

CONFERENZE A TEMA

ENERGIA, SICUREZZA,
BENESSERE

26 MARZO 2010
MOSTRA CONVEGNO EXPOCOMFORT

IMPIANTISTICA ANTISISMICA

La protezione antisismica degli impianti
Requisiti - Regole Tecniche - Esperienze



AICARR

Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

1960 - 2010



ANNIVERSARIO AICARR

AICARR CONSULTA INDUSTRIALE



AERMEC SPA
BEVILACQUA VR



MOSTRA CONVEGNO EXPOCOMFORT
MILANO



ALDES SPA
MODENA



RC GORUP SPA
VALLE SALIMBENE PV



BELIMO SERVOMOTORI SRL
ZANICA BG



RED BUSINESS INFORMATION SPA
MILANO



CARRIER SPA
VILLASANTA MI



REF COMP SPA
LONGO VI



CLIMAVENETA SPA
BASSANO DEL GRAPPA VI



RHOSS SPA
CODROIPO UD



CLIVET SPA
VILLAPAERA FELTRE BL



ROBUR SPA
ZINGONIA VERDELLINO BG



COFELY ITALIA SPA
ROMA



SAGICOFIM SPA
CERNUSCO SUL NAVIGLIO MI



DAIKIN AIR CONDITIONING
ITALY SpA
SAN DONATO MILANESE MI



SAMSUNG ELECTONICS ITALIA SPA
CERNUSCO S/N MILANO



EMERSON NETWORK
POWER SRL
PIOVE DI SACCO PD



SINTRA SRL
FONTANETO D'AGOGNA NO



ERCA SPA
SAN DONATO MILANESE MI



SIRAM SPA
MILANO



FERROLI SPA
SAN BONIFACIO VR



SYSTEMAIR CLIMAPRODUCT SPA
CAPONAGO MI



GUERRATO SPA
ROVIGO



TOSHIBA ITALIA MULTICLIMA
AGRATE BRIANZA MI



JOHNSON CONTROLS SYSTEMS
AND SERVICE ITALY SRL
MILANO



TREND CONTROL SYSTEM
CASSANO MAGNAGO VA



LENNOX ITALIA
MILANO



VELTA ITALIA SRL
TERLANO BZ

ASSOCIAZIONI



ASA.P.I.A. ASSOCIAZIONE
NAZIONALE AZIENDE PROD. CONDOTTE
SAN GIORGIO DI PIANO SPIATICO BO



EUROVENT CERTIFICATION COMPANY
PARIS



IMPIANTISTICA ANTISISMICA

La protezione antisismica degli impianti.
Requisiti, regole tecniche, esperienze

AICARR

Via Melchiorre Gioia 168

20125 MILANO

Tel. 02 67479270

Fax 02 67479262

e-mail: info@aicarr.org

sito web: www.aicarr.org

ISBN 978-88-95620-31-2

Copyright AICARR. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del volume può essere riprodotta o diffusa senza il permesso scritto dell'Editore.

AICARR declina ogni responsabilità diretta e indiretta per il contenuto degli articoli pubblicati nel presente volume.

AICARR SI PRESENTA

AICARR, associazione culturale no profit, crea e promuove cultura e tecnica per l'utilizzo razionale dell'energia e un migliore equilibrio fra uomo e ambiente.

Attiva dal 1960, AICARR ha negli anni saputo cogliere le nuove sfide per un uso consapevole dell'energia e delle risorse naturali (solare e fonti rinnovabili) e per l'innovazione delle infrastrutture energetiche: dal progetto, alla gestione, alla manutenzione. Questi argomenti di attualità si affiancano oggi ai tradizionali temi relativi agli impianti e alle apparecchiature termotecniche.

AICARR, ha al suo attivo oltre 2600 Soci fra Progettisti, Architetti, Costruttori di macchine, Installatori, Manutentori, Accademici, Ricercatori, Studenti, Funzionari di Enti e Agenzie Governative locali e di Istituzioni nazionali e internazionali, scientifiche e operative.

Gli scopi fondamentali di AICARR sono:

- La produzione e diffusione della cultura del benessere sostenibile
- La formazione e lo sviluppo professionale degli operatori di settore, al fine di incrementarne la qualificazione
- Il contributo alla discussione ed elaborazione delle normative di settore
- La collaborazione, in qualità di autorevole interlocutore, con altre Associazioni ed Enti governativi, italiani ed europei

AICARR si occupa di:

- Eccellenza nella progettazione di edifici e impianti
- Progresso e diffusione delle norme tecniche
- Innovazione delle tecnologie impiantistiche
- Migliore manutenzione degli impianti
- Riqualificazione energetica degli edifici esistenti
- Fonti rinnovabili

Attualità, solidità, autorevolezza, massima trasparenza, tutela degli interessi tecnico/culturali dei propri Soci, impegno concreto a favore della sostenibilità sono i principali punti di forza di AICARR.



LE ATTIVITÀ DI AICARR

LE COMMISSIONI E I COMITATI TECNICI

Cuore dell'attività di AICARR è la serie di Commissioni, che si riuniscono periodicamente e a cui tutti i Soci possono partecipare. Ogni commissione ha obiettivi particolari: coordinamento delle attività dei Comitati tecnici AICARR, attivi su specifiche tematiche, ideazione di convegni e seminari, studio delle normative, programmazione delle attività di formazione.

LA SCUOLA AICARR

Un'ampia e qualificata offerta didattica a moduli garantisce percorsi formativi altamente personalizzabili e il raggiungimento di specifici traguardi di competenza professionale.

L'EDITORIA E LA COMUNICAZIONE

AICARR aggiorna e informa Soci e non soci attraverso il mensile CDA-Condizionamento dell'Aria, la Rassegna News, il nuovo trimestrale monografico AICARR Journal, un'ampia scelta di volumi tecnici e norme, la biblioteca di circa 8 mila titoli, il sito www.aicarr.org che riporta eventi, novità sulle normative, News di settore sempre aggiornate.

I CONVEGNI I SEMINARI E I WORKSHOP

Sono eventi di livello nazionale e internazionale, con la partecipazione di illustri relatori e delle più importanti Associazioni di settore.

GLI INCONTRI TECNICI E LE VISITE TECNICHE

Rappresentano momenti di aggiornamento e confronto con il mondo dell'industria.

Vengono organizzati in ambito regionale dai Delegati territoriali AICARR, in collaborazione con le Aziende della Consulta Industriale e con i Soci Sostenitori.



AiCARR

Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

www.aicarr.org

PREFAZIONE

Non abbiamo voluto rompere con la tradizione che vedeva il Convegno AICARR come parte importante della Mostra-Convegno, dove inizialmente il Convegno era solo quello nostro.

Proprio a causa dell'importanza che aveva assunto il nostro convegno, molti Associati, sia persone che Aziende hanno spesso insistito per un suo spostamento ad altra data per evitare una concomitanza che per le aziende disturbava la preziosa ed impegnativa attività durante la mostra e che per le persone costringeva ad una scelta di compromesso nel seguire il convegno e nel visitare la mostra.

Com'è noto, lo scorso anno si è arrivati finalmente alla decisione di tenere il grande convegno internazionale biennale di AICARR separatamente dalla manifestazione, in una località selezionata volta per volta per dare agio ai partecipanti di seguire in maniera completa le relazioni degli esperti invitati da AICARR e degli Associati stessi. L'ottima riuscita della manifestazione di Tivoli ha confortato in questa scelta che riproporrà nel 2011 il prossimo convegno internazionale AICARR.

Non si voleva tuttavia lasciare l'importante presenza nella manifestazione milanese, che è cresciuta negli anni fino a diventare probabilmente la manifestazione di maggiore interesse in Europa nel nostro settore.

Si è scelta una presenza che consentisse ai partecipanti di visitare la mostra, scegliendo i tempi più adatti ai loro interessi ed impegnando la loro presenza con moduli di 2-3 ore su argomenti di grande attualità. L'interessato può seguire un modulo e poi visitare gli stand di suo interesse nell'arco di una giornata, oppure organizzare la visita su due o più giorni dedicando tempi diversi alle conferenze a tema e alla visita degli stand.

Per il 2010 la scelta delle conferenze a tema ha selezionato argomenti di grande interesse ed attualità:

- La diagnosi energetica degli edifici;*
- Gli impianti a pompa di calore;*
- L'antincendio;*
- L'implantistica antisismica.*

Non credo che questa scelta richieda grandi giustificazioni, data l'enfasi sul risparmio energetico e la sostenibilità ambientale da un lato e le problematiche sempre più stringenti della sicurezza dall'altro.

Ogni conferenza a tema è articolata su di una serie coordinata di interventi che nei limiti di tempo che ci si è imposti coprono la tematica con relazioni sviluppate da esperti del settore. Le scelte sono state effettuate da 4 gruppi di lavoro coordinati da un responsabile. Ad essi va il ringraziamento dell'AICARR per l'eccellente lavoro svolto e che ha consentito in tempi rapidissimi la redazione di questi preziosi volumetti che riescono a fotografare lo stato dell'arte nelle singole tematiche.

Renato Lazzarin
Presidente AICARR

COMITATO TECNICO OPERATIVO

Renato Lazzarin (*Presidente*), Aroldo Bargone, Carmine Casale, Enrica Cattaneo, Alessandro Cocchi, Gennaro Loperfido, Livio Mazzarella, Gian Paolo Perini, Luca Alberto Piterà, Valentina Raisa, Michele Vio

INTRODUZIONE

Gli effetti delle azioni sismiche di qualunque grado, in un edificio che le abbia subite, sono immediatamente, anche se sommariamente, verificabili in quanto mostrano visibilmente fessurazioni nelle murature ovvero dissesti strutturali più o meno significativi fino al crollo di parti o del tutto per collasso.

Soltanto dopo un attento esame degli impianti è possibile constatare quanto il rischio di pericolosità per l'uomo che essi inducono sia presente ben prima della fase di collasso.

In effetti le ispezioni dei sistemi non strutturali dopo gli episodi sismici recenti del 1997 in Umbria e Marche oltre quelli dello scorso anno in Abruzzo, hanno proprio dimostrato come alcune dichiarazioni di inagibilità non fossero dovute soltanto a danni strutturali significativi.

Infatti, solo per fare un semplice esempio, nella ipotesi della rottura di un impianto di distribuzione del gas combustibile, quest'ultimo può facilmente alimentare l'inizio di un incendio o saturare uno spazio chiuso con le conseguenze ben note. Anche la semplice sconnessione di un canale portatore di aria condizionata può rivelarsi fatale per la possibile trasformazione in canale per fluidi gassosi inquinanti e velenosi.

Tanti altri guasti ai servizi elettrici, idrici, termici, antincendio, ecc. possono verificarsi molto prima del danno alle strutture. Se poi il danno si verifica in una struttura ospedaliera, deputata per definizione al ricovero di pazienti da assistere nell'immediata emergenza, è ancora più grave.

Per la fattispecie il Ministero della Salute italiano nel luglio del 2003 ha emanato le "raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica e delle funzionalità degli ospedali" frutto della collaborazione tra il Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Sismico Nazionale (S.S.N.) e l'Applied Technology Council (A.T.C.) degli Stati Uniti d'America.

Per la prima volta oggi le nuove norme sismiche italiane (Ordinanza PCM n° 3432 del 04/05/05; DM 23/09/05; DM 14/01/08; Circolare n° 617 del 02/02/09), contengono prescrizioni esplicite per la progettazione e l'ancoraggio sismico di sistemi e componenti non strutturali ovvero secondari.

Di qui la consapevolezza che ad una migliore risposta ai terremoti nei confronti degli impianti in quanto componenti non strutturali, si può pervenire con una progettazione attenta ed una esecuzione responsabile

nel rispetto di regole tecniche e normative, le quali, ancorchè incomplete ma integrate da quelle di esperienza internazionale ed in particolare statunitense, possono in ogni caso prevenire disastri preannunciati e limitarne i costi in modo molto contenibile.

Aroldo Bargone

La conferenza è stata organizzata dal Gruppo di Lavoro:
Aroldo Bargone (Coordinatore), Gian Paolo Perini, Enrica Cattaneo.

INDICE

Il contributo tecnico della Protezione Civile nella prevenzione sismica degli impianti	1
Mauro Dolce, <i>Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni, Ufficio Rischio Sismico del Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri</i>	
Giacomo Di Pasquale, Adriano De Sortis, <i>Ufficio Rischio Sismico del Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri</i>	
Prescrizioni antisismiche per impianti tecnologici. La Normativa Europea, la vigente Normativa Italiana di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e la Normativa Americana	15
Livio de Santoli, Davide Dondi, <i>CITERA, Università di Roma “Sapienza”</i>	
Controllo antisismico negli impianti meccanici	47
James R. Tauby, <i>Masons Industries Inc., Hauppauge NY, USA</i>	
Gli effetti dell'azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale. Criticità collegate agli impianti e ruolo dei dispositivi di vincolo	59
Stefano Grimaz, <i>Centro studi e ricerche in materia di Sicurezza e Protezione dai Rischi di Incidenti di origine Naturale e Tecnologica SPRINT – Dipartimento di Georisorse e Territorio, Università degli Studi di Udine</i>	
Esperienze di protezione antisismica per gli impianti dopo il terremoto del 6 aprile 2009 in Abruzzo	81
Luigi Spadaro, <i>Direzione operativa opere impiantistiche, Progetto C.A.S.E., Protezione Civile l'Aquila</i>	

Il contributo tecnico della Protezione Civile nella prevenzione sismica degli impianti

MAURO DOLCE^{1,2}, GIACOMO DI PASQUALE¹, ADRIANO DE SORTIS¹

1 – Ufficio Rischio Sismico del Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri

2 – Professore Ordinario di Tecnica delle Costruzioni

1. INTRODUZIONE

La ricorrenza dei fenomeni sismici in Italia è una caratteristica del territorio che, nel passato e nel presente, si è manifestata con danni a volte di incalcolabile gravità su persone e cose. Se tale caratteristica è ineliminabile, e particolarmente accentuata in alcune zone, in particolare quelle situate lungo la dorsale appenninica, l'Arco Calabro, in Sicilia Orientale e in Friuli (v. fig. 1), non c'è dubbio che le conseguenze che essa produce siano strettamente legate alla densità abitativa e alla vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio.

Oggi esistono gli strumenti scientifici e le tecnologie per mitigare il rischio sismico, intervenendo, in modo preventivo, sulle strutture degli edifici e di altre opere civili, oltre che sulle infrastrutture, siano esse nuove costruzioni o costruzioni esistenti.

Ma degli effetti delle azioni sismiche, e conseguentemente dei rischi e dei danni che esse producono, è soltanto da qualche decennio che si sta assumendo piena coscienza e conoscenza. Ciò vale in particolar modo per gli aspetti relativi agli impianti.

Questi ultimi presentano, infatti, problematiche differenziate e in qualche modo duali. Da un lato le vibrazioni e le deformazioni della struttura possono indurre danni agli impianti, rendendoli inefficienti e difficilmente riparabili, così ponendo fuori esercizio una struttura che, eventualmente, potrebbe non aver subito danni tali da pregiudicarne l'agibilità, dall'altro la realizzazione di nuovi impianti in strutture esistenti, particolarmente in quelle in muratura, spesso determina, per un'esigenza di occultamento di condutture e apparecchiature, indebolimenti locali estremamente deleteri in termini di riduzione della resistenza al sisma della struttura.

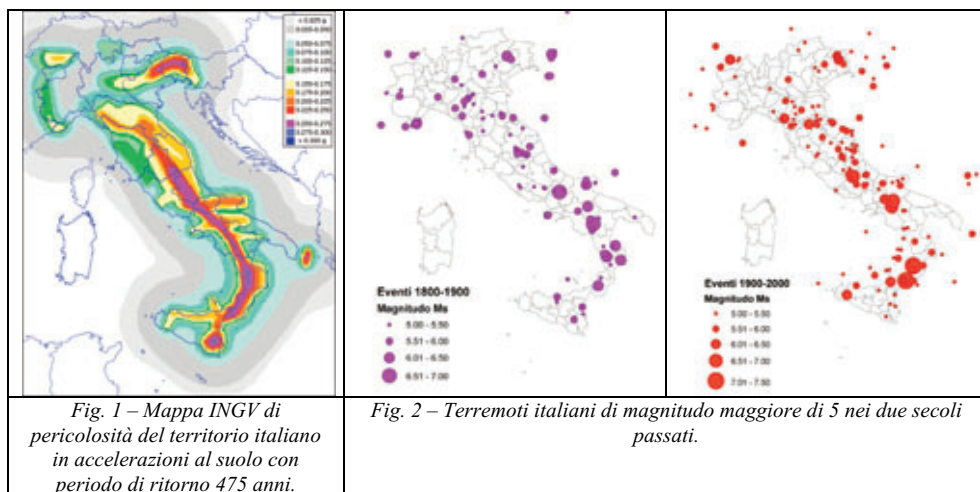
Nel primo caso rientra anche la situazione di impianti pericolosi (ad esempio per la presenza di fluidi pericolosi e/o di corrente elettrica) che possono determinare un rischio indotto (ad esempio di incendio, di scoppio, di inquinamento o avvelenamento) ben superiore al rischio di danni alla costruzione e alle persone dovuto alle vibrazioni indotte dal sisma.

Se il tema della sicurezza strutturale e non strutturale sotto le azioni sismiche è un tema trattato in Italia oramai da alcuni decenni, trovando una sistematizzazione in un corpo normativo, che, pur in evoluzione, garantisce comunque livelli di sicurezza corrispondenti allo stato dell'arte, le problematiche sismiche relative agli impianti non hanno ancora trovato uno sviluppo adeguato, sia nelle attività di studio, sia nella

formazione dei professionisti; solo di recente, peraltro, le normative tecniche prendono adeguatamente in considerazione il problema. L'approccio alla sicurezza sismica degli impianti è, perciò, in buona parte affidato ancora all'intuito ed esperienza acquisita degli operatori del settore.

Il Dipartimento della Protezione Civile, con il suo Ufficio per la Valutazione, Prevenzione e Mitigazione del Rischio Sismico, ha, tra l'altro, il ruolo di monitorare, promuovere la ricerca scientifica e diffondere la cultura della prevenzione con norme comportamentali e regole tecniche costruttive.

Nel presente lavoro vengono descritte alcune delle attività svolte e indicate le esigenze che si stanno maturando e alle quali occorrerà lavorare nel prossimo futuro.



2. IL RISCHIO SISMICO IN ITALIA

Per delineare l'entità del rischio sismico in Italia possono farsi, e sono stati fatti, modelli di previsione e proiezioni future, che forniscono stime che tengono conto dello stato attuale del patrimonio edilizio italiano. Tuttavia, senza ricorrere a strumenti di previsione, è sufficiente guardare a quanto è avvenuto nel passato per rendersi conto della gravità delle conseguenze del fenomeno sismico nel territorio italiano.

Solo negli ultimi due secoli (v. fig. 2), i terremoti hanno causato in Italia circa 150mila vittime e distrutto o gravemente danneggiato una buona parte del patrimonio storico/artistico.

L'intervallo di tempo medio tra terremoti distruttivi (intensità MCS IX o più) è di circa cinque anni. L'ultimo, con epicentro a l'Aquila del 6 aprile 2009, è stato di 5,9 gradi Richter, con magnitudo momento MW 6,3, massima intensità MCS IX – X e massima accelerazione di picco registrata al suolo PGA superiore al 60% dell'accelerazione di gravità (v. fig. 3).

I danni e la distruttività che ne sono derivati sono funzione come sempre della vulnerabilità dell'edificato, a sua volta determinata fondamentalmente dalla presenza di

edifici storici a carattere monumentale o semplicemente di vecchi edifici in muratura (v. fig. 4), dalla presenza di quartieri degradati e di edilizia spontanea (v. fig. 5), oltre che dall'arretratezza della classificazione sismica e delle norme, o della loro inadeguata applicazione.

In termini economici, è possibile valutare complessivamente in 133 miliardi di euro i costi attualizzati dei terremoti degli ultimi quarant'anni, con i picchi più alti per i terremoti del Belice 1968 (circa 15.000,00 M€), del Friuli 1976 (circa 36.000,00 M€), dell'Irpinia 1980 (circa 53.000,00 M€) e di Umbria-Marche 1997 (circa 10.000,00 M€).

Il caso dell'Aquila del 6 aprile 2009 ha la peculiarità di avere epicentro in una città storica di 75000 abitanti, capoluogo di regione e, pertanto, sede delle più importanti istituzioni del governo locale, un grande centro ricco di monumenti. Era dal 1908, dal catastrofico terremoto di Messina e Reggio, che un evento sismico non colpiva in maniera così catastrofica una città di queste dimensioni e con tali caratteristiche.

La devastazione per gli effetti delle azioni sismiche con origine al di sotto della sua area di insediamento ha paralizzato non solo la città, ma, con essa, una notevole parte delle attività regionali.

L'ordinanza sindacale di sgombero di tutti gli edifici del Comune di L'Aquila emanata immediatamente dopo il sisma, ha posto, come problema prioritario, quello della sistemazione delle circa 75 mila persone, prima di affrontare il problema della ricostruzione. Il problema è stato risolto dalla Protezione Civile, in una prima fase, attraverso la creazione di circa 170 campi tenda e la sistemazione in alberghi, prevalentemente sulla costa adriatica, nella seconda fase, grazie alla realizzazione di alloggi ad uso temporaneo, con il Progetto C.A.S.E. (Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili) e quello dei Moduli Abitativi Provvisori (M.A.P.), che complessivamente ospitano più di 25.000 persone. Nel frattempo veniva avviata la ricostruzione, affrontando innanzitutto le problematiche più semplici e di più immediata soluzione, quali quelle relative alle abitazioni meno danneggiate da riparare e, eventualmente, rafforzare. Ma ben altro sarà l'impegno futuro, trasferito dal mese di Febbraio 2010 alla nuova struttura commissariale, riguardante la cosiddetta ricostruzione pesante e, in primis, il centro storico dell'Aquila e i numerosi più piccoli centri storici delle frazioni aquilane e degli altri comuni.

Per la complessità e le dimensioni del terremoto e degli interventi conseguenti, l'evento dell'Aquila ha innescato anche un ampio dibattito culturale sul rapporto terremoti/urbanistica, di non facile ed univoca soluzione, ma comunque di grande interesse generale.

Nel particolare, l'esperienza di questo terremoto ha dimostrato, una volta di più, l'importanza dei danni agli elementi non strutturali e la loro pericolosità anche per le vite umane, sicuramente non secondari, se non altro per numerosità, rispetto ai crolli per collasso strutturale vero e proprio.

La rapida realizzazione di edifici ad elevato contenuto tecnologico, quali quelli del Progetto C.A.S.E., ha dimostrato, anche nel settore impiantistico, come soluzioni razionali e relativamente economiche siano oggi efficienti e applicabili su larga scala e con tempistiche molto contenute.

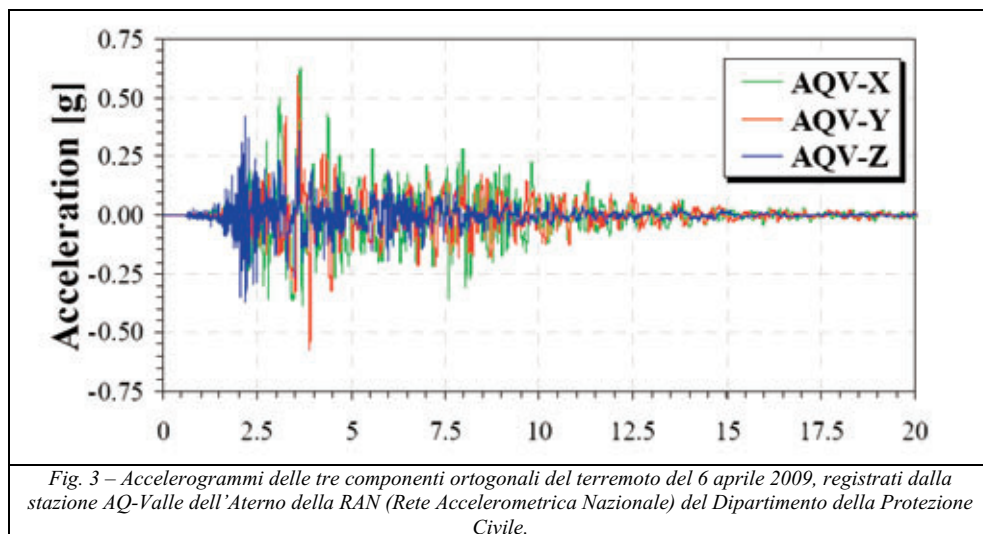


Fig. 3 – Accelerogrammi delle tre componenti ortogonali del terremoto del 6 aprile 2009, registrati dalla stazione AQ-Valle dell'Aterno della RAN (Rete Accelerometrica Nazionale) del Dipartimento della Protezione Civile.

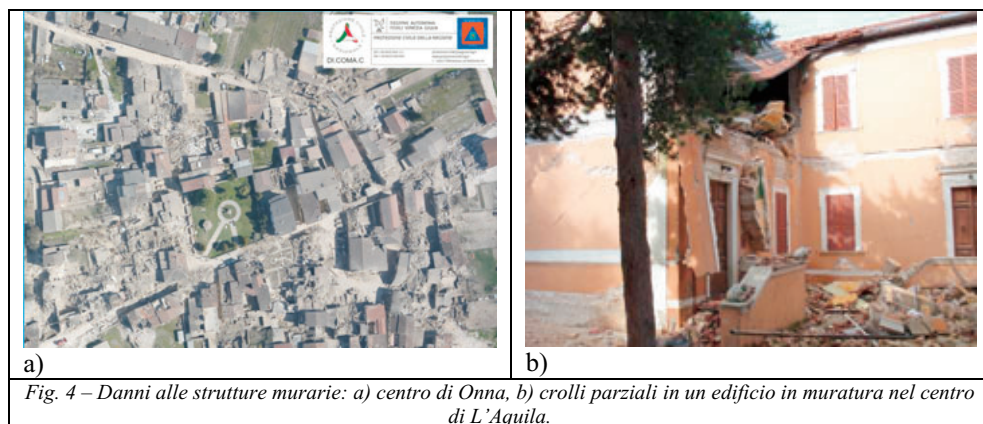


Fig. 4 – Danni alle strutture murarie: a) centro di Onna, b) crolli parziali in un edificio in muratura nel centro di L'Aquila.

3. LA PROTEZIONE CIVILE

Le attività di Protezione Civile, in termini generali, sono svolte in Italia dal Servizio Nazionale della Protezione Civile (SNPC), istituito con la Legge 225 del 1992. Esso comprende le amministrazioni dello Stato, centrali e periferiche, le regioni, le province, i comuni, gli enti pubblici nazionali e territoriali e ogni altra istituzione ed organizzazione pubblica e privata presente sul territorio nazionale.

Il mandato del Sistema Nazionale di Protezione Civile riguarda la previsione, la prevenzione e la mitigazione dei rischi, il soccorso ed il superamento dell'emergenza conseguente ad eventi.

Il Dipartimento della Protezione Civile svolge, per conto del Presidente del Consiglio dei Ministri, un ruolo di coordinamento delle attività del SNPC in caso di emergenza e di sviluppo di indirizzi ai fini di prevenzione e mitigazione dei rischi.



Fig. 5 – Danni agli elementi non strutturali di edifici in c.a. a L'Aquila.

Con riferimento al rischio sismico, il ruolo del Dipartimento della Protezione Civile, oltre a quello di coordinamento delle attività di gestione delle emergenze, è, nell'ambito delle attività di prevenzione, quello di elaborare criteri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico, per la previsione dell'impatto del terremoto, per l'ottimizzazione degli interventi in condizioni di emergenza e di elaborare altresì linee guida e proposte di norme tecniche, oltre che di collaborare, nell'intesa con il Ministero delle infrastrutture, alla redazione delle norme stesse.

Il settore del Dipartimento della Protezione Civile preposto al Rischio Sismico, opera con tre tipi di obiettivi:

- *costantemente*

alla riduzione del rischio sismico, inteso, nel senso più ampio del termine, come:

- miglioramento delle conoscenze ai fini della prevenzione;
- miglioramento degli standard antisismici delle strutture e impianti;
- riduzione della vulnerabilità di strutture, infrastrutture ed impianti;
- razionalizzazione dell'uso del territorio;
- diffusione della cultura della prevenzione;
- monitoraggio strumentale del territorio con la Rete Accelerometrica Nazionale e l'Osservatorio Sismico delle Strutture;

- *durante una crisi sismica*

all'acquisizione degli aspetti sismologici, ingegneristici, economici e sociali per contribuire a:

- ottimizzare le operazioni emergenziali;
- pianificare l'azione di ricostruzione;
- migliorare le conoscenze e promuovere la ricerca attraverso la valutazione sul campo degli effetti del terremoto;

- *dopo una crisi sismica*

contribuisce all'impostazione e al monitoraggio delle diverse fasi della ricostruzione per limitare il disagio della popolazione ed ottimizzare l'allocazione delle risorse disponibili.

Il Dipartimento sviluppa la sua attività scientifica di supporto alle azioni di Protezione civile nel settore del rischio sismico avvalendosi anche di tre centri di competenza:

INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia:

per la sorveglianza, il pronto intervento e lo sviluppo di progetti di ricerca sismologici a livello nazionale ed internazionale.

RELUIS – Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica:

per lo sviluppo delle ricerche sulla vulnerabilità sismica delle strutture, dei criteri di progetto innovativi, di nuove tecnologie per l'isolamento sismico e materiali, di gestione tecnica dell'emergenza.

EUCENTRE – Centro Europeo Formazione, Ricerca in Ingegneria Sismica:

per le attività di ricerca e formazione, in particolare riguardanti gli edifici e ponti in c.a. e in muratura, le dighe e i porti, la prefabbricazione, la geosismica.

Coerentemente con questa organizzazione generale, il Dipartimento della Protezione Civile ha sviluppato una serie di attività volte alla prevenzione sismica nel settore della sicurezza delle parti non strutturali e degli impianti, che verranno descritte nei paragrafi successivi.

4. LA VULNERABILITÀ DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E DEGLI IMPIANTI.

Per vulnerabilità sismica, con riferimento a qualsiasi oggetto, si intende la propensione al danneggiamento determinata dalla carenza delle capacità di risposta all'azione sismica. Gli elementi e i sistemi non strutturali si identificano in quelli che non partecipano alla capacità di risposta della struttura e, frequentemente, hanno un comportamento più fragile della struttura nella quale sono inseriti. Essi sono soggetti alle deformazioni che la struttura stessa subisce per effetto del terremoto ed alle vibrazioni che la struttura trasmette ad essi, spesso sensibilmente amplificate rispetto a quelle del terreno su cui la struttura è fondata. Pertanto possono subire danni e diventare pericolosissimi per le persone, per il loro peso, la loro posizione o, nel caso degli impianti, per il loro contenuto eventualmente pericoloso. Successivamente al terremoto essi potrebbero non essere più atti ad erogare le loro prestazioni, anche nel caso in cui la struttura non abbia subito danni.

Le recenti norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 e la relativa circolare n. 617 del 2 febbraio 2009) prendono in considerazione entrambi gli aspetti di vulnerabilità di elementi non strutturali ed impianti, fornendo innanzitutto un corretto inquadramento concettuale del problema, attraverso l'introduzione, oltre agli stati limite ultimi, di due stati limite di esercizio: lo stato limite di operatività (SLO) e lo stato limite di danno (SLD). Il primo richiede che la costruzione nel suo complesso non subisca danni o interruzioni d'uso significativi. Il secondo richiede che la costruzione non subisca danni tali da mettere a rischio gli utenti e sia invece immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Ovviamente il livello dell'azione sismica di progetto per i due stati limite di esercizio è diverso ed è commisurato alla probabilità (81% e 63% rispettivamente) che essi vengano superati durante il periodo di riferimento, a sua volta funzione della vita nominale e della classe d'uso della struttura. La norma stessa lascia comunque la possibilità di abbassare tali

probabilità, “qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia prioritaria”. Sembra questo il caso degli ospedali per acuti, o di parte di essi, a cui può essere chiesto di erogare cure ai feriti in occasione di eventi con probabilità di superamento prossime a quelle di stato limite di salvaguardia della vita per le costruzioni ordinarie (10% in 50 anni).

Come detto, le norme forniscono anche i criteri per la limitazione dei danni alle parti non strutturali e agli impianti, rispetto sia alle deformazioni imposte dalla struttura sia alle vibrazioni. Le prime incidono direttamente sulla progettazione della struttura, che dovrà avere una rigidezza adeguata e tale da limitare lo spostamento relativo tra un piano ed il successivo dell'edificio al di sotto di un dato valore, pari allo 0.5% dell'altezza di interpiano per le strutture in c.a. o in acciaio. La stessa norma ritiene che gli impianti soddisfino la condizione di SLO se la deformabilità della struttura è limitata ai 2/3 del valore citato. Occorre sottolineare che questa norma è finalizzata soprattutto a preservare le tamponature e le tramezzature inserite nella maglia strutturale, ed infatti gli stessi limiti possono essere innalzati nel caso si adottino specifici provvedimenti per limitare l'interazione struttura – pannelli di tamponatura. È evidente che, se da un lato questo criterio impone una specifica progettazione strutturale, lo stesso richiede che gli impianti siano in grado di subire deformazioni dello stesso ordine di grandezza, qualora alcune sue parti, ad esempio le tubazioni, siano solidali con la struttura, le tamponature e le tramezzature. La norma impone poi particolare attenzione ai dettagli costruttivi degli impianti in corrispondenza degli attraversamenti dei giunti strutturali e dei passaggi dal terreno alla struttura.

Diverso è il problema delle vibrazioni indotte sulla struttura dal terremoto. In un campo di periodi propri, che tipicamente copre le situazioni per numero di piani più frequenti negli edifici, le accelerazioni nel terreno subiscono amplificazioni, anche di due-tre volte, qualora la struttura non subisca danni significativi, ed è ovviamente questo il caso in cui ci si riferisca alla azioni di progetto per gli stati limite di esercizio. Tali accelerazioni impongono agli oggetti contenuti e collegati alla struttura, e quindi anche agli impianti, forze d'inerzia spesso insostenibili se non si adottano adeguati dispositivi di vincolo o comunque provvedimenti tali da ridurre tali forze o migliorare la resistenza delle connessioni. Le norme forniscono una formulazione per il calcolo delle forze d'inerzia, nella quale entrano in gioco diversi parametri che quantificano in maniera semplificata il comportamento dinamico della struttura e dell'oggetto stesso. Le verifiche debbono essere effettuate con riferimento alle azioni relative allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita. Le stesse norme non consentono di affidare al semplice attrito la stabilità di un componente.

Ancora una specifica attenzione della normativa verso gli impianti la si ritrova, oltre che nei criteri e nelle regole generali dette, anche nella presenza di un apposito paragrafo, il 7.2.4, intitolato “criteri di progettazione degli impianti”, che fornisce indicazioni sulle modalità di vincolo alla costruzione, sui requisiti di resistenza per comportamenti duttili e fragili, sull'uso di vincoli rigidi e flessibili, sui provvedimenti da adottare per contrastare possibili fuoriuscite incontrollate di gas. Infine il paragrafo 7.3.7.3 “Verifiche degli impianti in termini di mantenimento della funzionalità” richiede che per gli edifici ricadenti in classe d'uso III (edifici rilevanti per la possibilità di affollamenti significativi), tra di essi quelli scolastici, e IV, (edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti), tra di essi quelli ospedalieri, gli impianti soddisfino le verifiche

per le azioni relative allo SLO. Un cenno merita anche la qualificazione sismica degli impianti, da riservare a componenti molto sensibili o di importanza essenziale, che normalmente si effettua con sperimentazioni su tavola vibrante. Il suo scopo è di assicurare che, curati i dettagli di vincolo e di controventamento del componente, questo non vada comunque fuori uso per rotture interne.

Un discorso a parte merita l'isolamento sismico in rapporto alle problematiche impiantistiche. Non c'è dubbio che la drastica riduzione delle deformazioni e delle vibrazioni nella struttura risolve molte, se non tutte, le problematiche degli impianti, tant'è che gli stessi requisiti di resistenza e di deformabilità delle strutture isolate sono più severi, stante la possibilità intrinseca di poterli agevolmente soddisfare (Dolce et al. 2004, Dolce et al. 2004-2005). Rimane un unico aspetto da prendere attentamente in considerazione nella progettazione e realizzazione degli impianti, e riguarda le connessioni impiantistiche nel passaggio dalla struttura isolata al terreno o alle strutture adiacenti. Tali connessioni debbono consentire gli ampi spostamenti (anche di qualche decina di centimetri) che l'isolamento sismico implica per essere veramente efficace. Per gli edifici di classe d'uso IV le relative verifiche debbono essere soddisfatte anche per le azioni competenti allo Stato limite ultimo di collasso (SLC), così da poter garantire la funzionalità degli impianti anche in condizioni estreme. Per essere soddisfatti tali requisiti, essenzialmente inerenti alle condutture, non possono che essere soddisfatti mediante l'uso di tubazioni flessibili o dotate di snodi (v. fig. 6).

Se la progettazione di nuovi edifici deve tener conto dei criteri di normativa, la presenza di impianti in edifici esistenti merita una valutazione della loro vulnerabilità, particolarmente nel caso di edifici in classe III e IV. Tale valutazione non è allo stato attuale obbligatoria, ma è sicuramente auspicabile, almeno nel momento in cui si effettua la valutazione della sicurezza sismica della struttura di edifici ricadenti in classe IV, particolarmente in quelli ospedalieri (di questa esigenza si trova traccia anche nelle Raccomandazioni di Ministero della salute del 2002). L'appendice (della Circolare 617/2009) C8A.9. "Indicazioni aggiuntive per gli elementi non strutturali e gli impianti soggetti ad azioni sismiche", fornisce un buon quadro di riferimento, prestando particolare attenzione a specifici componenti e sistemi non strutturali, per lo più presenti in complessi ospedalieri e al problema delle fuoriuscite di gas, descrivendo le possibili alternative, basate sul miglioramento dell'integrità degli impianti o delle strutture o sull'utilizzo di dispositivi per il controllo del flusso di gas.

Queste due problematiche erano state in precedenza approfondite dal DPC con alcuni progetti di collaborazione italo-statunitense, con l'Applied Technology Council (Rapporti ATC-51, ATC-51-2), facendo anche tesoro dei numerosi documenti FEMA relativi alle tematiche impiantistiche.

Le problematiche della sicurezza sismica impiantistica erano già state introdotte per la prima volta in normativa con l'OPCM 3274/2003 e nelle successive modifiche e integrazioni, utilizzando l'esperienza maturata con gli studi detti.

Conseguentemente alle prescrizioni di normativa relative al problema della fuoriuscita di gas, sono state redatte le Linee Guida ATC-74 e C.I.G. (2009). Nel contempo, l'attenzione verso i rischi connessi ai crolli degli elementi non strutturali, determinata nel novembre 2008 dal crollo del controsoffitto dell'Istituto Darwin di Rivoli (TO) e gli effetti del terremoto abruzzese del 6 aprile 2009 hanno indotto prima l'emanazione di una Intesa Stato-Regioni (2009), a cui hanno fatto seguito le corrispondenti Linee guida

del consiglio superiore dei lavori pubblici (2009), e poi il DPC (v. fig. 7-10) a pubblicare le “Linee Guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali, arredi ed impianti”, oggi disponibili sul sito web del Dipartimento della Protezione Civile.

Tra gli aspetti trattati, le osservazioni riportate nel merito, per esempio, delle fonti di illuminazione, le canne fumarie, i comignoli, i server e centralini, mettono in evidente relazione la causa della vulnerabilità, come prima enunciata, ed il rischio connesso.

Per le fonti di illuminazione, la carenza di connessioni tra apparecchi e supporto, determina il rischio di caduta sulle persone e della mancanza di illuminazione elettrica delle vie di fuga.

Le canne fumarie esterne in muratura ed i comignoli possono subire rotture dovute alle deformazioni differenziali con il rischio del ferimento di persone o di intralcio alle vie di fuga per la caduta di porzioni di materiale.

Il danneggiamento dei server ed i centralini, nel caso di strutture strategiche, se in assenza di ancoraggi efficaci, può comportare la gravissima interruzione di servizi essenziali anche d'ordine pubblico.

Nelle linee guida vengono fornite alcune possibili soluzioni progettuali atte a risolvere le vulnerabilità intrinseche nelle soluzioni tradizionali alle problematiche esposte.



Fig. 6 – Esempi di connessioni impiantistiche flessibili negli edifici con isolamento sismico del Progetto C.A.S.E. a L'Aquila, all'interfaccia tra parti isolate e non isolate.

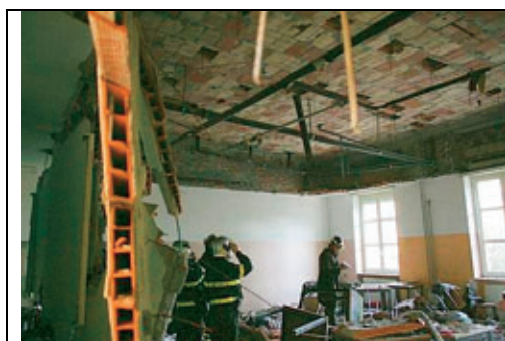
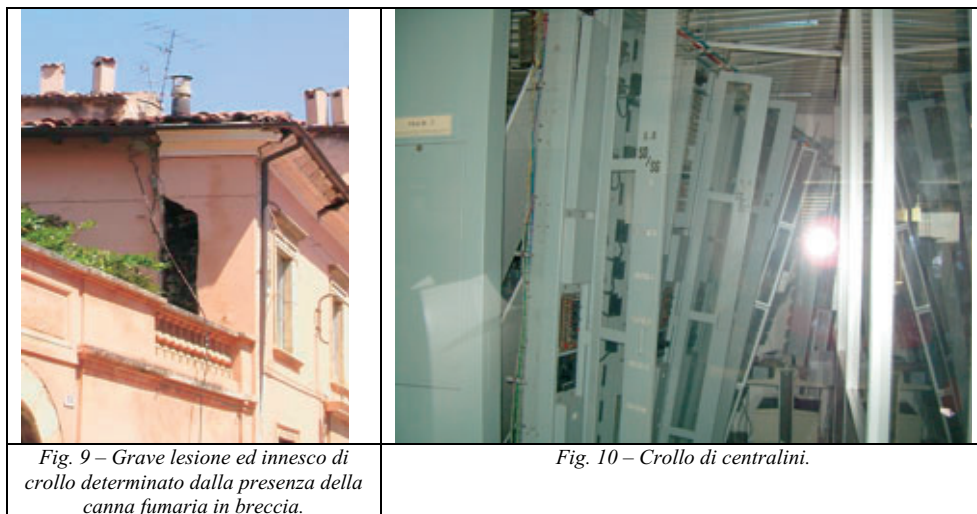


Fig. 7 – Crollo del controsoffitto e delle tubazioni in ghisa nell'Istituto Darwin a Rivoli.



Fig. 8 – Crollo di controsoffitti moderni e degli apparecchi di illuminazione – terremoto Abruzzo 2009.



5. L'INSERIMENTO DI NUOVI IMPIANTI NELLE STRUTTURE IN MURATURA

Il sistema resistente alle azioni sismiche degli edifici in muratura è costituito dalla combinazione, il più possibile regolare, di maschi e fasce murarie, che derivano dall'organizzazione delle aperture di porte e finestre nelle pareti portanti. Come è facile intuire, i maschi murari, ossia la porzione di muratura compresa tra due aperture successive dello stesso piano, costituiscono, oltre che gli elementi strutturali che riportano i carichi a terra, anche quelli che svolgono il ruolo principale nella resistenza alle azioni sismiche orizzontali. È perciò estremamente importante preservarne l'integrità, e anzi migliorarne la resistenza, quando si eseguono lavori di ristrutturazione o di rafforzamento antisismico. Al contrario, spesso accade che il desiderio e la scelta (a volte normativa) di occultare qualsiasi dotazione impiantistica dell'edificio determini l'inserimento in breccia e in nicchie ricavate all'interno dei muri portanti, di tubazioni, contatori, diramazioni e quant'altro necessario (v. fig. 11). Ciò determina un significativo indebolimento della struttura muraria, particolarmente nei maschi murari e al piano terra, dove le forze sismiche sono maggiori. Spesso anche alcune esigenze architettoniche e funzionali portano a stravolgere la distribuzione e l'entità delle aree resistenti di muratura, ma, mentre le modifiche architettoniche sono per lo più tenute in conto nelle verifiche di resistenza, quelle impiantistiche sono particolarmente insidiose perché quasi sempre eseguite al di fuori del processo di progettazione e verifica dell'intervento strutturale, creando zone di forte concentrazione degli sforzi nel materiale non previste in progetto e percorsi preferenziali nella formazione delle lesioni, primo innesco dei meccanismi di collasso. Questa problematica è richiamata nella stessa citata circolare n. 617, al paragrafo C8.2.

È evidente che una rinnovata attenzione e sensibilità al problema è richiesta ai gruppi di progettazione, evitando per quanto possibile l'indebolimento della struttura muraria e

valutando comunque la possibilità di non occultare gli elementi impiantistici o di provvedere con appositi nuovi cavedi che non vadano ad incidere sulle murature portanti.



Fig. 11 – Esempi di profonde incisioni e conseguenti indebolimenti dei maschi murari di edifici in muratura sottoposti a interventi di miglioramento sismico.

CONCLUSIONI

Gli impianti, in quanto elementi non strutturali, nella loro variegata grande complessità, riguardano una percentuale molto elevata del valore economico di un edificio, che può raggiungere il 60% in alcune costruzioni strategiche (ospedali, centrali di comunicazione, centrali di produzione di energia).

I danni prodotti da un evento sismico, anche se non riguardanti le strutture portanti, possono determinare costi complessivi di notevole portata, come precedentemente visto, non solo legati ai costi di riparazione o sostituzione degli impianti, ma anche a quelli legati all'interruzione delle funzioni che si svolgono all'interno della costruzione stessa, con possibili pesanti implicazioni sociali ed economiche, come ad esempio nel caso delle strutture ospedaliere.

Molta attenzione quindi deve essere rivolta a questo particolare campo non strutturale, in quanto tutto ciò che viene costruito presenta oggi una elevatissima percentuale di impianti necessari a risolvere problemi energetici, funzionali e di sicurezza.

Un approccio moderno e corretto alla sicurezza sismica delle costruzioni, dunque, non può prescindere da questo aspetto essenziale della prevenzione, ed in effetti le moderne normative sismiche lo tengono in considerazione attraverso la valutazione di obiettivi prestazionali della struttura e degli impianti stessi. Indubbiamente c'è ancora parecchia strada da percorrere. Il problema non si risolve sempre e solamente attraverso un'adeguata e attenta progettazione della struttura. Occorre spesso adottare provvedimenti che riguardano direttamente gli impianti stessi e gli elementi di connessione con la struttura, quest'ultima trasmettendo agli impianti deformazioni e vibrazioni anche sensibilmente amplificate rispetto al movimento del terreno.

Analoga sensibilità deve essere sviluppata dai progettisti degli impianti e dagli applicatori, quando si interviene su una struttura esistente, particolarmente su una struttura in muratura, affinché l'inserimento di impianti nuovi non possa creare punti o situazioni di debolezza locali, con pesanti ripercussioni sulla sicurezza della struttura e della costruzione nel suo complesso. Insomma deve diventare normale prassi la progettazione interdisciplinare avviata fin dalla concezione architettonico – strutturale dell'opera, in modo che siano evitate soluzioni di ripiego successive alla avvenuta costruzione del manufatto.

Infine non può mancare un cenno alla problematica dei controlli, che in questo settore spesso sono molto settoriali e svolti senza tenere in considerazione adeguata la problematica sismica. E' noto infatti che la sensibilizzazione degli operatori del settore secondo certi obiettivi trae grande impulso da controlli mirati e consapevoli.

BIBLIOGRAFIA

- ATC-51 (2000), Collaborative Recommendations for Improving the Seismic Safety of Hospitals in Italy. Servizio Sismico Nazionale e Applied Technology Council.
- FEMA, 2002 - "FEMA 412 - Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment". Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- Ministero della salute, Gruppo di lavoro D.M. 22/12/2000 (2002) Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica e della funzionalità degli ospedali.
- ATC 51-2 (2003) Recommended U.S.-Italy Collaborative Guidelines for bracing and Anchoring Nonstructural Components in Italian Hospitals. Dipartimento della Protezione Civile e Applied Technology Council
- Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri (2003-2005) n. 3274/2003, 3316/2003, 3431/2005.
- M. Dolce, D. Cardone, A. Di Cesare, F. C. Ponzo (2004). Progetto di edifici con isolamento sismico. IUSS Press, Pavia, Dicembre 2004.
- M. Dolce, A. Martelli, G. Panza (2004). Proteggersi dai terremoti. 21° Secolo, Roma, Ottobre 2004. 2a edizione, ottobre 2005.
- FEMA, 2004 - "FEMA 413 - Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment". Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- FEMA, 2004 - "FEMA 414 - Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe". Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- ATC-74 (2007), Collaborative recommended requirements for automatic natural gas shutoff valves in Italy. Dipartimento della Protezione Civile e Applied Technology Council.
- D.M. 14.1.2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa Circolare 2.2.2009 n° 617 C. S. LL. PP.
- Intesa, ai sensi dell'articolo 8, comma 6, della legge 5 giugno 2003, n. 131, tra il Governo, le regioni, le province autonome di Trento e Bolzano, le autonomie locali sugli «indirizzi per prevenire e fronteggiare eventuali situazioni di rischio connesse alla vulnerabilità di elementi anche non strutturali negli edifici scolastici» (4.13/2008/19 CU). (Repertorio atti n. 7/CU del 28 gennaio 2009). (GU n. 33 del 10-2-2009).
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture n. 617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"

- Consiglio superiore dei lavori pubblici (2009). Linee guida per il rilevamento della vulnerabilità degli elementi non strutturali nelle scuole (Intesa Rep. 7/CU del 28/1/2009)
- C.I.G. “Linee guida per l'applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile”. Aprile 2009
- A. De Sortis, G. Di Pasquale, M. Dolce, S. Gregolo, S. Papa, G. F. Rettore (2009), Linee Guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali, arredi ed impianti. www.protezionecivile.it.

Prescrizioni antisismiche per impianti tecnologici. La Normativa Europea, la vigente Normativa Italiana di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e la Normativa Americana.

LIVIO DE SANTOLI, DAVIDE DONDI

CITERA, Università di Roma "Sapienza"

RIASSUNTO

La funzionalità degli impianti tecnologici a seguito di un evento calamitoso di tipo sismico concorre, al pari della agibilità della struttura portante, a garantire un adeguato livello di sicurezza e un idoneo livello di operatività dell'edificio. Da ciò la occorrenza di un approccio progettuale antisismico per gli impianti tecnologici simile a quello operato per le strutture portanti, e di conseguenza la necessità di *standards* progettuali minimi specifici per gli impianti tecnologici.

Nel presente lavoro sono state analizzate alcune prescrizioni inerenti la progettazione antisismica degli impianti tecnologici presenti a livello Comunità Europea, Nazionale ed Extraeuropeo, al fine di definire inizialmente uno stato dell'arte in tale ambito e successivamente impostare un confronto a carattere generale delle disposizioni trattate.

1. INTRODUZIONE

La progettazione antisismica ha avuto da sempre come principale obiettivo quello di salvaguardare la vita umana in caso di sisma, con giustificata e predominante attenzione nell'evitare il crollo di qualsiasi struttura dell'ingegneria civile. Tale impostazione ha portato storicamente a focalizzare le analisi di tale branca sul calcolo strutturale e sulle performance della struttura portante.

Negli ultimi decenni e a seguito dello svilupparsi di attività specifiche nell'ambito della gestione di eventi calamitosi, si è osservato che è fondamentale che le strutture non crollino, ma è altrettanto fondamentale che alcune strutture mantengano le condizioni di sicurezza e la loro funzionalità di base anche a seguito di un evento sismico.

Va da sé che il livello di sicurezza e la funzionalità di un edificio è determinata in principio dalla sua agibilità, ma parimenti dal buon funzionamento degli elementi non-strutturali, nei quali sono presenti in particolare gli impianti tecnologici. Da queste

considerazioni nasce l'esigenza di assicurare anche dopo un evento sismico il livello di sicurezza e la funzionalità dell'intero Edificio inteso come complesso di struttura portante ed elementi non-strutturali e quindi di effettuare una progettazione antisismica non solo della struttura portante ma anche degli elementi non-strutturali tra quali figurano gli impianti tecnologici.

In questa trattazione sono state analizzate le prescrizioni inerenti la progettazione antisismica presenti nella Normativa della Comunità Europea, nella vigente Normativa Italiana (D.M. 14 gennaio 2008) e in alcune Normative Americane.

Si precisa che la Normativa della Comunità Europea considerata è quella generale che è stata poi successivamente recepita in modo specifico da ogni Stato della Comunità. L'attenzione alla Normativa Americana come scelta dell'ambito extraeuropeo è stata perseguita in virtù della consolidata esperienza statunitense in tale ambito.

Preliminarmente alla trattazione, si osserva come la Normativa Europea già negli ultimi decenni avesse recepito tale necessità anche se con una attenzione molto marginale rispetto all'ambito strutturale. Nel nostro Paese solamente a seguito del D.M. 14 gennaio 2008 sono state recepite tali direttive sostanzialmente con i medesimi contenuti della Normativa Europea. Di contro si osserva come la Normativa Americana denoti un percorso in tal senso iniziato da maggior tempo, evidenziato dalla maggiore specificità delle prescrizioni in tale ambito, basate su di una consistente sperimentazione in tal senso tipicamente statunitense.

2. LA NORMATIVA EUROPEA

Nella presente trattazione in materia di prescrizioni antisismiche per impianti tecnologici, le norme a carattere Comunitario considerate sono:

1. UNI EN 1998-1 - Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
2. UNI EN 1998-3 - Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

che sono la versione italiana delle norme europee EN elaborate dal Comitato Europeo di Normazione (CEN) e devono essere obbligatoriamente recepite nei Paesi comunitari, in quanto accettate come tali da una maggioranza qualificata di membri votanti, non consentendo la presenza a livello nazionale di norme che non siano in armonia con il loro contenuto. Quindi per quanto sopra tali norme risultano essere espressione Comunitaria dell'argomento trattato.

In entrambe le citate norme la metodologia di calcolo delle azioni sismiche per gli elementi non-strutturali viene effettuata prevalentemente attraverso l'analisi statica (proporzionalità lineare tra azione del sisma, quota dell'elemento e peso operativo dello stesso) al fine di ridurre la complessità della trattazione, con l'applicazione di fattori di sicurezza.

Il ricorso all'analisi dinamica e alla modellazione viene richiesta nei casi complessi dove l'analisi statica non riuscirebbe a valutare totalmente gli effetti dell'azione sismica.

3. UNI EN 1998-1 - EUROCODICE 8. PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE PER LA RESISTENZA SISMICA. PARTE 1: REGOLE GENERALI, AZIONI SISMICHE E REGOLE PER GLI EDIFICI.

La presente norma stabilisce i requisiti fondamentali di prestazione applicabili agli edifici e alle opere di ingegneria civile in zona sismica e fornisce le regole per la rappresentazione delle azioni sismiche e per la loro combinazione con altre azioni, con l'obiettivo di assicurare che in caso di sisma siano prioritariamente salvaguardate le vite umane, successivamente rimangano operative le principali strutture con funzioni essenziali ed infine che i danni siano il più possibile limitati.

In particolare tale norma tratta delle azioni sismiche da considerare nella progettazione antisismica degli elementi non-strutturali nel § 4.3.5 – *Elementi non-strutturali*, dove al punto (1)P del § 4.3.5.1 – *Generalità* si ha:

“Gli elementi non-strutturali degli edifici (come per esempio: parapetti, frontespizi, antenne, appendici e attrezzature meccaniche, facciate continue, tramezzi, ringhiere) che potrebbero, in caso di crollo, produrre rischi per le persone o influenzare il comportamento della struttura principale dell’edificio o la sua funzionalità, devono – insieme ai loro supporti – essere verificati nei confronti dell’azione sismica di progetto.”

dove si prescrive che i componenti degli impianti tecnologici (attrezzature meccaniche e loro supporti) devono essere verificati nei confronti dell’azione sismica di progetto. In tale prima prescrizione non vengono considerati esplicitamente i componenti elettrici degli impianti che però possono essere ricompresi in quei componenti che in caso di guasto potrebbero influenzare la funzionalità dell’edificio.

Ai punti (2)P e (3) della medesima parte si ritrova:

“(2)P Nel caso di elementi non-strutturali di notevole importanza o di natura particolarmente pericolosa, l’analisi sismica deve basarsi su una modellazione realistica delle rispettive strutture e sull’utilizzo di appropriati spettri di risposta ottenuti dalla risposta degli elementi strutturali di supporto del sistema resistente sismico principale.

(3) In tutti gli altri casi, sono concesse semplificazioni appropriatamente giustificate di questa procedura [per esempio quelle date nel punto 4.3.5.2(2)].”

dove si evidenzia la proporzionalità che deve sussistere tra l’accuratezza del calcolo rispetto all’importanza dell’elemento non-sismico e alla sua complessità.

Preliminarmente alla definizione delle forze sismiche agenti sugli elementi strutturali, al punto (1)P della sezione 4.3.5.2 – *Verifica* viene precisato che:

“Gli elementi non-strutturali, così come le loro connessioni, attacchi o ancoraggi, devono essere verificati per la situazione sismica di progetto.”

significando che per i componenti non-strutturali si deve considerare il medesimo sisma di progetto considerato per la struttura portante.

In una nota di questa parte si raccomanda di considerare sia la trasmissione locale delle azioni alla struttura portante degli elementi non-strutturali, sia l’influenza di tali elementi sul comportamento della struttura portante stessa.

Al punto (2) della medesima sezione viene definita la forza orizzontale F_a da applicare ai componenti non-sismici per valutare l’azione del sisma su di essi. Si ha:

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

dove:

F_a è l'azione sismica orizzontale applicata nel baricentro dell'elemento non-strutturale nella direzione più sfavorevole;

S_a è il coefficiente sismico applicabile agli elementi non strutturali definito di seguito;

W_a è il peso dell'elemento;

γ_a è il coefficiente di importanza dell'elemento specificato nel punto 4.3.5.3 della norma;

q_a è il coefficiente di comportamento dell'elemento di cui al prospetto 4.4 della norma.

Per la definizione del coefficiente sismico S_a si utilizza la seguente relazione:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \left(1 + \frac{z}{H} \right)}{1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_l} \right)^2} \right] - 0,5 \quad \text{con } S_a \geq \alpha \cdot S$$

dove:

α è il rapporto tra il valore di progetto dell'accelerazione a_g in un terreno di tipo A e l'accelerazione di gravità;

S è il coefficiente del terreno;

T_a è il periodo fondamentale dell'elemento non-strutturale;

T_l è il periodo fondamentale dell'edificio nella direzione in oggetto;

z è la quota del centro di massa dell'elemento non-strutturale sopra il livello di applicazione dell'azione sismica (fondazione o punto più alto di un basamento rigido);

H è l'altezza dell'edificio misurata dalla fondazione o dal punto più alto di un basamento rigido.

Il coefficiente di importanza γ_a viene specificato al § 4.3.5.3, dove si precisa che non deve essere minore di 1,5 per:

- elementi di ancoraggio di macchinari e attrezzature necessari alla funzionalità dei sistemi di sicurezza;
- serbatoi e contenitori di sostanze tossiche o esplosive, ritenute pericolose per la sicurezza generale delle persone,

mentre in tutti gli altri casi il coefficiente di importanza γ_a può essere assunto pari ad 1.

Infine in tale sezione al § 4.3.5.4 vengono definiti al prospetto 4.4 riportato nella seguente Fig.1, i valori limite superiori del coefficiente di comportamento q_a dell'elemento non-strutturale.

prospetto 4.4 Valori di q_a per elementi non-strutturali	
Tipologia di elementi non-strutturali	q_a
Prospetti a sbalzo o decorazioni; Insegne e cartelloni pubblicitari; Camini, pali e serbatoi su sostegni che si comportano come mensole libere per più di metà della loro altezza totale.	1,0
Muri esterni e interni; Tramezzi e facciate; Camini, pali e serbatoi su sostegni che si comportano come mensole libere per meno di metà della loro altezza totale o vincolate alla struttura in corrispondenza o sopra il loro baricentro; Elementi di ancoraggio per mobili e librerie sostenuti da pavimenti; Elementi di ancoraggio per controsoffitti e dispositivi di illuminazione.	2,0

Fig.1 – Valori del coefficiente di comportamento q_a

4. UNI EN 1998-3 - EUROCODICE 8. PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE PER LA RESISTENZA SISMICA. PARTE 3: VALUTAZIONE E ADEGUAMENTO DEGLI EDIFICI.

La presente norma tratta gli aspetti relativi alla riparazione e al rafforzamento degli edifici e dei monumenti (per quanto applicabili agli stessi) in zona sismica considerando i materiali usualmente impiegati per realizzare le strutture (calcestruzzo, acciaio, muratura, legno), con l'obiettivo di fornire criteri per la valutazione del comportamento sismico delle singole strutture esistenti, indicare l'approccio da seguire per scegliere gli interventi correttivi necessari, nonché dare criteri per il progetto di interventi di riparazione/consolidamento con le medesime finalità già viste nella precedente UNI EN 1998-1.

Tale norma tratta della progettazione antisismica di interventi di adeguamento su elementi non-strutturali nella sezione 5.1.4 – *Elementi non-strutturali*, dove al punto (1)P si specifica:

“Le decisioni riguardanti la riparazione o il rinforzo di elementi non-strutturali devono anche essere prese ogni qualvolta, in aggiunta a requisiti di tipo funzionale, il comportamento sismico di questi elementi possa mettere in pericolo la vita degli abitanti o il valore delle cose presenti nell’edificio.

dove appunto si evidenzia l'importanza di effettuare anche per i componenti non-strutturali le medesime valutazioni in ambito antisismico che vengono effettuate per le strutture portanti.

Nei seguenti punti (2) e (3) della medesima sezione 5.1.4 si hanno le indicazioni riguardanti gli obiettivi degli interventi di adeguamento e le azioni per l'ottenimento dei citati obiettivi:

“(2) In tali situazioni si raccomanda di evitare il parziale o il totale collasso di questi elementi per mezzo di:

- a. appropriate connessioni agli elementi strutturali (vedere UNI EN 1998-1 punto 4.3.5);*
- b. aumentando la resistenza degli elementi non-strutturali (vedere UNI EN 1998-1 punto 4.3.5);*
- c. predisponendo misure di contenimento per tali elementi, al fine di evitare la possibile caduta di parti di questi elementi.*

(3) Si raccomanda di tenere conto delle possibili conseguenze di questi provvedimenti sul comportamento degli elementi strutturali.”

dove si rimanda alle sezioni già viste della UNI EN 1998-1 per la progettazione antisismica degli elementi non-strutturali e le loro connessioni, e con la raccomandazione aggiuntiva di considerare le influenze degli interventi programmati sul comportamento della struttura portante.

Nel seguente § 5.1.5 – *Giustificazioni relative al tipo di intervento scelto*, si richiede che nella documentazione progettuale sia presente la giustificazione della tipologia di intervento di adeguamento scelto, la valutazione degli effetti di tale intervento sul comportamento generale della struttura e che tali trattazioni siano fruibili dal proprietario dell'edificio:

“(1)P In ogni caso, i documenti relativi al progetto di adeguamento devono includere la giustificazione del tipo di intervento scelto e la descrizione del suo effetto atteso sulla risposta strutturale.

(3) *Si raccomanda che questa giustificazione sia resa disponibile al proprietario.*”

5. LA VIGENTE NORMATIVA ITALIANA. LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI DI CUI AL D.M. 14 GENNAIO 2008.

Con Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, il Ministro delle Infrastrutture ha approvato le Norme Tecniche per le Costruzioni.

Nel § 2.1 – *Principi Fondamentali* appartenente al § 2 - *SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE* per gli impianti tecnologici e per altri componenti, non appartenenti alla struttura con capacità portanti, si ha la seguente prescrizione di carattere generale:

“...I componenti, sistemi e prodotti, edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.”

equiparando così gli elementi non-strutturali a quelli strutturali per quanto attiene il livello di sicurezza e per le prestazioni.

In particolare nel § 7 – *PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE*, si ritrovano le prescrizioni specifiche per la progettazione antisismica.

Analogamente alla normativa a carattere Comunitario e con le stesse finalità, la metodologia di calcolo delle azioni sismiche per gli elementi non-strutturali, viene effettuata prevalentemente attraverso l'analisi statica.

In modo più specifico, al § 7.2.4 – *Criteri di progettazione degli impianti*, appartenente al § 7 – *PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE*, si hanno prescrizioni inerenti il calcolo degli elementi funzionali costituenti gli impianti tecnologici e di collegamento di questi ultimi alla struttura portante:

“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 $T \geq 0,1$ s. 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."

Le precedenti indicazioni progettuali, ed in particolare il secondo periodo, rimandano al § 7.2.3 – *Criteri di progettazione di elementi strutturali "secondari" ed elementi non strutturali* per la definizione della forza sismica orizzontale F_a di progetto da applicare ai componenti degli impianti tecnologici come riportato di seguito:

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

dove:

F_a è l'azione sismica orizzontale applicata nel centro di massa dell'elemento non-strutturale nella direzione più sfavorevole;

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 definito di seguito;

W_a è il peso dell'elemento;

q_a è il fattore di struttura dell'elemento.

In mancanza di analisi più accurate per la definizione del coefficiente sismico S_a si utilizza la seguente relazione:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \left(I + \frac{Z}{H} \right)}{I + \left(I - \frac{T_a}{T_l} \right)^2} - 0,5 \right] \quad \text{con } S_a \geq \alpha \cdot S$$

dove:

α è il rapporto l'accelerazione massima del terreno a_g su un sottosuolo di tipo A da considerare nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g ;

S è il coefficiente del terreno;

T_a è il periodo fondamentale dell'elemento non-strutturale;

T_l è il periodo fondamentale dell'edificio nella direzione in oggetto;

Z è la quota del baricentro dell'elemento non-strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;

H è l'altezza dell'edificio misurata dal piano di fondazione.

Per il fattore di struttura dell'elemento non-strutturale, in assenza di specifiche determinazioni, si possono assumere i valori presenti nella Tab. 7.2.1 della norma riportata nella seguente Fig.2.

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 poggiati sul pavimento	
Elementi di ancoraggio per controsoffitti e corpi illuminanti	

Fig.2 – Valori del fattore di struttura q_a dell'elemento.

Nel § 7.3.6 - *Criteri di Verifica agli Stati Limite Ultimi*, anch'esso appartenete alla parte inerente la progettazione per azioni sismiche, si ritrova che:

“Le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi degli elementi strutturali, degli elementi non-strutturali e degli impianti si effettuano in termini di resistenza e di duttilità”

dove si specifica che anche gli impianti tecnologici devono essere sottoposti alle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi affinché abbiano un livello di sicurezza capace di:

“...evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera”

come definito al § 2.1.

All'interno del medesimo paragrafo appena visto, nel § 7.3.6.3 - *Verifiche degli elementi non strutturali e degli impianti* si ritrova più specificatamente che:

“Per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale debbono essere adottati magisteri atti ad evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della F_a (v. § 7.2.3) corrispondente allo SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita).”

Per ciascuno degli impianti principali, gli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto tra loro ed alla struttura principale devono avere resistenza sufficiente a sostenere l'azione della F_a (v. § 7.2.4) corrispondente allo SLV.”

Sempre appartenente al § 7.3 – *METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA*, ma inerente gli stati limite di esercizio, si ha il § 7.3.7 - *Criteri di Verifica agli Stati Limite di Esercizio* dove si ritrova che:

“Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli impianti si effettuano rispettivamente in termini di resistenza, di contenimento del danno e di mantenimento della funzionalità.”

Anche in questo caso, analogamente agli stati limite ultimi, gli impianti tecnologici, al pari della struttura portante, devono garantire un adeguato livello di sicurezza nei confronti degli stati limite di esercizio definiti nel § 2.1 come la capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio.

Ancora nell'ambito delle verifiche agli stati limite di esercizio, nel § 7.3.7.2 - *Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali* si ritrova che:

“Per le costruzioni ricadenti in classe d’uso I e II si deve verificare che l’azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi interpiano, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall’analisi in presenza dell’azione sismica di progetto relativa allo SLD (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori ai limiti indicati nel seguito:

- a. *per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa:*

$$d_r < 0,005 h \text{ (7.3.16)}$$

- b. *per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:*

$$d_r \leq d_{rp} \leq 0,01 h \text{ (7.3.17)}$$

- c. *per costruzioni con struttura portante in muratura ordinaria:*

$$d_r < 0,003 h \text{ (7.3.18)}$$

- d. *per costruzioni con struttura portante in muratura armata:*

$$d_r < 0,004 h \text{ (7.3.19)}$$

dove:

dr è lo spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, calcolati secondo i §§ 7.3.3 o 7.3.4.

h è l’altezza del piano.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamenti o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a 0,005 h (caso b) le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutti i tamponamenti, alle tramezzature interne ed agli impianti.”

dove, nel caso in cui ci siano spostamenti di interpiano superiori al 5% dell’altezza di piano, deve essere verificata la compatibilità di tali spostamenti con la capacità degli impianti di non subire un livello di danno oltre lo stato limite di esercizio richiesto (Stato Limite di Danno).

Infine considerando le costruzioni con classe d’uso III e IV, con i livelli di operatività richiesti a seguito di sisma, al § 7.3.7.3 - Verifiche degli impianti in termini di mantenimento della funzionalità si ha:

“Per le costruzioni ricadenti in classe d’uso III e IV, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili per effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SLO (Stato Limite di Operatività) non siano tali da produrre interruzioni d’uso degli impianti stessi.”

Nell’ambito delle costruzioni con isolatori ed in riferimento agli elementi di connessione impiantistica tra edificio e terreno, si ritrova nella parte delle verifiche al § 7.10.6.1 - Verifiche agli stati limite di esercizio che:

“Le eventuali connessioni, strutturali e non, particolarmente quelle degli impianti, fra la struttura isolata e il terreno o le parti di strutture non isolate, devono assorbire gli

spostamenti relativi corrispondenti allo SLD (Stato Limite di Danno) senza subire alcun danno o limitazione d'uso."

Sempre nell'ambito delle strutture isolate nella parte delle verifiche agli stati limite ultimi, al § 7.10.6.2.1 - *Verifiche allo SLV* (Stato Limite di salvaguardia della Vita) si ha: *"...Nelle costruzioni di classe d'uso IV, le eventuali connessioni, strutturali e non, particolarmente quelle degli impianti, fra la struttura isolata e il terreno o le parti di strutture non isolate devono assorbire gli spostamenti relativi previsti dal calcolo, senza danni."*

Al successivo § 7.10.6.2.2 - *Verifiche allo SLC* (Stato Limite di prevenzione al Collasso) si ritrova:

"...In tutte le costruzioni, le connessioni del gas e di altri impianti pericolosi che attraversano i giunti di separazione debbono essere progettate per consentire gli spostamenti relativi della sovrastruttura isolata, con lo stesso livello di sicurezza adottato per il progetto del sistema d'isolamento."

Oltre alle precedenti indicazioni specifiche per gli impianti tecnologici, nella norma Nazionale si hanno anche prescrizioni a carattere generale inerenti il comportamento della struttura portante e finalizzate a garantire l'efficienza degli impianti tecnologici.

In tal senso, alla lettera c) del § 2.2.2 - *STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)* si ritrova la prima di tali disposizioni che considera il requisito della sicurezza nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE) definiti nel § 2.1 come la capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio. In particolare si ha:

"I principali Stati Limite di Esercizio, di cui al § 2.1, sono elencati nel seguito:

...

c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;..."

evidenziando che agli stati limite di esercizio il comportamento della struttura alle sollecitazioni imposte non deve alterare il livello di efficienza richiesto per gli impianti tecnologici.

Una specificazione finalizzata a evidenziare che la prestazione e la funzionalità di un edificio non è limitata alla sola struttura portante si ritrova nel § 7.1 - *Requisiti nei confronti degli stati limite* del § 7 - *PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE*:

"Sotto l'effetto delle azioni sismiche definite nel § 3.2, deve essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio, quali definiti al § 3.2.1 ed individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, le strutture di fondazione, gli elementi strutturali, gli elementi non strutturali, gli impianti."

E ancora nel medesimo paragrafo:

"In mancanza di espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- nei confronti di tutti gli stati limite di esercizio, qualora siano rispettate le verifiche relative al solo SLD;*
- nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel seguito e siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV.*

Fanno eccezione a quanto detto le costruzioni di classe d'uso III e IV, per gli elementi non strutturali e gli impianti delle quali è richiesto anche il rispetto delle verifiche di sicurezza relative allo SLO, quali precisate nei §§ 7.3.7.2 e 7.3.7.3.”

Nell'ambito di interventi su costruzioni esistenti al § 8.2 – *Criteri generali* si ritrova:

“Per quanto non diversamente specificato nel presente capitolo, le disposizioni di carattere generale contenute negli altri capitoli della presente norma costituiscono il riferimento anche per le costruzioni esistenti.

Nel caso di interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di redistribuzione degli spazi, ecc.) dovrà essere valutata la loro possibile interazione con gli SLU e gli SLE della struttura o parti di essa.”.

Nel § 8.7.4 – *Criteri e tipi di intervento*, appartenente al § 8.7 – *Valutazione e progettazione della sicurezza in presenza di azioni sismiche* anch'esso inerente gli interventi su edifici esistenti, si ha:

“Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica può mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei §§ 7.2.3 e 7.2.4.”.

6. LA NORMATIVA AMERICANA

La normativa americana considerata nel presente lavoro ed inerente la progettazione antisismica degli impianti tecnologici presenti in un edificio è la seguente:

- ASCE/SEI 7-05 – *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* emanata dalla *American Society of Civil Engineers*;
- ASHRAE 2007 Handbook emanata dall'*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*.

In particolare la ASCE/SEI 7-05 risulta essere una norma a carattere generale in merito alla definizione delle sollecitazioni da utilizzare nella progettazione degli edifici, dove al Capitolo 13 vengono trattate le prescrizioni per la progettazione antisismica dei componenti non-strutturali degli edifici. Per componenti non-strutturali vengono considerati sia gli elementi architettonici portati dalla struttura (setti di separazione, parapetti, ornamenti, ecc.) con le loro rispettive connessioni, sia gli impianti tecnologici (meccanici ed elettrici) con i rispettivi ancoraggi.

Rispetto alla precedente, l'ASHRAE 2007 Handbook è una norma specifica per gli impianti HVAC e al Capitolo 54 vengono trattate le specifiche per la progettazione degli ancoraggi alla struttura dei componenti dei citati impianti contro gli effetti del vento e del sisma. Infatti, essendo tale norma maggiormente specifica, considera i seguenti tre aspetti nella progettazione degli ancoraggi dei componenti:

- collegamento componente impianto-sistema di ancoraggio;
- sistema di ancoraggio;
- collegamento sistema di ancoraggio-struttura.

Anche nella Normativa Americana trattata, la metodologia di calcolo delle azioni sismiche viene effettuata attraverso l'analisi statica rimandando all'analisi dinamica lo studio di situazioni più complesse e potenzialmente più pericolose.

7. ASCE/SEI 7-05 - MINIMUM DESIGN LOADS FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES

Come accennato sopra, al Capitolo 13 di tale norma vengono trattate le prescrizioni per la progettazione antisismica dei componenti non-strutturali degli edifici (elementi architettonici portati dalla struttura con le loro rispettive connessioni e gli impianti tecnologici con i rispettivi ancoraggi).

Nella parte generale di questo Capitolo della norma (§§ 13.1 e 13.2), vengono definite le seguenti tematiche:

- gli scopi della norma;
- la caratterizzazione sismica dei componenti non-strutturali;
- esenzioni, applicabilità della norma e altri metodi progettuali;
- requisiti generali antisismici e certificazioni dei componenti non-strutturali.

Al § 13.1.1 vengono definiti gli scopi della norma consistenti nel fissare i minimi criteri antisismici di progetto per gli elementi non-strutturali permanentemente appesi alle strutture e per i loro supporti e connessioni.

Oltre agli scopi della norma, in tale parte (§ 13.1.2) vengono caratterizzati dal punto di vista sismico gli elementi considerati, asserendo che la Categoria Sismica di Progetto (*Seismic Design Category*) dei componenti non-strutturali è la medesima delle strutture occupate o alle quali gli elementi sono vincolati. Oltre a ciò, viene definito il Coefficiente di Importanza I_p (*Importance Factor*) dei componenti che può assumere i valori 1,0 e 1,5 in relazione alle caratteristiche della struttura nella quale il componente è installato. In particolare, per le seguenti situazioni si ha un valore del Coefficiente di Importanza pari a 1,5:

1. il funzionamento del componente è determinante per la sicurezza e l'incolumità delle persone anche dopo il terremoto (es. impianti antincendio sprinkler);
2. il componente contiene materiali pericolosi;
3. il componente è connesso o è all'interno di una struttura *Occupancy Category IV* (edifici destinati alle funzioni essenziali quali ospedali, caserme, rifugi, depositi idrici, ecc.) e il suo funzionamento è necessario per la continuazione delle operazioni di supporto e il suo malfunzionamento potrebbe interrompere tali attività.

Negli altri casi (*Occupancy Category I, II e III*) viene abitualmente considerato un Coefficiente di Importanza pari a 1,0.

Oltre alle precedenti definizioni, in questa parte generale (§§ 13.1.4 e 13.1.5) vengono fissati i casi di esenzione e di applicabilità della norma.

In tale sezione del documento (§§ 13.1.6 e 13.1.7) viene concessa la facoltà di eseguire il progetto antisismico di un particolare elemento considerando sia le resistenze che le sollecitazioni ammissibili degli elementi e con metodologie diverse da quelle riportate a condizione che:

1. le sollecitazioni di calcolo non siano minori di quelle riportate nel § 13.3.1;
2. ogni interazione dovuta al sisma di ogni componente con altri connessi componenti e con le connessioni alla struttura deve essere considerata nel progetto. I componenti devono consentire gli spostamenti, le flessioni e gli spostamenti relativi in conformità con i requisiti sismici applicabili della norma,

ed a seguito dell'approvazione da parte dell'autorità competente della metodologia utilizzata.

Nel § 13.2 vengono riportati i requisiti generali di progetto, ed in particolare al § 13.2.1, si specifica che le caratteristiche dei componenti architettonici, meccanici, elettrici, dei supporti e degli elementi di connessione, devono essere conformi alle prescrizioni riportate nelle sezioni richiamate nella tabella 13.2-1 riportata nella seguente Fig.3.

TABLE 13.2-1 APPLICABLE REQUIREMENTS FOR ARCHITECTURAL, MECHANICAL, AND ELECTRICAL COMPONENTS: SUPPORTS AND ATTACHMENTS					
Nonstructural Element (i.e., Component, Support, Attachment)	General Design Requirements Section 13.2	Force and Displacement Requirements Section 13.3	Attachment Requirements Section 13.4	Architectural Component Requirements Section 13.5	Mechanical and Electrical Component Requirements Section 13.6
Architectural Components and Supports and Attachments for Architectural Components	X	X	X	X	
Mechanical and Electrical Components with $f_p > 1$	X	X	X		X
Supports and Attachments for Mechanical and Electrical Components	X	X	X		X

Fig.3 – Rispondenza ai requisiti riportati nelle varie parti della norma in relazione al tipo di componente non-strutturale.

Tali requisiti devono essere soddisfatti applicando una delle seguenti metodologie:

1. progettazione per lo specifico progetto e documentazione elaborata e presentata da professionista abilitato;
2. presentazione da parte del produttore del componente, della certificazione della qualificazione sismica ottenuta attraverso:
 - a. Analisi;
 - b. Prove secondo le indicazioni esposte nel § 13.2.5;
 - c. Risultati di sperimentazioni secondo le indicazioni esposte nel § 13.2.6.

Per i componenti destinati ad essere installati nelle Categorie Sismiche di Progetto dalla C alla F (§ 13.2.2), vengono richieste certificazioni particolari come indicato nel seguito:

- a. le apparecchiature attive meccaniche ed elettriche, che devono rimanere operative dopo il terremoto di progetto, saranno certificate dai fornitori sulla base di prove eseguite sulla tavola a scosse secondo le indicazioni del § 13.2.5 o sulla base di risultati provenienti da sperimentazioni secondo le indicazioni della § 13.2.6. I risultati che dimostrano la conformità a questo requisito saranno sottoposti all'autorità competente dopo la revisione ed approvazione di un progettista abilitato.
- b. I componenti con contenuti pericolosi saranno certificati dal fornitore per il mantenimento del loro contenuto a seguito del sisma di progetto con la medesima procedura di cui al precedente punto a.

Ulteriori indicazioni vengono fornite in merito alle conseguenze dei danni causati dai componenti non-strutturali. In particolare al § 13.2.3 si precisa che nella progettazione devono essere considerate le interazioni tra gli stessi componenti non-strutturali, affinché la rottura di un componente non causi il guasto di un componente essenziale al mantenimento della operatività della struttura.

Per quanto riguarda le caratteristiche proprie dei componenti non-strutturali, viene precisato che (§ 13.2.4) nella progettazione dell'elemento e dei suoi collegamenti alla struttura, dovrà essere considerata anche la capacità del componente di assorbire le deformazioni imposte dalla struttura e dal sisma oltre alla sua resistenza.

In questa parte della norma si danno indicazioni per il ricorso a prove e dati provenienti dalla sperimentazione alternativi alle metodologie illustrate in tale documento, finalizzati alla determinazione delle capacità sismiche degli elementi (§ 13.2.5 e 13.2.6).

Infine si specifica che, nel momento in cui è richiesto il progetto antisismico secondo la tabella 13.2-1 vista sopra, nell'elaborato redatto da professionista abilitato dovrà essere presente il progetto di ogni elemento non-strutturale.

Nei §§ 13.3 e 13.4 vengono definite le sollecitazioni e gli spostamenti sismici da utilizzare per la progettazione degli elementi non-strutturali e dei rispettivi ancoraggi alla struttura portante.

Per quanto riguarda le sollecitazioni sismiche di progetto, al § 13.3.1 viene definita con la relazione 13.3-1, la forza orizzontale F_p da applicare al centro di massa dell'elemento:

$$F_p = \frac{0,4 \cdot a_p \cdot S_{DS} \cdot W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right)$$

dove:

F_p è la forza sismica orizzontale di progetto;

S_{DS} è l'accelerazione per il periodo breve dello spettro di progetto secondo il § 11.4.4;

a_p è il fattore di amplificazione del componente variabile da 1,00 a 2,50 e tabellato in relazione al componente come illustrato nel seguito;

I_p è il fattore di importanza del componente variabile da 1,00 a 1,50 come visto nella parte generale;

W_p è il peso operativo del componente;

R_p è il fattore di variazione della risposta del componente variabile da 1,00 a 12,00 e anch'esso tabellato in relazione al componente come illustrato nel seguito;

z è la quota del centro di massa del componente rispetto alla base della struttura;

h è la quota media della copertura della struttura rispetto alla base.

Per elementi installati alla base della struttura o al di sotto di essa si considera nulla la quota z e il valore del rapporto z/h non può essere > 1 .

In merito all'applicazione della forza F_p vengono indicate le seguenti metodologie:

1. sarà applicata almeno secondo due direzioni ortogonali in combinazione con i carichi di servizio;
2. per la determinazione delle sollecitazioni provenienti dalla flessione, la forza F_p sarà applicata in ogni direzione orizzontale.

Oltre alle precedenti metodologie di applicazione di F_p , l'elemento non-strutturale sarà progettato anche per una forza verticale concomitante determinata considerando per F_p un coefficiente pari a $\pm 0,2 \cdot S_{DS} \cdot W_p$.

Oltre alla relazione vista per F_p basata sull'utilizzo di coefficienti a_p e R_p tabellati per i vari elementi non-strutturali, la norma consente l'utilizzo dell'analisi modale al fine di determinare il valore dell'accelerazione a_i al livello i della struttura da utilizzare nella seguente relazione per la determinazione della forza F_p :

$$F_p = \frac{a_i \cdot a_p \cdot W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} (A_x)$$

dove:

a_i è l'accelerazione al livello i ottenuta dall'analisi modale;

A_x è un fattore di amplificazione torsionale determinato secondo la relazione 12.8-14;

La norma precisa che il valore della forza orizzontale F_p dovrà essere compreso nell'intervallo di valori specificato di seguito:

$$0,3 \cdot S_{DS} \cdot I_p \cdot W_p < F_p < 1,6 \cdot S_{DS} \cdot I_p \cdot W_p$$

dovendo quindi di conseguenza limitare il peso dell'elemento nel caso di superamento dell'estremo superiore dell'intervallo e potendo non effettuare la progettazione antisismica dell'elemento nel caso di un valore della forza minore rispetto all'estremo inferiore dell'intervallo.

In merito agli spostamenti relativi tra componenti non-strutturali e struttura portante causati dal sisma, la presente norma evidenzia che questi dovranno essere valutati insieme agli spostamenti causati da tutti gli altri carichi applicati.

In tale ambito vengono considerati due distinti casi, il primo è quello che considera i punti di connessione dell'elemento non-strutturale appartenenti alla stessa struttura, mentre il secondo considera due punti di connessione dell'elemento appartenenti a due strutture portanti distinte.

Nel primo caso, l'elemento non-strutturale dovrà essere progettato affinché possa sopportare deformazioni date dagli spostamenti D_p determinati dalla seguente relazione:

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA}$$

dove:

δ_{xA} e δ_{yA} sono gli spostamenti dovuti alla deformazione della struttura portante rispettivamente alle quote h_x e h_y , determinati attraverso l'analisi elastica.

Lo spostamento relativo D_p dovrà essere minore del valore ricavato dalla seguente equazione, dovendo in caso di superamento agire sulla deformabilità della struttura:

$$D_{p,max} = \frac{(h_x - h_y) \cdot A_{aA}}{(h_{sx})}$$

dove:

h_x e h_y sono rispettivamente le quote dei punti di connessione ad altezza superiore e inferiore dell'elemento non-strutturale;

A_{aA} è il massimo spostamento ammissibile di interpiano per la struttura portante come definito nella tabella 12.12-1 in relazione alla *Occupancy Category* riportata nella seguente Fig. 4;

TABLE 12.12-1 ALLOWABLE STORY DRIFT, $\Delta_a^{a,b}$			
Structure	Occupancy Category		
	I or II	III	IV
Structures, other than masonry shear wall structures, 4 stories or less with interior walls, partitions, ceilings and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts.	0.025 h_{sx} ^c	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}
Masonry cantilever shear wall structures ^d	0.010 h_{sx}	0.010 h_{sx}	0.010 h_{sx}
Other masonry shear wall structures	0.007 h_{sx}	0.007 h_{sx}	0.007 h_{sx}
All other structures	0.020 h_{sx}	0.015 h_{sx}	0.010 h_{sx}

^a h_{sx} is the story height below Level x .
^b For seismic force-resisting systems comprised solely of moment frames in Seismic Design Categories D, E, and F, the allowable story drift shall comply with the requirements of Section 12.12.1.1.
^c There shall be no drift limit for single-story structures with interior walls, partitions, ceilings, and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts. The structure separation requirement of Section 12.12.3 is not waived.
^d Structures in which the basic structural system consists of masonry shear walls designed as vertical elements cantilevered from their base or foundation support which are so constructed that moment transfer between shear walls (coupling) is negligible.

Fig.4 – Massimo drift di piano in relazione alla Occupancy Category.

h_{sx} è l'altezza di interpiano utilizzata per definire il massimo spostamento di interpiano ammissibile definito nella precedente tabella.

Nel secondo caso, ovvero quando i punti di connessione dell'elemento appartengono a strutture portanti differenti A e B, il valore degli spostamenti relativi per i quali deve essere progettato l'elemento è dato da:

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}|$$

dove in questo caso δ_{xA} e δ_{yB} sono gli spostamenti dovuti alla deformazione delle due strutture portanti rispettivamente alle quote h_x e h_y determinati attraverso l'analisi elastica.

Anche in questo secondo caso lo spostamento relativo dovrà essere inferiore ad un valore massimo dato dalla seguente relazione, con intervento sulla deformabilità delle strutture A e B in caso di superamento:

$$D_{p,max} = \frac{h_x \cdot \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \cdot \Delta_{aB}}{h_{sx}}$$

dove:

h_x e h_y sono rispettivamente le quote dei punti di connessione ad altezza superiore e inferiore dell'elemento non-strutturale sulle due strutture A e B;

Δ_{aA} e Δ_{aB} sono rispettivamente i massimi spostamenti ammissibili di interpiano per le strutture portanti A e B, come definiti nella suesposta tabella 12.12-1 in relazione alla *Occupancy Category*;

Nella norma vengono inoltre fornite indicazioni particolari sul dimensionamento degli ancoraggi degli elementi non-strutturali alla struttura portante.

Preliminarmente si precisa che potrà essere usato qualsiasi tipo di collegamento (bullonatura, saldatura, ecc.) ma che non dovrà essere considerata nel dimensionamento la resistenza di tipo attritivo fornita dalla gravità. Oltre a ciò si evidenzia che la parte della struttura portante interessata dall'ancoraggio dell'elemento dovrà essere opportunamente progettata per le sollecitazioni provenienti dagli ancoraggi stessi.

Al § 13.4.1 si precisa che le forze di progetto per il dimensionamento degli ancoraggi devono essere determinate partendo dalle forze F_p orizzontali agenti sugli

elementi non-strutturali viste sopra. In particolare si evidenzia (§ 13.4.2) che gli ancoraggi devono essere proporzionati almeno per uno dei seguenti valori di sollecitazione:

- a. 1,3 volte il valore della forza orizzontale F_p determinata per gli elementi;
- b. la massima forza che può essere trasmessa all'ancoraggio dal supporto del componente non-strutturale considerato,

dando così la possibilità di operare attraverso una metodologia di calcolo più o meno raffinata. Ulteriori indicazioni vengono fornite in merito al fattore di variazione della risposta del componente R_p in relazione alla tipologia di ancoraggio.

Di seguito viene specificato che la determinazione delle forze sollecitanti gli attacchi devono tenere in considerazione effetti particolari o dovuti alla eccentricità di applicazione. Inoltre si precisa che nel caso di attacchi multipli, dovrà essere considerata la capacità dell'elemento di ridistribuire la forza applicata sugli ancoraggi in base alla sua duttilità o rigidezza.

Infine si danno limitazioni sull'utilizzo di ancoraggi con metodologia di infissione a pressione (c.d. *Power Actuated Fasteners*) o ad attrito (c.d. *Friction Clips*).

Nel § 13.5 della norma vengono riportate una serie di specifiche prescrizioni per la progettazione dei componenti meccanici ed elettrici costituenti gli impianti tecnologici e dei loro supporti.

In tale sezione sono indicati nella tabella 13.6-1 riportata nella seguente Fig.5, i coefficienti a_p e R_p necessari alla determinazione della forza orizzontale F_p vista sopra.

Vengono riportate inoltre prescrizioni particolari valide per tutti i componenti meccanici ed elettrici (§§ 13.6.1 – 13.6.5) e prescrizioni particolari per ogni componente come indicato nel seguito:

- condutture di servizio (13.6.6);
- condotti di ventilazione per impianti di climatizzazione (13.6.7);
- sistemi di tubature in pressione e non (13.6.8);
- caldaie e contenitori in pressione (13.6.9);
- ascensori e scale mobili (13.6.10)

In generale, le citate prescrizioni comuni e particolari per i vari componenti hanno le seguenti finalità:

- evitare che gli elementi sotto l'effetto del sisma urtino tra di loro e con la struttura portante generando il guasto degli elementi e l'interruzione della operatività della struttura;
- assicurare che i componenti meccanici e elettrici riescano ad assorbire senza perdere la funzionalità, gli spostamenti e le deformazioni imposte dall'azione del sisma, con particolare riferimento a punti particolari quali giunti della struttura portante, interfaccia terreno-struttura, zone di continuità tra due strutture portanti, ecc. ed anche nel caso di strutture fornite di isolatori;
- evitare che il contenuto di alcuni elementi possa danneggiare l'elemento stesso a seguito dell'azione del sisma.

8. L'ASHRAE 2007 – HANDBOOK

Come visto sopra, l'*ASHRAE 2007 Handbook* è una norma specifica per impianti di tipo meccanico (HVAC) dove al Capitolo 54 vengono trattate le specifiche per la progettazione degli ancoraggi alla struttura dei componenti dei citati impianti contro gli

effetti del vento e del sisma. Infatti, essendo tale norma maggiormente specifica, considera i seguenti tre aspetti nella progettazione degli ancoraggi dei componenti:

- collegamento componente impianto-sistema di ancoraggio;
- sistema di ancoraggio;
- collegamento sistema di ancoraggio-struttura.

La prima parte del Capitolo riguarda la progettazione antisismica dei vincoli (ancoraggi) delle componenti meccaniche degli impianti (*Seismic Restraint Design*) e nella parte iniziale di questa prima parte vengono richiamate tutte le norme americane alle quali L'ASHRAE *Handbook* si riferisce per le sue valutazioni.

Oltre al richiamo normativo, si evidenzia che nelle zone sismicamente attive dove le agenzie governative disciplinano la progettazione strutturale degli edifici, la progettazione antisismica degli ancoraggi dei componenti non viene inizialmente effettuata, in quanto si sovrappone spesso alla necessità di isolare la struttura portante dalle vibrazioni provenienti dai componenti meccanici durante il loro funzionamento. A valle di questo si verifica se gli ancoraggi utilizzati sono adeguati anche per il sisma di progetto. Nel caso in cui non siano necessari ancoraggi che isolino le strutture dalle vibrazioni provenienti dalle apparecchiature, si procede alla progettazione antisismica degli ancoraggi.

Come accennato sopra, benché anche in tale norma la determinazione delle forze sismiche venga effettuata utilizzando principalmente l'analisi statica con l'introduzione di coefficienti di sicurezza, nella parte dedicata alle metodologie di calcolo (*Calculations*), viene indicato l'uso dell'analisi dinamica finalizzato alla determinazione dell'accelerazione massima alla quale è sottoposto il componente in relazione allo spettro di risposta del sito considerato, dalla quale è possibile effettuare una preventiva valutazione della durabilità del componente interessato attraverso l'utilizzo di dati provenienti dalla sperimentazione su tavola a scosse presenti nella *Table 1 – Minimum Fragility Level Guidelines*, riportata nella seguente Fig.6. Oltre alle accelerazioni, si indica l'analisi dinamica al fine di determinare i massimi spostamenti che vengono applicati ai componenti a seguito delle deformazioni della struttura portante e per individuare fenomeni di amplificazione degli effetti dovuti a sollecitazioni periodiche dei componenti meccanici con frequenza simile alla frequenza di oscillazione dell'elemento considerato.

TABLE 13.6-1 SEISMIC COEFFICIENTS FOR MECHANICAL AND ELECTRICAL COMPONENTS		
MECHANICAL AND ELECTRICAL COMPONENTS	a_p^a	R_p^b
Air-side HVAC, fans, air handlers, air conditioning units, cabinet heaters, air distribution boxes, and other mechanical components constructed of sheet metal framing.	2.5	6.0
Wet-side HVAC, boilers, furnaces, atmospheric tanks and bins, chillers, water heaters, heat exchangers, evaporators, air separators, manufacturing or process equipment, and other mechanical components constructed of high-deformability materials.	1.0	2.5
Engines, turbines, pumps, compressors, and pressure vessels not supported on skirts and not within the scope of Chapter 15.	1.0	2.5
Skirt-supported pressure vessels not within the scope of Chapter 15.	2.5	2.5
Elevator and escalator components.	1.0	2.5
Generators, batteries, inverters, motors, transformers, and other electrical components constructed of high deformability materials.	1.0	2.5
Motor control centers, panel boards, switch gear, instrumentation cabinets, and other components constructed of sheet metal framing.	2.5	6.0
Communication equipment, computers, instrumentation, and controls.	1.0	2.5
Roof-mounted chimneys, stacks, cooling and electrical towers laterally braced below their center of mass.	2.5	3.0
Roof-mounted chimneys, stacks, cooling and electrical towers laterally braced above their center of mass.	1.0	2.5
Lighting fixtures.	1.0	1.5
Other mechanical or electrical components.	1.0	1.5
VIBRATION ISOLATED COMPONENTS AND SYSTEMS^b		
Components and systems isolated using neoprene elements and neoprene isolated floors with built-in or separate elastomeric snubbing devices or resilient perimeter stops.	2.5	2.5
Spring isolated components and systems and vibration isolated floors closely restrained using built-in or separate elastomeric snubbing devices or resilient perimeter stops.	2.5	2.0
Internally isolated components and systems.	2.5	2.0
Suspended vibration isolated equipment including in-line duct devices and suspended internally isolated components.	2.5	2.5
DISTRIBUTION SYSTEMS		
Piping in accordance with ASME B31, including in-line components with joints made by welding or brazing.	2.5	12.0
Piping in accordance with ASME B31, including in-line components, constructed of high or limited deformability materials, with joints made by threading, bonding, compression couplings, or grooved couplings.	2.5	6.0
Piping and tubing not in accordance with ASME B31, including in-line components, constructed of high-deformability materials, with joints made by welding or brazing.	2.5	9.0
Piping and tubing not in accordance with ASME B31, including in-line components, constructed of high- or limited-deformability materials, with joints made by threading, bonding, compression couplings, or grooved couplings.	2.5	4.5
Piping and tubing constructed of low-deformability materials, such as cast iron, glass, and nonductile plastics.	2.5	3.0
Ductwork, including in-line components, constructed of high-deformability materials, with joints made by welding or brazing.	2.5	9.0
Ductwork, including in-line components, constructed of high- or limited-deformability materials with joints made by means other than welding or brazing.	2.5	6.0
Ductwork, including in-line components, constructed of low-deformability materials, such as cast iron, glass, and nonductile plastics.	2.5	3.0
Electrical conduit, bus ducts, rigidly mounted cable trays, and plumbing.	1.0	2.5
Manufacturing or process conveyors (nonpersonnel).	2.5	3.0
Suspended cable trays.	2.5	6.0

^aA lower value for a_p is permitted where justified by detailed dynamic analyses. The value for a_p shall not be less than 1.0. The value of a_p equal to 1.0 is for rigid components and rigidly attached components. The value of a_p equal to 2.5 is for flexible components and flexibly attached components.

^bComponents mounted on vibration isolators shall have a bumper restraint or snubber in each horizontal direction. The design force shall be taken as $2F_p$ if the nominal clearance (air gap) between the equipment support frame and restraint is greater than 0.25 in. If the nominal clearance specified on the construction documents is not greater than 0.25 in., the design force is permitted to be taken as F_p .

Fig.5 – Valori dei coefficienti a_p e R_p in relazione all'elemento non-strutturale.

In tale parte dedicata all'analisi dinamica, si specifica che il Capitolo 17 della norma IBC (*International Building Code*) 2000/2003 richiede la certificazione di conformità sismica per i componenti con coefficiente di importanza I_p maggiore di 1,0. Oltre a ciò la medesima norma fornisce una guida per l'esecuzione dell'analisi statica o dinamica e per l'obbligatorietà della certificazione di conformità in relazione alla *Seismic Design Category* e al *Seismic Use Group*, riportata nella *Table 2 – IBC 2000/2003 Seismic Analysis Requirements* riportata in Fig.7.

Table 1 Minimum Fragility Level Guidelines		
Item	Acceleration, <i>g</i>	
	No Damage Probable	Minor Damage Probable
Pumps (centrifugal) up to 100 hp	4.5	8
Computer air-conditioning units	4.5	N/A
Variable-air-volume (VAV) boxes	3.5	8
Control panel	2	N/A
Fans (centrifugal and axial) up to 100 hp	4	9
Welded steel piping (up to 16 in. diameter), schedule 30 and up	4	8
Rooftop units, curb-mounted	3	6
Air-handling units (AHUs) to 63 ft ² coil area	4.5	10
Duct		
Rectangular steel	4.5	9
Round steel	4.5	10
MCC motor control centers (MCC)	2.5	N/A
Branch circuit lighting and power panels	3.5	N/A
Uninterruptible power supply (UPS) system	3	N/A
System control cab	3.5	N/A
Battery racks	3.5	7
Substation switch gear	3.5	N/A
Substation transformers	2	N/A
Cable tray to 36 in.	4.5	8
Bus duct	4.5	8
Water heater	3	6
Cooling towers:		
Ceramic	2.5	4
Steel, 1 or 2 cells	4	8
3 cells or more	3.5	6
Wood	4	8
Chillers:		
Centrifugal	4	N/A
Absorption	4.5	N/A
Screw	3.5	N/A
Air-cooled	3.0	N/A
Boilers, fire tube	3.5	N/A
Air compressor, tank mounted		
to 5 hp	4.5	8
7.5 to 20 hp	4	7
Frame mounted, 20 to 100 hp	3.5	7
Sources: ASHRAE (2000), Cover et al. (1985), DOD (1990, 2002), Bulletin No. 32 Shock, Vibration and Associated Environments—Protective Construction Part III, Seismic Fragility based on Test Data—Takanori Ogata July 1992, Seismic Fragility Analysis of Structures and Components for HFBR Facilities BNL-46561, and Chapter 50 of the 1995 ASHRAE Handbook—HVAC Applications.		

Fig.6 – Table 1. Minimum Fragility Level Guidelines.

Table 2 IBC 2000/2003 Seismic Analysis Requirements						
Seismic Use Group (Building)	Component Operation Required for Life Safety	Building Seismic Design Category*	Required Analysis Type			
			Anchorage	Equipment Structural Capacity	Equipment Operational Capacity	Certificate of Compliance
I, II, III	No	A	Not required	Not required	Not required	Not required
I, II	No	B, C	Not required	Not required	Not required	Not required
I, II	No	D	Static	Dynamic or test	Not required	For mounting only
I, II	Yes	C, D	Static	Dynamic or test	Dynamic or test	For continued operation
I, II	No	E	Static	Dynamic or test	Dynamic or test	For continued operation
III	No	C, D	Static	Not required	Not required	Not required
III	Yes	C, D	Static	Dynamic or test	Dynamic or test	For continued operation
III	No	F	Static	Dynamic or test	Not required	For mounting only
III	Yes	F	Static	Dynamic or test	Dynamic or test	For continued operation

*If in question, reference structural documents

Fig.7 – Table 2 – IBC 2000/2003 Seismic Analysis Requirements

Per la determinazione delle forze orizzontali F_p da applicare ai centri di massa dei componenti meccanici degli impianti vengono considerate le relazioni riportate in varie normative di seguito indicate:

- 2000/2003 IBC (International Building Code);
- NFPA (National Fire Protection Association) Code 5000;
- 1997/1994 UBC (Uniform Building Code).

Per tutte le normative citate, la forma generale delle relazioni della forza F_p è quella di proporzionalità lineare con la massa dell'elemento e la quota di installazione dello stesso.

La relazione riportata nella norma IBC 2000/2003 e nell'NFPA Code 5000 è la medesima già vista nella ASCE/SEI 7-05 come indicato nel seguito:

$$F_p = \frac{0,4 \cdot a_p \cdot S_{DS} \cdot W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right)$$

dove:

F_p è la forza sismica orizzontale di progetto;

S_{DS} è l'accelerazione per il periodo breve dello spettro di progetto;

a_p è il fattore di amplificazione del componente variabile da 1,00 a 2,50 e tabellato in relazione al componente come illustrato nel seguito;

I_p è il fattore di importanza del componente variabile da 1,00 a 1,50 come visto nella parte generale;

W_p è il peso operativo del componente;

R_p è il fattore di variazione della risposta del componente variabile da 1,00 e 12 e anch'esso tabellato in relazione al componente come illustrato nel seguito;

z è la quota del centro di massa del componente rispetto alla base della struttura;

h è la quota media della copertura della struttura rispetto alla base.

La norma precisa che il valore della forza orizzontale F_p dovrà essere compreso nell'intervallo di valori specificato nella seguente relazione:

$$0,3 \cdot S_{DS} \cdot I_p \cdot W_p < F_p < 1,6 \cdot S_{DS} \cdot I_p \cdot W_p$$

dovendo quindi di conseguenza limitare il peso dell'elemento nel caso di superamento dell'estremo superiore dell'intervallo e potendo non effettuare la progettazione

antisismica dell'elemento nel caso di un valore della forza minore rispetto all'estremo inferiore dell'intervallo.

In questo caso la determinazione del termine S_{DS} è data dalla seguente relazione:

$$S_{DS} = 2 \cdot F_a \cdot S_s / 3$$

dove:

S_s è l'accelerazione spettrale del sito considerato;

F_a è una funzione rappresentativa delle caratteristiche del terreno.

Si specifica che in caso di elementi forniti con ancoraggi isolatori dovrà essere considerata una forza doppia di progetto.

Nelle seguenti Figg. 8, 9 e 10 si riportano le tabelle dei fattori a_p , F_a e I_p .

Table 3 Coefficients for Mechanical Components (2000/2003 IBC and NFPA Code 5000)		
Mechanical and Electrical Component or Element	a_p	R_p
General Mechanical		
Boilers and furnaces	1.0	2.5
Piping		
High-deformability elements and attachments	1.0	3.5
Limited-deformability elements and attachments	1.0	2.5
Low-deformability elements or attachments	1.0	1.25
HVAC Equipment		
Vibration isolated	2.5	2.5
Non-vibration isolated	1.0	2.5
Mounted in-line with ductwork	1.0	2.5
<i>Source: International Building Code (2000). Copyright © 2000, International Code Council, Inc., Falls Church, VA. 2000 International Building Code. Reprinted with permission of the author. All rights reserved.</i>		

Fig.8 – Fattori a_p e R_p per le norme IBC 2000/2003 e NFPA Code 5000

Table 4 Values of Site Coefficient F_a as Function of Site Class and Mapped Spectral Response Acceleration at 1 s Period (S_s)

Site Class	Soil Profile Name	Mapped Spectral Response Acceleration at Short Periods ^a				
		$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	Hard rock	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	Rock	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	Very dense soil and soft rock	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D^c	Stiff soil profile	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	Soft soil profile	2.5	1.7	1.2	0.9	b
F	See 2000 IBC Table 1615.1.1 and Note b					

^aUse straight-line interpolation for intermediate values of mapped spectral acceleration at short period S_s .

^bSite-specific geotechnical investigation and dynamic site response analyses must be performed to determine appropriate values.

^cD is the default Site Class unless otherwise stated in the approved geotechnical report.

Fig.9 – Valori per la funzione F_a per le norme IBC 2000/2003 e NFPA Code 5000

Table 5 Seismic Groups and Building Importance Factors (2000 IBC)

Seismic Group	Building Importance Factor	Nature of Occupancy
I	1.0	Buildings and other structures except those listed in Groups II, III, IV
II	1.25	1. Structures where more than 300 people congregate in one area 2. Structures with elementary, secondary school or day care facilities with capacity of over 250 3. Structures with capacity greater than 500 for colleges or adult education facilities 4. Health care facilities with capacity of 50 or more resident patients but no surgery or emergency treatment facilities 5. Jails and detention facilities 6. Any other occupancy with occupant load greater than 5000 7. Power-generating stations, water treatment for potable water, wastewater treatment facilities and other public utility facilities not included in Group III 8. Buildings and other structures not included in Group III containing sufficient quantities of toxic or explosive substances to be dangerous to the public if released
III	1.5	1. Hospitals and other health care facilities with surgery or emergency treatment facilities 2. Fire, rescue, and police stations and emergency vehicle garages 3. Designated earthquake, hurricane, or other emergency shelters 4. Designated emergency preparedness, communication and operation centers and other facilities required for emergency response 5. Power-generating stations and other public utility facilities required as emergency back-up facilities for Group III structures 6. Structures containing highly toxic materials as defined by Section 307 where quantity of material exceeds the exempt amounts of Table 307.7(2) 7. Aviation control towers, air traffic control centers and emergency aircraft hangers 8. Structures with critical national defense functions 9. Water treatment facilities required to maintain water pressure for fire suppression
IV	1	Structures that represent a low threat to human life in the event of failure including, but not limited to agricultural facilities, certain temporary facilities, and minor storage facilities

Source: International Building Code (2000). Copyright © 2000, International Code Council, Inc., Falls Church, VA. 2000 International Building Code. Reprinted with permission of the author. All rights reserved.

Fig.10 – Fattori di importanza degli elementi non-strutturali in relazione alla tipologia di Edificio considerato.

Per quanto riguarda la norma UBC 1997, la forza F_p viene determinata come riportato nel seguito:

$$F_p = \left(a_p \cdot C_a \cdot \frac{R_p}{I_p} \right) \left(1 + \frac{3h_x}{h_r} \right) \cdot W_p$$

dove:

a_p è il fattore di amplificazione del componente tabellato come illustrato nel seguito;

C_a è il coefficiente sismico determinato secondo la zonazione sismica e attraverso valori tabellati riportati di seguito;

I_p è il fattore di importanza;

R_p è il fattore di variazione della risposta del componente anch'esso tabellato in relazione al componente come illustrato nel seguito;

W_p è il peso operativo del componente;

$1+3h_x/h_r$ è il fattore di amplificazione dovuto alla quota dove h_x è la quota di installazione, h_r è l'altezza media del tetto con le limitazioni date da $h_x \geq 0$ e h_x / h_r non deve essere superiore a 1.

La norma precisa che il valore della forza orizzontale F_p dovrà essere compreso nell'intervallo di valori specificato nella seguente relazione:

$$0,7 \cdot C_a \cdot I_p \cdot W_p < F_p < 4 \cdot C_a \cdot I_p \cdot W_p$$

con le medesime considerazioni effettuate per le limitazioni di F_p delle norme IBC 2000/2003 e nell'NFPA Code 5000 viste sopra. Nelle seguenti Fig. 11, 12 e 13 si riportano le tabelle per la determinazione dei coefficienti a_p , C_a , R_p e I_p .

Table 6 Coefficients for Mechanical Components (1997 UBC)		
Mechanical and Electrical Component or Element	a_p	R_p
Equipment		
Tanks and vessels	1.0	3.0
Electrical, mechanical, plumbing equipment and piping, ducts and conduit	1.0	3.0
Equipment braced or anchored below center of mass	2.5	3.0
Emergency power, communication equipment and batteries/fuel for equipment use		
Other		
Rigid components with ductile material and attachments	1.0	3.0
Rigid components with nonductile material and attachments	1.0	1.5
Flexible components with ductile material and attachments	2.5	3.0
Flexible components with nonductile material and attachments	2.5	1.5
Vibration isolated		
Nonshallow or expansion anchor attachment	2.5	1.5
Shallow or expansion anchor attachment	2.5	0.75
<i>Source: Uniform Building Code (1997). Reproduced from the 1997 edition of the Uniform Building Code™, Copyright © 1997, with permission of the publisher, the International Conference of Building Officials. ICBO assumes no responsibility for the accuracy or the completeness of summaries provided herein.</i>		

Fig.11 – Fattori a_p e R_p per la norma UBC 1997.

Table 7 Seismic Zone Factor Z (1994 and 1997 UBC)	
Zone	Z
1	0.075
2A	0.15
2B	0.20
3	0.30
4	0.40

Source: Uniform Building Code (1994, 1997). Reproduced from the 1994 and 1997 editions of the *Uniform Building Code*™, Copyright © 1994 and 1997, with permission of the publisher, the International Conference of Building Officials. ICBO assumes no responsibility for the accuracy or the completeness of summaries provided herein.

Fig.12 – Fattore Z per la norma UBC 1997.

Table 8 Seismic Coefficient C_a (1997 UBC)					
Soil Profile Type	Seismic Zone Factor, Z				
	1	2A	2B	3	4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_a$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_a$
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	$0.40N_a$
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	$0.44N_a$
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	$0.36N_a$
S_F	Requires site-specific dynamic response analysis				

Source: Uniform Building Code (1997). Reproduced from the 1997 edition of the *Uniform Building Code*™, Copyright © 1997, with permission of the publisher, the International Conference of Building Officials. ICBO assumes no responsibility for the accuracy or the completeness of summaries provided herein.
General soil profile descriptions are as follows [see UBC (1997) for more detailed information]:
 S_A = Hard rock >5000 ft/s shear wave velocity
 S_B = Rock with shear wave velocity > 2500 ft/s but < 5000 ft/s
 S_C = Dense soil/soft rock with shear wave velocity > 1200 ft/s but < 2500 ft/s
 S_D = Stiff soil with shear wave velocity > 600 ft/s but < 1200 ft/s
 S_E = Soil with shear wave velocity < 600 ft/s
 S_F = Soils requiring site-specific evaluation

Fig.13 – Coefficiente C_a per la norma UBC 1997.

È interessante notare come l'applicazione della relazione appena vista per la forza F_p della norma UBC 1997/1994 sia possibile anche per siti diversi dagli Stati Uniti in quanto nella *Table 10 – International Seismic Zone* (Fig.15) sono riportate le Zone Sismiche secondo tale norma di località appartenenti ad ogni continente tra le quali figura anche l'Italia con le città di Firenze, Genova, Milano, Napoli, Palermo e Roma.

Infine la relazione per il calcolo di F_p della norma UBC 1994 risulta essere la seguente:

$$F_p = Z \cdot I_p \cdot C_p \cdot W_p$$

dove:

Z è il fattore di zona sismica;

I_p è il fattore di importanza posto pari a 1,5 per le apparecchiature;

C_p è il fattore di forza orizzontale;

W_p è il peso operativo del componente.

I coefficienti Z e I_p sono ricavabili dalle tabelle viste sopra, mentre il coefficiente C_p è ricavabile dalla seguente *Table 12 – Horizontal Force Factor C_p (1994 UBC)* nella seguente Fig.16.

Nel documento viene evidenziata la convenzionalità dell'utilizzo dell'analisi statica, che considera l'elemento fermo durante l'applicazione della forza sismica di progetto nel suo centro di massa con la seguente generazione le reazioni negli ancoraggi del componente.

Da tale osservazione inerente la convenzionalità dell'analisi statica, viene indicata la possibilità di analizzare dinamicamente i componenti meccanici considerando anche lo smorzamento dovuto al movimento degli stessi durante la sollecitazione del sisma dalla quale seguono valori diversi delle reazioni dei vincoli rispetto al caso statico. La norma indica che comunemente si considera uno smorzamento della forza pari al 5% per le apparecchiature e l'1% per le tubazioni.

Nella norma viene definito il sistema di forze che agisce sul componente meccanico nel caso dell'analisi statica. Viene specificato che oltre alla forza orizzontale F_p vista sopra e alla forza di gravità, dovrà essere applicata all'elemento una forza verticale F_{pv} definita come segue nelle varie normative considerate:

$$F_{pv} = F_p / 3 \quad (\text{per le vecchie norme})$$

$$F_{pv} = 0,5 \cdot C_a \cdot I_p \cdot W_p \quad (\text{per la UBC 1997})$$

$$F_{pv} = 0,2 \cdot S_{DS} \cdot D \quad (\text{per le IBC 2000})$$

dove:

D è il carico permanente;

S_{DS} è l'accelerazione per il periodo breve dello spettro di risposta (0,2 s).

Una volta determinate le forze F_p e F_{pv} , nel caso di un'apparecchiatura rigidamente montata su di una struttura di base, il sistema di forze rappresentante il sisma è riportato nella seguente figura 14:

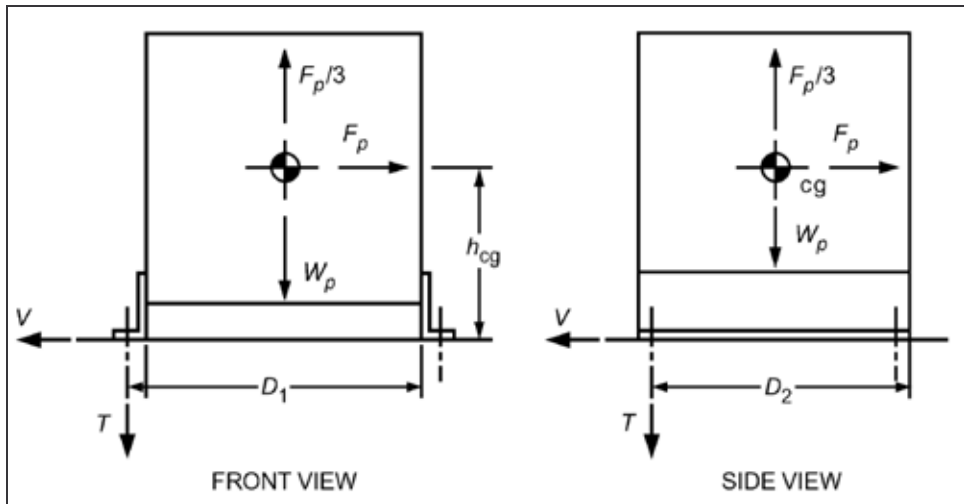


Fig.14 – Sistema di forze sismiche di progetto.

risolvibile attraverso le tre note equazioni cardinali della statica. Oltre a ciò, si evidenzia la possibilità di avere effetti torsionali sugli ancoraggi dell'apparecchiatura dovuti alla non coincidenza del centro di massa con il centro geometrico del volume che dovranno essere considerati in fase di calcolo delle sollecitazioni.

In tale sezione vengono fornite indicazioni specifiche per quanto riguarda il dimensionamento degli elementi di fissaggio alle strutture portanti degli ancoraggi delle apparecchiature con particolare riferimento a:

- bullonatura diretta su strutture portanti in acciaio e sistemi di ancoraggio nel cls previa perforazione (*post-installed*);
- elementi di fissaggio nel legname;
- bulloni degli ancoraggi;
- fissaggio attraverso saldatura.

Table 10 International Seismic Zones (1994 and 1997 UBC)

Country	City	Seismic Zone	Country	City	Seismic Zone	Country	City	Seismic Zone
Albania	Tirana	3	Germany (Continued)	Düsseldorf	1	Norway	Oslo	2B
Algeria	Algiers	4		Frankfurt	1	Oman	Muscat	2B
	Oran	4		Hamburg	0	Pakistan	Islamabad	4
Angola	Luanda	0		Munich	1		Karachi	2B
Antigua and Barbuda	St. John's	3		Stuttgart	2B		Lahore	2B
Argentina	Buenos Aires	0	Ghana	Accra	3		Peshawar	3
Armenia	Yerevan	3	Greece	Athens	3	Panama	Panama City	2B
Australia	Brisbane	1		Thessaloniki	4	Papua New Guinea	Port Moresby	3
	Canberra	1	Grenada	St. George's	3	Paraguay	Asunción	0
	Melbourne	1	Guatemala	Guatemala City	4	Peru	Lima	4
	Perth	1	Guinea	Conakry	0	Philippines	Manila	3
	Sydney	1	Guinea-Bissau	Bissau	0		Cebu	4
Austria	Salzburg	2B	Guyana	Georgetown	0		Manila	4
	Vienna	2B	Haiti	Port-au-Prince	3	Poland	Krakow	2B
Azerbaijan	Baku	3	Honduras	Tegucigalpa	3		Poznan	1
Bahamas	Nassau	0	Hong Kong	Hong Kong	2B		Warsaw	1
Bahrain	Manama	0	Hungary	Budapest	2B	Portugal	Azur	1
Bangladesh	Dhaka	3	Iceland	Reykjavik	4		Lisbon	3
Barbados	Bridgetown	3	India	Bombay	3		Oporto	2B
Belarus	Minsk	1		Calcutta	2B		Punta Delgada	3
Belgium	Aarschot	1		Madras	1	Qatar	Doha	0
	Brussels	1		New Delhi	2B	Romania	Bucharest	3
Belize	Belize City	1	Indonesia	Jakarta	3	Russia	Khabarovsk	1
Benin	Cotonou	0		Medan	3		Moscow	1
Bermuda	Hamilton	0		Surabaya	3		St. Petersburg	0
Bolivia	La Paz	3		Baghdad	2B		Vladivostok	1
Bosnia	Sarajevo	0		Dubai	0		Kigali	3
Botswana	Gaborone	0		Tel Aviv	3		Tbilisi	0
Brazil	Brasilia	0		Tokyo	3		Jeddah	2B
	Porto Alegre	0	Italy	Florence	3		Riyadh	0
	Rio de Janeiro	0		Genoa	2B		Dakar	0
	Sao Paulo	0		Milan	2B		Victoria	0
Burkina Faso	Ouagadougou	0		Naples	2B		Winnipeg	0
Burma	Yangon	3		Palestine	4		Singapore	1
Burundi	Bujumbura	3		Rome	2B		Slovakia	2B
Cameroon	Douala	0		San Jose	3		Bratislava	2B
	Yaounde	0		Kingston	3		Mogadishu	0
Canada	Calgary	1		Fukuoka	3		Cape Town	2B
	Halifax	1		Kobe	3		Durban	2B
	Montreal	2A		Naha	3		Johannesburg	2B
	Ottawa	2A		Osaka	3		Prato	2B
	Quebec	3		Sapporo	3		Barcelona	2B
	Toronto	1		Tokyo	4		Bilbao	0
Cape Verde	Praia	0		Amman	3		Madrid	0
Central African Republic	N'Djamena	0		Almaty	4		Columbo	0
Chad Republic	N'Djamena	0		Almaty	4		Suita	2B
Chile	Santiago	4		Nairobi	2B		Paramaribo	0
China	Beijing (Peking)	3		Seoul	2A		Moscow	2B
	Chengdu	3		Kuwait	1		Stockholm	0
	Guangzhou (Canton)	2B		Kyrgyzstan	1		Buenos Aires	1
	Shanghai	2B		Liège	1		Zurich	2B
	Shenyang (Mukden)	4		Lima	1		Damascus	3
Colombia	Barranquilla	2B		Lisbon	1		Taipei	4
	Bogota	3		Luxembourg	1		Dushanbe	4
	Brazzaville	0		Antananarivo	0		Dur El Salam	2B
Costa Rica	San Jose	3		Lilongwe	3		Zanzibar	2B
Cuba	Havana	1		Malaya	3		Beijing	1
Cyprus	Nicosia	3		Malaysia	3		Chiang Mai	2B
Czech Republic	Prague	1		Manila	3		Seoul	0
Denmark	Copenhagen	1		Maracaibo	0		London	1
Djibouti	Djibouti	3		Martinez	0		San Francisco	4
Dominican Republic	Santo Domingo	3		Port Louis	0		San Jose	3
Ecuador	Guayaquil	3		Quito	2B		San Jose	3
	Quito	4		Quito	2B		San Jose	3
Egypt	Alexandria	2B		Quito	2B		San Jose	3
	Cairo	2B		Quito	2B		San Jose	3
El Salvador	San Salvador	4		Quito	2B		San Jose	3
Equatorial Guinea	Malabo	0		Quito	2B		San Jose	3
Estonia	Tallinn	2A		Quito	2B		San Jose	3
Ethiopia	Addis Ababa	3		Quito	2B		San Jose	3
	Asmara	3		Quito	2B		San Jose	3
Fiji Islands	Suva	3		Quito	2B		San Jose	3
Finland	Helsinki	1		Quito	2B		San Jose	3
France	Bordeaux	2B		Quito	2B		San Jose	3
	Lyon	1		Quito	2B		San Jose	3
	Marseille	2B		Quito	2B		San Jose	3
	Paris	0		Quito	2B		San Jose	3
Gabon	Libreville	0		Quito	2B		San Jose	3
Gambia	Banjul	0		Quito	2B		San Jose	3
Georgia	Tbilisi	3		Quito	2B		San Jose	3
Germany	Berlin	0		Quito	2B		San Jose	3
	Bonn	1		Quito	2B		San Jose	3

Source: Uniform Building Code (1994, 1997). Reproduced from the 1994 and 1997 editions of the Uniform Building Code®. Copyright © 1994 and 1997, with permission of the publisher, the International Conference of Building Officials. ICBO assumes no responsibility for the accuracy or the completeness of summaries provided herein.

Fig. 15 – International Seismic Zone UBC 1994/1997.

Table 12 Horizontal Force Factor C_p (1994 UBC)	
Equipment or nonstructural components	1
Mechanical equipment, plumbing, and electrical equipment and associated piping rigidly mounted	0.75
All equipment resiliently mounted (maximum 2.0)	2
<i>Source:</i> Uniform Building Code (1994). Reproduced from the 1994 edition of the <i>Uniform Building Code</i> ™, Copyright © 1994, with permission of the publisher, the International Conference of Building Officials. ICBO assumes no responsibility for the accuracy or the completeness of summaries provided herein. <i>Note:</i> Stacks and tanks should be evaluated for compliance with applicable codes by a qualified engineer.	

Fig.16 – Valori del fattore C_p UBC 1994.

Nel presente documento vengono forniti dei requisiti a carattere generale per gli isolatori (*Seismic Snubbers*) per i componenti meccanici degli impianti e viene data una classificazione degli stessi (*Type A-J*). Per quanto riguarda i requisiti si ha:

- la superficie di impatto dovrebbe essere realizzata con elastomero di alta qualità pre-incollato;
- il materiale con capacità di recupero dovrebbe essere facilmente ispezionabile e sostituibile;
- l'isolatore dovrebbe vincolare il moto dell'apparecchio in tutte le direzioni;
- la capacità dell'isolatore dovrebbe essere certificata da professionista abilitato a seguito di analisi e prove.

I vari tipi di isolatori per apparecchiature meccaniche sono rappresentati nella seguente Fig.17.

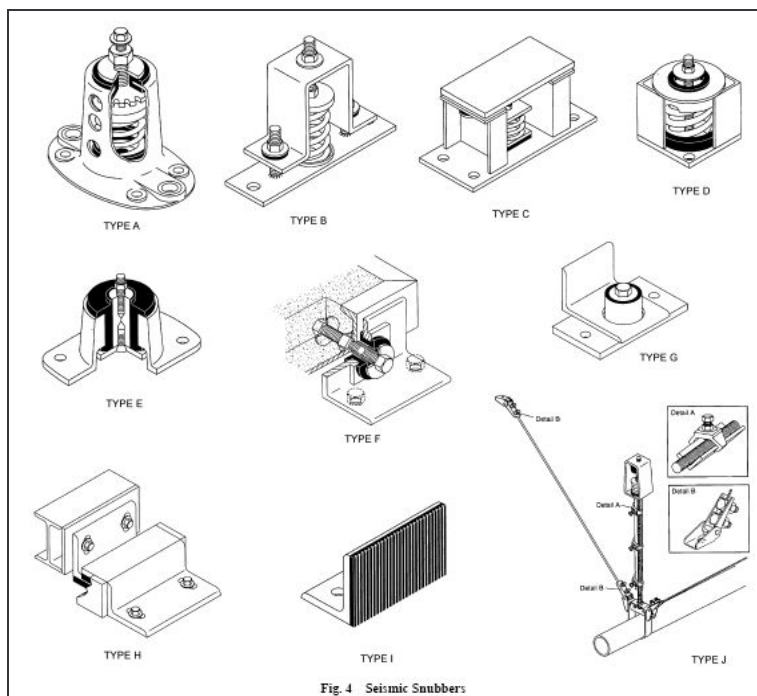


Fig.17 – Varie tipologie di isolatori per apparecchiature meccaniche.

9. CONCLUSIONI

A seguito dell'analisi della normativa di cui sopra, si riportano di seguito osservazioni in merito alle principali tematiche di trattazione comuni a tutti i disposti.

Una prima differenziazione delle norme considerate è il livello di vincolo delle stesse sulle attività di progettazione. Infatti si rileva che essendo la Norma Italiana approvata da un disposto di tipo legislativo (Decreto Ministeriale), questa ha valore cogente e quindi le sue prescrizioni nell'ambito della progettazione antisismica risultano essere obbligatorie e non derogabili. Di contro si evidenzia che sia la Normativa Europea che quella statunitense, sono norme non-cogenti ma di "riferimento", benché queste siano riconosciute a livello istituzionale come norme di buona progettazione.

A fattor comune si rileva che ogni normativa considerata prescrive per gli elementi non-strutturali le medesime condizioni sismiche di progetto utilizzate per la struttura portante specifiche per il sito considerato. Si evidenzia che nelle Norme Americane è presente una maggiore modulazione degli interventi in relazione alla severità del sisma di progetto.

In tutte le norme considerate la metodologia di calcolo delle azioni sismiche viene effettuata prevalentemente attraverso l'analisi statica (proporzionalità lineare tra azione del sisma, quota del centro di massa dell'elemento e peso operativo dello stesso) al fine di ridurre la complessità della trattazione, con l'applicazione di fattori di sicurezza che hanno la finalità di rappresentare il sisma e il comportamento dell'elemento non-strutturale considerato. Si rileva che le relazioni della Normativa Americana sono articolate su un numero maggiore di fattori specifici per ogni elemento considerato,

finalizzata ad una maggiore accuratezza della determinazione delle sollecitazioni sismiche. Il ricorso all'analisi dinamica e alla modellazione viene richiesta ed auspicata nei casi complessi dove l'analisi statica non riuscirebbe a valutare totalmente gli effetti dell'azione sismica. È da evidenziare che nel *Handbook ASHRAE 2007* l'analisi dinamica può essere utilizzata in modo preliminare al fine di valutare le accelerazioni agenti sugli elementi e stimare sia la durabilità dell'elemento non-strutturale che la necessità di una progettazione antisismica per lo stesso, attraverso valori tabellati delle accelerazioni imposte.

In tutte le Norme è richiesto che gli elementi non-strutturali siano in grado di sopportare gli spostamenti imposti dalla struttura mantenendo il livello di servizio richiesto. Si rileva ancora una maggiore attenzione in tal senso delle Norme Americane (ASCE 7-05).

Per quanto riguarda la presenza di prescrizioni particolari, si evidenzia che la Normativa Americana è ancora quella maggiormente ricca di indicazioni specifiche inerenti l'installazione degli elementi anche in relazione alla severità del sisma di progetto.

In merito agli isolatori da utilizzare per gli ancoraggi degli elementi non-strutturali, si evidenzia che una trattazione di tipo descrittivo ed illustrativo è presente solo nell'*Handbook ASHRAE 2007*.

BIBLIOGRAFIA

- UNI EN 1998-1 - Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici. Pagg. 48-49.
- UNI EN 1998-3 - Eurocodice 8. Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici. Pag. 22.
- Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. §§ 2-7.
- ASCE/SEI 7-05 – Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures della American Society of Civil Engineers. Capitolo 13.
- ASHRAE 2007 Handbook della American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Capitolo 54.

Controllo antisismico negli impianti meccanici

JAMES R. TAUBY

Masons Industries Inc., Hauppauge NY, USA

RIASSUNTO

La memoria, partendo dalla normativa internazionale, presenta i maggiori accorgimenti che tecnica e pratica consigliano per il controllo antisismico sia di apparecchiature che di diversi componenti dell'impianto meccanico (principalmente ventilazione e condizionamento dell'aria).

La descrizione lascia spesso spazio ad una raffigurazione grafica e ad illustrazioni che risultano di più immediata lettura e che possono essere di guida e di grande aiuto a progettisti ed installatori.

NORME INTERNAZIONALI

Il Consiglio Normativo Internazionale pubblica le Norme Internazionali per gli Edifici: l'ultima versione di queste norme è quella del 2006 che fa riferimento al documento ASCE-7-05 della American Society of Civil Engineers intitolato "Carichi minimi di progetto per edifici ed altre strutture". Questo manuale contiene tutte le informazioni riguardanti le misure antisismiche per i componenti non strutturali dell'edificio.

Tre equazioni sono indicate per definire la forza trasversale di progetto F_p .

Si comincia dalla equazione principale:

$$F_p = \left(\frac{0.4 (a_p)(S_d s)(I_p) \left(1 + 2 \left(\frac{z}{h} \right) \right)}{R_p} \right) W_p \quad Eq. 1$$

dove:

$S_d s$ è la Accelerazione di Risposta Spettrale di Progetto

a_p è il Fattore di Amplificazione del componente in esame

R_p è il fattore di Risposta di detto componente

I_p è il Fattore di Importanza di Utilizzo dell'Edificio.

Questa equazione ci dà quindi la forza di progetto sulla base degli attributi dell'edificio che ci interessano, quali: il suo uso, i valori sismici del sito su cui l'edificio è fabbricato e quelli delle apparecchiature coinvolte.

Altre due equazioni corrispondono ai valori minimi e massimi delle forze trasversali e sono basati sull'utilizzazione dell'edificio e i valori di progetto del sito in cui l'edificio stesso è previsto.

Il valore F_p non deve essere inferiore a:

$$F_p = 0.3(S_{ds})(I_p)(W_p) \quad Eq.2$$

e non deve essere superiore a:

$$F_p = 1.6(S_{ds})(I_p)(W_p) \quad Eq.3$$

La F_p di progetto derivante dall'Equazione 1 deve cadere tra i valori minimi e massimi delle Equazioni 2 e 3, oppure si possono usare i valori minimi e massimi di queste due equazioni per ottenere il valori di F_p di progetto. Il progetto deve tenere in considerazione a quale altezza del fabbricato si trova il sistema o l'impianto in questione. La tabella seguente mostra i diversi valori a seconda dell'altezza dell'apparecchiatura nell'edificio e le località dove gli edifici sono ubicati.

Tabella 1 - F_p in funzione del posizionamento in altezza dell'impianto e dell'ubicazione dell'edificio.

	New York City	Milano	San Francisco
Caldaia con montaggio rigido sul suolo	0.18 W_p	0.26 W_p	0.63 W_p
Caldaia con montaggio rigido in copertura	0.29 W_p	0.41 W_p	1.02 W_p
Pompa con isolamento antivibrante su suolo	0.29 W_p	0.43 W_p	1.05 W_p
Pompa con isolamento antivibrante su copertura	0.87 W_p	1.29 W_p	3.15 W_p

SPECIFICHE DI PROGETTO

Le specifiche di progetto sono uno degli strumenti essenziali che il progettista ha per assicurarsi che il fabbricato sia stato eseguito come pianificato. Esse richiedono e debbono includere un insieme completo di documenti costruttivi debitamente preparati, sia sotto forma di disegni che di descrizioni scritte; deve essere anche documentata la sottomissione e approvazione dei tutti i documenti costruttivi. L'ultima parte del processo di accertamento riguarda infine l'applicazione in situ delle specifiche e dei documenti summenzionati.

I sistemi antisismici debbono essere considerati dei veri sistemi di ingegneria e non una semplice scelta di materiale adatto da un catalogo di fornitori; al contrario nel progetto delle misure antisismiche si deve seguire puntualmente

l'intero percorso dei carichi che si trasmettono alla struttura dall'apparecchiatura. Ciò significa che si deve partire fin dai bulloni di ancoraggio della macchina alla sua struttura di contenimento per arrivare infine all'ancoraggio completo del sistema attraverso i suoi collegamenti intermedi.

Le misure antisismiche che eventualmente si adottano debbono rispondere a test approvati che comprovino la loro specifica capacità a contenere stress sismici. Negli Stati Uniti molti sistemi antisismici recano l'approvazione dell'Ufficio della Pianificazione e dello Sviluppo Nazionale della Salute (OSHDP). Questo ente è l'Ufficio di Ingegneria Strutturale dello Stato di California responsabile per tutti gli edifici adibiti ad ospedale.

TIPI DI COLLEGAMENTO ALLE STRUTTURE

Esistono diversi modi di collegare sistemi antisismici alla struttura di un edificio. Essi possono essere imbullonati al calcestruzzo con ancoraggi ad espansione per calcestruzzo che vengono definiti ancoraggi post-installati e sono del tipo a cuneo, a taglio o adesivo. Questi ancoraggi post-installati debbono essere provati secondo la "Linea Guida delle Approvazioni Tecniche Europee per Ancoraggi in Metallo da utilizzare su Calcestruzzo" ETAG-001, oppure secondo la norma dello American Concrete's Institutes ACI-355.2, in modo da assicurarsi della loro capacità a sostenere eventi sismici

I collegamenti alle parti in acciaio debbono essere fatti con bulloni che siano almeno di Classe 4.8 o ASMT A-307. Questi tipi di collegamento si possono anche saldare, ma le saldature debbono seguire le norme di saldatura locali ed essere eseguite a regola d'arte.

I sistemi antisismici possono essere anche collegati a strutture in legno tramite bulloni con steli in acciaio.

Ad ogni modo qualunque sistema di connessione adottato deve essere progettato per contenere adeguate forze di taglio e di trazione verticale.

PIASTRE DI POSIZIONAMENTO A PAVIMENTO (PLINTI)

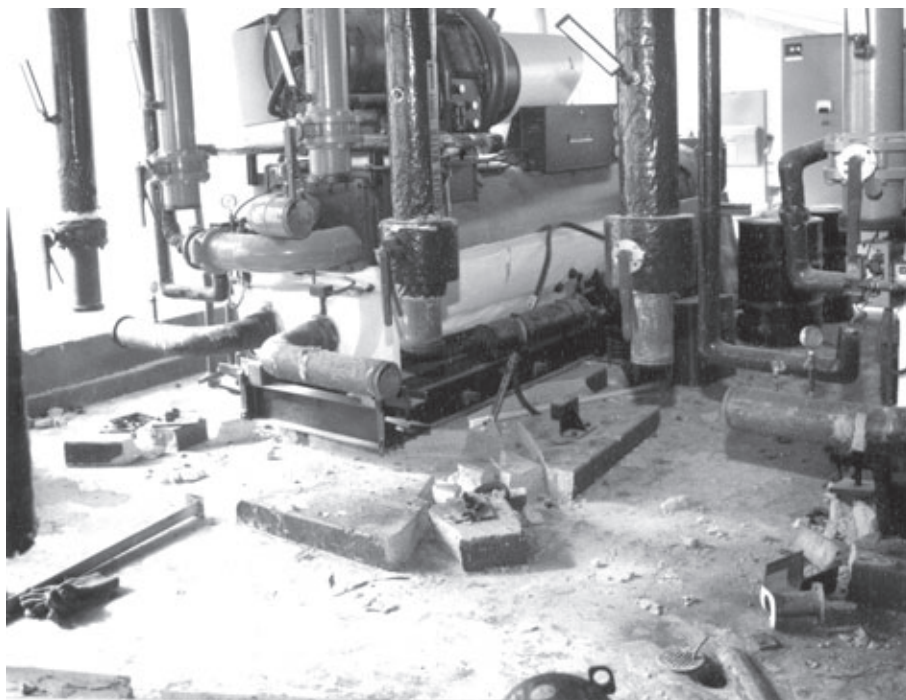
Le piastre di posizionamento sono la struttura attraverso la quale la macchina è ancorata al pavimento dell'edificio e sono di solito la parte maggiormente trascurata del tipo di montaggio con fissaggio a pavimento. Esse provvedono a trasferire il carico tra l'assieme della macchina e la struttura dell'edificio. In questo caso debbono essere previsti dei ferri di rinforzo nella soletta sulla quale le piastre di appoggio verranno ancorate sia direttamente che tramite bulloni di fissaggio.

La tabella seguente dà le specifiche di rinforzi e spine di fissaggio.

Tabella 2 - Rinforzi per ancoraggio a pavimento

Fp fino a 0.5 Wp				
Piastra d'appoggio m ²	Ferri di rinforzo 300 mm Centro ogni direzione	Misura spine periferiche 600 mm in centro	Misura spine interne 900 mm in centro	Peso massimo Combinato kg
Fino a 3.7	T8	M16	M16	3,630
3.8 a 9.3	T8	M16	M16	6,800
9.4 a 18.6	T12	M20	M16	11,340
18.7 a 37	T12	M24	M16	22,675

Una piastra di posizionamento non progettata ed installata correttamente può rompersi e di conseguenza, mancando un ancoraggio alla soletta della struttura, la macchina può muoversi liberamente. La fotografia che segue mostra un ancoraggio a pavimento non corretto.

*Figura 1 – Fissaggio a pavimento non corretto*

TUBAZIONI SOSPENSE

Tutti i tipi di tubazione richiedono provvedimenti antisismici. La duttilità stessa del sistema di tubazione aiuta a decidere quale provvedimento antisismico adottare. Tra i punti più vulnerabili nei sistemi di tubazioni vi sono gli attacchi alla macchina e alle valvole. Tubi in acciaio o rame con giunti saldati o brasati sono estremamente duttili e quindi si comportano bene negli eventi sismici; essi hanno $R_p=9,0$. I tubi in acciaio o

rame recanti giunti o collegamenti filettati o saldati, innesti a compressione o aggraffati non si comportano altrettanto bene; essi hanno $R_p=4,5$. Giunti in ghisa, plastica o vetro sono i peggiori con $R_p=3,0$.

I sistemi di tubazioni possono essere sospesi con supporti rigidi se il sistema non è isolato con antivibranti; al contrario per sistemi anti-vibrati si debbono usare supporti a cavo per assicurare che l'antivibrante non sia cortocircuitato. Le figure 2 e 3 mostrano questi tipi di sospensione. Particolare attenzione va posta quando le sospensioni vengono adottate per tubazioni di Vapore o Acqua Calda perché esse possono trasformarsi in sistemi di ancoraggio (sistemi fissi che non consentono movimento delle tubazioni NdT). La lunghezza di una sospensione rigida dipende dal carico, mentre quelle a cavo possono essere della lunghezza necessaria.

La sospensione rigida deve essere fatta solo su un lato della tubazione mentre la sospensione con cavi deve essere fatta su entrambi i lati della tubazione. Le sospensioni rigide possono essere effettuate con angolari o con profilato a canale.

Per le sospensioni a cavo è consigliabile usare cavi di qualità in acciaio zincato. Le sospensioni rigide imprimono una forza verticale che si aggiunge a quella gravitazionale del peso e cerca di tirare il braccio di attacco fuori della struttura. Ciò non può accadere per le sospensioni a cavo. Vedere le figure seguenti.

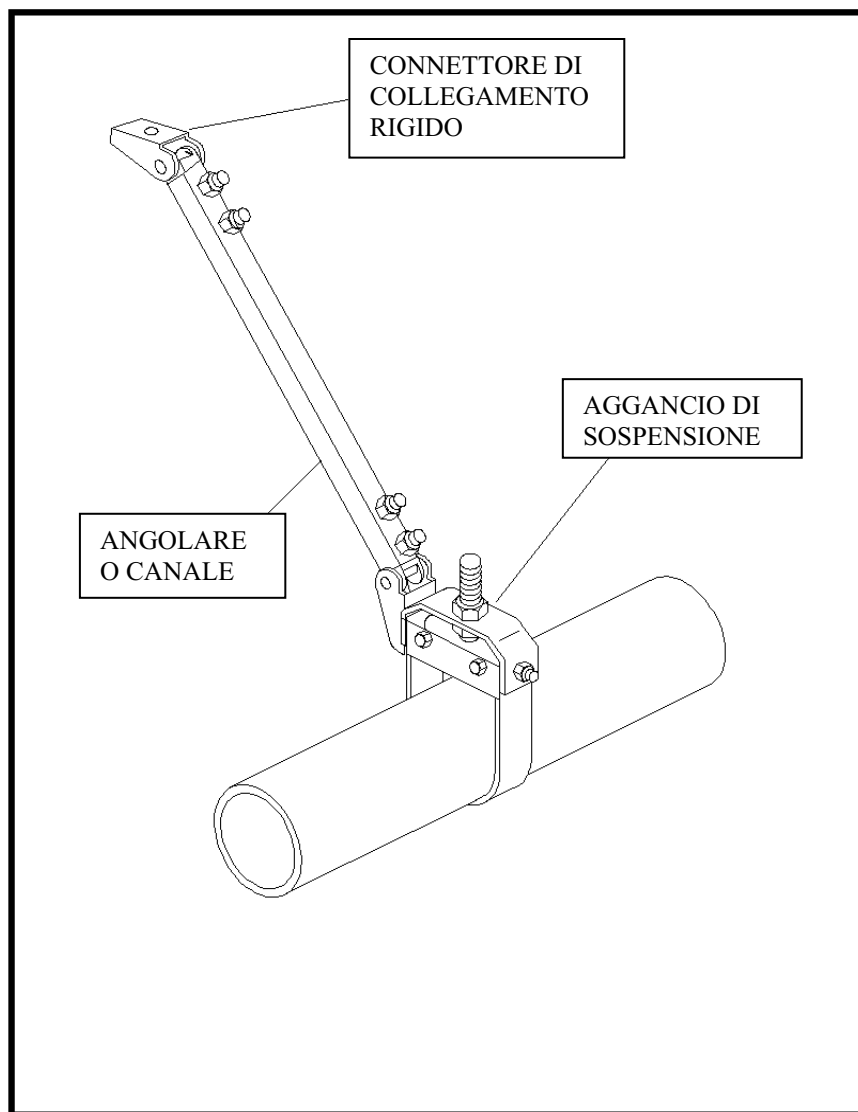


Figura 2 – Sospensione rigida

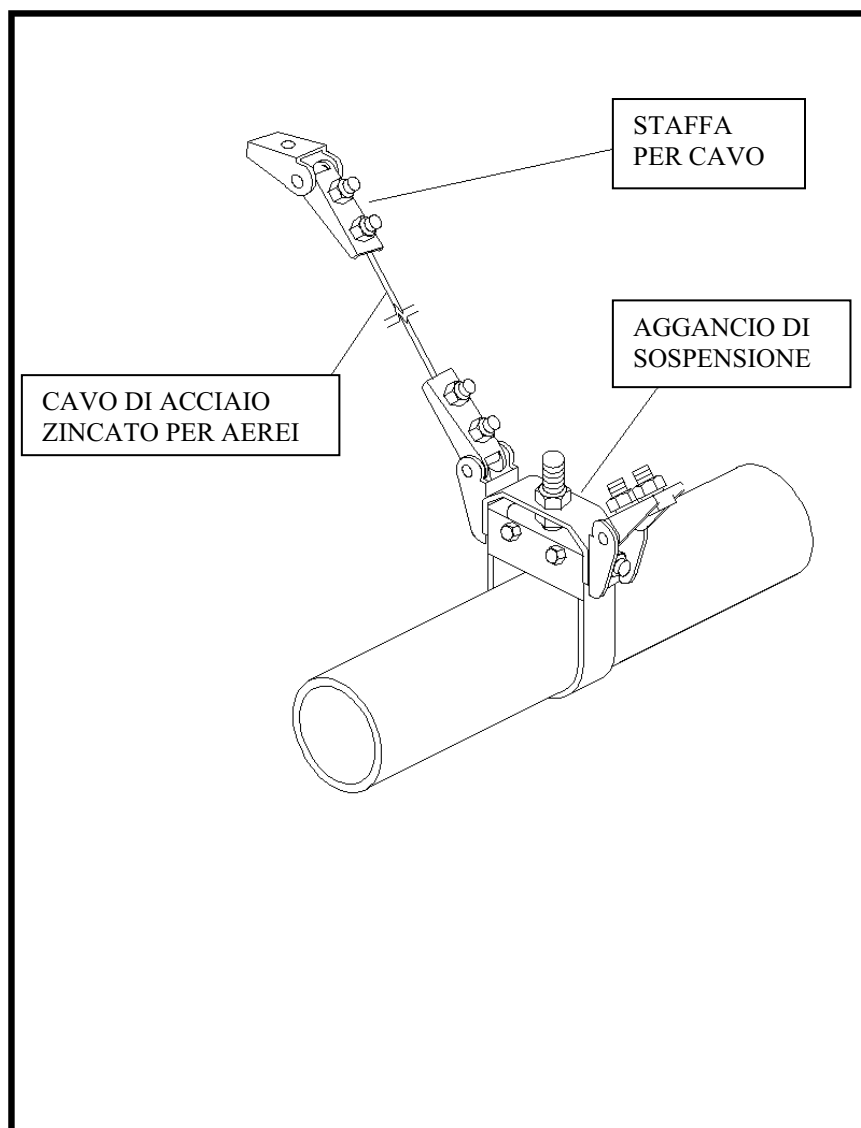


Figura 3 – Sospensione a cavo

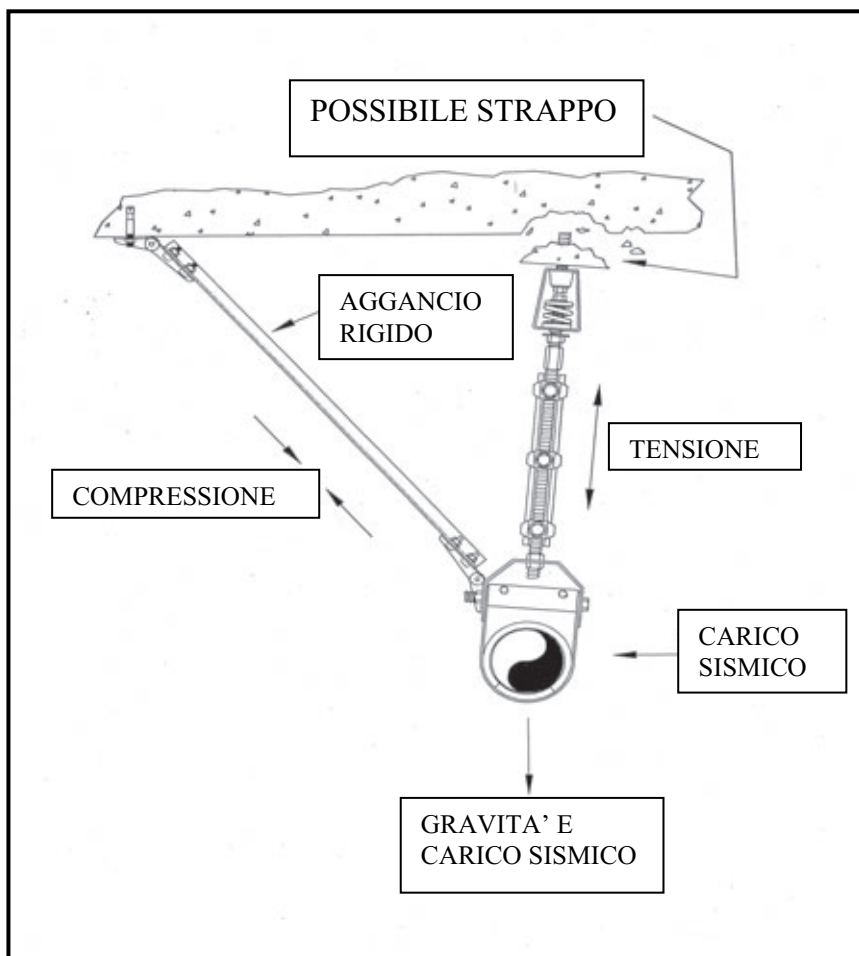


Figura 4 – Effetti su sospensione rigida verticale

SOSPENSIONE DEI CONDOTTI PER ARIA

Tutti i tipi di rete di condotti, siano essi rettangolari – cilindrici – ovali, naturalmente in funzione delle loro dimensioni, debbono essere sospesi, sia con sistemi rigidi sia tramite cavi. I condotti isolati contro le vibrazioni richiedono comunque la sospensione a cavo. La figura seguente illustra la situazione descritta.

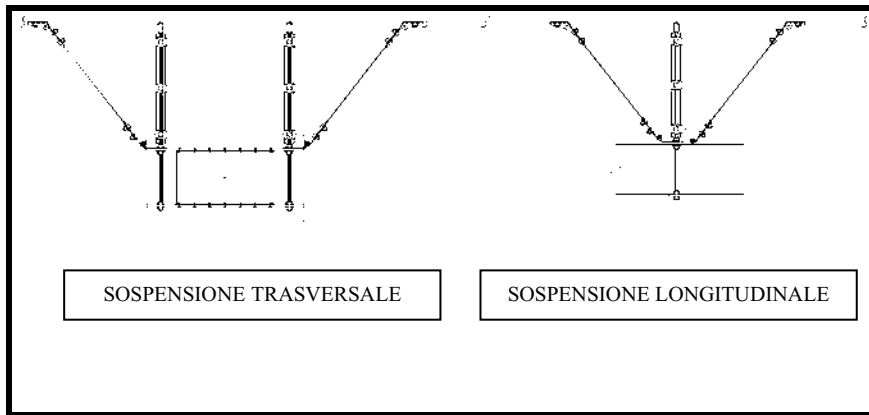


Figura 5 – Sospensione di condotti

SOSPENSIONE DI APPARECCHIATURE

Tutte le apparecchiature sospese richiedono agganci antisismici in relazione alle loro dimensioni; anche in questo caso rigide o con cavi. Le apparecchiature sospese con anti-vibranti richiedono agganci per cavi. Le due figure seguenti illustrano casi di sospensione di apparecchiature.

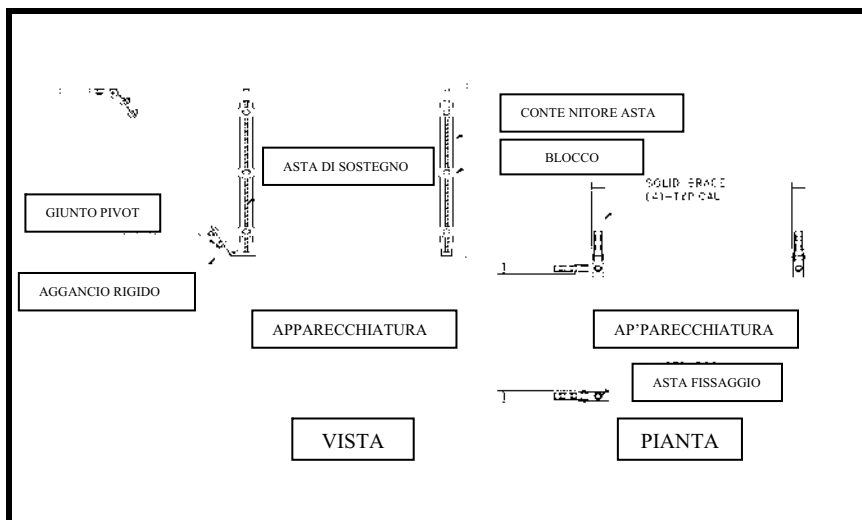


Figura 6 – Sospensione di apparecchiature

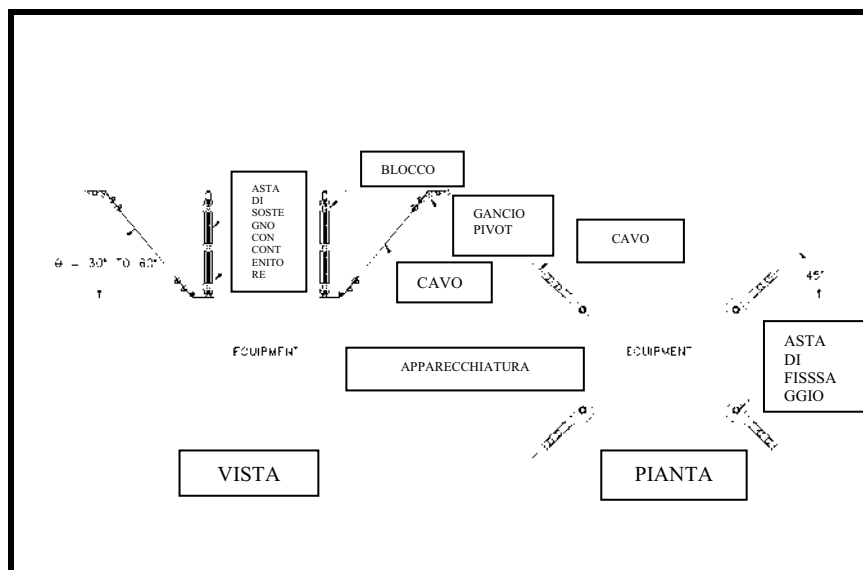


Figura 7 – Sospensione di apparecchiature



Figura 8 – Sospensione antisismica di ventilatore assiale

APPARECCHIATURE POSIZIONATE A PAVIMENTO

Le apparecchiature montate a pavimento debbono essere fermamente legate alla struttura. Esse possono essere montate con bulloni di posizionamento e appoggiate su una combinazione di sostegno antivibrante e antisismico. Un altro sistema può comprendere uno smorzatore antisismico ed un antivibrante libero. La figura e l'illustrazione seguenti rappresentano questo tipo di combinazione.



Figura 9 – Smorzatore sismico

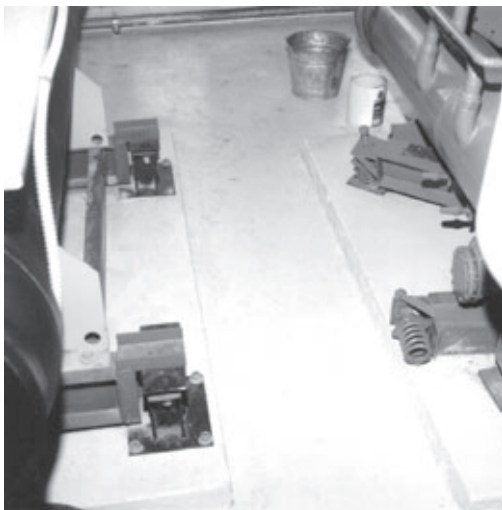


Figura 10 – Tipi di Smorzatori Sismici

BLOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Practical Guide to Seismic Restraint, ASHRAE, 1999

2007 ASHRAE Handbook, HVAC Applications, ASHRAE, 2007

ASCE 7-05, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2005

2006 International Building Code, International Code Council, 2006

National Design Specification for Wood Construction, American Forest & Paper Association, Inc., 2005

Gli effetti dell'azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale. Criticità collegate agli impianti e ruolo dei dispositivi di vincolo

STEFANO GRIMAZ^{1,2}

1 - Centro studi e ricerche in materia di Sicurezza e Protezione dai Rischi di Incidenti di origine Naturale e Tecnologica SPRINT –Università degli Studi di Udine

2 - Dipartimento di Georisorse e Territorio, Università degli Studi di Udine

RIASSUNTO

Le evidenze di danno sismico sugli elementi costruttivi non strutturali prodotti anche in occasione dei terremoti che hanno recentemente colpito il nostro Paese hanno indotto il Legislatore a dare sempre maggiore attenzione a tale problematica nell'ambito delle normative antisismiche.

In questa memoria, in particolare, si affronta il problema della risposta sismica degli impianti. Viene posto l'accento sull'influenza delle interazioni con altri componenti strutturali o non strutturali, sul ruolo dei dispositivi di vincolo e sulle problematiche derivanti da diverse scelte di lay-out distributivo. Vengono fornite indicazioni per l'eliminazione e/o controllo delle potenziali criticità evidenziando il fatto che l'effettivo raggiungimento di una adeguata risposta sismica dei componenti impiantistici non deriva del mero calcolo di dimensionamento dei dispositivi di vincolo ma deve, giocoforza, trovare origine in un approccio coordinato di progettazione integrata che mira ad eliminare, quanto più possibile, le criticità potenziali fin dalle prime scelte progettuali.

1. INTRODUZIONE

Già all'inizio del secolo scorso in Giappone si iniziò ad affrontare il problema degli effetti dell'azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale. All'epoca, al fine di contenere le azioni e le deformazioni che generano danneggiamento agli elementi non strutturali, si puntava a determinare un comportamento rigido delle costruzioni. Tale approccio risultò eccessivamente proibitivo sul piano economico e si cercò di affrontare il problema in modo più consoni in termini di costi/benefici. Attorno al 1950 in California iniziarono così i primi test di laboratorio per valutare l'entità delle deformazioni della struttura che sono in grado di produrre danno agli elementi non strutturali (Bouwkamp and Meekan, 1960).

Pur essendo il problema del danno agli elementi non strutturali noto da tempo, la prima ricognizione dettagliata e sistematica di tali danni fu effettuata solo a seguito del terremoto del 1964 in Alaska (Ayres et al. 1973). Un secondo dettagliato report sui danni non strutturali ai sistemi HVAC, ascensori, partizioni interne, vetrate e altri componenti non strutturali fu elaborato a seguito del terremoto di San Fernando nel 1976. Gli esiti di tali valutazioni iniziarono ad influire sulla redazione delle moderne norme antisismiche per tale tipo di componenti. Anche in Italia, con le ultime norme tecniche si è introdotto l'obbligo di una specifica progettazione antisismica degli elementi non strutturali.

Perché questa sempre più crescente attenzione nei confronti degli elementi non strutturali?

La risposta è relativamente semplice e può essere ricondotta a tre ragioni.

La prima è che danni alle persone, anche mortali, sono stati determinati in modo più o meno diretto anche dai danneggiamenti degli elementi non strutturali.

La seconda è meramente economica. Se si osserva che la gran parte di un edificio è costituito da elementi non strutturali, spesso più del 70% del costo e del valore esposto associato all'opera è costituito dalle componenti non strutturali (Reitherman, 2009). Di conseguenza anche in edifici progettati per non subire danni strutturali si possono registrare danni non strutturali che determinano elevate perdite economiche e funzionali, tali da spingere ad attuare, preventivamente, interventi di tutela dei valori esposti.

Una terza ragione, più meramente fisica, è che gli elementi non strutturali soggetti all'azione sismica hanno generalmente un comportamento più fragile di quello delle strutture in cui sono inseriti. Livelli di spostamento relativo che portano anche a piccolissime fessurazioni sugli elementi strutturali sono in grado di determinare danni anche gravi ed estesi agli elementi non strutturali (cadute di controsoffittature e lampade, compromissione di sistemi elettrici, HVAC o impianti antincendio).

Gli elementi non strutturali devono quindi, per definizione, essere considerati elementi ad elevata vulnerabilità sismica?

Ricordando che per vulnerabilità si intende la propensione al danneggiamento determinata da carenze della capacità di risposta all'azione sismica, la risposta è: dipende! Se anche gli elementi non strutturali sono esplicitamente progettati per avere una adeguata capacità di risposta all'azione sismica no, altrimenti, probabilmente sì.

La cosa dovrebbe suscitare la giusta attenzione soprattutto se si osserva che sempre più siamo circondati da tali elementi, soprattutto nelle realtà più moderne, e finora la maggior parte di tali sistemi e componenti sono stati installati in completa assenza di specifiche considerazioni sulla loro capacità di risposta in caso di terremoto.

A partire da queste osservazioni preliminari, nel seguito verranno elencati i potenziali effetti dell'azione sismica che si possono riscontrare sui sistemi non strutturali. In particolare, verrà focalizzata l'attenzione sulle principali criticità correlate agli impianti e su come essi devono essere adeguatamente ancorati o controventati al fine di resistere all'azione sismica e garantire la continuità del loro funzionamento anche dopo il sisma.

Vengono anche discussi i modi di ancoraggio e forniti riferimenti utili per la progettazione e il dimensionamento.

2. EFFETTI DELL'AZIONE SISMICA SUGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI

Le evidenze di danno sugli elementi non strutturali, riscontrate anche nei terremoti più recenti, consentono di definire un quadro delle principali criticità associate ai vari componenti (Tabelle I e II). Tali criticità, evidenziate nel 1995 dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti (DOE, 1995) e poi riprese nella FEMA 274 (FEMA, 1997), sono da tempo oggetto di attenzione e di specifiche contromisure nell'ambito di vari standard di progettazione antisismica, soprattutto nei paesi anglosassoni.

Tabella I - Danni registrati ai componenti non strutturali impiantistici

Attrezzature/Componenti	Danni potenziali
Caldaie	Scorrimenti Rottura di condutture gas / combustibile e gas di scarico Rottura/curvatura linee a vapore e di sfiato
Refrigeratori	Scorrimento, ribaltamento Perdite di refrigerante Perdita di funzione
Generatori di emergenza	Rottura degli isolatori di vibrazioni Rottura linee rotture di carburante, di segnale e di potenza Rotture linee di scarico Perdita di funzione
Pompe antincendio	Rottura ancoraggi Disallineamento tra la pompa e motore Rottura tubazioni
Riserve d'acqua	Rottura della vasca, della cisterna o del serbatoio Rottura delle tubazioni
Sistemi di comunicazione	Scorrimento, ribaltamento o rovesciamento Perdita della funzione
Trasformatori principali	Scorrimenti Perdite d'olio Rottura della boccola Perdita di funzione
Quadri elettrici principali	Scorrimenti e ribaltamenti Rottura condutture Danneggiamento bus elettrici
Ascensori (trazione)	Fuoriuscita dei contrappesi dalle guide Uscita delle funi dalle pulegge Dislocazione attrezzature
Altre attrezzature fisse	Scorrimento o rovesciamento, Danni alle apparecchiature adiacenti Perdita della funzione
Condotti	Collasso, separazione, perdite, fumi
Tubazioni	Rotture Perdite
Lampade e faretti e diffusori HVAC incassati	Distacco dai controsoffitti Interazione negativa tra controsoffitto ed elementi impiantistici

**Tabella II - Danni registrati ai componenti non strutturali
con possibile interazione con gli impianti**

Componente	Danni potenziali
Controsoffitti sospesi	Dislocazione delle piastre Danni sul perimetro Separazione e piegatura delle guide di sostegno Interazione negativa tra sistemi impiantistici e controsoffitto
Partizioni	Collasso (ad esempio, ribaltamento) Rotture/perdite impianti passanti/collegati alla partizione
Pavimenti sopraelevati	Separazione tra i moduli Collasso (possibile interazione con impianti sottostanti o ancorati al solaio)

Le evidenze dei danni sismici, anche in occasione del recente terremoto in Abruzzo, pongono in luce un altro elemento di fondamentale importanza per un corretto approccio al problema, e che, quindi, viene fin da subito evidenziato.

Consideriamo l'onnipresente "pacchetto non strutturale" ubicato all'intradosso dei solai della maggior parte degli edifici moderni non residenziali. Tale strato, generalmente, presenta un controsoffitto sospeso con lampade incassate e un soprastante diramarsi di condutture, impianti e apparecchiature associate (bocchette di ventilazione a soffitto, condotti elettrici, testine sprinkler e altre tubazioni).

Lo strato tecnologico si presenta dunque come un "pacchetto" chiamato a rispondere all'azione sismica nel suo insieme.



Figura 1 – Danni agli elementi non strutturali al Centro Operativo delle Poste Italiane a seguito del terremoto de L'Aquila 2009.

È noto che tale “pacchetto” è una delle principali fonti di danno sismico e soprattutto di fragilità negli edifici moderni, anche strutturalmente antisismici, ma è utile osservare che la maggior parte del danno deriva da interazioni tra i vari elementi. Questo evidenzia che, per fornire una buona capacità di risposta dei componenti non strutturali, e in particolare degli impianti, non si deve agire in modo indipendente su ciascun elemento ma si deve valutare il sistema nel suo insieme considerando anche le eventuali interazioni. E' necessario cioè procedere con una progettazione contestualizzata riferita ad un modello concettuale di tipo sistemico.

3. MODELLO CONCETTUALE PER LA PROGETTAZIONE ANTISISMICA

Sotto il profilo concettuale, progettare un impianto in zona sismica significa fornire allo stesso anche un'adeguata capacità di risposta in caso di terremoto in rapporto sia al contesto in cui è installato sia alla sua funzione, in modo che non si verifichino conseguenze indesiderate quali crolli, pericolosità indotte (perdite di gas, incendi) o mancati funzionamenti.

La Figura 2 riporta il modello concettuale al quale si può fare riferimento per impostare un approccio progettuale di tipo sistemico.

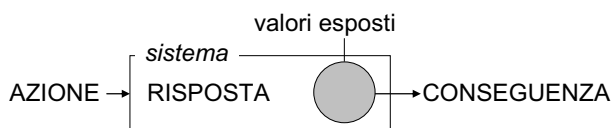


Figura 2 - Schema concettuale di riferimento nella progettazione. L'impianto si configura come componente del sistema chiamato a rispondere all'azione indotta dal terremoto.

Questo schema evidenzia come gli elementi fondamentali del progetto sono:

- 1) la preliminare definizione dei valori esposti da tutelare
- 2) la definizione dell'azione legata allo scuotimento prodotto dal terremoto
- 3) la valutazione dell'adeguatezza della risposta del sistema all'azione in rapporto al contesto e allo scenario operativo/prestazionale richiesto nell'immediato post sisma e in relazione ai valori esposti che si intendono tutelare (vita e incolumità delle persone, funzionalità dei sistemi e mantenimento delle attività, valori economici ecc.). L'idoneità va anche rapportata alla possibilità che la risposta induca la produzione di nuove azioni ancor più severe, ad esempio rilasci di gas con successivo pericolo di incendio (Grimaz, 2007a) o rilascio di fluidi e sostanze pericolose che inducono azioni tossiche o in ogni caso avverse.

I valori esposti

Per valore esposto si può intendere:

- la vita umana e l'incolumità delle persone
- la funzione svolta dall'impianto/sistema

La progettazione deve mirare a garantire una risposta del sistema capace di tutelare i valori esposti. Bisogna, cioè, evitare conseguenze quali morti e feriti, il mancato funzionamento degli impianti o l'interruzione di funzioni quali la praticabilità delle vie di esodo o la funzionalità dei sistemi di sicurezza e protezione.

In quest'ottica risulta utile raggruppare gli impianti nelle seguenti tre categorie:

- *impianti e sistemi ordinari* (impianti che non hanno funzione strategica): il danno di tali componenti è legato al solo danno fisico mentre il mancato funzionamento può essere tollerato; in ogni caso deve essere considerato con attenzione il problema del danno indiretto, quale il crollo in aree affollate o l'ostruzione delle vie di esodo;
- *impianti e sistemi essenziali* (impianti e sistemi che svolgono una funzione strategica che deve essere mantenuta anche dopo il sisma): il danno principale è rappresentato dal mancato funzionamento del sistema
- *impianti e sistemi pericolosi* (impianti e sistemi i cui danni possono produrre situazioni di pericolosità per le persone e i beni): il danno può essere legato alle conseguenze indirette prodotte dal rilascio delle sostanze pericolose (incendio, allagamenti, esalazioni, ecc.).

L'azione

L'azione è determinata dall'accelerazione e dagli spostamenti relativi ai quali l'impianto o il componente è sottoposto durante lo scuotimento tellurico. È tuttavia utile tenere separati gli effetti dovuti all'accelerazione da quelli prodotti dallo spostamento relativo. Lo spostamento di interpiano solitamente è il parametro maggiormente collegato al danno di molti elementi non strutturali. Le modalità costruttive delle partizioni in cartongesso (estremamente leggere e quindi con piccola inerzia) si danneggiano in ragione delle deformazioni e degli spostamenti che avvengono in corrispondenza del loro accoppiamento con la struttura. Apparecchiature e contenuti sono invece primariamente correlati all'effetto dell'accelerazione. L'accelerazione cresce ai piani alti della struttura; la risposta del sistema va pertanto riferita all'accelerazione del piano in cui è installato l'impianto e non a quella del terreno.

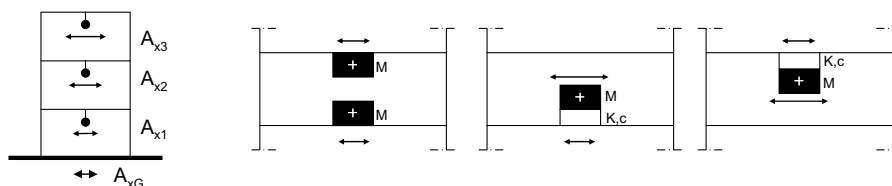


Figura 3 – L'azione, in termini di forze inerziali agenti sul componente, dipende dalle accelerazioni che si sviluppano nelle varie parti dell'edificio, dalle masse degli elementi e dal tipo di accoppiamento con la struttura. L'insieme di tali parametri può produrre effetti di amplificazione dinamica anche significativa sia in termini di accelerazione (e quindi di sforzi) sia di spostamenti (e quindi di oscillazioni e scorrimenti) qualora ci sia sincronizzazione tra periodo proprio di oscillazione dell'elemento strutturale e dell'elemento non strutturale ad esso accoppiato.

Lo spostamento relativo e le interazioni

La valutazione della risposta sismica di un elemento non strutturale non può essere fatta con solo riferimento al concetto di resistenza alle forze inerziali del singolo componente o elemento impiantistico ma deve necessariamente tener conto anche delle eventuali

interazioni con gli altri elementi strutturali e non strutturali. In tal caso gli spostamenti relativi e la possibilità e tipologia di interazione tra di essi sono i fattori che governano il problema e che quindi devono essere controllati.

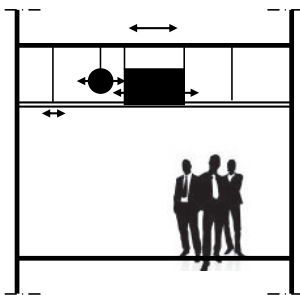


Figura 4 – Il sisma produce una risposta contemporanea dei vari componenti strutturali e non strutturali. Il danno è determinato dalla resistenza dei sistemi di ancoraggio ma anche e soprattutto da fenomeni di interazione negativa tra i vari componenti che, se considerati singolarmente, sarebbero in grado di sopportare le forze inerziali dei collegamenti.

La figura 5 evidenzia le problematiche collegate allo strato non strutturale sopra introdotto. Per evitare il danneggiamento, in sede di progetto è necessario valutare e controllare anche gli effetti derivanti dall'interazione tra i vari componenti.



Figura 5 – Effetti dell'interazione tra componenti impiantistici ed altri componenti costruttivi non strutturali. Vista del soffitto (foto a destra). Elementi di controsoffittatura, di partizioni in mattoni forati e lampade crollati (foto a sinistra). Centro operativo delle Poste Italiane L'Aquila. Terremoto de L'Aquila 2009.

La Figura 6 evidenzia come il danno si concentri principalmente nei punti di interazione tra elementi non strutturali, impiantistici e strutturali. Tale interazione negativa può essere controllata ed eliminata con l'adozione di specifici dispositivi di vincolo che ne impediscano movimenti relativi.



Figura 6 – Effetti dell'interazione tra componenti strutturali, impiantistici ed altri componenti costruttivi non strutturali dovuti a moti relativi. Centro operativo delle Poste Italiane L'Aquila. Terremoto de L'Aquila 2009.

4. PRESCRIZIONI NORMATIVE

La normativa italiana (Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica – NTC2008) fornisce il seguente metodo per valutare il carico sismico da applicare al baricentro dell'elemento. La forza orizzontale statica equivalente è pari a:

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

dove:

F_a è la forza sismica orizzontale da applicare nella direzione più sfavorevole

W_a è il peso dell'elemento

γ_a è il fattore di importanza dell'edificio

q_a è il fattore di struttura dell'elemento, da considerare pari ad 1 per elementi aggettanti a mensola (quali ad esempio camini e parapetti collegati alla struttura solamente alla base) e pari a 2 negli altri casi (ad esempio per pannelli di tamponamento e controsoffitti)

S_a è il coefficiente sismico funzione dell'altezza del piano e della sua frequenza propria:

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

dove:

$a_g S$ è l'accelerazione di progetto sul terreno

Z è l'altezza del baricentro dell'elemento rispetto alla fondazione

H è l'altezza della struttura

g è l'accelerazione di gravità

T_a è il primo periodo di vibrazione dell'elemento non strutturale nella direzione considerata, valutato anche in modo approssimato

T_l è il primo periodo di vibrazione della struttura nella direzione considerata

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

La definizione del carico sismico sui componenti parte dall'ipotesi che essi stessi siano di peso limitato, tale che sia trascurabile la contro-reazione operata sulla struttura portante dalle forze di inerzia sviluppate sulle appendici. Quando sono di peso rilevante, i componenti devono essere incorporati nel modello dinamico dell'intero edificio che li contiene.

Tabella III - Fattori di importanza γ_a .

Categoria	Edifici	γ_a
I	Edifici la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (ad esempio ospedali, municipi, caserme dei vigili del fuoco)	1.4
II	Edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (ad esempio scuole, teatri)	1.2
III	Edifici ordinari, non compresi nelle categorie precedenti	1.0

Per quanto riguarda in particolare gli impianti, le NTC2008 specificano che l'effetto dell'azione sismica potrà essere valutata considerando una forza (F_a) applicata al baricentro di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto, calcolata utilizzando le equazioni sopra riportate.

La progettazione degli elementi strutturali che sostengono e collegano tra loro e alla struttura principale i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto dovrà seguire le stesse regole adottate per gli elementi strutturali degli edifici. Gli eventuali componenti fragili dovranno essere progettati per avere una resistenza allo snervamento doppia rispetto a quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella risultante da un'analisi eseguita con coefficiente di struttura pari ad 1. Gli impianti dovranno essere vincolati all'edificio, non contando sul solo effetto dell'attrito. Dovranno esser soggetti a verifica sia i dispositivi di vincolo che gli elementi strutturali o non strutturali cui gli impianti sono fissati.

Gli impianti potranno essere collegati all'edificio con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili (con periodo di vibrazione $T \geq 0,1$ s) i collegamenti di servizio dell'impianto dovranno essere flessibili e non dovranno far parte del meccanismo di vincolo.

Le NTC2008 forniscono indicazioni progettuali anche per gli impianti di adduzione del gas. I tubi per la fornitura del gas, nel passaggio dal terreno all'edificio, dovranno essere progettati per sopportare, senza rotture, i massimi spostamenti relativi edificio-terreno dovuti all'azione sismica. Gli impianti a gas dimensionati per un consumo superiore ai $50 \text{ m}^3/\text{h}$ dovranno essere dotati di valvole per l'interruzione automatica della distribuzione in caso di terremoto.

Per quanto riguarda gli impianti elettrici, le norme NTC2008 si limitano a porre l'attenzione sui corpi illuminanti prescrivendo che questi siano dotati di dispositivi di sostegno tali da impedirne il distacco in caso di terremoto; in particolare, se montati su controsoffitti sospesi, dovranno essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali o trasversali del controsoffitto e non direttamente ad esso.

Non viene, dunque, fatto esplicito riferimento ad una progettazione antisismica degli impianti in modo integrato con gli altri elementi non strutturali.

Siccome l'obiettivo del legislatore è, comunque, quello di salvaguardare la vita umana e mantenere la funzionalità degli edifici strategici, le valutazioni sulla risposta d'insieme sono, di fatto, lasciate alla professionalità del progettista.

5. CRITERI DI PROGETTAZIONE ANTISISMICA

Obiettivo della progettazione antisismica degli impianti è quello di ottenere una capacità di risposta dei vari sistemi e componenti congruente con i prefissati requisiti di tutela dei valori esposti. Tale obiettivo viene raggiunto con opportune scelte progettuali e di dimensionamento.

Un utile criterio di progettazione è quello che mira alla eliminazione/riduzione alla fonte della presenza/introduzione di criticità che richiederebbero una specifica, e a volte non semplice, valutazione della risposta.

Tali criticità possono essere distinte in tre categorie:

- criticità legate al tipo di lay-out distributivo
- criticità legate al tipo di installazione dei componenti
- criticità legate alle interazioni negative con altri elementi strutturali e non strutturali (urti, martellamenti, punzonamenti, distorsioni, instabilizzazioni, dislocazioni).

La figura 7 evidenzia come soluzioni progettuali diverse introducono o consentono di eliminare alcune criticità sin all'origine. Gli schemi 2, 3 e 4, ad esempio, sono da preferire allo schema 1 in quanto questo introduce una più diffusa presenza di punti di criticità e quindi una maggiore vulnerabilità sismica e, in genere, un maggiore costo di progettazione antisismica.

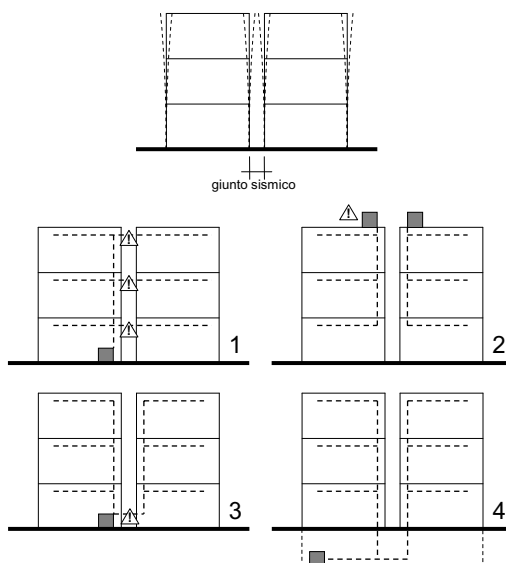


Figura 7 – Criticità introdotte dalle scelte progettuali del lay-out. Il giunto sismico rappresenta un punto di criticità per gli attraversamenti degli impianti. Il posizionamento di apparecchiature pesanti nei piani alti rappresenta un'ulteriore elemento di criticità. E' preferibile ricercare soluzioni che riducano il numero di attraversamenti o che spostino i punti di attraversamento e l'ubicazione delle apparecchiature pesanti a quote il più basse possibili.

La figura 8 riassume invece le criticità locali associate ai potenziali effetti determinati dal tipo di risposta del sistema alle azioni dinamiche prodotte dal sisma e alla capacità degli ancoraggi di resistere agli sforzi indotti e di controllare le deformazioni.

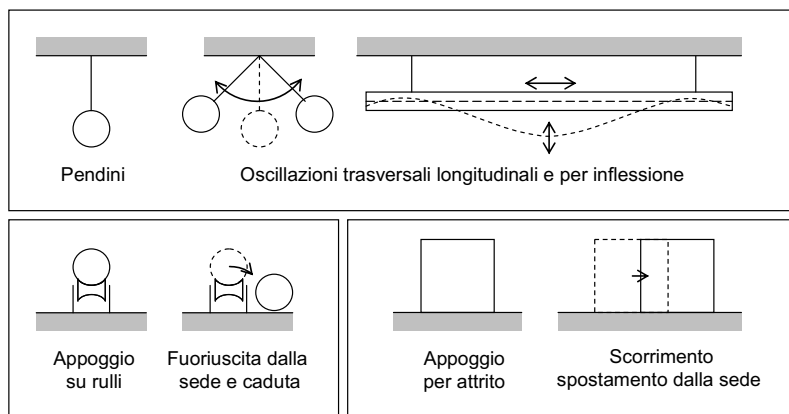


Figura 8 - Potenziali criticità associate alle modalità di installazione dei componenti. Tali criticità devono essere gestite con un adeguato dimensionamento dei sistemi di ancoraggio.

La figura 9 mostra, invece, gli effetti dell'interazione negativa dovuta al martellamento tra componenti impiantistici ed altri elementi.



Figura 9 - Potenziali criticità associate all'interazione con altri elementi. Schiacciamento delle condutture impiantistiche per effetto di martellamento dell'involucro di un silos contro la parete perimetrale. Terremoto de L'Aquila 2009.

Ridotti al minimo i punti di criticità con idonee scelte progettuali, la progettazione antisismica deve essere focalizzata a ridurre le vulnerabilità associate ai dispositivi di vincolo.

Nota l'azione sismica di riferimento che agisce sul sistema da progettare, è necessario determinare le azioni agenti sui sistemi di ancoraggio e sugli elementi di controventamento. Il posizionamento ed il dimensionamento deve quindi essere fatto controllando che gli elementi di stabilizzazione e ancoraggio non raggiungano i limiti di rottura sotto l'azione sismica e che gli spostamenti e le deformazioni consentiti siano compatibili con gli stati tensionali, con le esigenze di tenuta (flange, giunti) e siano in grado di evitare interferenze distruttive con altri elementi.

È in particolare necessario porre particolare attenzione ai seguenti elementi del sistema:

- a) giunzioni (manicotti)
- b) separazioni (giunti sismici e termici)
- c) giochi (spazi liberi di oscillazione o movimento)
- d) rinforzi di ondeggiamento (controventature).

Anche gli altri componenti del sistema, quali apparecchiature e macchinari, devono essere considerati nella progettazione.

In tutti i casi per i vari componenti è importante valutare:

- a) gli ancoraggi
- b) le connessioni
- c) le interferenze

Giunzioni (manicotti)

I manicotti costituiscono un potenziale punto di vulnerabilità del sistema in quanto possono danneggiarsi a causa di movimenti differenziali tra le parti giuntate. Tenuto conto che molte strutture in c.a. o acciaio hanno un comportamento sismico del tipo shear type, uno dei criteri di progettazione generalmente adottati è quello di prevedere giunti rigidi nelle tubazioni orizzontali in modo che le tratte a ridosso del soffitto o a pavimento si spostino solidalmente con gli orizzontamenti cui sono ancorate. L'adozione di manicotti flessibili è, invece, prevista in tutti i punti di possibile cerniera e in particolare alle estremità delle singole tratte verticali d'interpiano e in corrispondenza di giunzioni tra parti che possono essere soggette a moti relativi (giunti di separazione). Per evitare danni alle giunzioni in prossimità dei manicotti, soprattutto se flessibili, è necessario prevedere un sostegno laterale di controvento.

Giunti di separazione

Le norme sismiche richiedono l'introduzione di giunti sismici strutturali in corrispondenza dei quali la costruzione è separata in modo tale che le due parti si muovano indipendentemente una dall'altra. Vi sono anche giunti di separazione finalizzati a consentire le dilatazioni termiche. Anche questo tipo di giunto permette che la costruzione si muova, ma generalmente non fornisce una possibilità di movimento tanto grande quanto quella della separazione sismica. Nonostante ciò, anche i giunti di dilatazione devono essere considerati come giunti di separazione.

In corrispondenza dei giunti di separazione è necessario montare manicotti flessibili su qualsiasi tipo di tubazione che li attraversa. Qualora la configurazione adottata per gli impianti sia del tipo a maglia o a rastrelliera, il numero di passaggi attraverso i giunti di separazione potrebbe essere significativamente elevato. Se in zona non sismica il sistema a maglia è solitamente considerato come quello più conveniente, in zona sismica, tenuto conto della necessità di inserire i dispositivi sui giunti sismici, distribuzioni radiali centro-alimentate o ad albero risultano più convenienti perchè consentono di ridurre il numero di attraversamenti dei giunti di separazione, limitandoli alle sole condutture principali di alimentazione.

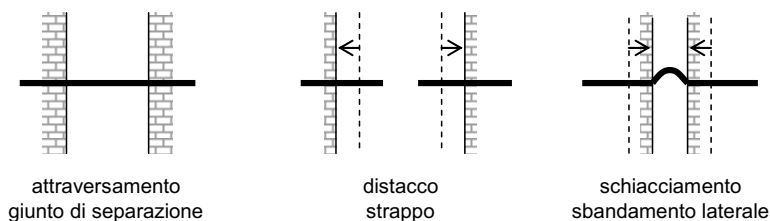


Figura 10 - Potenziali criticità per condotti e tubazioni in corrispondenza dell'attraversamento di giunti di separazione.

Gioco (spazio libero per il movimento)

Un ulteriore elemento della progettazione sismica è il dimensionamento degli spazi liberi di movimento (giochi). Tali spazi devono consentire alle condutture che penetrano e attraversano completamente pavimenti/soffitti in muratura e/o calcestruzzo di muoversi di moto relativo rispetto all'elemento attraversato senza danneggiarsi. Si tratta di fornire uno specifico spazio anulare nominale intorno al tubo che penetra nei paramenti murari. È ad esempio richiesto uno spazio anulare di 1 pollice per tubi di 1-3 pollici, uno spazio da 2 pollici intorno a tubi di 4 pollici o più grandi. Perforare un muro con un foro di 10 pollici di diametro per consentire il gioco di un tubo da 6 pollici può essere difficoltoso: è possibile ovviare a tale problema se si ricorre a manicotti flessibili in prossimità di entrambe le facce del paramento attraversato. Non è invece necessario prevedere giochi laddove si attraversino muri in cartongesso senza funzione di separazione antincendio. Anche con riferimento a questo elemento di progettazione è quindi preferibile studiare un sistema di distribuzione che minimizzi il numero di attraversamenti adottando sistemi ad albero.

Dispositivi di vincolo a sospensione

I sostegni e le staffature delle tubazioni hanno lo scopo di fissarle alla struttura dell'edificio in modo che qualsiasi movimento sia solidale con quello della struttura. Il loro posizionamento e dimensionamento deve essere finalizzato in particolare ad evitare flessioni e oscillazioni eccessive in caso di terremoto. Un modo efficace per limitare il danneggiamento degli impianti è garantirne una adeguata rigidità e prevedere saldi punti di ancoraggio alla struttura. Per ridurre i danni sismici alle condotte è necessario combinare in modo adeguato i seguenti tre elementi:

- a) il collegamento delle condotte alla staffa, per trasmettere a quest'ultima le forze d'inerzia indotte dal sisma sulla tubazione;
- b) la tipologia degli elementi di sostegno, che devono essere in grado di sopportare le forze e trasmetterle alla struttura;
- c) l'ancoraggio della staffa alla struttura, che costituisce solitamente l'elemento più critico e vulnerabile dell'intero sistema di staffaggio.

Ci sono quattro tipi di sostegni:

1. verticale
2. laterale
3. longitudinale
4. a 4 vie.

I sostegni verticali, oltre a sostenere il peso della tubazione, devono impedire l'oscillazione della condotta nel piano verticale e sono quindi chiamati a lavorare sia a trazione che a compressione. Nel caso in cui per il collegamento sia utilizzato un cavo d'acciaio, su questo deve essere montato un apposito elemento di irrigidimento che gli conferisca la richiesta resistenza a compressione.

I sostegni laterali hanno la funzione di controvento rispetto alle oscillazioni laterali. I dispositivi longitudinali evitano lo scorrimento relativo longitudinale, i sistemi a quattro vie impediscono, in un piano, gli spostamenti relativi in ogni direzione.

Tabella IV - Elementi dei rinforzi contro l'ondeggiamento

Collegamento delle tubazioni alla staffa	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	
Elementi di sostegno	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	
Ancoraggio alla struttura	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	

In particolare, per gli impianti sprinkler, le norme NFPA 13 prescrivono che i sostegni laterali siano posti ad un interasse non superiore ai 3.7 m (12 ft). Deve inoltre essere installato un sostegno entro 1,8 m (6 ft) da ogni terminazione della condotta. Nell'ultimo tratto di una condotta, all'estremità di una condotta di alimentazione o in corrispondenza di una T o di una croce deve essere installato un sostegno laterale.

In sostanza, per limitare le oscillazioni libere, le staffe devono essere pensate come dei rompi tratta. Punti di vincolo verticale e laterale devono essere previsti in prossimità di ogni estremità delle conduttura e in corrispondenza di cambi di direzione o di diramazioni. Per evitare movimenti relativi di tipo longitudinale e garantire il moto solidale con l'elemento su cui la tubazione è ancorata, è necessario installare un sostegno longitudinale in corrispondenza della metà della distanza tra i sostegni. Per le tubazioni verticali è invece necessario installare un dispositivo a 4 vie al fine di limitare qualsiasi movimento relativo del tubo rispetto al componente strutturale cui è ancorato.

La disposizione dei rinforzi deve essere fatta tenendo in considerazione sia gli aspetti di dimensionamento legati al carico sismico di progetto, sia della effettiva possibilità per l'installatore di avere a disposizione lo spazio necessario per installare il sostegno. Per esempio, nelle zone del soffitto con una concentrazione di canalizzazioni sopra le

condutture, sarà molto difficile ricorrere a semplici staffature; molto probabilmente sarà necessario ricorrere a sistemi di ancoraggio con elementi strutturali progettati ad hoc.

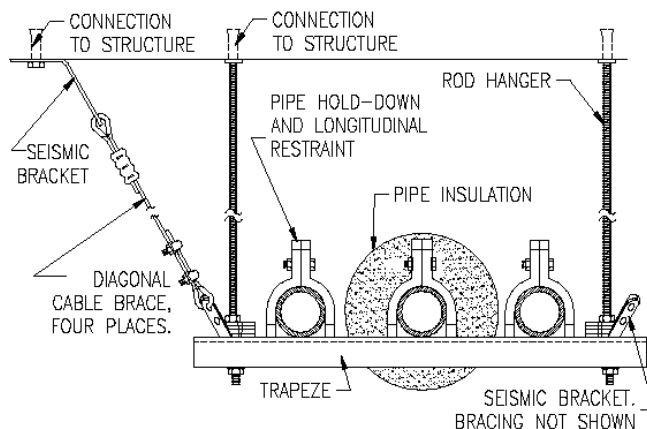


Figura 11 - Trapezio di rinforzo con controventatura laterale flessibile (fonte ATC51-2).

In questo senso una progettazione integrata dei vari tipi di impianto può consentire la ricerca di soluzioni migliori, non solo sotto il profilo della protezione sismica, ma anche da un punto di vista di contenimento dei costi.

Ancoraggi

Con riferimento agli ancoraggi va evidenziata l'importanza, non soltanto del dimensionamento delle parti meccaniche di fissaggio - come piedi di appoggio, staffe di ancoraggio, tiranti e bulloni - ma anche la verifica del perfetto collegamento dei bulloni di fondazione alla struttura principale e l'effettiva possibilità di trasferimento del carico sismico senza che si determini il collasso del basamento. L'ancoraggio ideale consisterà nell'inserimento dei bulloni nel getto del solaio.

Nel caso più frequente di costruzione di un basamento in calcestruzzo al di sopra di un solaio, finalizzato anche alla migliore distribuzione del carico, si dovrà procedere al collegamento solidale fra la nuova soletta e il solaio utilizzando ferri piegati di ripresa già predisposti in occasione del getto del solaio o inseriti successivamente con ancoraggio chimico o utilizzando tasselli ad espansione collegati all'armatura della soletta. Anche gli ancoraggi ad altre parti della struttura devono consentire il trasferimento delle forze sismiche. Benché da un punto di vista sismico gli ancoraggi più efficaci siano quelli inglobati nel getto strutturale, le minime tolleranze di montaggio e l'impossibilità di riposizionamento portano, sul piano pratico, a preferire gli ancoraggi posti in opera a struttura ultimata. Tra questi, quelli maggiormente usati sono gli ancoraggi adesivi a base di resine epossidiche e gli inserti post-inseriti.

La progettazione sismica degli ancoraggi, in definitiva, deve accertare che si attui un percorso completo di trasmissione delle forze sismiche dal componente alla struttura che lo sostiene attraverso opportuni ancoraggi e controventi.

Nel caso di carichi vibranti, isolati dalla struttura per evitare la trasmissione di vibrazioni, gli ammortizzatori delle vibrazioni, solitamente costituiti da molle, spessori di neoprene o altri materiali non trasmettenti, devono essere dimensionati in modo tale da resistere alle forze orizzontali oppure essere montati in modo combinato con dispositivi di arresto laterale (snubber).

La figura 12 mostra gli effetti di carenze di ancoraggio di apparecchiature impiantistiche il cui danneggiamento può portare a mancato funzionamento o rilascio di sostanze pericolose negli ambienti interni (fumi di combustione).



Figura 12 – Perdita d'acqua dalle tubazioni sopra la caldaia (foto a sinistra). Scorrimento della caldaia sul basamento e distacco della condotta dei fumi dalla caldaia (foto a destra). Centro operativo delle Poste Italiane L'Aquila. Terremoto de L'Aquila 2009.

Connessioni

Nella progettazione delle connessioni devono essere considerate le deformazioni causate dal movimento relativo tra componenti tra loro connessi.

Nel caso in cui i componenti colleghino diversi livelli, si deve tener conto delle deformazioni generate dagli spostamenti differenziali.

Le selle di supporto, i telai o le piattaforme di appoggio devono essere dimensionati in modo tale che gli spostamenti relativi non rechino danno ai componenti e non danneggino le connessioni di cavi elettrici, di adduzione dei fluidi o di evacuazione degli esausti.

Interferenze

I controventi e gli ancoraggi non devono interferire con gli altri fenomeni caratteristici prevedibili che coinvolgono la struttura impiantistica né con i requisiti di funzionamento del componente interessato, quali le dilatazioni termiche, l'escursione delle pressioni in

gioco, l'isolamento elettrico, il collegamento equipotenziale o l'accesso alla manutenzione o alla sostituzione dei componenti.

Riferimenti progettuali specifici dei dispositivi di vincolo possono essere trovati nel manuale SMACNA (1991), nelle norme FEMA 412, 413 e 414, nelle norme NFPA 13 e nelle Raccomandazioni ATC-51-2 (2003) e del Ministero della Salute (2002) e nell'ASHRAE Handbook (2007). Specifiche valutazioni sulla risposta e progettazione sismica degli impianti a gas e sugli impianti antincendio sono trattati in Grimaz, 2007b.

Al fine di fornire un quadro di riferimenti utili per la progettazione dei dispositivi di vincolo, si riportano nel seguito alcune indicazioni di carattere generale tratte da guide tecniche prodotte dalle maggiori industrie operanti nel settore (Mason Industries, Fisher, ecc.), applicabili a tubature, condotti per cavi elettrici e condotti dell'aria.

6. CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO

L'interasse massimo per controventi di sistemi distribuiti, quali tubature e condotti, dipende da molteplici fattori, quali la possibilità del tubo o del condotto per cavi elettrici o dell'aria di correre diritto tra i controventi e la capacità dei controventi di resistere alle forze applicate.

Ciascuna tratta rettilinea deve essere, come minimo, controventata in direzione trasversale (perpendicolare alla direzione del tubo o del condotto) a ciascuna estremità. Devono essere inoltre aggiunti ulteriori controventi in modo da rispettare i valori massimi di spaziatura indicati in tabella V.

Tabella V - Distanza tra le controventature (da Fisher, 2006)

Diametro nominale	Distanza massima fra le controventature		
	trasversali		longitudinali
	per tubazioni in acciaio (m)	per tubazioni in rame (m)	qualsiasi materiale (m)
DN 20	-	4.3	12
DN 25	8.5	4.3	
DN 32	9.0	4.5	
DN 40	9.3	4.7	
DN 50	10.8	5.4	
DN 65	12.0	6.0	
DN 80	12.9	6.5	
DN 100	14.7	7.4	
DN 125	15.3		
DN 150	16.8		
DN 200	20.4		
DN 300	22.0		

I controventi sismici sono costituiti da elementi rigidi che possono assorbire carichi in trazione e in compressione oppure da cavi in grado di assorbire carichi solo in trazione. Entrambi i metodi di controventamento richiedono una barra verticale di ancoraggio posizionata entro 10 cm dall'attacco dei controventi al componente meccanico o elettrico. La barra verticale può, talvolta, richiedere un irrigidimento o un ancoraggio addizionale alla struttura.

Tabella VI - Criteri di dimensionamento dispositivi di vincolo (da Mason Industries)

Criteri generali di dimensionamento dei dispositivi di vincolo	
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: - 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; - 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.
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 dritta 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 dritta di tubo deve essere controventata longitudinalmente in un punto soltanto.

Le note sopra riportate sono solo quelle più importanti che riguardano la controventatura di tubature o condotti. I costruttori offrono molte altre prescrizioni e predimensionamenti applicabili al controventamento di tubature e condotti.

Va osservato, però, che, nella maggior parte dei casi, i predimensionamenti sono calcolati con riferimento a norme tecniche estere e quindi riferiti ad accelerazioni al suolo diverse da quelle previste dalla normativa nazionale. Si consiglia quindi di utilizzare le forze inerziali previste dalle NTC2008 e di procedere con il dimensionamento attraverso l'impiego diretto dei metodi della scienza e tecnica delle costruzioni. I criteri sopra forniti costituiscono, ad ogni modo, un utile riferimento.

CONCLUSIONI

I danni sismici agli elementi non strutturali e agli impianti hanno evidenziato le principali criticità di tali sistemi in caso di terremoto. Le osservazioni dimostrano che l'interazione tra i vari componenti assume un ruolo centrale nel danneggiamento. Questo pone in luce come la progettazione antisismica di tali sistemi debba essere incentrata su una corretta disposizione e un adeguato dimensionamento degli ancoraggi e delle controventature. Tuttavia, è importante sottolineare che la sola progettazione del singolo componente, in modo disaccoppiato dal contesto in cui viene inserito, potrebbe non consentire di tener conto delle criticità derivanti dall'interazione e quindi vanificare l'effettivo raggiungimento dell'obiettivo di mantenimento della funzionalità ed agibilità dei locali.

Un approccio progettuale efficace dovrebbe, inoltre, mirare ad individuare e a rimuovere o limitare, sin dall'inizio, i punti di criticità, attraverso la definizione di un opportuno lay out distributivo.

In ultima analisi, per evitare i danni e garantire il mantenimento della funzionalità, il sistema non strutturale, composto dagli impianti e dagli altri elementi non strutturali e strutturali interagenti, deve essere progettato nel suo insieme.

Questo richiede una sinergia tra progettisti di impianti, architetti e ingegneri strutturalisti volta non solo a definire quale parte dello spazio tridimensionale ognuno deve occupare ma anche, e soprattutto, a ricercare una sintesi di progettazione coordinata per fornire una adeguata risposta sismica dell'intero sistema. In tale risposta i dispositivi di vincolo giocano un ruolo fondamentale.

BIBLIOGRAFIA

- ATC 51-2, 2003 – “Raccomandazioni congiunte Stati Uniti-Italia per il controventamento e l'ancoraggio dei componenti non strutturali negli ospedali italiani”. Applied Technology Council California
- Ayres, J. Marx, Sun, T.Y., and Brown, F.R., 1973- “Nonstructural damage to buildings”, The Great Alaska Earthquake of 1964: Engineering, National Academy of Science, Washington, DC.
- Bouwkamp, Jack G. and Meehan, John F., 1960 - “Drift limitation imposed by glass”, Proceeding of the Second World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo and Kyoto, Japan.

- DOE, 1995 - "Seismic safety manual. A practical guide for facility managers and earthquake engineers". Department of Energy, Washington, D.C.
- FEMA, 1997 - "FEMA 274 - NEHRP commentary on the guidelines for the seismic rehabilitation of buildings." Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- FEMA, 2002 - "FEMA 412 - Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment". Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- FEMA, 2004 - "FEMA 413 - Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment". Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- FEMA, 2004 - "FEMA 414 - Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe". Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- Fisher, 2006 - "Sistemi e soluzioni per costruire in zona sismica". Cod. 70249, Ed. 03/2006
- Grimaz S., Fascina G., 2007a - "Vulnerabilità sismica degli impianti antincendio negli edifici - parte I". Antincendio n. 10/07, EPC, Roma 2007, pp. 72-84
- Grimaz S., Fascina G., 2007b - "Vulnerabilità sismica degli impianti antincendio negli edifici - parte II". Antincendio n. 11/07, EPC, Roma 2007, pp. 74-88
- Ministero della Salute, 2002. Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica e della funzionalità degli ospedali
- NFPA, 2010 - "NFPA 13 - Standard for the Installation of Sprinkler Systems". National Fire Protection Association
- Reitherman R., 2009 - "Nonstructural Earthquake Damage", CUREE, Richmond, CA.
- SMACNA, 1991 - "Seismic restraint manual. Guidelines for mechanical systems", Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association , Virginia

Esperienze di protezione antisismica per gli impianti dopo il terremoto del 6 aprile 2009 in Abruzzo

LUIGI SPADARO

Direzione Operativa Opere Impiantistiche, Progetto C.A.S.E., Protezione Civile L'Aquila.

1. INTRODUZIONE

In seguito agli eventi sismici avvenuti il 6 aprile 2009 in Abruzzo, in seno alla protezione civile, è stata formata la direzione operativa opere impiantistiche progetto C.A.S.E. (Costruzioni, Antisismiche, Sostenibili ed Ecocompatibili).

Il Progetto C.A.S.E. ha previsto l'urbanizzazione di 19 aree su cui si sono realizzati 185 edifici isolati sismicamente ed hanno contemplato lo sviluppo di diversi tipi abitativi, in funzione della composizione dei nuclei familiari, poi sviluppata in 109 diversi tipi di appartamenti dagli aggiudicatari della gare per le abitazioni.

I progetti selezionati per la realizzazione degli edifici sono stati in totale 16; di questi: 8 progetti prevedono la realizzazione di edifici con struttura portante in legno, 6 progetti prevedono una soluzione con struttura portante in calcestruzzo, prefabbricato o in opera, e 2 progetti prevedono la realizzazione di e con struttura in acciaio.

La modalità di gestione del progetto è fortemente innovativa rispetto agli schemi normalmente adottati, non solo in Italia.

È stato infatti costituito il consorzio, denominato ForCASE a cui fa capo il progetto operante senza fine di lucro (no-profit), partecipato dalla fondazione Eucentre (ente no-profit, centro di competenza del dipartimento delle protezione civile, creato da quattro enti pubblici e riconosciuto come public company in ambito Europeo).

2. LE SCELTE URBANISTICHE

Per quanto attiene le scelte di carattere urbanistico, bisogna anzitutto evidenziare come l'impostazione di fondo sia stata quella di collocare i nuovi insediamenti in vicinanza delle varie frazioni del Comune di L'Aquila che maggiormente hanno subito danni a causa del sisma, allo scopo di ricollocare, per quanto possibile, la popolazione nella propria zona di residenza, visto il forte legame esistente con il territorio.

Tabella I - Elenco delle aree urbanizzate dal progetto C.A.S.E.

Piastre	Area	Alloggi/Abitanti
11	S. Antonio, area 1	260/1110
03	Collebrincioni, area 2	72/321
20	Cese di Preturo area 3	503/2003
11	Pagliare di Sassa area 4	264/1146
04	Paganica sud area 5-11	98/395
09	Tempera area 7	210/908
21	Bazzano area 8	520/2125
07	S. Elia 1 area 9	170/723
04	S. Elia 2 area 10	96/428
18	Sassa NSI area 14	400/1736
05	Camarda area 16	120/535
04	Arischia area 20	90/398
06	Roio Poggio area 21	144/645
06	Roio 2 area 22	150/588
04	Assergi 2 area 23	96/386
25	Paganica 2 area 24	590/2556
04	Gignano area 25	96/428
05	Coppito 2 area 26	120/537
18	Coppito e area 27	450/1801
185	TOTALI	4449/18769

Una volta definita l'area di insediamento, si sono verificate le condizioni al contorno per quanto attiene la presenza di opere infrastrutturali e di urbanizzazione esistenti, alle quali connettersi.

In diversi casi si é riscontrata la necessità di integrare tali opere (fognature, serbatoi idrici ed acquedotti, linee elettriche e cabine ENEL, chilometri di linea gas MP di avvicinamento ed installazione di GR, strutture viarie, etc.) già in precedenza insufficienti e non in grado quindi di sostenere ulteriori pesi insediativi.

Il carattere definitivo delle trasformazioni indotte nel territorio dalla realizzazione delle nuove case, ha portato alla formazione di progetti urbanistici che hanno cercato di ottemperare, secondo una visione integrata, alle istanze locali, ambientali e paesaggistiche ed alle esigenze tecniche e funzionali connesse alla tecnologia costruttiva.



Figura 1 – S. Elia 1 area nr. 9.



Figura 2 – Cese di Preturo area nr. 3.



Figura 3 – Foto corte interna nell'area di Cese.



Figura 4 – Foto abitazioni "Cosbau" a Cese di Preturo.

La protezione del nucleo abitativo da eventi sismici è garantita attraverso un sistema di isolamento posizionato alla base di ciascuna unità.

Il sistema di isolamento è costituito da 40 dispositivi, tali da conferire al sistema flessibilità e dissipazione energetica in caso di azione sismica, nonché al supporto verticale della piastra in corrispondenza delle colonne.



Figura 5 – Isolatore sismico.

Il collegamento tra sovrastruttura e sistema di isolamento è realizzato per mezzo di una piastra di spessore 50 cm.

Il principio di base è quello di progettare la struttura in modo tale che, in caso di evento sismico anche rilevante, essa possa muoversi orizzontalmente rispetto alle colonne di fondazione (movimento previsto ≤ 26 cm), senza subire deformazioni, e conseguente danneggiamento dei nuclei abitativi.

Il prototipo isolato è costituito da tre elementi fondamentali:

1. la sottostruttura di fondazione, rigidamente vincolata al suolo;
2. i dispositivi di isolamento;
3. la sovrastruttura, definita piastra antisismica.

Il concetto guida della progettazione è quello di fare in modo che il complesso abitativo diventi un elemento pressoché indipendente rispetto al moto del terreno, idealmente, infatti, tanto più l'edificio è "scollegato" dal suolo, tanto più quest'ultimo non risentirà di eventuali azioni di natura sismica.

Il criterio dell'isolamento, benché concettualmente semplice, necessita di particolari accorgimenti in sede di progettazione, a causa della significativa concentrazione delle deformazioni nei dispositivi di isolamento ed in generale di tutti gli elementi (giunti ed impianti) presenti al livello del cosiddetto "piano isolato".

ESEMPIO DI UNITÀ ABITATIVA



Figura 6 – Schema tipo.

I dispositivi di isolamento, nonché i collegamenti infrastrutturali (acquedotto, enel, rete di scarico B/N, gas, telecom, ecc.), devono essere in grado di assorbire senza danneggiamento l'evento sismico di progetto.

A scopo cautelativo, per evitare fenomeni di collasso o esplosioni, nei componenti dei dispositivi di isolamento e le connessioni tra impianti pericolosi, come ad esempio le condutture del gas, si è previsto che abbiano una “riserva” di capacità rispetto al limite definito dall'azione sismica (valvole di chiusura antisismiche).

3. I CASI DI STUDIO PER GLI IMPIANTI

Alla variabilità di sistemi costruttivi e materiali utilizzati corrisponde l'adozione di una serie di soluzioni impiantistiche comuni che assicurano la minimizzazione dei consumi energetici e di acqua potabile.

L'impianto di riscaldamento di tutti gli edifici prevede uno schema composto da un unico modulo termico a condensazione, da un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria (che copra almeno il 50% del fabbisogno) e da una sottocentrale di accumulo e miscelazione; la contabilizzazione dei consumi è affidata a satelliti di utenza separati per ogni unità immobiliare.

L'impianto s.d. non supera mai i 50°C per ottimizzare il rendimento energetico del complesso edificio impianto.

La distribuzione interna avviene generalmente attraverso impianti radianti a pavimento, ma sono previsti anche pannelli radianti a soffitto, ventilconvettori e radiatori in acciaio.

In tutte le unità immobiliari è previsto l'installazione di lavatrici e lavastoviglie con doppia alimentazione, acqua calda e fredda, per poter utilizzare gli elettrodomestici di ultima generazione a risparmio energetico; tutti i bagni sono dotati di sciacquoni a doppio tasto per il dosaggio dei flussi di scarico e tutti gli erogatori di acqua sono dotati di dispositivi di aerazione per la riduzione dei consumi di acqua potabile.

Altro elemento comune a tutti gli edifici è la previsione di un impianto solare fotovoltaico a cui è destinata una superficie pari a quella utilizzata dai pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria.

E' oggetto di fornitura separata l'installazione, sulle coperture di tutti gli edifici delle 19 aree, ed eventualmente sulle pensiline di copertura degli stalli di sosta, di pannelli solari fotovoltaici per una potenza di picco complessiva di ca. 4,5 MW.

4. GIUNTI ANTISISMICI PER GLI IMPIANTI

Gli impianti meccanici ed elettrici progettati ed installati nelle case antisismiche devono assicurare il regolare funzionamento di tutti i servizi (riscaldamento, acqua calda e fredda, energia elettrica, gas metano ecc.) anche in caso di rilevante evento sismico.

I giunti antisismici per gli impianti riguardano essenzialmente due categorie:

1. le urbanizzazioni principali;
2. l'impianto termico centralizzato.

Nella prima categoria, per ogni piastra, sono previsti giunti flessibili per l'adduzione idrica (ACQUEDOTTO), per l'alimentazione elettrica (ENEL), per l'allaccio alla rete gas metano (ENEL GAS) e per i collegamenti degli scarichi di acque bianche e nere ai recapiti lasciati dalle imprese che realizzano le opere di urbanizzazione primaria (RETE SCARICHI B/N).

Nella seconda categoria i giunti riguardano il circuito primario del riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria, di andata e ritorno, dal modulo termico a condensazione ubicato al piano terra sino alla sottocentrale realizzata nell'autorimessa (CIRCUITO TERMICO PRIMARIO), il circuito solare, sempre di andata e ritorno, che collega i pannelli solari installati in copertura o in alcuni casi nei parapetti dei balconi, alla serpentina del boiler solare situato in sottocentrale (CIRCUITO SOLARE) ed i circuiti secondari che dalla sottocentrale si collegano alle montanti e quindi agli appartamenti del fabbricato costruito sulla piastra antisismica (CIRCUITI SOTTOCENTRALE).

5. ACQUEDOTTO

L'impianto idrico realizzato in tutte le aree oggetto di insediamento con il progetto C.A.S.E. è costituito essenzialmente da un anello principale in PEAD PN16 (PE100, EN 12201-2 SDR11) dal quale si dipartono tante linee quanti sono i fabbricati costruiti in quella determinata area, aventi diametro esterno 90 sempre in PEAD PN16, per l'alimentazione delle singole piastre.



Figura 7 – Impianto acquedotto previsto nell'area di S. Antonio.

L'impianto idrico così realizzato assicura una pressione costante all'ingresso della sottocentrale a servizio di ogni fabbricato.

A monte ed a valle di ogni diramazione sono previste due saracinesche per l'intercettazione dei singoli tratti dell'anello; questo permette di eseguire lavori di manutenzione, nuovi allacci o riparazione di eventuali guasti nella rete principale garantendo sempre l'acqua in ogni fabbricato.



Figura 8 – Pozzetto acquedotto, Pianta.

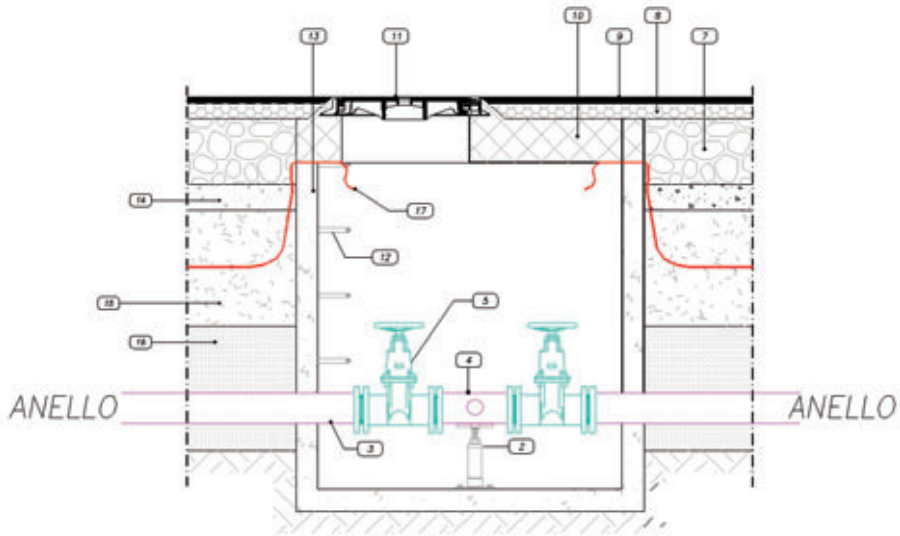


Figura 9 – Pozzetto acquedotto, Sezione.



Figura 10 – Pozzetto acquedotto, foto.

La rete che alimenta la singola piastra, entra normalmente sul lato del muro di sostegno e dopo il gruppo di contabilizzazione “condominiale”, composto da valvola a sfera diametro 3”, contatore, riduttore di pressione, valvola di ritegno e valvola di intercettazione, viene staffato a muro in direzione della sottocentrale idrica.

Nel passaggio tra il muro e la piastra antisismica, per assicurare l’adduzione idrica anche in caso di sisma, è stato previsto un giunto costituito da tubazione flessibile in acciaio inox adatto per alimenti, avente misura adeguata all’eventuale spostamento max di 26 cm, considerato anche il raggio di curvatura relativo al diametro del tubo e

soprattutto la forma ad omega - Ω - od a - U - che assicura il movimento in tutte le direzioni sul piano orizzontale.

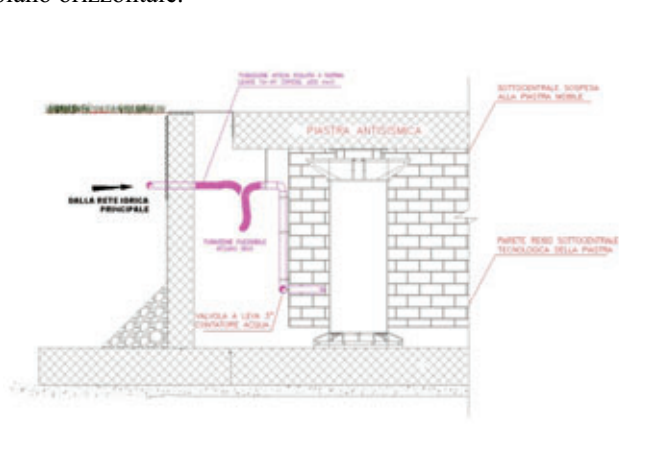


Figura 11 – Giunto sismico in acciaio inox per il collegamento all'acquedotto.

In alcuni casi è stato utilizzato un giunto antisismico costituito da tubazione in gomma EPDM atossica conforme al D.M. 21/03/73, adatto ad alta pressione idoneo per alimenti, costituito da rinforzi tessili sintetici e spirale in acciaio incorporata, copertura in gomma sintetica resistente all'abrasione ed agli agenti atmosferici, temperature di esercizio -40°C/120°C.



Figura 12 – Giunto sismico per il collegamento dell'acquedotto.

Particolare attenzione è stata posta al pericolo di gelo per tutta la tubazione installata nell'autorimessa fino alle montanti, considerando che a L'Aquila la temperatura scende normalmente a -15/-20 °C.

È stato previsto pertanto isolamento termico a norma di legge 10/91 e succ. modifiche con finitura in lamierino d'alluminio e sistema antigelo da realizzare cura della impresa.

I sistemi antigelo previsti sono i seguenti:

- *cavo scaldante autoregolante;*
- *dispositivo con elemento termostatico;*
- *sistema di ricircolo acqua fredda.*



Figura 13 – Isolamento termico acquedotto.



Figura 14 – Dispositivo con elemento termostatico.

6. ENEL ELETTRICITA'

L'urbanizzazione di ogni area come detto, prevede l'installazione di cabine enel per la trasformazione della media tensione in bassa tensione utilizzabile nelle applicazioni residenziali.

Una rete interrata di cavidotti corrugati e pozzetti prefabbricati, realizzata secondo le prescrizioni di progetto e nel rispetto della normativa vigente, porta l'enel in prossimità di ogni fabbricato dove vengono previsti uno, due o tre ingressi a seconda del progetto esecutivo che ogni singola impresa ha redatto dopo l'aggiudicazione della gara d'appalto.

Ogni ingresso enel ha il seguente percorso: dal vano contatori previsto al piano terra della piastra con un foro predisposto in fase di getto si arriva nell'autorimessa dove viene posato il tubo corrugato da 90 mm CEI EN 50086-2-4/A1 con staffaggio a soffitto sino a bordo piastra.

Internamente al s.d. cavidotto HDPE a doppia parete l'ENEL realizza la connessione con cavo in alluminio da 50 mm² quadripolare.

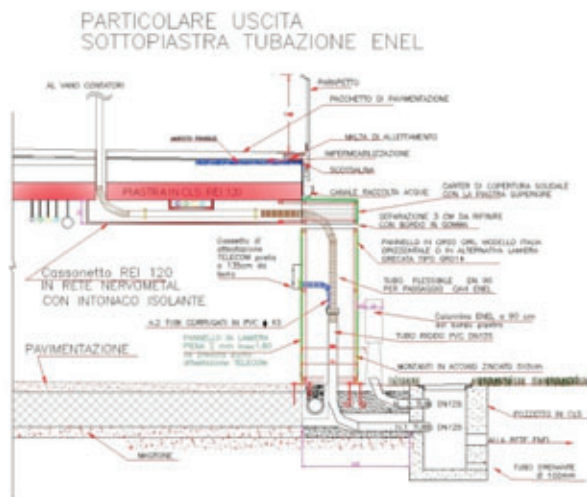


Figura 15 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.

La suddetta tubazione è compartimentata REI 120 nel rispetto della normativa antincendio per l'esercizio delle autorimesse e simili, sentito anche il comando dei vigili del fuoco del comune di L'Aquila.

Il collegamento dalla piastra sismica al terreno è realizzato infilando il corrugato dentro una tubazione in PVC da 125 predisposta con basamento in cemento per l'ancoraggio di una protezione dei cavi in orso grill.

Il corrugato staffato a soffitto non è allineato al tubo verticale del terreno così da favorire l'eventuale movimento in caso di sisma senza causare rotture del tubo.

All'interno delle tubazioni (corrugato e PVC) i cavi in alluminio dell'ENEL hanno una lunghezza superiore a quella che normalmente servirebbe, questo per consentire il

mc così
caso di rilevanti eventi sismici.

la mancanza di energia elettrica anche in



Figura 16 – Cavidotto Enel.



Figura 17 – Cavidotto Enel e contenitore.

Il giunto antisismico così realizzato ha bisogno di una protezione sia per la sicurezza degli utenti sia anche per preservare i cavi da eventuali manomissioni o danni anche accidentali.

La protezione di cui sopra è stata progettata e realizzata con una struttura costituita da tubolari quadrati 5x5 cm e pannelli orso grill modello “Talia”.

Per garantire sempre il movimento della piastra preservando gli impianti elettrici a servizio delle case, si è pensato di scomporre la struttura s.d. in due parti, una solidale alla piastra antisismica ed una poggiata direttamente sul basamento predisposto nel terreno in prossimità del pozzetto enel, provvista di porta d’ispezione per eventuali manutenzioni; le due parti come di evince dalle figure distano pochi centimetri permettendo così qualsiasi movimento.

NB: lo stesso percorso ENEL a soffitto dell’autorimessa non può essere realizzato in direzione del muro di sostegno in quanto nel collegamento tra la piastra ed il muro si doveva utilizzare un corrugato flessibile REI 120 difficilmente reperibile in commercio (per ingenti quantità ca. 5.000 mt. si poteva reperire direttamente dalla Francia in tempi comunque inadeguati all’emergenza Abruzzo).



Figura 18 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.



Figura 19 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.



Figura 20 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.



Figura 21 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.



Figura 22 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.



Figura 23 – Protezione in orso grill del collegamento ENEL.



Figura 24 – Giunto sismico per il collegamento ENEL.

7. ENEL GAS

Anche per la gassificazione delle aree in oggetto sono stati realizzati nuovi impianti costituiti da reti di avvicinamento per la media pressione, installazione per ogni area di GR gruppi di riduzione della pressione (da 3,5 Bar a 220-240 mm) e rete interna in PEAD PE100 a norma UNI EN 1555-2 per la distribuzione del gas metano a bassa pressione nelle centrali termiche e nelle abitazioni ove previsto il piano cottura a gas.

Per motivi di sicurezza la tubazione del gas metano è realizzata a pavimento della piastra antisismica (piano terra delle case) così da evitare interferenze con i cavi elettrici passanti in autorimessa.

Il giunto antisismico progettato in collaborazione con l'engelgas della provincia di L'Aquila è simile per certi aspetti a quello realizzato per l'acquedotto, pensato in un primo momento contenuto in un pozzetto interrato a ridosso del muro di sostegno sopra il quale scorre la lastra ad "L" in acciaio collegata alla piastra superiore.

Esigenze di carattere tecnico e soprattutto il rispettare i tempi ristretti per la realizzazione delle opere connesse agli impianti (cedimenti del terreno, costi, tempi di attesa per sbancamento e riempimento, passaggio di mezzi, ecc.) hanno cambiato la soluzione iniziale.

Si è pertanto progettato un pozzetto da ubicare direttamente sulla piastra avente dimensioni 100x100x25 cm, all'interno del quale si è posata la tubazione flessibile in acciaio DE 63 incamiciato con tubo corrugato secondo normativa in materia.

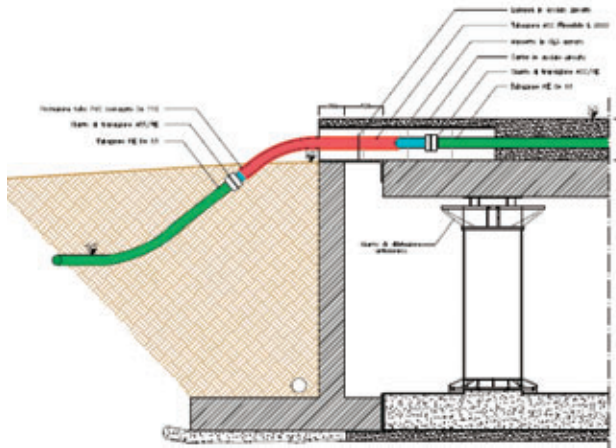


Figura 25 – Sezione giunto sismico per il collegamento ENEL GAS.

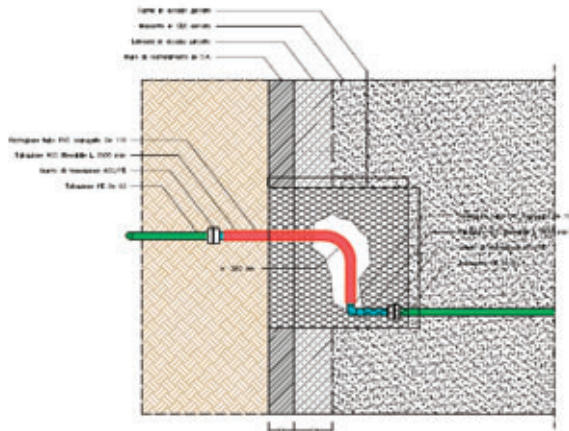


Figura 26 – Pianta giunto sismico per il collegamento ENEL GAS.

Il giunto flessibile in acciaio inox è saldato con pezzo speciale detto “di transizione”, e forma una “S” che assicura i movimenti richiesti.

Particolare cura è stata posta nell'attraversamento del flessibile tra il pozzetto a bordo piastra ed il terreno per evitare, in caso di spostamento della s.d. piastra verso il terreno, il taglio della tubazione in acciaio e quindi la fuga di gas.

Infine a monte di tutta la rete di B.P. a servizio dell'area, è installata una valvola di intercettazione n.a. a riarmo manuale (valvola antisismica) che nel caso in cui il giunto così realizzato non fosse sufficientemente adeguato al sisma, chiuderebbe immediatamente l'erogazione del gas metano a partire dal gruppo di riduzione.

Nel caso di piastre senza alcun muro di contenimento, la tubazione del gas scende verso il terreno per collegarsi alla rete interrata ed ha un sistema di protezione del tutto simile a quello utilizzato per i cavi di alimentazione elettrica (orso grill).

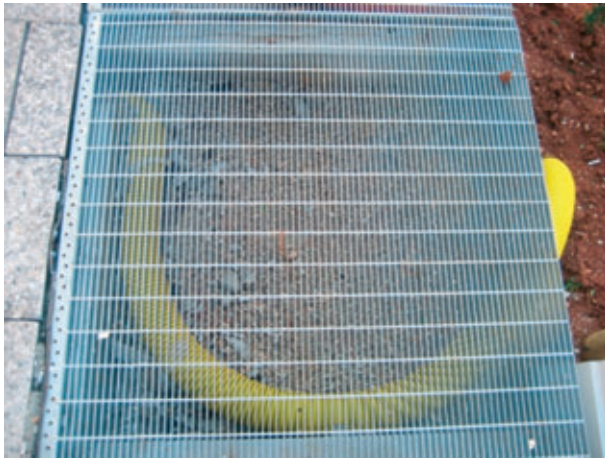


Figura 27 – Giunto sismico per il collegamento ENEL GAS.



Figura 28 – Giunto sismico per il collegamento ENEL GAS.

8. RETI DI SCARICO ACQUE BIANCHE E NERE

L'urbanizzazione di ogni area prevede la realizzazione di due reti di fognatura, una per le acque nere e una per le acque bianche.

Tale scelta è stata operata, in accordo con l'ente gestore (Gran Sasso Acque S.p.A.) poiché è possibile scaricare le acque di dilavamento in corpi idrici ricettori limitrofi all'area da urbanizzare senza avviarle alla rete fognaria mista esistente evitando di sovraccaricarla.

I materiali utilizzati per la realizzazione di tali reti sono materiali plastici ritenuti maggiormente idonei a sopportare eventuali sollecitazioni sismiche rispetto a materiali più rigidi.

In particolare per quel che concerne le fognature nere il materiale prescelto è il PVC-U (polivinile di cloruro non plastificato) avente classe di rigidità anulare nominale SN 8.

La connessione tra i tubi si realizzerà tramite un sistema di giunzione integrato del tipo bicchiere ad anello, che sarà garantito da una guarnizione preinserita a caldo durante la fase di formazione del bicchiere.

Per quanto concerne la fognatura bianca si è scelto il polietilene ad alta densità coestruso a doppia parete, liscia internamente di colore bianco e corrugata esternamente di colore nero



Figura 29 – Impianto di scarico, foto.

Gli impianti che hanno presentato maggiori difficoltà per l'applicazione di giunti flessibili antisismici sono sicuramente quelli relativi alle reti di scarico acque bianche e nere.

Inizialmente si era previsto, come già descritto per l'anelgas, una tubazione flessibile entro un pozzetto di adeguate dimensioni in prossimità del muro di sostegno, ma per i motivi di cui al paragrafo precedente si è proseguito verso un'altra soluzione.

Lo schema d'impianto è il seguente: gli scarichi di acque bianche e nere (grigie e nere) vengono raccolte a soffitto dell'autorimessa e proseguono in direzione del muro di contenimento fino a bordo piastra.

Sul muro sono realizzati due collettori di scarico B/N, rispettivamente di diametro pari a Φ 200 e 160, fissati con mensole e collari.

Il collegamento tra le linee di scarico a soffitto della piastra antisismica ed i collettori ancorati al muro contro terra è realizzato con tubazione flessibile della categoria "Spurghi e pulizie industriali", in PVC rinforzato con spirale in PVC, di colore azzurro con riga rossa estrusa.

La tubazione di cui sopra, ha superficie interna liscia mentre quella esterna è semi liscia, e si presenta robusto e flessibile, resistente ai carichi, alle abrasioni, agli agenti atmosferici e soprattutto a molti prodotti chimici.

La figura geometrica che, nello spazio, è in grado di garantire un movimento di traslazione in tutte le direzioni mantenendo sempre un andamento con pendenza positiva, è la spirale

I due punti da collegare con il flessibile in PVC, la rete di scarico sotto piastra e la braga nel collettore, sono disassati e collegati con doppio collare antirotazione per evitare in caso di rilevante scossa sismica, lo sfilamento del giunto flessibile dal tubo e dalla braga.

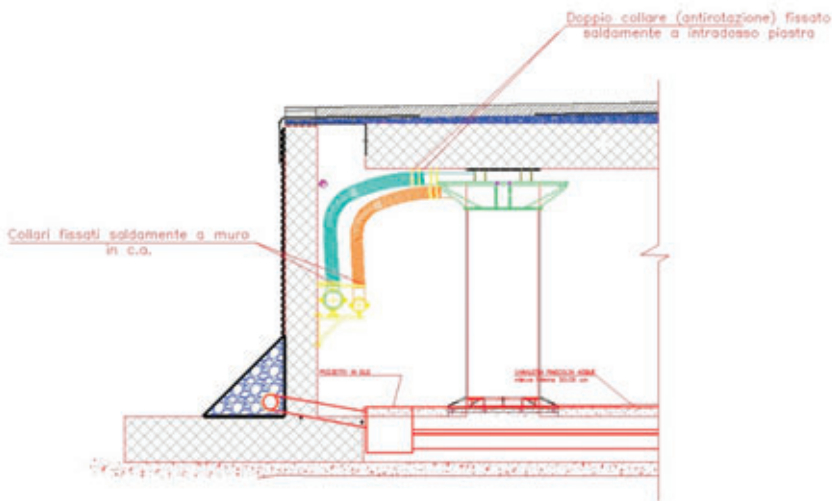


Figura 30 – Giunto antisismico per il collegamento delle reti di scarico acque B/N.

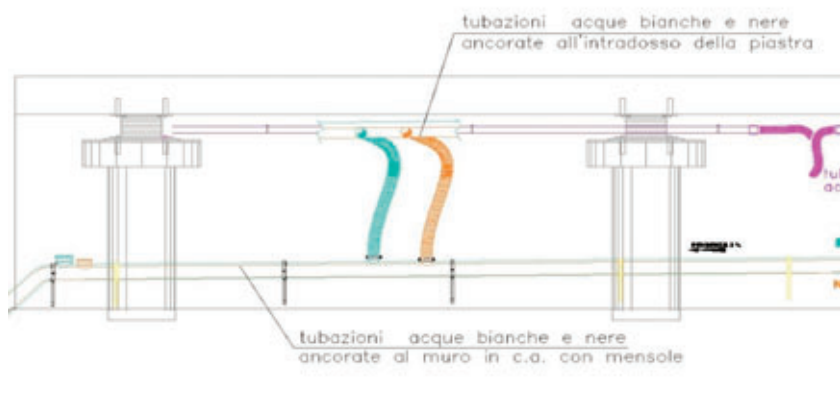


Figura 31 – Giunto antisismico per il collegamento delle reti di scarico acque B/N.



Figura 32 – Giunto antisismico per il collegamento delle reti di scarico acque B/N.



Figura 33 – Giunto antisismico per il collegamento delle reti di scarico acque B/N.



Figura 34.

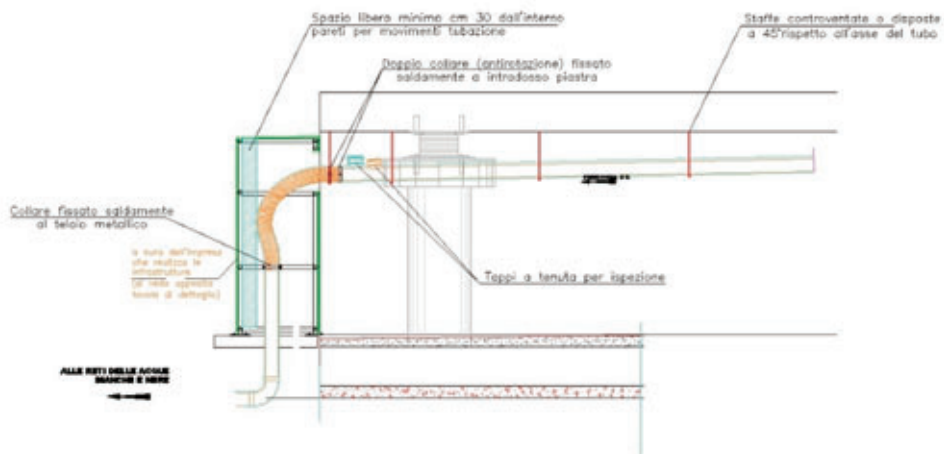


Figura 35 – Giunto antisismico per il collegamento delle reti di scarico acque B/N.

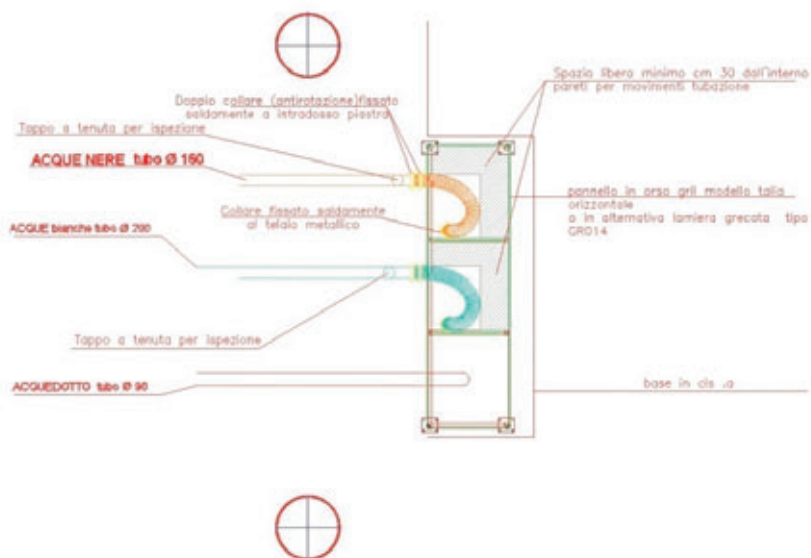


Figura 36 - Giunto antisismico per il collegamento delle reti di scarico acque B/N.



Figura 37 – Collari antincendio per tubazione di scarico passanti a soffitto del piano autorimessa.

9. IMPIANTO TERMICO CENTRALIZZATO

L'impianto di riscaldamento e produzione ACS è del tipo centralizzato nel rispetto della normativa per il risparmio energetico.

Inizialmente si è pensato al teleriscaldamento per ogni area urbanizzata dal progetto C.A.S.E., dopo però, una valutazione dei costi, dei tempi e soprattutto delle interferenze con le altre lavorazioni si è deciso di realizzare un impianto per ogni piastra.

Le apparecchiature essenziali dell'impianto centralizzato sono: il modulo termico a condensazione costituito da tre generatori (Pot. Tot. 80-120 kW) collegati in cascata con compensazione esterna, la sottocentrale idrica per lo spillamento del circuito di riscaldamento e la preparazione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria, i pannelli solari termici ed i "satelliti" installati in ogni abitazione.

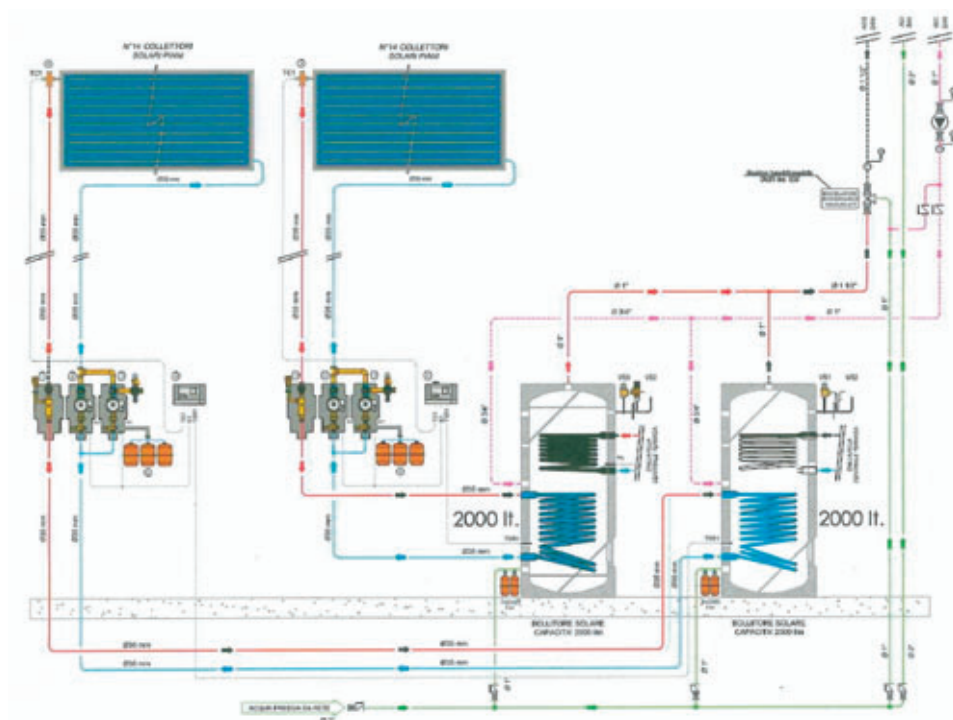


Figura 38 – Schema funzionale tipo impianto centralizzato.

Quest'ultimo detto anche modulo d'utenza, consente nell'ambito di impianto termo-sanitario centralizzato, l'autonomia termica di ciascun nucleo familiare e la conseguente contabilizzazione dei consumi diretti sia di energia termica per il riscaldamento che di acqua calda e fredda.

A tal proposito si potrebbe parlare di "mini-teleriscaldamento".

I giunti antisismici utilizzati per l'impianto centralizzato s.d. sono da applicare ai seguenti circuiti:

1. Circuito termico primario;
2. Circuito solare;
3. Circuiti sottocentrale.

Per le linee dei circuiti di cui sopra sono state utilizzate tubazioni flessibili come quelle già descritte nel paragrafo "Acquedotto".

I circuiti termico e solare non necessitano di flessibili adatti per alimenti essendo quest'ultimi circuiti chiusi.



Figura 39 – Giunti flessibili in acciaio per l'impianto centralizzato.



Figura 40 – Giunti flessibili in acciaio per l'impianto centralizzato.

Le prescrizioni del sistema antisismico riguardano anche la distanza tra le tubazioni a soffitto dell'autorimessa ed i pilastri (≥ 30 cm) per evitare in caso di movimento della piastra l'urto dei tubi.



Figura 41 – Distanza di sicurezza tra i tubi a soffitto ed i pilastri.

Alcune imprese, per evitare di installare i giunti flessibili in acciaio inox o gomma hanno proposto alternative interessanti.

La necessità di utilizzare giunti antisismici nell'impianto centralizzato nasce dal fatto che il modulo termico ed i pannelli solari sono solidali con la piastra antisismica mentre la sottocentrale è solidale con la struttura di fondazione.

10. IL SISTEMA A “SOSPENSIONE”

La creazione di una struttura sospesa nell'autorimessa, ancorata quindi a soffitto e solidale con la piastra antisismica, dove ubicare le apparecchiature della sottocentrale idrica, permette di evitare qualsiasi giunto flessibile in quanto non necessario perché l'intero impianto centralizzato è solidale con la piastra.

La struttura di sospensione, realizzata in acciaio, è stata studiata e calcolata considerando i carichi delle singole apparecchiature e lo spostamento che subisce insieme alla piastra.

Essa è composta da tubi rettangolari 60x60x4 mm e tondi da 8 mm (controventature) che compongono la gabbia, mentre la base è formata da un telaio costituito da IPE 100-120 ed HEA 100.

La struttura di cui sopra è ancorata al soffitto con piastre in ferro (Fe430) aventi dimensioni pari a 200x200x6 mm, saldate ad arco nei tubi rettangolari e staffata con tirafondi diametro 14 mm che penetrano il C.A. per ca. 10 cm.

I fori per il passaggio dei tirafondi sono di 24 mm ed internamente ad ognuno di essi, è iniettato un ancorante chimico composto da resina vinilestere senza stirene.

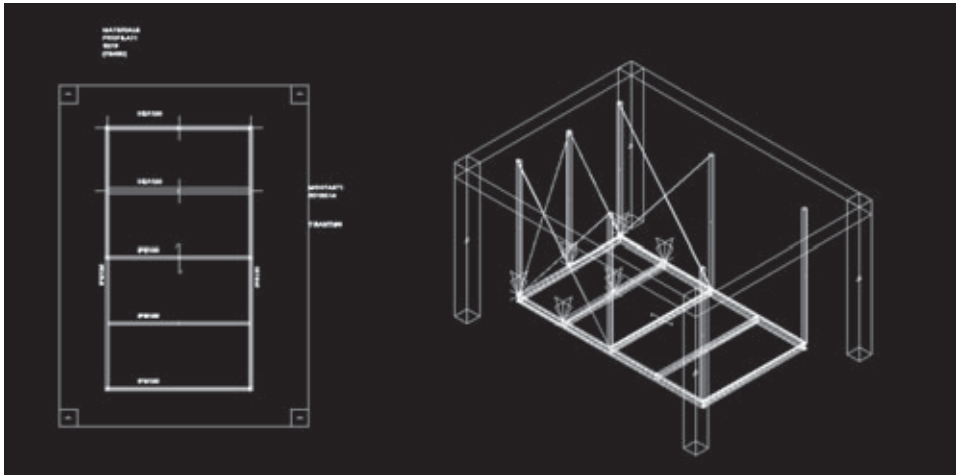


Figura 42 – Struttura sospesa per la sottocentrale Cosbau.

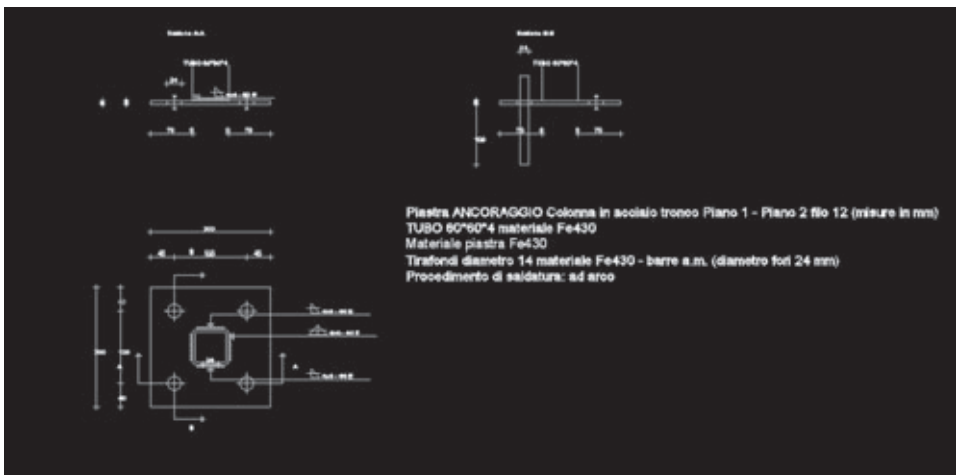


Figura 43 – Piastra in ferro per l'ancoraggio della struttura al soffitto.

Per la realizzazione di quanto s.d. sono stati redatti calcoli, analisi e verifiche strutturali secondo le normative vigenti in materia; di seguito si riporta uno stralcio:

2.2.1.2 Caratteristiche inerziali sezioni C.A.

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Xg: Ascissa del baricentro definita rispetto al sistema geometrico in cui sono definiti i vertici del poligono. [cm]

Yg: Ordinata del baricentro definita rispetto al sistema geometrico in cui sono definiti i vertici del poligono. [cm]

Area: Area inerziale nel sistema geometrico centrato nel baricentro. [cm²]

Jx: Momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale baricentrico di definizione della sezione. [cm⁴]

Jy: Momento d'inerzia attorno all'asse verticale baricentrico di definizione della sezione. [cm⁴]

Jxy: Momento centrifugo rispetto al sistema di riferimento baricentrico di definizione della sezione. [cm⁴]

Jm: Momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale M. [cm⁴]

Jn: Momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale N. [cm⁴]

Jt: Momento d'inerzia torsionale. [cm⁴]

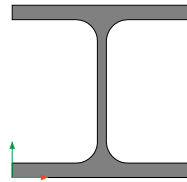
Alfa: Angolo tra gli assi del sistema di riferimento geometrico di definizione e quelli del sistema di riferimento principale. [deg]

Descrizione	Xg	Yg	Area	Jx	Jy	Jxy	Jm	Jn	Jt	Alfa
R 30*30	15	15	900	67500	67500	0	67500	67500	99900	0

2.2.2 Sezioni in acciaio

2.2.2.1 Profili singoli in acciaio

2.2.2.1.1 HEA - HEM - HEB - IPE



Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Curva Omega: Curva Omega

Sup.: Superficie bagnata per unità di lunghezza. [mm]

b: Larghezza dell'ala. [mm]

h: Altezza del profilo. [mm]

s: Spessore dell'anima. [mm]

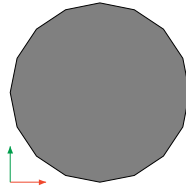
t: Spessore delle ali. [mm]

r: Raggio del raccordo ala-anima. [mm]

f: Truschino. [mm]

Descrizione	Curva Omega	Sup.	b	h	s	t	r	f
HEA100	c	561.3	100	96	5	8	12	58
IPE100	B	399.7	55	100	4	6	7	30
IPE120	B	475.1	64	120	4	6	7	35

2.2.2.1.2 Tondi



Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Curva Omega: Curva Omega

Sup.: Superficie bagnata per unità di lunghezza. [mm]

h: Diametro del tondo. [mm]

Descrizione

Tondo 8

Curva Omega

c

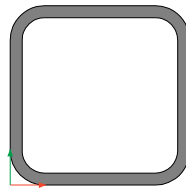
Sup.

25.1

h

8

2.2.2.1.3 Tubi rettangolari



Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Curva Omega: Curva Omega

Sup.: Superficie bagnata per unità di lunghezza. [mm]

h: Altezza del tubo. [mm]

b: Larghezza del tubo. [mm]

s: Spessore. [mm]

r: Raggio di curvatura. [mm]

Descrizione	Curva Omega	Sup.	h	b	s	r
TUBO 60*60*4	A	415.2	60	60	4	8

2.2.2.2 Caratteristiche inerziali sezioni in acciaio

2.2.2.2.1 Caratteristiche inerziali principali sezioni in acciaio

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Xg: Ascissa del baricentro definita rispetto al sistema geometrico in cui sono definiti i vertici del poligono. [cm]

Yg: Ordinata del baricentro definita rispetto al sistema geometrico in cui sono definiti i vertici del poligono. [cm]

Area: Area inerziale nel sistema geometrico centrato nel baricentro. [cm²]

Jx: Momento d'inerzia attorno all'asse orizzontale baricentrico di definizione della sezione. [cm⁴]

Jy: Momento d'inerzia attorno all'asse verticale baricentrico di definizione della sezione. [cm⁴]

Jxy: Momento centrifugo rispetto al sistema di riferimento baricentrico di definizione della sezione. [cm⁴]

Jm: Momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale M. [cm⁴]

Jn: Momento d'inerzia attorno all'asse baricentrico principale N. [cm⁴]

Jt: Momento d'inerzia torsionale. [cm⁴]

Alfa X su M: Angolo tra gli assi del sistema di riferimento geometrico di definizione e quelli del sistema di riferimento principale. [deg]

Descrizione	Xg	Yg	Area	Jx	Jy	Jxy	Jm	Jn	Jt	Alfa X su M
HEA100	5	4.8	21.27	349.6	133.83	0	349.6	133.83	3.75	0
IPE100	2.8	5	10.33	171.18	15.92	0	171.18	15.92	0.88	0
IPE120	3.2	6	13.22	318.01	27.67	0	318.01	27.67	1.37	0
Tondo 8	0.4	0.4	0.5	0.02	0.02	0	0.02	0.02	0.04	0
TUBO 60*60*4	3	3	8.29	41.22	41.22	0	41.22	41.22	70.25	0

2.2.2.2.2 Caratteristiche inerziali momenti sezioni in acciaio

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

ix: Raggio di inerzia relativo all'asse x. [cm]

iy: Raggio di inerzia relativo all'asse y. [cm]

im: Raggio di inerzia relativo all'asse principale m. [cm]

in: Raggio di inerzia relativo all'asse principale n. [cm]

Sx: Momento statico relativo all'asse x. [cm³]

Sy: Momento statico relativo all'asse y. [cm³]

Wx: Modulo di resistenza minimo relativo all'asse x. [cm³]

Wy: Modulo di resistenza minimo relativo all'asse y. [cm³]

Wm: Modulo di resistenza minimo relativo all'asse principale m. [cm³]

Wn: Modulo di resistenza minimo relativo all'asse principale n. [cm³]

Wplx: Momento plastico relativo all'asse x. [cm³]

Wply: Momento plastico relativo all'asse y. [cm³]

Descrizione	ix	iy	im	in	Sx	Sy	Wx	Wy	Wm	Wn	Wplx	Wply
HEA100	4.05	2.51	4.05	2.51	41.56	20.58	72.83	26.77	72.83	26.77	83.12	41.16
IPE100	4.07	1.24	4.07	1.24	19.72	4.58	34.24	5.79	34.24	5.79	39.45	9.15
IPE120	4.9	1.45	4.9	1.45	30.39	6.79	53	8.65	53	8.65	60.78	13.59
Tondo 8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08
TUBO 60*60*4	2.23	2.23	2.23	2.23	8.43	8.43	13.74	13.74	13.74	13.74	16.87	16.87

2.2.2.2.3 Caratteristiche inerziali taglio sezioni in acciaio

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Atx: Area a taglio lungo x. [cm²]

Aty: Area a taglio lungo y. [cm²]

Descrizione	Atx	Aty
HEA100	16	4.8
IPE100	6.27	4.1
IPE120	8.06	5.28
Tondo 8	0.5	0.5
TUBO 60*60*4	4.8	4.8

2.3 Cerniere

2.3.1 Cerniere parziali

Descrizione: Descrizione o nome assegnato all'elemento.

F1 %: Percentuale di sforzo trasmesso nella direzione dell'asse locale 1. Il valore è adimensionale.

F2 %: Percentuale di sforzo trasmesso nella direzione dell'asse locale 2. Il valore è adimensionale.

F3 %: Percentuale di sforzo trasmesso nella direzione dell'asse locale 3. Il valore è adimensionale.

M1 %: Percentuale di momento trasmesso attorno all'asse locale 1. Il valore è adimensionale.

M2 %: Percentuale di momento trasmesso attorno all'asse locale 2. Il valore è adimensionale.

M3 %: Percentuale di momento trasmesso attorno all'asse locale 3. Il valore è adimensionale.

Descrizione	F1 %	F2 %	F3 %	M1 %	M2 %	M3 %
M20%	100	100	100	100	20	20



Figura 44 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.



Figura 45 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.



Figura 46 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.



Figura 47 – Sottocentrale sospesa e solidale con la piastra antisismica “Cosbau SpA”.

In alcuni casi invece si è pensato di realizzare la sottocentrale con muratura poggiata sulla piastra di fondazione mentre tutte le apparecchiature (modulo termico, serbatoi, vasi di espansione, addolcitore, elettropompe, ecc.) sono staffate a soffitto quindi collegate direttamente con la piastra antisismica, pertanto non c'è la necessità di giunti flessibili.



Figura 48 – Apparecchiature della sottocentrale sospese a soffitto dell'autorimessa "RTI Eschilo".

11. GLI ANCORAGGI A SOFFITTO

Per le apparecchiature della sottocentrale sospesa a soffitto, è stato utilizzato un sistema simile a quello descritto al paragrafo 10, con la differenza che i pesi da considerare sono notevolmente ridotti.

I profilati della struttura, solidale con la piastra antisismica, sono del tipo "Hilti" ed hanno dimensioni adeguate ai carichi da supportare.

I profili a "C" sono forniti con bordi seghettati e misure modulari per favorire il montaggio; presentano particolare geometria dei lati per una maggiore robustezza e fori asolati che consentono una maggiore flessibilità.

Per l'installazione a soffitto sono stati utilizzati tasselli adeguatamente dimensionati ed ancorante chimico premiscelato con apposita pistola ad iniezione.

La struttura così realizzata è poi rinforzata negli spigoli per una maggiore stabilità anche in caso di movimento sismico.



Figura 49 – Apparecchiature della sottocentrale sospese a soffitto dell'autorimessa "RTI Eschilo".



Figura 50 – Apparecchiature della sottocentrale sospese a soffitto dell'autorimessa "RTI Eschilo".

CONCLUSIONI

Alla fine di questa mia importante esperienza voglio dire che quanto realizzato in Abruzzo con il progetto C.A.S.E. è senz'altro un'opera che rappresenta innovazione strutturale e tecnologica dalla quale prendere ispirazione per poter realizzare strutture e soluzioni impiantistiche efficienti ed adeguate alle esigenze richieste sia dalla natura altamente sismica del nostro territorio che soprattutto dalle ormai imminenti emergenze di carattere climatico.

Infine, ma non per ultimo, vorrei porgere un sincero ringraziamento all'ingegnere Gian Michele Calvi fautore e responsabile generale di tutto il progetto, persona che ha riposto in me la sua fiducia per la gestione la progettazione e la direzione lavori delle opere impiantistiche sia delle urbanizzazioni che degli impianti centralizzati nelle abitazioni.

NOMENCLATURA

Ω	omega
$\leq$	maggiore/minore o uguale
Φ	diametro nominale
MT	media tensione
MW	mega watt
BT	bassa tensione
MP	media pressione
BP	bassa pressione
GR	gruppo di riduzione
cm	centimetri
B/N	acque bianche e nere
sdr	standard dimension ratio
PN	pressione nominale
°C	gradi celsius
mm ²	millimetri quadrati
REI	stabilità, tenuta ed isolamento
Bar	unità di misura pressione
ACS	acqua calda sanitaria

BIBLIOGRAFIA, LEGGI E NORMATIVE

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 - "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, (NTC 2008 - Istruzioni).
- Allegato XXI all'art. 164 del D. Lgs. n 163 del 2006 (così modificato dall'articolo 3 del d.lgs. n. 6 del 2007).
- DPC (2009), Dipartimento Della Protezione Civile, Presidenza Del Consiglio Dei Ministri, Procedura di selezione di operatori economici per la progettazione e la realizzazione di edifici residenziali (nr. 30 lotti costituito ognuno da cinque edifici

per un totale di centocinquanta edifici) al di sopra di piastre sismicamente isolate, <http://www.protezionecivile.it> , 4 GIUGNO 2009.

Progettazione Sismica, L'Aquila 6 aprile 2009 ore 3.32, IUSS Press Istituto Universitario di Studi Superiori di Pavia

INGV, ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA, <http://portale.ingv.it>

NTC (2008), Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14/01/2008, Gazzetta Ufficiale 04/02/2008, Italia.

EN 12201-2, Tubi di polietilene (PE) per sistemi di tubazioni per la distribuzione dell'acqua

UNI EN 1555-2 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione di gas combustibili - Polietilene (PE)

D.M. 21/03/73. Disciplina igienica degli imballaggi, recipienti, utensili, destinati a venire in contatto con le sostanze alimentari o con sostanze d'uso personale

Legge 10/1991; Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311; "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"

Decreto ministeriale 1° febbraio 1986 (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1986); Norme di Sicurezza Antincendio per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili.

D. M. 12 aprile 1996; Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi.

INDICE AUTORI

De Santoli L. 15

De Sortis A. 1

Di Pasquale G. 1

Dolce M. 1

Dondi D. 15

Grimaz S. 59

Spadaro L. 81

Tauby J. R. 47

SOSTENITORI DELLA CONFERENZA



ACH550. Il tuo comfort, il nostro lavoro.



Il tuo lavoro è creare ambienti comodi e confortevoli per il lavoro e il tempo libero. In ABB, il nostro lavoro è fare sì che per te sia più facile progettare e realizzare questi obiettivi.

Per questo abbiamo studiato il convertitore ACH550, sviluppato appositamente per numerose applicazioni HVAC tra cui ventilatori di mandata e ripresa di UTA (unità trattamento aria), pompe di circolazione, condensatori, torri di raffreddamento e roof-top. Con ritorni dell'investimento anche inferiori ai sei mesi grazie all'uso efficiente dell'energia e una semplice programmazione grazie al pannello di controllo di serie, l'ACH550 è il tuo miglior alleato nel mondo del condizionamento. www.abb.it/drives

ABB S.p.A.
Tel.: 02 2414 3932
Mobile: 03316704862
acs.drives@it.abb.com

Power and productivity
for a better world™



AQUATOP T e AEROTOP T le pompe di calore di ELCO Semplicemente geniali

Con AQUATOP T e AEROTOP T
Elco concretizza il nuovo concetto
di Heating Solutions coniugando
salvaguardia ambientale
e singole esigenze dei clienti.
Da oltre vent'anni ELCO
è leader indiscussa
nella produzione
di pompe di calore e grazie
a questi nuovi sistemi
ogni esigenza trova una soluzione
fatta di grande affidabilità
ed elevate prestazioni.



L'energia
viene
dall'aria



L'energia
viene
dal suolo



L'energia
viene
dall'acqua

AEROTOP T

Pompe di calore aria-acqua • Potenza 7 - 35 kW

AQUATOP T

Pompe di calore acqua-acqua • Potenza 5 - 44 kW

AEROTOP T e AQUATOP T sono la nuova
gamma di pompe di calore ad uso domestico
e commerciale realizzate da ELCO
che abbinano alla massima flessibilità impiantistica
prestazioni e risparmi energetici elevatissimi.

elco



ELCO Italia S.p.A.
Via Roma, 64
31023 Resana (TV)
Italia

tel 0423 7160 r.a.
fax 0423 716380 -
716377

www.elco-ecoflam.com
info@it.elco.net

SPONSOR DELLE CONFERENZE A TEMA

Power and productivity
for a better world™



ABB SPA
SESTO SAN GIOVANNI MI



ELCO ITALIA SPA
RESTANA TV

ISBN 978-88-95620-31-2



Copyright by Aicarr

€ 45,00



AICARR - Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione
Via Melchiorre Gioia 168 - 20125 Milano - Italy - Phone +39 02 67479270 - Fax +39 02 67479262 - www.aicarr.org