tipologia di vite

Da ricordare, infine che tali ancoraggi son certificati dal costruttore secondo la linea guida europea ETAG 001 che è fondamentale sia ricordata nelle certificazioni di prodotto allegate alla corretta posa in opera.

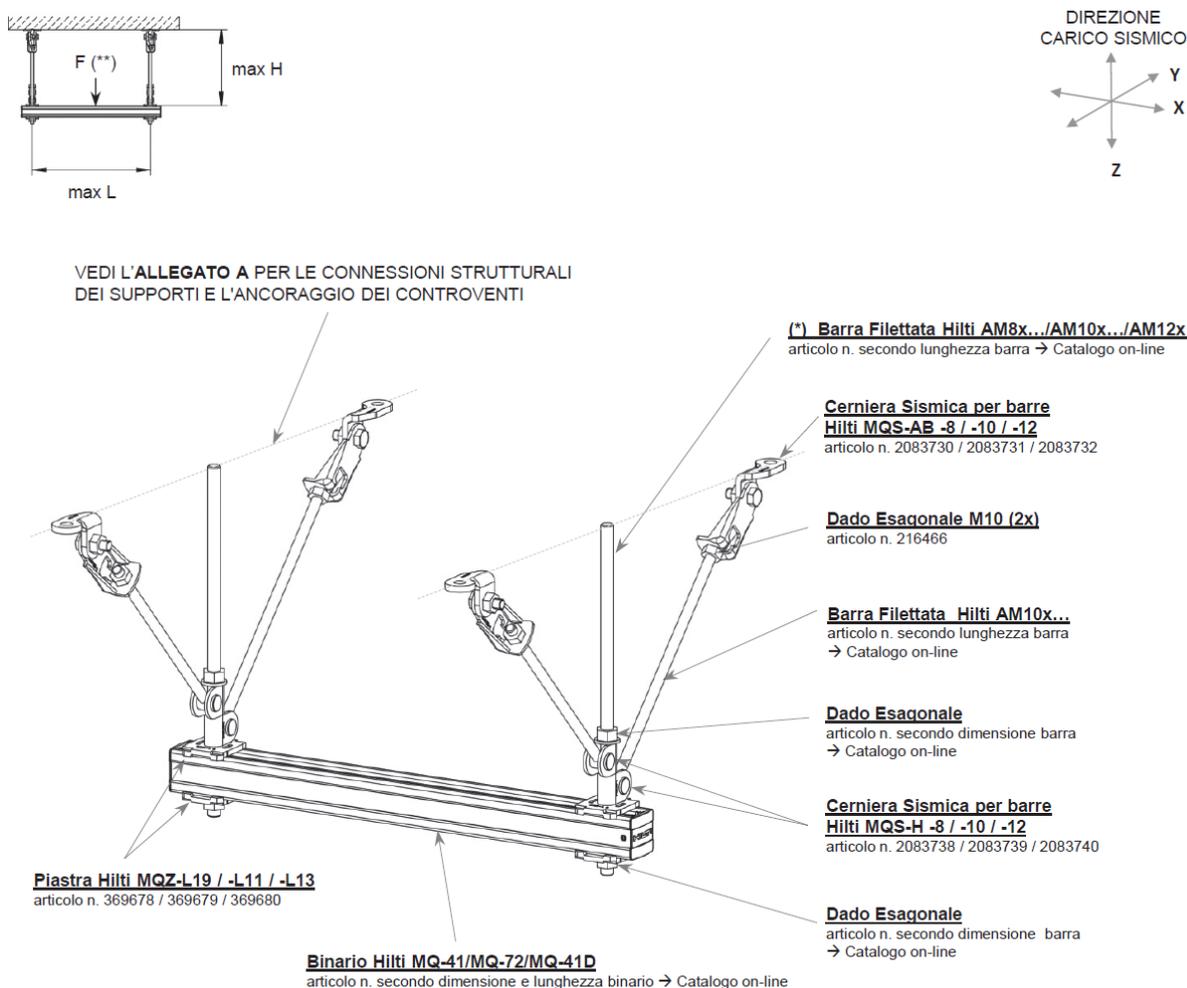
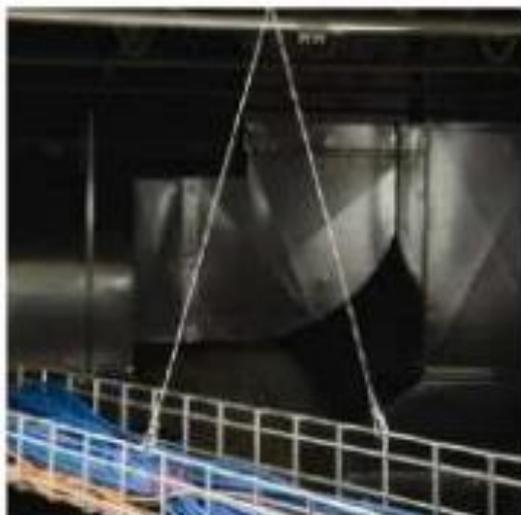


FIG.19 – Esempio di composizione dei controventi. E' interessante vedere l'importanza che viene data anche ai dadi e fissaggi che sembra banale ferramenta ma rappresentano il fulcro di tutto il sistema.

L'immagine20 mostra una tipologia di ancoraggio a struttura portante ove la canaletta deve transitare non in prossimità della stessa. Tale ancoraggio serve per evitare di ancorare la canaletta a controsoffitti o pareti labili o, peggio, in appoggio a controsoffitti.



**ESEMPI FISSAGGIO A SOFFITTO APPARECCHIATURE ELETTRICHE**

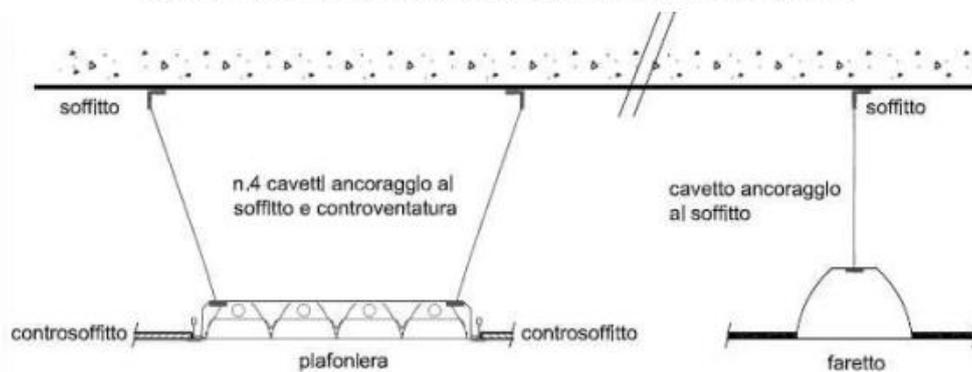


FIG.20 tipico esempio di sistema di ancoraggio a struttura portante che evita all'apparecchio di gravare su altre strutture non portanti. Classico caso del controsoffitto.

## Quadri Elettrici



FIG.21– esempio di quadri elettri in esecuzione antisismica[5]

E' particolarmente importante garantire che le installazioni delle infrastrutture critiche sotto il profilo della sicurezza, come ad esempio quelle degli impianti nucleari, restino operative anche dopo terremoti di magnitudo elevata. Ciò richiede di considerare una gamma molto ampia di misure che esulano dallo scopo di questo documento. D'altra parte, un elevato livello di disponibilità dei sistemi e una robusta protezione contro i terremoti sono importanti anche per le telecomunicazioni e l'IT. Allo stesso tempo è importante che gli impianti rimangano operativi per un dato tempo o possano ritornare in servizio rapidamente a terremoto avvenuto. La frequenza delle vibrazioni che si manifestano durante un terremoto è generalmente compresa tra 0,3 Hz e 50 Hz . Le sollecitazioni che queste vibrazioni esercitano su un quadro elettrico possono causare sia malfunzionamenti sia danni strutturali all'intero sistema. I malfunzionamenti possono essere risolti in tempi relativamente brevi, ad esempio facendo sì che il sistema di manovra possa essere rimesso in servizio rapidamente dopo un terremoto. Questi potrebbero includere tipicamente l'allentamento di un contatto o un corto circuito e il funzionamento dell'impianto viene interrotto dai dispositivi di protezione dell'impianto stesso .Danni più distruttivi potrebbero essere dovuti al distacco di componenti dalla guida di supporto o dalla piastra di montaggio dell'armadio. In genere, un danno grave al sistema di comando provoca anche un'interruzione prolungata della fornitura di energia,come potrebbe accadere in caso di disancoraggio o addirittura ribaltamento di un armadio. Nella categoria dei danni gravi rientrano anche eventuali danni strutturali all'armadio/contenitore. Gli armadi di fatto svolgono un ruolo di protezione primaria, perché se essi non sono in grado di resistere all'evento sismico l'intero sistema è destinato inevitabilmente a guastarsi. Questa vulnerabilità fa sì che la protezione antisismica degli armadi sia considerata un fattore chiave da tutta le normative in materia. Tuttavia l'armadio non può mai essere considerato da solo ma è necessario che anche l'edificio in cui è posizionato l'armadio e tutti i componenti installati nell'armadio soddisfino stringenti requisiti. Un armadio idoneo, di per sé, non è sufficiente a garantire che il sistema rimanga operativo dopo o addirittura durante un sisma. È necessario che anche i componenti in esso installati soddisfino i requisiti normativi e che il funzionamento dell'intero sistema sia valutato tramite test effettuati nelle reali condizioni di esercizio dell'intero sistema sia valutato tramite test effettuati nelle reali condizioni di esercizio. Qualora il quadro elettrico ed i suoi componenti interni devono resistere al sisma, è sufficiente lo si ordini con le

necessarie certificazioni a cura del produttore. Se , invece il problema è legato a fenomeni di ribaltamento, il quadro dovrà essere vincolato alla parete strutturale con opportuni ancoraggi da dimensionare sempre in funzione della  $F_a$ .

## **APPENDICE 1**

Si presentano in appendice 3 schede tratte da linee guida [1] pertinenti le tematiche impiantistiche e che possono essere utili per un migliore inquadramento delle soluzioni.

## CONTROSOFFITTI

3

Il controsoffitto è sospeso al solaio soprastante mediante dei supporti cilindrici ancorati alla struttura a reticolo delle travi di supporto dei pannelli. Viene appoggiato anche a tutto il perimetro dell'ambiente in cui è collocato, attraverso delle travi angolari.

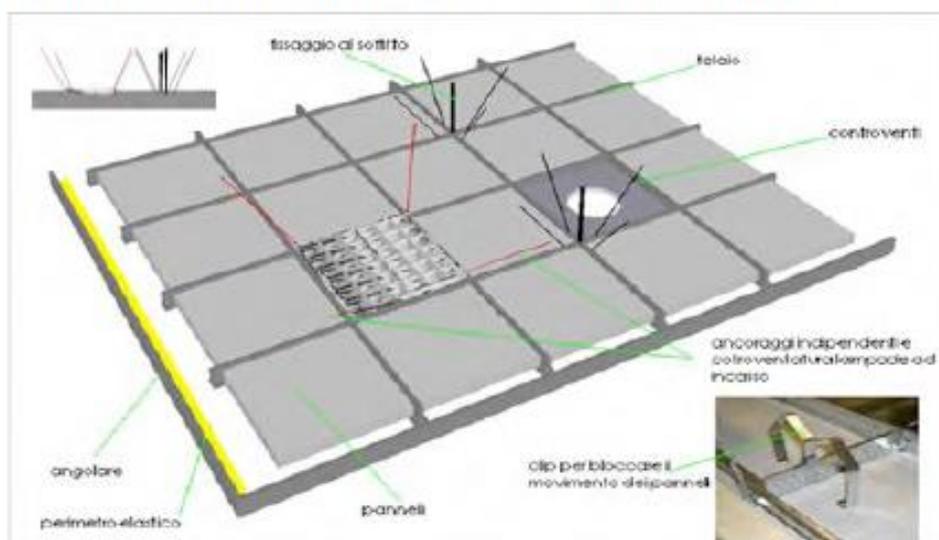
### DANNO

L'oscillazione del telaio di supporto dei controsoffitti se non ancorato o controventato, può provocare l'apertura di spazi tra i supporti, spazi che possono causare a loro volta la caduta di pannelli e lampadari. Il collasso dell'intera griglia di supporto è spesso causata dal carico addizionale dovuto ai lampadari non ancorati alla struttura. Altri tipi di danno ai controsoffitti sono dovuti al martellamento in corrispondenza della sommità delle partizioni e degli sprinkler. Il martellamento è dovuto ad uno spazio insufficiente tra partizione e controsoffitto. La limitazione dei movimenti orizzontali di un controsoffitto sospeso è dovuta soprattutto al contatto tra controsoffitto e pareti perimetrali.



### INTERVENTO

E' necessario ridurre il peso sul controsoffitto, rendendo autoportanti le lampade da incasso, limitando le strutture passanti attraverso il componente (come proiettori e video), al fine di ridurre fenomeni di martellamento causati da oscillazioni a pendolo di intensità diverse. Vista l'impossibilità di eliminare il moto orizzontale del controsoffitto, bisogna evitare che eccessivi spostamenti portino al crollo dei pannelli o peggio degli elementi incassati. Si agisce quindi con una opportuna controventatura dell'elemento, creando un perimetro elastico agli angolari, per permettere dei movimenti di assestamento al fine di evitare concentrazioni localizzate delle tensioni.



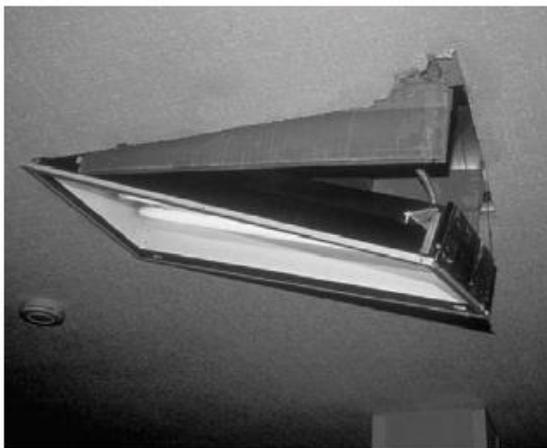
## FONTI DI ILLUMINAZIONE

# 5

Le fonti di illuminazione artificiale, presenti nelle strutture analizzate sono di vario tipo. Ci sono lampade incassate nei controsoffitti, neon appesi con catene e luci singole di tipo industriale. Oltre a un rischio diretto di ferimento, c'è la possibilità che il danneggiamento di queste luci renda difficile la fuga e il soccorso a seguito di un evento sismico.

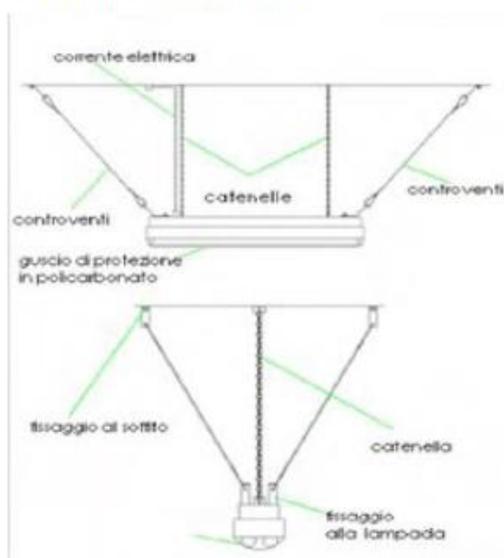
### DANNO

Il danno più comune che queste componenti possono subire è dato dalle oscillazioni indotte dal moto sismico. Incontrando degli ostacoli o i muri perimetrali dei locali, possono rompersi le lampade, facendo cadere a terra frammenti di vetro. Il rischio è ben più grave quando, a causa di sistemi di sospensione inadeguati, tutto il sistema rovina a terra, con un elevato pericolo per le persone sottostanti.



### INTERVENTO

Il pericolo di caduta dei lampadari appesi con catena, può essere mitigato installando al supporto, dei controventi che impediscano gravi spostamenti ed assecondino le oscillazioni causate dal sisma; inoltre essi possono fungere da sostegno autoportante, in caso di sostituzione dei supporti originali. Per i neon a fissaggio superficiale, la messa in sicurezza consiste nell'utilizzo di ancoraggi, con l'interposizione di materiale adeguato che dissipi parzialmente l'urto.



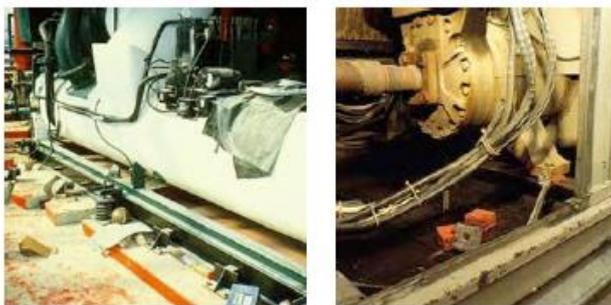
## GENERATORI DI EMERGENZA

# 15

I generatori di emergenza, soprattutto in alcune tipologie di edifici (ad es. commerciali), servono a garantire un periodo di autosufficienza dell'impianto elettrico virtualmente illimitato, o almeno fino a quando non si esaurisce il carburante. Queste apparecchiature sono molto pesanti, producono rumore e vibrazioni e per questo sono spesso collocate in ambienti dedicati. I macchinari pesanti si collegano al terreno attraverso appoggi relativamente snelli e sono soggetti a scivolamento laterale o a ribaltamento. Le stesse considerazioni valgono per i motori delle apparecchiature.

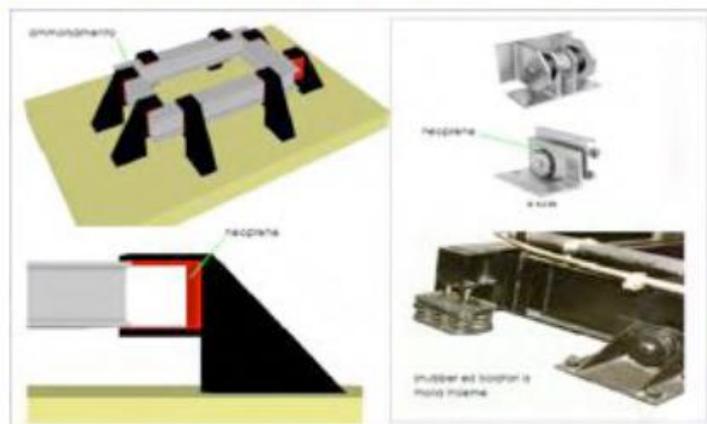
### DANNO

In caso di evento sismico di notevole entità, difficilmente reggerebbe a delle sollecitazioni taglienti che romperebbero i supporti e farebbero scivolare il generatore lateralmente, forse rovesciandolo. L'elemento è rigidamente unito alle derivazioni elettriche, che sicuramente si strapperebbero bloccando istantaneamente l'approvvigionamento elettrico al complesso. Inoltre la batteria che funge da starter al sistema non è vincolata efficacemente alla struttura con il rischio che possa rovesciarsi danneggiandosi e interrompendo l'erogazione al generatore.



### INTERVENTO

L'intervento fondamentale da porre in essere su questo componente, serve ad ancorare il telaio di supporto al pavimento. Questo si ottiene attraverso dei dispositivi che limitano i movimenti orizzontali indotti dal sisma chiamati "snubber" e isolatori sismici a molla che ammortizzano gli spostamenti verticali. Gli "snubber" sono degli elementi in acciaio che vincolano il telaio alla base come in una morsa. Fra telaio e "snubber" viene interposto uno spessore in neoprene sostituibile chiamato "bushing" che serve a smorzare le forze di impatto. Gli "snubber", devono essere posizionati in modo da garantire un spazio libero tra gli stessi e il telaio da 3 a 10 mm, per permettere piccoli spostamenti prima di entrare in azione opponendo resistenza.



## SERVER E CENTRALINI

17

I server sono gli elementi fondamentali per l'archiviazione dei dati in formato elettronico. Una volta erano dei componenti riservati esclusivamente a realtà di grandi dimensioni, che richiedevano il trattamento di consistenti quantità di dati. Oggi i server, anche a causa dell'aumentare della necessità di trattare dati per moltissime realtà, sia commerciali che produttive, hanno trovato collocazione in molti ambienti di fortuna, addossati magari ad altre apparecchiature. I cabinet dei server, per loro geometria strutturale, sono elementi molto snelli e pesanti con un elevato indice di ribaltamento.

### DANNO

Il server, nel caso studio è inserito in un rack molto snello, affiancato da tutta una serie di apparecchiature incassate in mobiletti dedicati, con ante in vetro trasparente. C'è una vulnerabilità diretta, con un rischio di ribaltamento laterale minimo, soprattutto per la contiguità fisica con le altre apparecchiature. Il rovesciamento frontale è invece possibile, essendo l'apparecchio molto pesante e non soggetto a slittare sugli appoggi, che possono innescare momenti di ribaltamento. Il rischio potrebbe essere di tipo indiretto essendo le connessioni elettriche successive alla realizzazione dell'immobile con tratti ancorati in maniera rigida alla parete, che potrebbero subire sfilamenti a seguito di un evento sismico.



### INTERVENTO

L'intervento ha come obiettivo l'ancoraggio del server al pavimento, per evitare che si inneschino fenomeni di ribaltamento. Data la posizione in centro stanza non ci si può servire di pareti di appoggio. I fermi blocca piedini possono essere aperti facilmente, per permettere il ricollocamento e la manutenzione dell'apparecchiatura.



## APPENDICE 2

### PROCEDURA DI CALCOLO DELLA Fa (Sostegno parti di impianto in strutture semplici)

#### STEP01 – VALUTAZIONE PERIODO DI RIFERIMENTO

1. Vita Nominale della struttura Vn
  - a. 50 anni per opere ordinarie
  - b. 100 anni per opere strategiche
2. Coefficiente d'Uso Cu in funzione della classe d'uso della costruzione
  - a. 0,7 Con presenza occasionale di persone
  - b. 1 con affollamento medio no funzioni sociali o pubbliche
  - c. 1,5 con affollamento significativo
  - d. 2 con funzioni pubbliche e di protezione civile

$$\text{Periodo di riferimento } V_r = V_n * C_u$$

#### STEP 02 – VALUTAZIONE PERIODO DI RITORNO e CALCOLO DI Sa

All'indirizzo web <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/> è possibile ricavare i valori che sono necessari alla definizione degli stati limite che in pratica rappresentano per ogni area di rischio la probabilità di accadimento. Trattasi dei seguenti stati:

SLO Stato Limite OPERATIVITA': probabilità che l'edificio subisca danni ed interruzioni insignificanti

SLD Stato Limite di DANNO: L'edificio non crolla e le apparecchiature ritornano operative in tempi brevi

SLV Stato Limite SALVAGUARDIA DELLA VITA: L'edificio non crolla ma riporta danni strutturali significativi e danni importanti sugli impianti

SLC Stato limite PREVENZIONE COLLASSO: danni enormi agli impianti e gravi danni strutturali

Sotto lo screen shot dei parametri rilevati dal programma in funzione della scelta dell'indirizzo.

**Stati limite**

Classe Edificio: III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 107

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1.5**

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	97	0.070	2.595	0.281
Danno (SLD)	161	0.084	2.573	0.290
Salvaguardia vita (SLV)	1523	0.190	2.401	0.314
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.219	2.415	0.318
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	160.5			

**Coefficienti sismici**

Tipo: Muri di sostegno NTC 2008

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: E

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,50	1,42
CC Coeff. funz categoria	1,91	1,89	1,83	1,82
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Sotto un estratto del file txt prodotto dal programma dove sono identificati i parametri necessari ai prossimi passaggi. E' stato preso come esempio la zona di Firenze. Se alcuni parametri di input non sono noti è sempre possibile porsi nella condizione peggiorativa.

```

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 160,5anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 97 [anni]
ag: 0,070 g
Fo: 2,595
Tc*: 0,281 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 161 [anni]
ag: 0,084 g
Fo: 2,573
Tc*: 0,290 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 1523 [anni]
ag: 0,190 g
Fo: 2,401
Tc*: 0,314 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 2475 [anni]
ag: 0,219 g
Fo: 2,415
Tc*: 0,318 [s]
    
```

Da notare come per ogni stato limite viene calcolata la probabilità di superamento dello stesso. Ad esempio nel caso di un fabbricato in Firenze non strategico ma con medio affollamento si ha una probabilità di solo il 10% di avere forti danni agli impianti e con periodicità di 1523 anni. Ovviamente il Periodo di ritorno indicato in questo caso 1523 anni è un dato calcolato attraverso la seguente formula  $Tr = Vr / \ln(1 - Pvr)$ , con Vr calcolato allo STEP 1. Comunque il Programma lo calcola già in automatico e lo inserisce nel file di esportazione. Interessante è vedere come, invece il fattore Operatività ha un tempo di ritorno di 97 anni, ovvero ogni 97

anni è probabile che si verifichi un evento che produce danni a strutture ed impianti non significativi.

3. Probabilità di superamento **Pvr** , Fattore di amplificazione **Fo**, Accelerazione al sito **ag**
- a. in funzione dello stato limite che viene preso a riferimento, il programma calcola tali fattori. Nell'esempio sopra assumono rispettivamente il valore  $Pvr= 10$ ,  $Fo=2,401$ ,  $ag= 0,19$ . Il parametro  $Pvr$  (definito nella tab. 3.2.I Ntc 2108)

Dato  $Ag$  è possibile ricavare *alfa* come  $ag/g$  con  $g= 9,8 \text{ m/sec}^2$

4. Coefficiente di amplificazione stratigrafica **Ss** è funzione del tipo di sottosuolo e dei parametri sopra calcolati  $Fo$  e  $ag$ . Le tipologie di sottosuolo sono ( Tab 3.2.II NTC 2018)
- a. Variano da Tipo A molto rigido in cui la velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio è elevata fin a tipo D con substrato scarsamente addensato dove le onde si propagano lentamente. Il tipo E si colloca tra il tipo C e il tipo D. E' un parametro difficile da stimare ed in assenza di dati possiamo ipotizzare un terreno di tipo E estremamente critico.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$ 

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

5. Coefficiente di amplificazione topografica  $S_t$  deriva dalla posizione dell'edificio, se in pianura, in collina e il coefficiente varia da T1 a T4 ( Tab 3.2.III NTC 2018)

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ 

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

6. Dunque il coefficiente di amplificazione  $S$  è uguale a  $S_s \cdot S_t$  e, di conseguenza il coefficiente di massima accelerazione  $S_a$  impressa alla parte di impianto.
7. Il fattore  $T_a$  rappresenta il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento impiantistico, mentre  $T_1$  rappresenta il periodo fondamentale di vibrazione dell'edificio. Gli edifici normalmente presentano frequenze di vibrazione relativamente piccole. Specialmente per edifici alti e/o snelli sono predominanti valori inferiori a 1 Hz (periodo fondamentale di vibrazione  $T_1 > 1s$ ). Elementi non strutturali come apparecchiature e macchinari, ed in particolare componenti relativamente piccoli e leggeri, rispetto alla struttura dell'edificio sono molto più rigidi e mostrano frequenze fondamentali di vibrazione maggiori di 10 Hz. In presenza di strutture con controventi sismici, il rischio di avere fenomeni di risonanza e/o un'amplificazione del carico statico equivalente è trascurabile. In questo caso (supporti controventati) il valore del rapporto  $T_a/T_1$  è decisamente piccolo ed è quindi consentito approssimarlo a zero ( $T_a/T_1 \approx 0$ ) per determinare il carico statico equivalente.
8.  $Z$  rappresenta la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione in metri.

9. H rappresenta l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione in metri

A questo punto abbiamo tutti i parametri per sviluppare la formula sottostante

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[ \left( \frac{3 \cdot (1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} \right) - 0.5 \right]$$

### STEP 03 – DETERMINAZIONE DI Fa

Calcolato il fattore  $S_a$  è possibile procedere al calcolo della Forza che deve contrastare il sostegno sismico e che consentirà al produttore di sostegni di identificare il sistema più opportuno

Ricordiamo la formula

$$F_a = W_a \cdot S_a / q_a$$

10. Il parametro  $W_a$  rappresenta il peso della tubazione posta tra due supporti con controvento sismico della stessa natura espresso in N ( 1 Kg = circa 10 N)
11. Il Parametro  $q_a$  è il fattore di comportamento dell'elemento che assume valore 2 per gli elementi impiantistici controventati. ( il valore 1, peggiorativo è dedicato a quegli elementi non strutturali tipo mensole , insegne ecc che non hanno controventi)
- 1 per elementi non strutturali, parapetti e decorazioni aggettanti, insegne e pannelli pubblicitari, Ciminiere, antenne, serbatoi su supporti funzionanti come mensole senza controventi per più di metà della loro altezza
  - 2 per pareti interne ed esterne, 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 disopra del loro centro di massa, Elementi di ancoraggio per armadi e librerie permanenti direttamente poggiati sul pavimento, Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti

### CASO DI STUDIO ALLEGATO

## Bibliografia

- [1] Linee Guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali, Arredi, Impianti - Protezione Civile Nazionale
- [2] Impiantistica Antisismica - Convegno AICARR 2010
- [3] NTC 2008 cap. 7.2.3 e 7.2.4
- [4] Manuale progettazione Hilti – installazione di impianti resistenti al sisma
- [5] Linee di indirizzo vulnerabilità sismica CNVVF
- [6] Rittal White Paper – la protezione sismica dei quadri elettrici
- [7] CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.  
Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)
- [8] Progettazione sismica di elementi non strutturali – Slide corso Hilti ott. 2018 – Ing. Donato Greco