

# *SCHEMA DI CAPITOLATO PRESTAZIONALE*

\* Lo schema di capitolato è stato redatto nell'ambito del Progetto "Sisma Abruzzo, risorse CIPE delibera 35/2005 - linea di attività verifiche della vulnerabilità sismica", coordinato dalla DG PaBAAC e sviluppato con apposita Convenzione (Dicembre 2009) con il Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni dell'Università di Genova, in collaborazione con la Direzione Regionale e le Soprintendenze territoriali dell'Abruzzo.

*Hanno collaborato alla stesura del capitolato:*

- M. AGOSTIANO, P. IANNELLI, A. NERI e C. RUBINO (membri del gruppo di lavoro istituito presso la DG PaBAAC per l'attuazione del Progetto).
- S. PODESTÀ (responsabile scientifico della Convenzione stipulata Dicembre 2009 tra DG PaBAAC e Università di Genova).

## *SCHEMA DI CAPITOLATO PRESTAZIONALE PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE SISMICHE*

(Progetto Sisma Abruzzo risorse CIPE delibera 35/2005-linea di attività verifica della vulnerabilità sismica)\*

I manufatti in consegna al Ministero per i Beni e le Attività Culturali, sono per la maggior parte tutelati ai sensi del D.LGsv. 22 gennaio 2004 n.42 “Codice dei beni culturali”, sono spesso caratterizzati da configurazioni plano-volumetriche complesse dovute alle diverse trasformazioni (ampliamenti e/o superfetazioni) che hanno subito nel corso del tempo. Tali condizioni determinano una difficile individuazione dell'impianto strutturale, spesso modificatosi in relazione alle diverse fasi costruttive o ad interventi di consolidamento anche recenti che richiedono valutazioni di dettaglio, in grado di tener conto di come si è modificata la risposta strutturale del manufatto nel tempo, individuando, in questo modo, quelle situazioni critiche connesse alle trasformazioni od ai recenti interventi di consolidamento.

La rilevanza culturale dei beni architettonici in esame determina, inoltre, la necessità di un'adeguata attendibilità dei risultati di verifica, non sempre garantita dal ricorso a software di calcolo “commerciali”. Tali strumenti non sono, spesso, in grado di modellare compiutamente forme architettoniche complesse e/o non hanno implementati legami costitutivi non lineari per la modellazione di strutture in muratura, in grado di cogliere la fase post elastica (individuazione del danneggiamento, redistribuzione dello stato tensionale, ecc.).

Infine, se un livello di conoscenza elevato appare auspicabile per ogni tipo di valutazione strutturale di un manufatto esistente, il carattere altamente distruttivo di alcune tipologie di indagine (compressione diagonale, taglio-compressione) rende spesso inapplicabile questi tipi

di prova sugli edifici tutelati. La presenza di apparati decorativi fissi e la stessa integrità materica potrebbe venire meno nell'eventualità di una campagna diagnostica non studiata e progettata tenendo conto delle specificità di ogni singolo caso. In tale ottica, i recenti sviluppi riguardanti tecniche d'indagine indirette permettono di poter fare affidamento su metodologie non distruttive, limitatamente invasive, in grado di cogliere quei parametri che consentono sia l'individuazione dei dettagli costruttivi sia la caratterizzazione meccanica della compagine muraria.

Sul fronte conoscenza la stessa attività di rilievo potrà fare riferimento sia a tecniche tradizionali sia innovative quali per esempio l'utilizzo di laser scanner. La presenza di forme articolate (profili concavi/convessi) è difficilmente rilevabile tramite un rilievo di tipo bidimensionale: pertanto un approccio 3D è auspicabile, consentendo una conoscenza dimensionale puntuale. Il ricorso a tecniche di rilievo 3D dovrà, in ogni caso, essere gestito in modo da essere facilmente integrato con i modelli numerici utilizzati per la valutazione della sicurezza strutturale.

Tali aspetti rendono la verifica della sicurezza strutturale di questi manufatti un vero proprio studio interdisciplinare in relazione alle molteplici competenze che sono implicitamente richieste.

La ricerca dovrà, infatti, fornire una conoscenza compiuta dello stato di fatto e del livello di sicurezza strutturale attuale e delineare le eventuali ipotesi di intervento per il raggiungimento di un idoneo livello di sicurezza anche attraverso il ricorso a tecniche e tecnologie innovative, compatibili con le esigenze di tutela e conservazione.

Lo studio potrà avvalersi delle indagini e delle ricerche già disponibili presso gli uffici del MiBAC. Nell'ambito della ricerca dovrà essere prodotta la seguente documentazione.

## Elaborati della ricerca

- 1 Caratterizzazione geologica del sito, geotecnica e sismica dei terreni
- 2 Analisi storico critica
- 3 Documentazione fotografica
- 4 Rilievo geometrico dei manufatti
- 5 Diagnosi sul campo e in laboratorio
- 6 Analisi dello stato di fatto e del comportamento strutturale con indicazione dei danni
- 7 Valutazione dell'impatto degli impianti tecnologici sugli elementi strutturali
- 8 Analisi degli interventi di riduzione della vulnerabilità sismica
- 9 Valutazione della sicurezza strutturale
- 10 Report di sintesi dei risultati significativi
- 11 Stima dei costi dei presidi necessari a ridurre le vulnerabilità locali
- 12 Piano di monitoraggio dell'opera
- 13 Relazione finale

## SPECIFICHE DEGLI ELABORATI DELLE VERIFICHE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE

### **1 Caratterizzazione geologica del sito, geotecnica e sismica dei terreni**

Le indagini geologiche e geotecniche dovranno consentire l'accertamento del tipo e della consistenza del sistema di fondazione, la verifica delle condizioni di stabilità e geomorfologia del sito, unitamente alla caratterizzazione geotecnica del terreno compreso nel volume significativo di sottosuolo, anche al fine di consentire la valutazione dell'azione sismica e dei suoi effetti sulla costruzione in relazione agli specifici codici di calcolo utilizzati.

La relazione geologica dovrà comprendere, sulla base di specifiche inda-

gini geologiche, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, dovrà definire il modello geologico-tecnico del sottosuolo, illustrare e caratterizzare gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici nonché il conseguente livello di pericolosità geologica e il comportamento in assenza ed in presenza dei manufatti.

La relazione geotecnica dovrà definire, alla luce di specifiche indagini, il comportamento meccanico del volume di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla presenza del manufatto. Dovrà contenere inoltre i calcoli geotecnici relativi al rapporto manufatto-terreno. Le relazioni idrologica e idraulica dovranno riguardare lo studio delle acque meteoriche, superficiali e sotterranee. Gli studi dovranno indicare le fonti da cui provengono gli elementi elaborati ed i procedimenti usati per dedurre i parametri di riferimento.

Tutte le indagini e gli accertamenti dovranno essere preceduti da un accurato studio della documentazione disponibile per l'edificio in esame, riguardante la sua storia passata e recente.

Alla luce di questi studi preventivi, sarà possibile predisporre un piano d'indagine per accertare forma, dimensioni e materiali costituenti le strutture di fondazione. Tra le possibili indagini, saranno preferiti i controlli non distruttivi, quali le prove geofisiche e tomografiche, da effettuare anche dopo l'esecuzione di pozzetti e trincee esplorative per evidenziare i piani d'imposta delle fondazioni. Se necessario, potranno essere eseguite perforazioni a carotaggio continuo, variamente orientate, tali da raggiungere i piani di fondazione e intestarsi adeguatamente nel sottosuolo. I fori di sondaggio potranno essere efficacemente impiegati per video ispezioni e per prove geofisiche.

Particolare attenzione andrà posta all'eventuale presenza di un substrato antropizzato (reperi archeologici), per il ruolo fondamentale che tale substrato può avere nell'alterare la risposta sismica della struttura e nel limitare le possibili tipologie di intervento su fondazioni e terreni.

Le indagini geotecniche dovranno consentire la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di fondazione, tramite opportune prove in sito o

di laboratorio, finalizzate all'individuazione dei parametri geotecnici necessari per la valutazione della risposta sismica locale e d'interazione dinamica terreno-struttura. Le indagini geotecniche dovranno anche essere finalizzate allo studio della stabilità del sito in cui ricade la costruzione in esame, con particolare riguardo ai fenomeni d'instabilità dei versanti e di liquefazione dei terreni. Le metodologie d'indagine e la caratterizzazione geotecnica dovranno essere coerenti con i principi generali della progettazione geotecnica indicati nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 e nella Direttiva P.C.M. 12 ottobre 2007 per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale.

Per la classificazione sismica dei terreni in particolare dovrà essere condotta una specifica campagna di indagini geotecniche con sondaggi che prevedano l'estrazione di campioni indisturbati per le prove di caratterizzazione geotecnica, di prove CPT e di prove Down Hole (DH). In casi particolari si potrà ricorrere alla realizzazione di prove Cross Hole (CH) e di prove dinamiche in laboratorio con l'apparecchio di colonna risonante (RC) qualora si voglia valutare nel dettaglio la pericolosità sismica del sito in esame con la definizione di spettri definiti localmente. L'indagine dovrà riguardare una profondità non minore di 30 m dal piano di posa delle fondazioni.

Resta inteso che tutte le attività di indagini e prove, sia sulle strutture che sulle fondazioni e sul terreno, dovranno essere preventivamente concordate con le Soprintendenze competenti.

## **2      Analisi storico critica**

L'analisi storico critica è finalizzata alla comprensione dell'organismo inteso nella sua unità architettonica e strutturale anche attraverso la conoscenza delle modifiche (ampliamenti, trasformazioni e/o alterazioni) avvenute nel tempo con particolare riferimento a quelle dipendenti da eventi sismici storici anche ai fini di una corretta individuazione del sistema resistente e del suo stato di sollecitazione (cfr. par. 4.1.5 della Direttiva PCM del 12 ottobre 2007).

La documentazione di progetto storica (fonti iconografiche, tavole di progetto storiche, schizzi, ecc.) è di prioritaria importanza per la conoscenza delle fasi costruttive e delle trasformazioni che il manufatto ha subito nel corso dei secoli e costituisce apporto fondamentale per la valutazione del comportamento strutturale del manufatto. In tale ottica dovrà essere condotta un'approfondita analisi storico critica, attraverso la lettura dei documenti di archivio disponibili (Archivio parrocchiale, Archivio di Stato, Archivio delle Soprintendenze competenti, ecc.) con particolare riferimento alle trasformazioni strutturali dell'opera architettonica. Particolare cura dovrà essere, inoltre, dedicata all'acquisizione della documentazione sui danneggiamenti subiti dal manufatto in occasione di eventi sismici precedenti con particolare riferimento all'evento del 6 aprile 2009, sui relativi interventi eseguiti e sulle trasformazioni più recenti che il manufatto ha subito, evidenziando eventuali interventi non compatibili con le caratteristiche tipologiche, costruttive e storico-architettoniche.

Strumenti necessari per l'analisi storico critica sono il rilievo e la diagnostica.

### **3 Documentazione fotografica**

La documentazione fotografica dovrà essere sufficiente ad illustrare il corpo di fabbrica nel suo insieme, le porzioni strutturali significative (macroelementi e di dettaglio) oltre ad evidenziare il quadro fessurativo rilevato. Su un'apposita tavola di rilievo (in scala non inferiore a 1:100) dovrà essere riportata l'indicazione dei punti di scatto delle foto.

### **4 Rilievo geometrico dei manufatti**

La descrizione stereometrica della fabbrica comporta l'individuazione delle caratteristiche plano-altimetriche degli elementi costitutivi (cfr. par. 4.1.4 della Direttiva PCM del 12 ottobre 2007). Pertanto, ad ogni livello, andranno rilevate la geometria di tutti gli elementi in muratura, delle volte (spessore e profilo), dei solai e della copertura (tipologia e orditura), delle scale (tipologia strutturale), la localizzazione delle eventuali nicchie,

cavità, aperture richiuse (specificando con quali modalità), canne fumarie, elementi estranei inclusi e tipologia delle fondazioni.

Poiché il rilievo geometrico serve a definire la geometria del modello da utilizzare nell'analisi sismica, i suoi vincoli ed i carichi agenti, è opportuno verificare che tutte le informazioni necessarie siano state rilevate. In particolare dovranno essere individuati i punti significativi per un modello di calcolo, quali imposte degli orizzontamenti e dei sistemi archivoltati, entità dell'appoggio degli stessi sulle murature d'ambito. Inoltre dovranno essere compiutamente determinabili le masse degli elementi e i carichi gravanti su ogni elemento di parete.

Il rilievo geometrico dei manufatti, su grafici in scala non inferiore 1:100, dovrà comprendere i seguenti elaborati:

- pianta e sezioni delle fondazioni (ove possibile);
- pianta di tutti i livelli di calpestio;
- pianta del sottotetto;
- pianta della copertura;
- rappresentazione dei prospetti esterni;
- rappresentazione dei prospetti interni;
- sezioni trasversali e longitudinali in numero adeguato alla rappresentazione dell'edificio;
- particolari costruttivi dello stato di fatto con indicazione della sezione muraria e degli apparati tecnologici strutturali e storico artistici presenti;
- per le strutture o parti di struttura in cemento armato la carpenteria di tutti gli elementi strutturali;
- rappresentazione su pianta e sezione (in scala non superiore a 1:100) delle fasi costruttive del manufatto con individuazione delle differenti epoche di costruzione.

Gli elaborati grafici dovranno evidenziare:

- per le pareti: rastremazioni piano altimetriche; eventuali nicchie, cavità;
- per le volte: spessore in chiave e all'imposta, profilo intradossale, rilievo della centina nel caso di volte in canniccio o in camorcanna;
- per i solai: orditura principale e secondaria, stratigrafia del manto di pavimentazione;

- per la copertura: tipologia ed orditura principale e secondaria;
- per le scale: la tipologia, ove presenti – per esempio all'interno della torre campanaria;
- eventuali ulteriori carichi gravanti su ogni elemento di parete (statue, guglie, ecc.).

## 5 Diagnosi sul campo e in laboratorio

La diagnosi rientra tra le operazioni necessarie ai fini della conoscenza del corpo di fabbrica per la valutazione della vulnerabilità nei confronti della sicurezza sismica e della sicurezza strutturale in generale.

Essa deve consentire la conoscenza dei parametri meccanici delle strutture, dei parametri meccanici e fisico-chimici dei materiali presenti nonché della natura e consistenza degli apparati decorativi fissi e mobili.

La diagnosi dovrà comprendere “il rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione” e “la caratterizzazione meccanica dei materiali”.

**Il rilievo materico costruttivo** deve permettere di individuare completamente l'organismo resistente della fabbrica, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi (cfr. par. 4.1.6 della Direttiva PCM del 12 ottobre 2007).

Tale riconoscimento richiede l'acquisizione di informazioni spesso nascoste (sotto intonaco, dietro a controsoffitti, ecc.), che può essere eseguita grazie a tecniche di indagine non distruttive di tipo indiretto (termografia, georadar, tomografia sonica, ecc.) o ispezioni dirette debolmente distruttive (endoscopie, scrostamento di intonaci, saggi, piccoli scassi, ecc.). Un aspetto rilevante è la scelta del numero, della tipologia e della localizzazione delle prove da effettuare. Per una corretta conoscenza esse dovrebbero essere adottate in modo diffuso, ma per il loro eventuale impatto e per motivazioni economiche, esse andranno impiegate solo se ben motivate, ovvero se utili nella valutazione e nel progetto dell'intervento. Al fine di limitare al massimo l'impatto di queste indagini, oltre alla conoscenza delle vicende costruttive del manufatto in esame, è fondamentale avere un'approfondita consapevolezza delle caratteristiche costruttive del manufatto per ogni fase costruttiva che lo caratterizza.

Per gli edifici con struttura portante in muratura, speciale attenzione dovrà essere riservata alla valutazione della qualità muraria, tenendo conto dei modi di costruire tipici del territorio ed individuando le caratteristiche geometriche e materiche dei singoli componenti, oltre che le modalità di assemblaggio. Di particolare importanza risulta essere:

- la presenza di elementi trasversali (denominati diatoni), di collegamento tra i paramenti murari; la forma, tipologia e dimensione degli elementi;
- il riconoscimento di una disposizione regolare e pressoché orizzontale dei corsi (o, in alternativa, la presenza di listature a passo regolare);
- la buona tessitura, ottenuta tramite l'ingranamento degli elementi (numero ed estensione dei contatti, presenza di scaglie) ed il regolare sfalsamento dei giunti;
- la natura delle malte ed il loro stato di conservazione.

La lettura dello schema strutturale di funzionamento della fabbrica necessita di una conoscenza dei dettagli costruttivi e delle caratteristiche di collegamento tra i diversi elementi; in particolare per le strutture in muratura:

- tipologia della muratura (in mattoni, in pietra – squadrata, sbalzata, a spacco, ciottoli - o mista; a paramento unico, a due o più paramenti) e caratteristiche costruttive (tessitura regolare o irregolare; con o senza collegamenti trasversali, ecc.);
- qualità del collegamento tra pareti verticali (ammorsamento nei cantonali e nei martelli, catene, ecc.);
- qualità del collegamento tra orizzontamenti (solai, volte e coperture) e pareti, con rilievo dell'eventuale presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento (catene, ecc.);
- elementi di discontinuità determinati da cavedi, canne fumarie etc.
- tipologia degli orizzontamenti (solai, volte, coperture), con particolare riferimento alla loro rigidità nel piano;
- tipologia ed efficienza degli architravi al di sopra delle aperture;
- presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad equilibrare le spinte eventualmente presenti;

- presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità;
- tipologia delle fondazioni.

I risultati del rilievo materico costruttivo potranno essere articolati mediante la realizzazione di moduli schedografici (cfr. parte II, Allegato A della Direttiva PCM del 12 ottobre 2007), atti a descrivere i singoli elementi ed il relativo stato di conservazione. Il modulo schedografico si arricchirà delle informazioni sui rapporti tra elementi e nel caso di aggregato urbano, delle relazioni con gli edifici adiacenti.

**La caratterizzazione meccanica dei materiali** è finalizzata alla conoscenza dei parametri meccanici di deformabilità e resistenza dei materiali, necessari per la modellazione del comportamento strutturale. Tale aspetto, per le strutture in muratura, è direttamente correlato al rilievo materico dal momento che il riconoscimento delle caratteristiche costruttive delle pareti murarie consentirà in primo luogo l'attribuzione di ogni elemento in muratura ad una classe tipologica in accordo con la Circolare applicativa delle Norme Tecniche n°617 del 2 febbraio 2009 (*Tabella C8A.2.1 dell'Appendice C8A*). In funzione delle modalità di assemblaggio, dei dettagli costruttivi e dello stato di conservazione sarà possibile individuare i parametri correttivi che possono essere utilizzati per incrementare i valori meccanici della muratura in questione (*Tabella C8A.2.2 dell'Appendice C8A*). In tale ottica il ricorso ad indagini non distruttive di tipo indiretto, quali prove soniche e sclerometriche, seppur non forniscano valutazioni dirette dei parametri meccanici, consentono di individuare la presenza di particolari costruttivi e di valutare l'omogeneità dei parametri meccanici nelle diverse parti della costruzione. Tali aspetti dovranno essere investigati per almeno un pannello murario rappresentativo di ogni tipologia muraria. L'attendibilità del risultato sarà poi tenuta in considerazione tramite il Fattore di Confidenza che influirà direttamente sulla capacità strutturale del manufatto o del macroelemento preso in esame (cfr. par. 4.2 della Direttiva PCM 12 ottobre 2007).

La misura diretta dei parametri meccanici della muratura, in particolare di quelli di resistenza, non può essere eseguita se non attraverso prove debolmente distruttive o distruttive, anche se su porzioni limitate.

La caratterizzazione degli elementi costituenti (malta, mattoni o elementi lapidei) può essere eseguita in sito o su campioni di piccole dimensioni, prelevati e successivamente analizzati in un laboratorio. Per quanto riguarda le malte possono essere eseguite, tra le altre: a) prove sclerometriche e penetrometriche; b) analisi chimiche, su campioni prelevati in profondità in modo da non essere soggetti al degrado superficiale, per la caratterizzazione della malta. Sui mattoni, oltre a determinarne le caratteristiche fisiche, è possibile valutare il modulo elastico e le resistenze a trazione e compressione attraverso prove meccaniche in laboratorio, di compressione e flessione. Per quanto riguarda gli elementi lapidei, possono essere eseguite una caratterizzazione litologica.

Per valutare i parametri meccanici della muratura, nel suo complesso, è necessario far ricorso alle seguenti metodologie di prova in sito:

- per la determinazione del modulo di elasticità normale: a) doppio martinetto piatto (tecnica debolmente distruttiva, in quanto eseguita su una porzione limitata di un paramento murario sottoposto ad una sollecitazione massima corrispondente all'innescò della fessurazione, da realizzare mediante l'esecuzione di tagli di piccole dimensioni, preferibilmente eseguiti nei giunti di malta e quindi facilmente ripristinabili);
- per la determinazione della resistenza e del modulo a taglio sono generalmente utilizzabili prove su pannelli per le quali valgono le considerazioni riportate nel paragrafo precedente, secondo due modalità: a) prova di compressione diagonale, su un pannello quadrato; b) prova di compressione e taglio, su un pannello rettangolare di altezza doppia rispetto alla larghezza. Entrambe queste prove hanno carattere fortemente invasivo.

È evidente che, dato il carattere distruttivo delle succitate prove, esse andranno impiegate solo se ben motivate e giustificate non solo dall'uso dei relativi risultati nella modellazione della struttura, ma anche dal fatto di essere discriminanti nei confronti della valutazione o della scelta dell'intervento. Nell'individuazione di possibili zone di sacrificio ove realizzare eventuali analisi distruttive si potrà tener conto degli esiti

della ricerca storica, dello stato di conservazione dei materiali e del rilievo delle superfici di pregio. Il numero di prove che si potrà eseguire su materiale omogeneo sarà generalmente molto limitato e non consentirà una trattazione statistica dei risultati significativa in relazione a procedure formali di verifica della sicurezza basate su metodi probabilistici o semi-probabilistici. La programmazione delle indagini e l'interpretazione dei risultati va pertanto inquadrata in procedure di carattere più complessivo, nelle quali possa assumere significato anche l'impiego di un solo dato sperimentale.

L'identificazione delle caratteristiche meccaniche potrà anche essere ottenuta per analogia con murature simili, tenendo conto, per quanto possibile, anche dei fenomeni di degrado.

Solo in caso di motivata assenza di possibilità di effettuare le prove di caratterizzazione dei materiali, si potrà far riferimento, per ogni tipologia muraria, ai valori minimi dei parametri meccanici definiti nelle Tabelle C8A.2.1 dell'Appendice C8A alla Circolare n° 617 del 2 febbraio 2009, eventualmente amplificati con i coefficienti correttivi della Tabelle C8A.2.2. In tal caso andrà prodotta idonea documentazione giustificativa.

## **6 Analisi dello stato di fatto e del comportamento strutturale con indicazione dei danni**

L'analisi dello stato di fatto e del comportamento strutturale, contenente l'indicazione dei danni, svolta sia in forma descrittiva che con il supporto di rappresentazioni grafiche e fotografiche, dovrà prevedere:

- l'identificazione per ogni tipologia di strutture verticali ed orizzontali degli elementi costitutivi, la posa in opera degli elementi, la sezione trasversale, la presenza e lo stato di conservazione dell'eventuale intonaco e il collegamento con le altre parti della struttura; in particolare andrà evidenziata la tipologia della muratura (a un paramento, a due o più paramenti, con o senza collegamenti trasversali...) e le sue caratteristiche costruttive (eseguita in mattoni o in pietra, regolare, irregolare...); nel caso della presenza di solai piani, la qualità del collegamento tra gli orizzontamenti e le pareti verticali (presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento);

- nel caso di volte strutturali, l'individuazione delle catene presenti (tipologia, ancoraggio con la muratura), di eventuali frenelli o di archi di irrigidimento (emergenti estradossalmente o all'intradosso), di cappe armate o di altro dispositivo di irrigidimento;
- nel caso di volte non strutturali (canniccio o in camorcanna) la descrizione della tipologia della centina e l'individuazione di eventuali tiranti (puntoni) di collegamento presenti tra la centina e la copertura;
- l'individuazione di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture;
- l'individuazione di eventuali discontinuità strutturali presenti tra le diverse parti della fabbrica (macroelementi), le eventuali interazioni con corpi di fabbrica adiacenti, la interazione con gli apparati decorativi e i beni storico-artistici di grande massa, con gli apparati campanari e gli eventuali impianti tecnici; presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità (statue, guglie, ecc.).
- l'analisi di dettaglio delle modalità con cui le varie parti strutturali partecipano al comportamento d'insieme dell'organismo, tenendo altresì conto dello stato di degrado presente;
- l'individuazione delle condizioni di collasso della struttura già realizzate o potenziali, nel piano o fuori del piano; per quelle già realizzate occorrerà distinguere quelle storiche da quelle dovute all'ultimo evento sismico;
- il rilievo completo del quadro fessurativo e l'individuazione dei meccanismi che lo hanno determinato, riportato sul rilievo geometrico in scala non inferiore a 1:100. Le lesioni saranno classificate secondo la loro geometria (estensione, ampiezza) ed il loro cinematismo (distacco, rotazione, scorrimento, spostamento fuori dal piano). Successivamente, considerato che le fasi della conoscenza non sono sequenziali, potrà essere associato ad ogni lesione, o ad un insieme di lesioni, uno o più meccanismi di danno che siano compatibili con la geometria dell'organismo e della sua fondazione, con le trasformazioni subite, con i materiali presenti, con gli eventi subiti. In maniera simile le deformazioni andranno classificate secondo la

loro natura (evidenti fuori piombo, abbassamenti, rigonfiamenti, spanciamenti, depressioni nelle volte, ecc.) ed associate, se possibile, ai rispettivi meccanismi di danno.

- la descrizione dei beni di carattere storico-artistico fissi e mobili contenuti nell'edificio e l'individuazione dei danni subiti o potenziali.
- l'individuazione di fattori di degrado quali umidità, infestazioni biologiche e danni di natura chimico-fisica presenti nei materiali di costruzione.
- l'individuazione dei dettagli costruttivi che caratterizzano il singolo manufatto, in funzione delle indagini diagnostiche.

L'analisi potrà essere condotta attraverso un percorso logico che, partendo dal rilievo del danno e della tipologia costruttiva, consente di effettuare anche la scelta e la verifica degli interventi di riduzione della vulnerabilità sismica per meccanismi locali, secondo i passaggi sotto riportati.

- riconoscimento delle caratteristiche tipologiche del corpo di fabbrica svolto con il rilievo geometrico e l'analisi storico critica del manufatto;
- individuazione delle caratteristiche dei materiali da valutare con le indagini sul campo e in laboratorio illustrate al precedente punto 4);
- rilievo del danno da effettuare sulla base del rilievo del quadro fessurativo e della documentazione fotografica con l'obiettivo di individuare l'entità e la causalità del danno, graduato con la scala EMS 98, per i principali meccanismi di collasso che risultano essere stati attivati dalla crisi sismica;
- rilievo delle carenze costruttive del corpo di fabbrica: consiste nel riconoscere e nel valutare l'efficacia dei presidi sismici e degli indicatori di vulnerabilità presenti per i meccanismi di collasso attivabili a seguito di un evento sismico in relazione alle caratteristiche tipologiche e ai dettagli costruttivi rilevati per l'edificio e la formulazione di un giudizio di sintesi sulla vulnerabilità del corpo di fabbrica.
- scelta degli interventi di miglioramento sismico tenendo conto dell'efficacia dei presidi sismici e degli indicatori di vulnerabilità.

Il rilievo geometrico dovrà essere integrato dalla compilazione di moduli schedografici denominati morfologici (modulo C in Allegato A – Direttiva PCM del 12 ottobre 2007), che consentano di individuare univocamente gli elementi resistenti e i relativi rapporti costruttivi (Allegato B – Direttiva PCM del 12 ottobre 2007).

#### **7 Valutazione dell’impatto degli impianti tecnologici sugli elementi strutturali**

La verifica dovrà riportare l’analisi delle interferenze fra gli impianti tecnologici e gli elementi strutturali. In particolare dovranno essere evidenziate le riduzioni di sezione resistente degli elementi portanti orizzontali e verticali (fori, nicchie, riseghe,...) nonché i sovraccarichi concentrati e distribuiti, derivanti da centrali, UTA, serbatoi ecc. e le eventuali sollecitazioni dinamiche (vibrazioni, contraccolpi, pressioni).

#### **8 Analisi degli interventi di riduzione della vulnerabilità sismica.**

La ricerca dovrà prevedere l’analisi del manufatto, in relazione sia agli aspetti statici che a quelli funzionali, mettendo in conto i presidi individuati per la riduzione della vulnerabilità.

Nel caso di edifici di interesse culturale con struttura portante in muratura, per l’analisi dell’intervento e delle tecniche impiegate in relazione alla strategia scelta per la esecuzione delle opere, si dovrà fare riferimento alle indicazioni della “Direttiva PCM del 12 ottobre 2007”. L’analisi dovrà comprendere:

- la definizione dei criteri generali e delle tipologie di intervento
- la descrizione degli interventi di miglioramento sismico occorrenti per la mitigazione della vulnerabilità rilevata, con illustrazione delle tecniche di intervento;
- la valutazione della riduzione della vulnerabilità ad intervento eseguito.

Gli interventi riguardanti i presidi individuati dovranno essere dimensionati nel rispetto dei principi di economicità, conservazione del valore storico-artistico del bene, conformità alle regole dell’arte adottate al momento della costruzione dell’edificio e reversibilità nel tempo degli interventi.

### **Criteri generali di intervento:**

- consolidamento delle murature di scadente qualità;
- miglioramento dei collegamenti tra le strutture verticali e le strutture orizzontali;
- rinforzo degli elementi strutturali con incremento di duttilità;
- eliminazione di spinte non contrastate nelle coperture e nelle strutture ad arco;
- miglioramento della regolarità in pianta ed in elevazione e eventuale eliminazione e/o riduzione di interazioni con altri corpi di fabbrica;
- mitigazione degli effetti indotti da strutture rigide e pesanti di recente esecuzione (cemento armato) anche attraverso la loro demolizione;
- esecuzione di rinforzi localizzati con l'accortezza di non ridurre la duttilità della struttura;
- eliminazione delle cause di danno alle componenti artistiche e di finitura.

### **Principi generali per la scelta degli interventi (meccanismi locali)**

**Economicità.** L'economicità dell'intervento va valutata tra le possibili soluzioni di intervento a parità di efficacia del miglioramento sismico conseguibile. Ad esempio nel caso di ribaltamento di una parete tra gli interventi possibili (collegamento della facciata alle pareti laterali con due o più catene, miglioramento del collegamento dei cantonali alle pareti laterali, cerchiatura con profili in acciaio o FRP, ecc.) devono essere scelti quelli che consentono di ottenere il miglioramento sismico più efficace al minor costo (valutazione costi/benefici).

**Conservazione del valore storico artistico del bene e della regola dell'arte.** Il rilievo del danno alle chiese a seguito dei recenti terremoti ha evidenziato come molti interventi strutturali hanno accentuato il danno sismico alle strutture non assolvendo alla funzione per la quale erano stati progettati. Tra questi, in maggior misura, vi sono alcuni interventi moderni a base di calcestruzzo armato (cordoli pesanti, solai di copertura in c.a., cappe sulle volte, consolidamenti indiscriminati a base di cemento, perforazioni armate...) che hanno sostituito i materiali originali modificando, quindi, il bene architettonico nella sua con-

cezione originaria, impoverendolo sul piano del valore storico e nel mancato rispetto delle regole dell'arte. I manufatti storici in muratura, specie se a carattere monumentale sono, generalmente realizzati dalle migliori maestranze con materiali di buona qualità e presentano in genere un adeguato livello di sicurezza alle azioni ordinarie ed un'elevata durabilità; la loro presenza è già di per sé una testimonianza d'efficienza statica. I materiali adottati, naturali (pietra, legno) o artificiali (malte, laterizi), in alcuni casi migliorano addirittura nel tempo le loro caratteristiche meccaniche (malte di calce pozzolanica, legno) purché adeguatamente protetti attraverso una continua manutenzione (intonaco, manto di copertura, condizioni idrogeologiche in fondazione). L'evento sismico può costituire una sorta di collaudo ma, rappresenta anche un parziale azzeramento della storia sismica; inoltre, in molti casi, si è di fronte a fabbriche che non hanno mai subito l'intensità massima attesa per il sito e quindi per molti edifici manca un vero collaudo. Esistono ovviamente regole dell'arte specificatamente rivolte a cautelarsi da tale azione: la buona qualità degli ammorsamenti, l'uso d'architravi d'adeguata rigidità, la realizzazione di un comportamento scatolare tramite catene e cerchiature, l'inserimento di contrafforti a contrasto dei meccanismi di ribaltamento sono alcuni esempi di soluzioni tecnologiche frequentemente adottate nelle aree a maggior rischio sismico. In molti centri storici, infatti, è possibile individuare accorgimenti costruttivi, tutti risalenti allo stesso periodo storico, in genere immediatamente successivo ad un evento traumatico, messi in opera per attuare una sorta di miglioramento sismico durante gli interventi di riparazione dei danni.

Per le strutture murarie è importante anche la reversibilità dell'intervento che consente di conservare la scomposizione e lo smontaggio di molte parti strutturali senza compromettere il resto della struttura. Appare invece evidente quanto sia difficile se non impossibile rimuovere una cappa in calcestruzzo al di sopra di una volta o sostituire una copertura in cemento armato sopra una chiesa se non introducendo azioni traumatiche e non sopportabili dal monumento.

Effettuare inoltre una eventuale suddivisione dell'intervento di presi-

dio individuati in più lotti funzionali tenendo conto della esecuzione prioritaria degli interventi maggiormente efficaci e di costo limitato (ad esempio le catene) e successivamente gli interventi più invasivi e costosi quali il consolidamento delle strutture verticali ed orizzontali.

## 9 Valutazione della sicurezza strutturale

La valutazione della sicurezza strutturale dovrà essere condotta con riferimento alle combinazioni di carico previste dalle vigenti norme tecniche.

Per la valutazione della sicurezza strutturale in condizioni sismiche per i manufatti architettonici d'interesse storico artistico, dovrà farsi riferimento a quanto previsto nella "Direttiva per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale", pubblicata sul supplemento ordinario n. 24 della Gazzetta Ufficiale n. 25 del 29 gennaio 2008 e alle integrazioni ed aggiornamenti conseguenti la armonizzazione con il D.M. 14 gennaio 2008. In particolare dovranno essere effettuate:

- la valutazione della vulnerabilità sismica connessa ai meccanismi locali (modello LV2), attraverso metodi connessi all'analisi limite dell'equilibrio (Circolare n°617 del 2 febbraio 2009). Tale verifica sarà, inoltre, propedeutica all'individuazione degli interventi di presidio finalizzati alla riduzione della vulnerabilità nei confronti dell'attivazione di meccanismi locali.

La verifica sismica complessiva del manufatto, adottando, per tipologie riconducibili ad un comportamento scatolare, ad un modello di comportamento globale, attraverso l'analisi statica non lineare (l'analisi pushover), una volta valutata la vulnerabilità rispetto ai meccanismi locali e definiti gli eventuali presidi atti a garantire il comportamento scatolare. Si sottolinea come nel caso di edifici caratterizzati da grandi aule ed assenza di orizzontamenti intermedi (i.e.: chiese o edifici di culto) la verifica complessiva del manufatto potrà essere effettuata in analogia con l'approccio proposto per la valutazione della vulnerabilità sismica connessa ai meccanismi locali (modello LV2).

Per la valutazione della sicurezza strutturale in condizioni sismiche per

i manufatti non d'interesse storico artistico e per quelli in cemento armato dovrà farsi riferimento a quanto previsto nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

La valutazione della sicurezza non potrà ovviamente prescindere dalla valutazione del comportamento strutturale in condizione statica, che dovrà essere eventualmente migliorato con lo stesso approccio adottato per la progettazione di un intervento di miglioramento sismico.

La relazione di calcolo dovrà specificare le norme di riferimento, la qualità e le caratteristiche meccaniche dei materiali, le verifiche atte a dimostrare quantitativamente il livello di protezione conseguito a seguito dell'intervento di presidio proposto.

La parte di relazione relativa all'analisi ed alle verifiche svolte mediante l'uso dei codici di calcolo dovrà essere redatta, dove possibile, secondo quanto disposto dal punto 10.2 delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008 ed alle istruzioni NTC di cui alla Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617.

Andranno opportunamente evidenziati i valori numerici significativi ai fini delle verifiche di sicurezza (Report di sintesi dei risultati significativi – Allegato A).

Andrà infine riportato:

- la valutazione dell'attendibilità delle scelte operate per la schematizzazione e la modellazione della struttura e delle azioni.

La relazione dovrà infine contenere il pre-dimensionamento e i relativi elaborati grafici dell'eventuale intervento di presidio per la riduzione delle vulnerabilità locali.

## **10 Report di sintesi dei risultati significativi**

Dovrà essere compilato in tutte le sue parti il report riportato nell'allegato A - Report di sintesi dei risultati significativi

## **11 Stima dei costi dei presidi necessari a ridurre le vulnerabilità locali**

La stima dei costi dei presidi necessari a ridurre le vulnerabilità locali andrà effettuata sulla base del prezzario regionale in vigore.

## 12 Piano di monitoraggio dell'opera

Ove ritenuto necessario per fenomeni in atto o dalla complessità degli interventi previsti si dovrà predisporre uno specifico piano di monitoraggio.

Il controllo periodico della costruzione rappresenta il principale strumento per una consapevole conservazione, in quanto consente di programmare la manutenzione ed attuare in tempo, quando realmente necessari, gli interventi di riparazione, in caso di danno strutturale, e di consolidamento, finalizzato alla prevenzione.

Per la valutazione dei livelli di sicurezza sismica, inoltre la definizione di un programma di monitoraggio è fondamentale per garantire alla costruzione la vita nominale prevista.

Per impostare un programma di monitoraggio è necessario eseguire preventivamente un'accurata analisi del funzionamento strutturale, e quindi un'interpretazione dei dissesti in atto, in modo da definire i parametri più significativi che, misurati in continuo o con scadenze temporali adeguate, consentono di certificarne il buon comportamento ovvero di valutare eventuali evoluzioni pericolose per la stabilità di insieme o di singole parti dell'edificio.

Il monitoraggio visivo, inteso come controllo periodico dell'insorgenza di stati fessurativi, fenomeni di degrado, trasformazioni nella struttura e nell'ambiente circostante, rappresenta il punto di partenza di tale attività. Informazioni aggiuntive possono essere acquisite attraverso il monitoraggio strumentale di alcuni parametri ritenuti significativi (movimento delle lesioni, spostamenti assoluti o relativi di punti della costruzione, rotazione di pareti o altri elementi). Il movimento delle lesioni può essere controllato pressoché in continuo e a distanza; occorre tuttavia considerare che, in relazione alla tipologia di dissesto, le soglie di pericolosità di tali spostamenti relativi possono essere anche molto diverse. Il controllo geometrico della costruzione può essere eseguito mediante procedure di rilievo topografico, fotogrammetrico, o utilizzando tecniche innovative, come la nuvola di punti generata dal laser scanner (ovviamente tale metodologia non risulta esclusiva e deve essere attentamente valutata la precisione fornita in relazione alle soglie

di movimento ritenute significative). Il progetto di monitoraggio richiede una preliminare interpretazione del meccanismo di dissesto, che può spesso essere eseguita grazie alla meccanica dell'equilibrio delle murature considerate come corpo rigido; ciò permette di individuare una serie di punti notevoli da controllare. In alcuni casi, quando l'eventuale dissesto è ben compreso e possono essere definite soglie di sicurezza, il monitoraggio può rappresentare un'alternativa all'intervento, a vantaggio della conservazione.

Le proprietà dinamiche della struttura (frequenze e forme proprie di vibrazione) sono anch'esse parametri significativi del comportamento di una costruzione. In presenza di dissesti o trasformazioni della costruzione e del suo uso, queste grandezze subiscono delle alterazioni. Allo stato attuale delle conoscenze, l'identificazione del danno sulla base di una variazione delle proprietà dinamiche è molto difficile; inoltre, è noto che le costruzioni in muratura sono caratterizzate da un comportamento fortemente non lineare e ciò rende problematico il ricorso a parametri rappresentativi di un comportamento lineare equivalente. Tuttavia, il controllo di alcuni parametri della risposta dinamica, o eccitata artificialmente o mediante vibrazioni ambientali, può, in alcuni casi, rappresentare uno dei possibili elementi per l'identificazione di un cambiamento manifestatosi nella costruzione. La scelta dei parametri e l'interpretazione delle misure dinamiche vanno giustificate in relazione alla tipologia di dissesto ed agli scopi delle indagini.

### **13 Relazione finale**

Sulla base delle risultanze dell'analisi storico-critica, dei rilievi, dell'indagine e delle valutazioni numeriche, la relazione generale dovrà evidenziare i criteri utilizzati per la valutazione della sicurezza strutturale, una valutazione sintetica sui risultati ottenuti nonché i criteri per la scelta dei presidi ritenuti necessari a ridurre la vulnerabilità sismica nei confronti dei meccanismi di crisi locali. Dovrà fornire, inoltre, indicazioni sulle tipologie di intervento necessarie a ridurre la vulnerabilità sismica nei confronti dei meccanismi di crisi locali indicandone gli obiettivi e le finalità.



**SCHEDA DI SINTESI DELLA VERIFICA SISMICA DI EDIFICI SENSIBILI AI FINI DELLA MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO**

(DM 14/01/2008 – Direttiva PCM 12/10/2007)

<b>1) Identificazione dell'edificio</b>		Spazio riservato MiBAC	
Regione	Codice Istat	Codice MiBAC    N° progressivo intervento	
		Scheda n°	Data
Provincia	Codice Istat	Complesso edilizio composto da edifici	
		Codice identificativo	
Comune	Codice Istat	Dati Catastali	Foglio                      Allegato
Frazione/Localtà		Particelle	
Indirizzo		Posizione edificio    1 O Isolato    2 O Interno    3 O D'estremità    4 O D'angolo	
		Coordinate geografiche ( ED50 – UTM fuso 32-33)	
		E	Fuso
Num. Civico	C.A.P.	N	

Denominazione edificio
Proprietario
Utilizzatore

<b>2) Dati dimensionali ed età costruzione/ristrutturazione</b>						
N° Piani totali con interrati	Altezza media di piano [m]	Superficie media di piano [m <sup>2</sup> ]	Volume oggetto di verifica [m <sup>3</sup> ]	D	Anno di progettazione	1800
A	B	C	H	E	Anno di ultimazione della costruzione	1900
F <input type="checkbox"/> Nessun intervento eseguito sulla struttura dopo la costruzione						
G Anno di progettazione ultimo intervento eseguito sulla struttura 1970				G1	O Adeg.	G2 O Miglior. G3 O Altro

<b>3) Materiale strutturale principale della struttura verticale</b>							
Cemento armato	Acciaio	Acciaio-calcestruzzo	Muratura	Legno	Misto (Muratura e c.a.)	Prefabbricati in c.a. o c.a.p.	Altro (specificare)
							H
A O	B O	C O	D O	E O	F O	G O	

<b>4) Dati di esposizione</b>
Numero di persone mediamente presenti durante la fruizione ordinaria dell'edificio

<b>5) Dati geomorfologici</b>					
Morfologia del sito				Fenomeni franosi	
A O Cresta/Dirupo	B O Pendio Forte	C O Pendio leggero	D O Pianura	E O Assenti	F O Presenti

<b>6) Destinazione d'uso</b>	
A Originaria	Codice d'uso
B Attuale	Codice d'uso

7) Descrizione degli eventuali interventi strutturali eseguiti		
A	Sopraelevazione	<input type="checkbox"/>
B	Ampliamento	<input type="checkbox"/>
C	Variazione di destinazione che ha comportato un incremento dei carichi originari al singolo piano superiore al 20%	<input type="checkbox"/>
D	Interventi strutturali volti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.	<input type="checkbox"/>
E	Interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche, rinnovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, allorché detti interventi implicino sostanziali alterazioni del comportamento globale dell'edificio stesso.	<input type="checkbox"/>
F	Interventi di miglioramento sismico.	<input type="checkbox"/>
G	Interventi di sola riparazione dei danni strutturali.	<input type="checkbox"/>
H	Interventi di consolidamento delle strutture esistenti eseguiti in assenza di normative sismiche specifiche.	<input type="checkbox"/>

8) Eventi significativi subiti dalla struttura			9) Perimetrazione ai sensi del D.L. 180/1998	
Tipologia evento	Data	Tipologia Intervento	SI 0 o – NO 0 1 NB: In caso affermativo compilare la matrice sottostante	
1) Codice evento			Area R4	Area R3
2) Codice evento		1) Frana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Codice evento		2) Alluvione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10) Tipologia ed organizzazione del sistema resistente (cemento armato)		11) Tipologia ed organizzazione del sistema resistente (acciaio)	
1) Struttura a telai in c.a. in due direzioni	O	1) Struttura intelaiata	O
2) Struttura a telai in c.a. in una sola direzione	O	2) Struttura con controventi reticolari concentrici	O
3) Struttura a pareti in c.a. in due direzioni	O	3) Struttura con controventi eccentrici	O
4) Struttura a pareti in c.a. in una sola direzione	O	4) Struttura a mensola o a pendolo invertito	O
5) Struttura mista telaio-pareti	O	5) Struttura intelaiata controventata	O
6) Struttura a nucleo	O	6) Altro	O
7) Altro	O		

12) Tipologia ed organizzazione del sistema resistente (muratura)								
	Tipologia base	Eventuali caratteristiche migliorative						
		Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente o ampio	Iniezioni di malta	Intonaco armato
	1	2	3	4	5	6	7	8
1) Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Muratura a blocchi lapidei squadrate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Muratura in mattoni pieni e malta di calce	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Muratura in blocchi laterizi forati (percentuale di foratura < 45%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Muratura in blocchi laterizi forati, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) Muratura in blocchi di calcestruzzo (percentuale di foratura tra 45% e 65%)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) Altro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13) Diaframmi orizzontali (cemento armato, acciaio, muratura)		14) Copertura (cemento armato, acciaio, muratura)	
1) Volte senza catene	<input type="checkbox"/>	1) Copertura spingente pesante	<input type="radio"/>
2) Volte con catene	<input type="checkbox"/>	2) Copertura non spingente pesante	<input type="radio"/>
3) Diaframmi flessibili (travi in legno con semplice tavolato, travi e voltine,...)	<input type="checkbox"/>	3) Copertura spingente leggera	<input type="radio"/>
4) Diaframmi semirigidi (travi in legno con doppio tavolato, travi e tavelloni,...)	<input type="checkbox"/>	4) Copertura non spingente leggera	<input type="radio"/>
5) Diaframmi rigidi (solai di c.a., travi ben collegate a solette di c.a., lamiera grecata con soletta in c.a., .....)	<input type="checkbox"/>	5) Altro	<input type="radio"/>
6) Altro	<input type="checkbox"/>		

15) Distribuzione tamponature (cemento armato ed acciaio)		16) Fondazioni	
1) Distribuzione irregolare delle tamponature in pianta	<input type="checkbox"/>	1) Plinti isolati	<input type="checkbox"/>
2) Distribuzione irregolare delle tamponature sull'altezza dell'edificio	<input type="checkbox"/>	2) Plinti collegati	<input type="checkbox"/>
3) Tamponature tali da individuare pilastri corti	<input type="checkbox"/>	3) Travi rovesce	<input type="checkbox"/>
4) Tamponature senza misure a contrasto di collassi fragili ed espulsione in direzione perpendicolare al pannello	<input type="checkbox"/>	4) Platea	<input type="checkbox"/>
5) Altro	<input type="checkbox"/>	5) Fondazioni profonde	<input type="checkbox"/>
		6) Fondazioni a quote diverse	<input type="checkbox"/>
			SI O 0 – NO O 1

17) Periodo di riferimento															
A	VR = 75 anni	<input type="radio"/>	B	VR = 100 anni	<input type="radio"/>	C	VR = 150 anni	<input type="radio"/>	D	VR = 200 anni	<input type="radio"/>	E	Altro	<input type="radio"/>	

18) Classificazione sismica				
	STATI LIMITE ( $P_{VR}$ )			
Parametro relativo a suolo rigido e con superficie topografica orizzontale (di categoria A)	SLO (81%)	SLD (63%)	SLV (10%)	SLC (5%)
1) Valore dell'accelerazione orizzontale massima $a_g$ (g)				
2) Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, $F_0$				
3) Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro $T_c$ (sec.)				

19) Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche			
1	Base dati per l'attribuzione della categoria di sottosuolo	1) Carte geologiche disponibili	<input type="checkbox"/>
		2) Indagini esistenti	<input type="checkbox"/>
		3) Prove in situ effettuate appositamente	<input type="checkbox"/>
2	Descrizione indagini effettuate o già disponibili	1) Sondaggi	<input type="checkbox"/>
		2) Prova Standard Penetration Test (SPT) o Cone Penetration Test (CPT)	<input type="checkbox"/>
		3) Prospezione sismica in foro (Down-Hole o Cross-Hole)	<input type="checkbox"/>
		4) Prova sismica superficiale a rifrazione	<input type="checkbox"/>
		5) Analisi granulometrica	<input type="checkbox"/>
		6) Prove triassiali	<input type="checkbox"/>
		7) Prove di taglio diretto	<input type="checkbox"/>
		8) Altro	<input type="checkbox"/>

3	Eventuali anomalie	1) Presenza di cavità			SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>		
		2) Presenza di terreni di fondazione di natura significativamente diversa			SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>		
4	Velocità equivalente onde di taglio $V_{s30}$ m/s	5	Numero di colpi equivalente $N_{SPT,30}$ colpi	7	Coesione non drenata equivalente $c_{u,30}$ kPa		
8	Susceptibilità alla liquefazione  SI 19S-1 0 – NO 19S0 1  NB: In caso affermativo compilare la parte destra	1) Profondità della falda da piano di campagna			$Z_w$		
		2) Profondità della fondazione rispetto al piano di campagna			$Z_g$		
		3) Presenza di terreni a grana grossa sotto la quota di falda entro i primi 15 m di profondità:			SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>		
		densità		sciolti	medie	dense	
		Spessore					
		3.1) Sabbie fini m		O	O	O	
3.2) Sabbie medie m		O	O	O			
3.3) Sabbie grosse m		O	O	O			
9	Categoria di sottosuolo (NTC, Tabb. 3.2.II e 3.2.III)	10	Coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e periodo $T_c$ (sec.)				
			STATI LIMITE ( $P_{VR}$ )				
				SLO (81%)	SLD (63%)	SLV (10%)	SLC (5%)
			$S_s$				
			$T_b$				
	$T_c$						
	$T_d$						
11	Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$ (NTC: Tabb. 3.2.IV, 3.2.VI)	Categoria Topografica	h/H	12	Valori di $S_s$ , $T_c$ ed $S_T$ dedotti da studi di RSL SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>		

## 20) Regolarità dell'edificio

A	La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
B	Qual è il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui l'edificio risulta inscritto ?	
C	Qual è il massimo valore di rientri o sporgenze espresso in % della dimensione totale dell'edificio nella corrispondente direzione?	
D	I solai possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
E	Qual è la minima estensione verticale di un elemento resistente dell'edificio (quali telai o pareti) espressa in % dell'altezza dell'edificio ?	
F	Quali sono le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza espresse in % della massa e della rigidezza del piano contiguo con valori più elevati ?	
G	Quali sono i massimi restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio, in % alla dimensione corrispondente al primo piano ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante. Nel calcolo può essere escluso l'ultimo piano di edifici di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	
H	Sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (es. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grandi dimensioni in muratura, controsoffitti pesanti) ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
I	Giudizio finale sulla regolarità dell'edificio, ottenuto in relazione alle risposte fornite dal punto A al punto H	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>

## 21) Fattore di confidenza

A	Determinato secondo le tabelle dell'appendice C.8.A. alla Circolare	O
B	Determinato secondo la Direttiva PCM 12/10/2007	O
C	Valore assunto per le analisi	O

22) Livello di conoscenza NTC - 2008			
A	Indicare il livello di conoscenza raggiunto solo se il fattore di confidenza è stato determinato secondo le tabelle dell'Appendice C.8.A della Circolare alle NTC 2008	LC1: Conoscenza Limitata (FC 1.35)	O
B		LC2: Conoscenza Adeguata (FC 1.20)	O
C		LC3: Conoscenza Accurata (FC 1.00)	O
D	Geometria (Carpenteria) (cemento armato, acciaio)	1) Disegni originali con rilievo visivo a campione	O
		2) Rilievo ex-novo completo	O
E	Dettagli strutturali (cemento armato, acciaio)	1) Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in-situ	O
		2) Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ	O
		3) Estese verifiche in-situ	O
		4) Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ	O
		5) Esaustive verifiche in-situ	O
F	Proprietà dei materiali (cemento armato, acciaio)	1) Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in-situ	O
		2) Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ	O
		3) Estese prove in-situ	O
		4) Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ	O
		5) Esaustive prove in-situ	O
G	Quantità di rilievi dei dettagli costruttivi (cemento armato)	1) Elemento primario trave	%
		2) Elemento primario pilastro	%
		3) Elemento primario parete	%
		4) Elemento primario nodo	%
		5) Elemento primario altro (specificare)	%
H	Quantità prove svolte sui materiali (cemento armato)	1) Elemento primario trave	1 -Provini cls 2 -Provini acciaio
		2) Elemento primario pilastro	1 -Provini cls 2 -Provini acciaio
		3) Elemento primario parete	1 -Provini cls 2 -Provini acciaio
		4) Elemento primario nodo	1 -Provini cls 2 -Provini acciaio
		5) Elemento primario altro (specificare)	1 -Provini cls 2 -Provini acciaio
		6) Eventuali prove non distruttive svolte (elencare): a) b) c)	
I	Quantità di rilievi dei collegamenti (acciaio)	1) Elemento primario trave	%
		2) Elemento primario pilastro	%
		3) Elemento primario nodo	%
		4) Elemento primario altro (specificare)	%
L	Quantità prove svolte sui materiali (acciaio)	1) Elemento primario trave	1 -Provini acciaio 2 -Provini bulloni/chiodi
		2) Elemento primario pilastro	1 -Provini acciaio 2 -Provini bulloni/chiodi
		4) Elemento primario nodo	1 -Provini acciaio 2 -Provini bulloni/chiodi
		5) Elemento primario altro (specificare)	1 -Provini acciaio 2 -Provini bulloni/chiodi
M	Geometria (Carpenteria) (muratura)	1) Disegni originali con rilievo visivo a campione per ciascun piano	<input type="checkbox"/>
		2) Rilievo strutturale	<input type="checkbox"/>
		3) Rilievo del quadro fessurativo	<input type="checkbox"/>

<b>N</b>	Dettagli strutturali (muratura)	1) Limitate verifiche in-situ	O
		2) Estese ed esaustive verifiche in-situ	O
		3) Buona qualità del collegamento tra pareti verticali ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
		4) Buona qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
		5) Presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
		6) Esistenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
		7) Presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
		8) Presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità ?	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>
<b>O</b>	Proprietà dei materiali (muratura)	1) Limitate indagini in-situ	O
		2) Estese indagini in-situ	O
		3) Esaustive indagini in-situ	O
<b>P</b>	Edificio semplice	1) Rispondenza alla definizione DM 14-01-2008 par. 7.8.1.9	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>

### 22 bis) Livello di conoscenza Direttiva PCM 12 ottobre 2007

<b>A</b>	Rilievo geometrico	1) Rilievo geometrico completo	<input type="checkbox"/>
		2) Rilievo geometrico completo con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	Rilievo materico e dei dettagli costruttivi (muratura)	1) Limitato rilievo materico e dei dettagli costruttivi	<input type="checkbox"/>
		2) Esteso rilievo materico e dei dettagli costruttivi	<input type="checkbox"/>
		3) Esaustivo rilievo materico e dei dettagli costruttivi	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	Proprietà meccaniche dei materiali (muratura)	1) Parametri meccanici desunti da dati già disponibili	<input type="checkbox"/>
		2) Limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali	<input type="checkbox"/>
		3) Estese indagini sui parametri meccanici dei materiali	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	Terreno e fondazioni	1) Limitate indagini sul terreno e fondazioni	<input type="checkbox"/>
		2) Disponibilità di dati geologici e sulle strutture fondazionali	<input type="checkbox"/>
		3) Estese o esaustive indagini sul terreno e sulle fondazioni	<input type="checkbox"/>

### 23) Resistenza dei materiali (valori medi utilizzati nell'analisi)

		1	2	3	4	5	6	7	8
		Cls fondazione	Cls elevazione	Acciaio in barre	Acciaio profilati	Bulloni chiodi	Muratura 1	Muratura 2	Altro
<b>A</b>	Resistenza a Compressione (N/mm <sup>2</sup> )								
<b>B</b>	Resistenza a Trazione (N/mm <sup>2</sup> )								
<b>C</b>	Resistenza a taglio (N/mm <sup>2</sup> )								
<b>D</b>	Modulo di elasticità Normale (GPa)								
<b>E</b>	Modulo di elasticità Tangenziale (GPa)								

### 24) Metodo di analisi

<b>A</b>	Analisi statica lineare	O	<b>E</b>	Fattore di struttura q =	
<b>B</b>	Analisi dinamica lineare	O			
<b>C</b>	Analisi statica non lineare	O	<b>F</b>	Sono state effettuate analisi cinematiche	SI O <sub>0</sub> – NO O <sub>1</sub>

D	Analisi dinamica non lineare	O		
---	------------------------------	---	--	--

24 bis) Metodo di analisi limite dell'equilibrio				
A	Analisi cinematica lineare	O	D	Numero di Meccanismi di danno analizzati
B	Analisi cinematica non lineare	O		Numero di Meccanismi di danno analizzati
C	Fattore di struttura $q =$			

25) Modellazione della struttura				
A	Due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale, considerando l'eccentricità accidentale			O
B	Modello tridimensionale con combinazione dei valori massimi			O
C	Periodi fondamentali	Direzione X sec	Direzione Y sec	
D	Masse partecipanti	Direzione X %	Direzione Y %	
Rigidità flessionale ed a taglio		1	2	3
		Non fessurata	Fessurata	con una riduzione del
				determinata dal legame costitutivo utilizzato
E	Elementi trave	O	O	%
F	Elementi pilastro	O	O	%
G	Muratura	O	O	%
H	Altro elem. 1(specificare)	O	O	%
I	Altro elem. 2(specificare)	O	O	%

26) Risultati dell'analisi: capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno per diversi SL										
		Tipo di rottura								Tutti
		cemento armato, acciaio				muratura				
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		Verifiche a taglio	Verifiche dei nodi	Verifiche di deformazione o di resistenza a flessione o pressoflessione	Capacità limite del terreno di fondazione	Capacità limite fondazioni	Verifiche di deformazione nel piano o globali per analisi statica non lineare	Verifiche fuori dal piano	Verifiche di resistenza nel piano	Deformazione di danno
A	PGA <sub>CLC</sub>									
B	PGA <sub>CLV</sub>									
C	PGA <sub>CLD</sub>									
D	PGA <sub>CLO</sub>									
E	TR <sub>RCLC</sub>									
F	TR <sub>RCLV</sub>									
G	TR <sub>RCLD</sub>									
H	TR <sub>RCLO</sub>									

27) Domanda: valori di riferimento delle accelerazioni e dei periodi di ritorno dell'azione sismica			
Stato limite		Accelerazione (g)	TRD (anni)
A	Stato limite di collasso (SLC)	PGA <sub>DLC</sub>	TR <sub>DLC</sub>
B	Stato limite di salvaguardia (SLV)	PGA <sub>DLV</sub>	TR <sub>DLV</sub>
C	Stato limite di danno (SLD)	PGA <sub>DLD</sub>	TR <sub>DLD</sub>
D	Stato limite di operatività (SLO)	PGA <sub>DLO</sub>	TR <sub>DLO</sub>
E	Stato limite beni artistici (SLA)	PGA <sub>DLA</sub>	TR <sub>DLA</sub>

28) Indice di sicurezza			
		A	
		Valore assunto per il coefficiente "a"	
Stato limite		Rapporto fra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno elevato ad a
B	di collasso ( $\alpha_{uc}$ )	$= (PGA_{CLC} / PGA_{DLC})$	$= (TR_{CLC} / TR_{DLC})^a$
C	per la vita ( $\alpha_{lv}$ )	$= (PGA_{CLV} / PGA_{DLV})$	$= (TR_{CLV} / TR_{DLV})^a$
D	di inagibilità ( $\alpha_{ed}$ )	$= (PGA_{CLD} / PGA_{DLD})$	$= (TR_{CLD} / TR_{DLD})^a$
E	per l'operatività ( $\alpha_{eo}$ )	$= (PGA_{CLO} / PGA_{DLO})$	$= (TR_{CLO} / TR_{DLO})^a$
F	per beni artistici ( $\alpha_{eo}$ )	$= (PGA_{CLA} / PGA_{DLA})$	$= (TR_{CLA} / TR_{DLA})^a$

29) Previsione di massima di possibili interventi di miglioramento			
A	Criticità che condizionano maggiormente la capacità	1 <input type="checkbox"/> fondazioni	4 <input type="checkbox"/> setti
		2 <input type="checkbox"/> travi	5 <input type="checkbox"/> murature
		3 <input type="checkbox"/> pilastri	6 <input type="checkbox"/> solai
B	Interventi migliorativi prevedibili	7 <input type="checkbox"/> coperture	8 <input type="checkbox"/> scale
		9 <input type="checkbox"/> altro	
C	Stima dell'estensione degli interventi in relazione alla volumetria totale della struttura	1 <input type="checkbox"/> interventi in fondazione	4 <input type="checkbox"/> aumento resistenza muri
		2 <input type="checkbox"/> aumento resist./duttii sezioni	5 <input type="checkbox"/> tiranti, cordoli, catene
		3 <input type="checkbox"/> nodi/collegamenti telai	6 <input type="checkbox"/> solai o coperture
D	Stima dell' incremento di capacità conseguibile con gli interventi	Codice intervento 1 - % percentuale volumetrica dell'edificio interessata dall'intervento	
		Codice intervento 2 - % percentuale volumetrica dell'edificio interessata dall'intervento	
		Codice intervento 3 - % percentuale volumetrica dell'edificio interessata dall'intervento	
		1 <input type="checkbox"/> SLC	Codice intervento 1 PGA1 g approssimazione $\pm$ g
		2 <input type="checkbox"/> SLV	Codice intervento 2 PGA2 g approssimazione $\pm$ g
		3 <input type="checkbox"/> SLD	Codice intervento 3 PGA3 g approssimazione $\pm$ g

30) Note

Tecnico incarico della verifica sismica	Firma
Nome	_____ 
Cognome	

## ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

La scheda va compilata per un intero edificio intendendo per edificio una unità strutturale "cielo terra", individuabile per omogeneità delle caratteristiche strutturali e quindi distinguibile dagli edifici adiacenti per tali caratteristiche e anche per differenza di altezza e/o età di costruzione e/o piani sfalsati, etc.

La scheda è divisa in 30 paragrafi. Le informazioni sono generalmente definite annerendo le caselle corrispondenti; quelle rappresentate con il simbolo (o) rappresentano una scelta univoca, mentre quelle rappresentate con il simbolo (□) rappresentano una multiscelta. Dove sono presenti le caselle [ ] si deve scrivere in stampatello, nel caso delle lettere partendo da sinistra nel caso dei numeri da destra.

Ogni scheda deve riportare la data del censimento (campo "data") ed un numero progressivo univoco (campo "Scheda n.") assegnato direttamente dal soggetto proprietario. Qualora l'edificio faccia parte di un complesso edilizio composto da più edifici (ad esempio un complesso scolastico composto da edifici strutturalmente indipendenti: edificio aule; edificio palestra), occorre indicare anche il numero complessivo di edifici di cui si compone il complesso.

Al Dipartimento della Protezione Civile è riservato il campo in alto a destra della scheda nel quale sarà riportato un codice univoco.

La scheda deve essere firmata e timbrata dal beneficiario dei contributi ex-ordd. 3362/04 e 3376/04 e dal tecnico incaricato della verifica.

Nel seguito delle note esplicative si farà riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni emanate con Decreto del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 e relative Circolari, indicate nel seguito come "NTC" o come "Norma" ed alla Direttiva del 12 ottobre 2007, armonizzata con la Norma Tecnica 2008.

### Paragrafo 1 - Identificazione dell'edificio.

Occorre indicare se l'edificio è compreso nei programmi di verifiche finanziati con OPCM n. 3362/04 inserendo il repertorio del DPCM che ha finanziato la verifica, ed il numero progressivo della verifica nell'ambito del DPCM.

Indicare la tipologia di edificio nelle due classi di edificio strategico o rilevante in caso di collasso.

Per gli edifici di competenza statale tale tipologia è desumibile dagli elenchi A e B approvati con decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21/10/2003. Nel campo "*Codice identificativo*" deve essere riportato il codice alfanumerico di tre caratteri composto dalla lettera dell'elenco (A o B) cui appartiene l'edificio, dal numero del paragrafo (per gli edifici è sempre "1") e dal numero del sottoparagrafo (ad esempio per gli edifici delle Forze di Polizia il codice identificativo è A14, per gli edifici pubblici o comunque destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali siano normalmente presenti comunità di dimensioni significative, il relativo codice è B11). Per gli edifici di competenza regionale tale tipologia è desumibile dagli elenchi approvati con le rispettive Delibere di Giunta Regionale. Non essendo possibile avere una codificazione univoca per tutte le Regioni e Province autonome, nel campo "*Codice identificativo*" deve essere riportato un codice alfanumerico di tre caratteri pari a C10 per gli edifici classificati come strategici ai fini della protezione civile e pari a D10 per gli edifici classificati come rilevanti in caso di collasso post-sisma. La codifica di dettaglio dell'uso degli edifici di competenza regionale è riportata nel paragrafo 6.

In relazione alla collocazione dell'edificio, si devono compilare i campi "*Regione*", "*Provincia*", "*Comune*" e "*Frazione/Località*" secondo la denominazione dell'Istat (ad esempio LAZIO, ROMA, SANTA MARINELLA). Analogamente si devono compilare i relativi codici Istat nei campi "*Istat Reg.*", "*Istat Prov.*" e "*Istat Comune*".

Nella sezione "*Indirizzo*" riportare l'indirizzo completo dell'opera (utilizzare la codifica Istat: via, viale, piazza, corso, etc.) senza abbreviazioni e comprensivo di codice di avviamento postale e numero civico.

Nella sezione "*Dati catastali*" riportare i dati catastali di foglio, allegato e particelle necessari per identificare l'opera.

La sezione "*Posizione edificio*" individua l'opera nell'ambito dell'eventuale aggregato edilizio. Se l'edificio non è isolato su tutti i lati, va indicata la sua posizione all'interno dell'aggregato (Interno, d'estremità, angolo).

Nella sezione "*Coordinate geografiche*" si devono riportare le coordinate del baricentro approssimato dell'edificio, indicate nel sistema European Datum ED50 proiezione Universale Trasversa di Mercatore (UTM), fuso 32-33. Nei campi "*E*" e "*N*" vanno rispettivamente indicate le coordinate chilometriche (espresse in metri) Est e Nord. Nel campo "*Fuso*" va indicato il numero del fuso di appartenenza della proiezione Universale Trasversa di Mercatore che per l'Italia vale 32 o 33. I dati possono essere acquisiti con un sistema GPS.

Nella sezione "*Denominazione edificio*" riportare la denominazione estesa, senza abbreviazioni, dell'edificio (es. SCUOLA ELEMENTARE ALESSANDRO VOLTA, CASERMA VIGILI DEL FUOCO).

Nelle sezioni "*Proprietario*" e "*Utilizzatore*", riportare rispettivamente il nome del proprietario o del legale rappresentante dell'Ente proprietario dell'edificio e, se diverso dal precedente, il nome dell'utilizzatore.

### Paragrafo 2 – Dati dimensionali e età di costruzione/ristrutturazione

Nel campo "*N° piani totali con interrati*" indicare il numero di piani complessivi dell'edificio dallo spiccato di fondazioni incluso quello di sottotetto solo se praticabile. Computare interrati i piani mediamente interrati per più di metà della loro altezza.

Nel campo "*Altezza media di piano*" indicare l'altezza (in metri) che meglio approssima la media delle altezze di piano presenti.

Nel campo "*Superficie media di piano*" indicare la superficie che meglio approssima la media delle superfici di tutti i piani.

Nel campo "*Anno di progettazione*" indicare l'anno in cui il progetto esecutivo è stato approvato dall'Ente appaltante (l'anno del rilascio della concessione/autorizzazione per gli edifici privati).

Nel campo "*Anno di ultimazione della costruzione*" indicare l'anno di ultimazione dei lavori.

Qualora dopo la costruzione dell'edificio, non è stato eseguito alcun tipo di intervento sulla struttura, annerire la casella "F" "*Nessun intervento eseguito sulla struttura dopo la costruzione*". Viceversa nella casella "G" deve essere indicato l'anno di progettazione dell'ultimo intervento effettivamente realizzato sulla struttura ed anche la corrispondente tipologia d'intervento, distinta in "*Adeguamento sismico*" – casella "G1", "*Miglioramento sismico*" – casella "G2", "*Altro*" – casella "G3". Con "*Altro*" s'intende un intervento non classificabile come adeguamento/miglioramento sismico, ma che ha comunque interessato le parti strutturali dell'edificio.

### Paragrafo 3 - Materiale strutturale principale della struttura verticale

Indicare la tipologia di materiale strutturale principale della struttura verticale dell'edificio, secondo la ripartizione riportata nell'allegato 2 dell'ordinanza n. 3274/2003 e s.m.i. Gli edifici si considerano con strutture di c.a. o d'acciaio, se l'intera struttura portante è in c.a. o in acciaio. Situazioni miste (mur.-c.a. e mur.-acciaio) vanno indicate nella colonna F o H (campo "Altro").

### Paragrafo 4 – Dati di esposizione

Indicare il numero di persone mediamente presenti durante la fruizione ordinaria dell'edificio. Tale numero è il prodotto del numero di persone mediamente presenti per la frazione di giorno in cui sono presenti (ad es. se in un edificio sono presenti mediamente 500 persone per 8 ore al giorno, il valore da riportare è pari a 167, ottenuto come il prodotto di 500 per 8/24).

#### Paragrafo 5 - Dati geomorfologici

Individuare la morfologia del sito e gli eventuali fenomeni franosi del terreno su cui insiste l'opera o che potrebbero coinvolgerla.

#### Paragrafo 6 – Destinazione d'uso

Indicare la destinazione d'uso dell'edificio originaria del progetto e quella attuale. Il codice d'uso deve essere scelto tra quelli riportati nella tabella seguente (adattamento della codifica GNDT):

CODICE	DESTINAZIONE	CODICE	DESTINAZIONE	CODICE	DESTINAZIONE
S00	Strutture per l'istruzione	S24	A.S.L. (Azienda Sanitaria)	S45	Centro Operativo Misto (COM)
S01	Nido	S25	INAM - INPS e simili	S46	Centro Operativo Comunale (COC)
S02	Scuola materna	S30	Attività collettive civili	S50	Attività collettive militari
S03	Scuola elementare	S31	Stato (uffici tecnici)	S52	Carabinieri e Pubblica Sicurezza
S04	Scuola Media inferiore	S32	Stato (Uffici amm.vi, finanziari)	S53	Vigili del Fuoco
S05	Scuola Media superiore	S33	Regione	S54	Guardia di Finanza
S06	Liceo	S34	Provincia	S55	Corpo Forestale dello Stato
S07	Istituto professionale	S35	Comunità Montana	S60	Attività collettive religiose
S08	Istituto Tecnico	S36	Municipio	S61	Servizi parrocchiali
S09	Università (Fac. umanistiche)	S37	Sede comunale decentrata	S62	Edifici per il culto
S10	Università (Fac. scientifiche)	S38	Prefettura	S80	Strutture per mobilità e trasporto
S11	Accademia e Conservatorio	S39	Poste e Telegrafi	S81	Stazione ferroviaria
S12	Uffici provveditorato e Rettorato	S40	Centro civico - Centro per riunioni	S82	Stazione autobus
S20	Strutture Ospedaliere e sanitarie	S41	Museo – Biblioteca	S83	Stazione aeroportuale
S21	Ospedale	S42	Carceri	S84	Stazione navale
S22	Casa di Cura	S43	Direzione Comando e Controllo (DICOMAC)		
S23	Presidio sanitario – Ambulatorio	S44	Centro Coordinamento Soccorsi (CCS)		

#### Paragrafo 7 – Descrizione degli eventuali interventi strutturali eseguiti

Indicare la tipologia degli eventuali interventi eseguiti sulla struttura che hanno modificato in maniera significativa il comportamento strutturale. Interventi di adeguamento sismico devono essere segnalati nel paragrafo 2, punto G1.

#### Paragrafo 8 – Eventi significativi subiti dalla struttura

Indicare il tipo di evento che ha danneggiato la struttura in maniera evidente, la data in cui esso è avvenuto, e la tipologia di intervento strutturale eventualmente eseguita a seguito dell'evento. I codici che descrivono la tipologia di evento sono: T =Terremoto; F =Frana; A =Alluvione; I=Incendio o scoppio; C=cedimento fondale. I codici che descrivono la tipologia di intervento sono quelli riportati nella paragrafo 7.

#### Paragrafo 9 – Perimetrazione ai sensi del D.L. 180/1998

Indicare se la struttura è situata in una area soggetta a rischio idrogeologico perimetrata, ai sensi del D.L. 11 giugno 1998 n.180, come zona R3 o R4.

#### Paragrafo 10 – Tipologia ed organizzazione del sistema resistente (cemento armato)

Descrivere la tipologia strutturale nel caso di strutture sismo-resistenti in cemento armato secondo la classifica riportata.

#### Paragrafo 11 – Tipologia ed organizzazione del sistema resistente (acciaio)

Descrivere la tipologia strutturale nel caso di strutture sismo-resistenti in acciaio classificate secondo la classifica riportata.

#### Paragrafo 12 – Tipologia ed organizzazione del sistema resistente (muratura)

Descrivere la tipologia strutturale nel caso di strutture sismo-resistenti in muratura classificate secondo quanto stabilito nell'appendice alla Circolare relativa alle NTC. La descrizione viene effettuata in modalità multiscelta selezionando innanzitutto, sulla colonna 1 le tipologie di muratura presenti (si consiglia di limitarsi a quelle più diffuse e di non eccedere tre – quattro scelte). Nelle colonne da 2 a 5 devono essere poi indicate le eventuali caratteristiche migliorative della muratura, in accordo con le descrizioni contenute nella predetta Appendice.

#### Paragrafo 13 – Diaframmi orizzontali (cemento armato, acciaio, muratura)

Indicare la tipologia degli orizzontamenti. Nella scheda si distinguono le strutture orizzontali piane da quelle a volta, e nell'ambito di ciascuna di queste classi principali, si opera un'ulteriore distinzione in relazione alle caratteristiche che possono avere riflessi importanti sul comportamento d'insieme dell'organismo strutturale.

Per *solai flessibili* si intendono: solai in legno a semplice o doppia orditura (travi e travicelli) con tavolato ligneo semplice o elementi laterizi (mezzane), eventualmente finito con caldana in battuto di lapillo o materiali di risulta; solai in putrelle e volte realizzate in mattoni, pietra o conglomerati. In entrambi i casi se è stato realizzato un irrigidimento, mediante tavolato doppio o soletta armata ben collegata alle travi, tali solai potrebbero intendersi rigidi o semirigidi, in base al livello di collegamento tra gli elementi.

Per *solai semirigidi* si intendono: solai in legno con doppio tavolato incrociato eventualmente finito con una soletta di ripartizione in cemento armato; solai in putrelle e tavelloni ad intradosso piano; solai in laterizi prefabbricati tipo SAP senza soletta superiore armata.

Per *solai rigidi* si intendono: solai in cemento armato a soletta piena; solai in latero-cemento con elementi laterizi e travetti in opera o prefabbricati, o comunque solai dotati di soletta superiore di c.a. adeguatamente armata, connessa a tutte le murature e connessa fra campo e campo.

#### Paragrafo 14 – Copertura (cemento armato, acciaio, muratura)

Il comportamento della copertura, che può influenzare la prestazione dell'edificio in caso di terremoto, viene riassunto attraverso due caratteristiche: il peso della copertura e la presenza di spinte non contrastate sulle murature perimetrali, anche solo per azioni verticali. Riguardo al peso si intendono generalmente leggere coperture in acciaio o legno (salvo il caso di lastre o tegole pesanti, ad esempio in pietra naturale); coperture pesanti sono invece quelle in cemento armato. Riguardo all'effetto spingente si terrà conto dello schema statico della copertura (appoggi su muri di spina, travi rigide di colmo, capriate a spinta eliminata) e della eventuale presenza e/o efficacia di elementi di contrasto o equilibrio delle spinte orizzontali (cordoli, catene).

#### Paragrafo 15 – Distribuzione tamponature (cemento armato ed acciaio)

La distribuzione e la realizzazione delle tamponature può influenzare le condizioni di simmetria, determinare l'eventuale concentrazione di reazioni sulla struttura ed anche costituire una sorgente di rischio in caso di rottura. Le tamponature da prendere in considerazione sono quelle aventi uno spessore di almeno 10 cm ed inserite nella maglia strutturale.

Una *Distribuzione irregolare delle tamponature in pianta* si ha quando le tamponature esterne non sono disposte su tutta la maglia strutturale e/o che la tipologia delle tamponature utilizzate è significativamente differente. Tali dissimmetrie possono sensibilmente aumentare gli effetti di rotazione dei piani favorendo l'incremento delle sollecitazioni e degli spostamenti su pochi elementi strutturali.

Una *Distribuzione irregolare delle tamponature in altezza sull'intero edificio* implica che la maglia strutturale non è chiusa dalle tamponature su tutti i livelli. Si possono in tal caso determinare concentrazioni di danno ad alcuni piani caratterizzati da una significativa riduzione dei tamponamenti.

Una *Distribuzione parziale delle tamponature in altezza sul pilastro (pilastri tozzi)*, come avviene, ad esempio, nel caso di finestre a nastro, può determinare un aumento delle forze di taglio su detti pilastri a causa della loro maggiore rigidità, ed una maggiore fragilità degli stessi.

Le *Tamponature senza misure a contrasto di collassi fragili ed espulsione in direzione perpendicolare al pannello* costituiscono una particolare sorgente di rischio in caso di sisma perché possono determinare la caduta di masse significative. Ricadono in questa categoria, ad esempio, le tamponature che non sono collegate alla struttura portante o che non hanno sufficiente resistenza fuori dal piano. Qualora siano presenti situazioni non ricomprese nelle precedenti usare la voce *Altro*.

#### Paragrafo 16 – Fondazioni

Va indicata la tipologia delle fondazioni e l'eventuale sfalsamento della quota delle stesse.

#### Paragrafo 17 – Periodo di riferimento

Le costruzioni sono classificate in base a due grandezze: la vita nominale  $V_N$  e la classe d'uso  $C_U$ . La vita nominale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata: tale periodo varia in funzione dell'importanza dell'opera in termini generali (dimensione, costo...). La classe d'uso riguarda le azioni sismiche. Per le opere oggetto di verifica sismica ai sensi dell'Ordinanza 3274: ossia quelle di interesse strategico per finalità di protezione civile e quelle suscettibili di conseguenze rilevanti in caso di collasso, le azioni sismiche sono superiori a quelle richieste per costruzioni ordinarie. Le opere strategiche (ad esempio ospedali, municipi, caserme dei vigili del fuoco) devono essere operative dopo un sisma per consentire l'assistenza alla popolazione. Le seconde (rilevanti, ad esempio scuole, teatri) devono avere una bassa probabilità di collasso in caso di terremoto al fine di limitare il numero di vittime, i danni per l'ambiente o per il patrimonio culturale.

Le NTC codificano quanto esposto attraverso il periodo di riferimento dell'azione sismica  $V_R = V_N C_U$ . In sostanza aumentando  $V_R$  aumenta l'azione sismica di riferimento per l'opera rispetto a tutti gli stati limite considerati. Nella tabella seguente sono riportati i periodi di riferimento per i vari tipi di costruzione e classi d'uso. Le situazioni in cui è prevista la verifica obbligatoria ai sensi dell'OPCM 3274 non ricadono in generale nella categoria delle opere provvisorie/provisionali o in fase costruttiva, né nelle classi d'uso I e II.

Tabella C8.1 Periodo di riferimento dell'azione sismica  $V_R = V_N C_U$  (anni)

TIPI DI COSTRUZIONE	Classe d'uso →	I	II	III	IV
	Coeff. $C_U$ →	0,70	1,00	1,50	2,00
	$V_N$	$V_R$			
Opere provvisorie – Opere provisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

#### Paragrafo 18 – Pericolosità sismica di base

Le NTC forniscono i dati necessari per definire la pericolosità sismica in condizioni ideali di sito rigido e con superficie topografica orizzontale per tutto il territorio nazionale e per diversi periodi di ritorno. In particolare gli spettri di risposta elastici sono definiti dai parametri  $a_g$ ,  $F_a$  e  $T_C$  per periodi di ritorno  $T_R$  compresi fra 30 e 2475 anni. L'Allegato A fornisce le indicazioni per ottenere i valori dei parametri per qualunque periodo di ritorno interpolando fra quelli forniti. In questo paragrafo si richiede di inserire i valori dei summenzionati parametri relativi ai periodi di ritorno di riferimento per gli stati limite considerati nella verifica. Viene richiesta per tutte le opere in classe III e IV la verifica nei confronti di uno stato limite ultimo (SLV o SLC) e dei due stati limite di esercizio (SLO e SLD) (NTC Par. 7.1).

I periodi di ritorno ( $T_R$ ) associati ai diversi stati limite dipendono dalla probabilità di superamento di ciascuno di essi nel periodo di riferimento  $V_R$  dell'opera secondo la legge  $T_R = -V_R \ln(1-P_{VR})$ . Per valori inferiori a 30 anni si assume 30 anni, per valori superiori a 2475 anni si assume 2475 anni. Nelle due tabelle seguenti si riportano per ciascuno stato limite le probabilità ( $P_{VR}$ ) di superamento in  $V_R$ , le espressioni di  $T_R$  derivanti dalla legge sopra riportata, l'espressione della funzione  $T_R(V_R)$  e i valori di  $T_R$  corrispondenti a diversi  $V_R$ .

			Valori di $T_R$ (anni) per $V_R$ relativi alle $V_w$ 50 e 100 anni e alle classi d'uso III e IV				
Stati Limite	$P_{VR}$	$T_R$	$V_R=75$	$V_R=100$	$V_R=150$	$V_R=200$	
SLE	SLO	81%	$0.6 V_R^{(1)}$	45	60	90	120
	SLD	63%	$T_R$	75	100	150	200
SLU	SLV	10%	$9,50 V_R$	712	949	1424	1898
	SLC	5%	$19,50 V_R^{(2)}$	1462	1950	2475	2475

(1) non inferiore a 30 anni; (2) non superiore a 2475 anni

#### Paragrafo 19 – Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche (NTC par. 3.2.2)

Al punto 1 indicare la metodologia utilizzata per l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione necessaria per la definizione della azione sismica di progetto. Al punto 2 indicare il tipo di indagini effettuate o già disponibili. Al punto 3 indicare la presenza di eventuali anomalie nel terreno di fondazione, quali cavità e/o la presenza di terreni di fondazione di natura significativamente diversa.

Al punti 4,5,6,7, indicare i parametri del terreno che consentono di attribuire la categoria: il valore della velocità media onde di taglio  $V_{s30}$  nei primi 30 metri misurati dal piano delle fondazioni (in m/s), calcolato secondo la formula 3.2.1 del paragrafo 3.2.2 delle NTC; la resistenza penetrometrica media  $N_{SPT}$  (in numero di colpi); la resistenza media alla punta  $q_c$  (in kPa); la coesione non drenata media  $c_u$  (in kPa). Al punto 8 vengono chieste informazioni circa la suscettibilità alla liquefazione, da compilare solo quando sussistono contemporaneamente le condizioni previste dalle NTC in termini di accelerazione al suolo superiore ad una soglia minima ( $S a_0 > 0.10$ ) e assenza di significative frazioni di terreno fine. Devono essere riportate: la profondità (in m) della falda e della fondazione rispetto al piano di campagna (nel caso di fondazioni a quote diverse fornire quella relativa all'estensione massima); l'indicazione della presenza o meno di terreni a grana grossa sotto la quota di falda entro i primi 15 m di profondità; lo spessore (in m) e la relativa densità dei terreni incoerenti suddivisi in sabbie fini, medie e grosse.

Al punto 9 indicare la categoria di sottosuolo di fondazione così come indicata in Tab 3.2.II della NTC.

Al punto 10 fornire i valori dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tener conto dell'influenza delle condizioni stratigrafiche locali: il fattore di amplificazione  $S_s$  ed il periodo  $T_c$  di transizione fra il ramo ad accelerazione costante ed il ramo a velocità costante dello spettro di risposta. Si assume che tali parametri dedotti dalla Tabella 3.2.V della Norma; nel caso in cui essi derivino da più approfonditi studi di risposta sismica locale (RSL) ciò va segnalato nel campo 12.

Al punto 11 è chiesto il valore del coefficiente di amplificazione topografica: si evidenzia che nel caso di studi specifici di risposta sismica locale effettuati con modelli 2D o 3D, gli effetti dei due fenomeni (topografia e stratigrafia) sono tenuti in conto complessivamente.

#### Paragrafo 20 – Regolarità dell'edificio

Le condizioni di regolarità dell'edificio determinano il tipo di analisi da effettuare. La regolarità strutturale in pianta è data essenzialmente da una forma compatta, dalla simmetria di masse e rigidezze, mentre quella in altezza è data essenzialmente dalla presenza di elementi resistenti ad azioni orizzontali estesi a tutta l'altezza, dalla variazione graduale di massa e di rigidezza con l'altezza e dalla ridotta entità delle variazioni, fra piani adiacenti, dei rapporti tra resistenza di piano effettiva e resistenza richiesta.

Ai fini del giudizio positivo di regolarità occorre che:

- la pianta sia simmetrica nelle due direzioni, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze;
- il valore del rapporto tra i due lati, escludendo sporgenze e superfetazioni, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze, non sia superiore a 4;
- il valore massimo dei rientri o sporgenze espresso in percentuale, non sia superiore al 25%;
- i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti;
- la minima estensione verticale di un elemento resistente (quali telai e pareti), sia pari all'altezza dell'edificio in corrispondenza dell'elemento;
- le massime variazioni da un piano all'altro di massa e rigidezza non siano superiori al 20% della massa e della rigidezza del piano contiguo con valori più elevati;
- i massimi restringimenti della sezione orizzontale dell'edificio, in % alla dimensione corrispondente al primo piano ed a quella corrispondente al piano immediatamente sottostante, siano rispettivamente inferiori al 30% e 10 %; nel calcolo può essere escluso l'ultimo piano di edifici di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento;
- se sono presenti elementi non strutturali particolarmente vulnerabili o in grado di influire negativamente sulla risposta della struttura (es. tamponamenti rigidi distribuiti in modo irregolare in pianta o in elevazione, camini o parapetti di grandi dimensioni in muratura); Un edificio con fondazioni approssimativamente allo stesso livello e che non abbia subito trasformazioni, sarà considerato regolare se rispetta tutti i requisiti sopra indicati.

#### Paragrafo 21 – Fattori di confidenza

Il fattore di confidenza FC si determina in funzione del livello di conoscenza raggiunto (Par. 22). Qui segnalare se il valore numerico di FC è desunto dalla tabella della Circolare alle Norme o se è derivato dalla Direttiva PCM. In quest'ultimo caso riportare il valore.

#### Paragrafo 22 – Livello di conoscenza

Nel paragrafo 22 deve essere indicato il livello di conoscenza della struttura ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali. La circolare alle NTC definisce i tre livelli di conoscenza LC1, LC2 ed LC3.

Gli aspetti da considerare per la definizione del livello di conoscenza sono:

- *geometria*, ossia le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali;
- *dettagli strutturali*, ossia la quantità e disposizione delle armature, compreso il passo delle staffe e la loro chiusura, per il c.a., i collegamenti per l'acciaio, i collegamenti tra elementi strutturali diversi, la consistenza degli elementi non strutturali collaboranti;
- *materiali*, ossia le proprietà meccaniche dei materiali.

#### Paragrafo 23 – Resistenza dei materiali (valori medi utilizzati nell'analisi)

Nel paragrafo 23 viene chiesto di indicare la resistenza (in  $N/mm^2$ ) dei materiali strutturali utilizzati nelle analisi, quindi già affetti dal coefficiente parziale sulle resistenze e, ove necessario, dal fattore di confidenza. Per il calcestruzzo è possibile indicare le caratteristiche di quello usato in fondazione e di quello usato in elevazione. Per l'acciaio in barre per il c.a., l'acciaio in profilati e per i bulloni e chiodi indicare i valori medi del materiale prevalente nella struttura. Nel caso delle murature è possibile indicare due qualità di materiali, se

Ministero dei Beni e delle Attività Culturali

significativamente diversi tra loro. In caso di materiali non ricompresi nei precedenti casi, ma di rilevanza strutturale (es. fibre), utilizzare la voce *Altro*.

#### **Paragrafo 24 – Metodo di analisi**

Indicare il metodo di analisi utilizzato (par. 7.3 delle Norme e parr. C8.7.1.4 e C8.7.2.4 della Circolare). Nel caso in cui si esegua l'analisi lineare, statica o dinamica, con il metodo del fattore di struttura  $q$ , va indicato il valore assunto per esso. Per edifici esistenti  $q$  è scelto nel campo fra 1,5 e 3,0 sulla base della regolarità nonché dei tassi di lavoro dei materiali sotto le azioni statiche. Valori superiori a quelli indicati devono essere adeguatamente giustificati con riferimento alla duttilità disponibile a livello locale e globale.

#### **Paragrafo 25 – Modellazione della struttura**

Indicare il tipo di modello utilizzato. Il modello della struttura su cui verrà effettuata l'analisi deve rappresentare in modo adeguato la distribuzione di massa e rigidezza effettiva considerando, laddove appropriato (come da indicazioni specifiche per ogni tipo strutturale), il contributo degli elementi non strutturali.

In generale il modello della struttura è costituito da elementi resistenti piani a telaio o a parete connessi da diaframmi orizzontali.

Gli edifici regolari in pianta ai sensi del punto 7.2.2 delle NTC possono essere analizzati considerando due modelli piani separati, uno per ciascuna direzione principale.

Indicare i periodi fondamentali della struttura espressi in secondi. Nel caso di analisi statica lineare e dinamica modale tali periodi sono intesi come quelli dei modi fondamentali (approssimati, nel caso di analisi statica). Nel caso di analisi statica non lineare i periodi sono quelli dell'oscillatore equivalente ad un grado di libertà. Sono anche richieste le masse partecipanti espresse come percentuale della massa totale dell'edificio. Nel caso di analisi dinamica modale fornire i valori corrispondenti ai periodi fondamentali. Nel caso di analisi statica non lineare fornire le masse efficaci nelle due direzioni.

Infine viene richiesta la rigidezza flessionale ed a taglio degli elementi trave, pilastro e muratura. In caso d'utilizzo della rigidezza fessurata deve essere indicata anche la riduzione percentuale adottata nell'analisi.

#### **Paragrafo 26 – Risultati dell'analisi: Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno per diversi SL**

La valutazione della sicurezza consiste nel determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali. L'entità dell'azione sismica sostenibile è denominata Capacità, l'entità dell'azione sismica attesa è denominata Domanda. Entrambe vanno determinate per i due stati limite considerati (SLO ed SLV, oppure SLD ed SLV etc.).

Un modo sintetico ed esaustivo di esprimere l'entità dell'azione sismica, e quindi di Capacità e Domanda è il relativo periodo di ritorno  $T_R$ , tuttavia è opportuno riportare i risultati della valutazione anche in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo, anche se questa grandezza, da sola, non descrive l'intero spettro ma solo un punto di esso.

Viene quindi richiesto di riportare i valori di accelerazione al suolo ( $PGA_C$ ) e di periodo di ritorno ( $T_{RC}$ ) corrispondenti al raggiungimento dei diversi stati limite:

$PGA_{CLC}$  = capacità per lo stato limite di prevenzione del collasso (SLC) – la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

$PGA_{CLV}$  = capacità per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) - la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

$PGA_{CLD}$  = capacità per lo stato limite di danno (SLD) - la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

$PGA_{CLO}$  = capacità per lo stato limite di operatività (SLO) la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.

Analogamente per i periodi di ritorno  $T_{RC}$ , i cui indici diventano  $T_{RCLC}$ ,  $T_{RCLV}$ ,  $T_{RCLD}$  e  $T_{RCLO}$  rispettivamente per gli stati limite SLC, SLV, SLD ed SLO. Ovviamente vanno compilati i soli valori relativi agli stati limite considerati nell'analisi. Si ricorda che la verifica per lo SLO è richiesta per le opere in classe IV, quella per lo SLD per le opere in classe III. La verifica per lo SLV può essere effettuata nei confronti dello SLV o SLC. Per gli edifici in muratura si assume che la verifica dello SLV implichi anche la verifica dello SLC (Circolare C8.7.1.1)

I diversi stati limite possono essere raggiunti per differenti elementi o meccanismi: ad esempio il superamento della resistenza di elementi fragili (taglio o nodi) o il superamento della capacità di deformazione di elementi duttili (rotazione rispetto alla corda), in tabella vanno riportati i valori di  $PGA_C$  e  $T_{RC}$  corrispondenti all'attivazione dei diversi SL per diversi elementi o meccanismi.

La  $PGA$  che viene riportata comprende gli effetti eventuali di amplificazione locale ( $S_s$ ,  $S_T$  e  $C_c$ )

Il professionista è incoraggiato a non fermare l'analisi all'attivazione del primo meccanismo ma a portarla avanti in modo da poter valutare cosa accadrebbe se quel meccanismo venisse disattivato grazie ad un opportuno intervento (ad esempio se il primo meccanismo è un collasso a taglio, spingere comunque oltre l'analisi per vedere se, eliminato quel meccanismo, aumenta in modo significativo la capacità e da quale meccanismo è determinata. In questo modo il professionista potrà anche fornire una proiezione di estensione di possibili interventi e degli aumenti di capacità che ne conseguirebbero.

Le analisi lineari e quelle statiche non lineari consentono di eseguire in modo più agevole questo tipo di valutazioni.

#### **Paragrafo 27 – Domanda: valori di riferimento delle accelerazioni e dei periodi di ritorno dell'azione sismica**

Nel paragrafo 27 devono essere indicati i valori che caratterizzano la domanda per i diversi stati limite, in termini sia di accelerazioni al suolo sia di periodi di ritorno dell'azione sismica di riferimento:

Le grandezze di interesse si determinano dall'Allegato A alle NTC (vedi par. 18) tenendo conto dei periodi di riferimento (vedi par. 17), degli effetti di modifica locale dell'azione sismica (vedi par. 19), e dello stato limite considerato.

Si determina la Domanda in termini di  $PGA$  definendo, per gli stati limite considerati nella verifica, i valori delle accelerazioni di picco al suolo:  $PGA_{DLC}$ ,  $PGA_{DLV}$ ,  $PGA_{DLD}$ ,  $PGA_{DLO}$  e i valori dei periodi di ritorno associati all'azione sismica:  $T_{RDLC}$ ,  $T_{RDLV}$ ,  $T_{RDLD}$  e  $T_{RDLO}$  rispettivamente per gli stati limite SLC, SLV, SLD ed SLO.

#### **Paragrafo 28 – Indicatori di rischio**

Si definiscono due tipi di indicatori di rischio: il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di  $PGA$  ed il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica.

Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate fino a tutto il 2007, quindi in coerenza con gli Allegati all'Ordinanza 3274 e s.m.i. e con il Decreto del Capo Dipartimento n. 3685 del 2003. Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con le NTC (D.M. 14.1.08), non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Esso, tuttavia, continua a rappresentare una "scala di percezione" del rischio, ormai largamente utilizzata e con la quale è bene mantenere una affinità. Viene quindi introdotto il secondo rapporto, fra i periodi di ritorno di Capacità e Domanda. Quest'ultimo, però, darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno), che sono tipicamente concave. Al fine di ottenere una scala di rischio simile alla precedente, quindi, il rapporto fra i periodi di ritorno viene elevato ad un coefficiente "a". In assenza di valutazioni specifiche è possibile assegnare ad "a" il valore 0.41 ottenuto dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

$\alpha_{uc}$  è un indicatore del rischio di collasso,  $\alpha_{iv}$  del rischio per la vita, mentre  $\alpha_{ed}$  è un indicatore del rischio di inagibilità dell'opera ed  $\alpha_{e0}$  del rischio di non operatività. Valori prossimi o superiori all'unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

Gli indicatori di rischio, nel caso di finanziamento delle verifiche o degli interventi ex OPCM 3362 e 3376, sono utilizzati per determinare l'importo del contributo attribuibile all'edificio per il quale è stata condotta l'analisi. Per quanto riguarda lo SLO una analisi accurata richiede la verifica di elementi non strutturali ed impianti che condizionano la funzione. Questa tipo di verifica non era prevista nelle Norme precedenti l'OPCM3274/03 e quindi presumibilmente in molti casi fornirà risultati molto bassi. D'altro canto la risorsa economica necessaria a risolvere questo tipo di criticità potrebbe essere anche limitata e trovare capienza nell'ambito di normali interventi di adeguamento tecnologico.

#### **Paragrafo 29 – Previsione di massima dei possibili interventi di miglioramento**

In questo paragrafo è richiesta una stima di massima degli interventi migliorativi della capacità dell'edificio. Il giudizio si articola in tre passi e parte dai risultati dell'analisi effettuata, che consentono di individuare gli elementi critici per la struttura.

- A) Indicare quali elementi o sistemi condizionano maggiormente il valore della capacità. Segnarne orientativamente non più di 3.
- B) Indicare qualitativamente quali tipi di intervento potrebbero porre rimedio alle carenze più gravi evidenziate in A); i 3 più importanti.
- C) Stimare orientativamente la percentuale del volume dell'edificio che potrebbe essere interessata da ciascuna delle tipologie di intervento segnalate in B).
- D) Stimare orientativamente quale valore finale di capacità potrebbe essere ottenuto avendo eseguito gli interventi indicati in B e C: nelle caselle da 1 a 3 va indicato a quale S.L. si riferisce la stima (in genere  $SL_{DS}$ ), nei campi 4, 5 e 6 va riportata la stima del valore finale di capacità in termini di PGA ottenibile dopo l'esecuzione degli interventi ed una stima della approssimazione (p.es  $\pm 0.05$  g). e non si è in grado di stabilire l'incidenza di ciascun intervento non barrare il codice di intervento e fornire solo i valori di PGA1 e approssimazione.

#### **Paragrafo 30 – Note**

In questo paragrafo è possibile riportare qualsiasi informazione ritenuta utile e non codificata nei paragrafi precedenti (es. presenza di eventuali giunti strutturali e loro efficacia, PGA per meccanismi di danno/collasso superiori al primo, etc).

In particolare, ai fini della verifica dello SLO è opportuno riportare situazioni di criticità riscontrate agli elementi non strutturali ed alle apparecchiature rilevanti alla funzione dell'edificio in relazione a quanto previsto nei par. 7.2.3 e 7.2.4 delle NTC. Utili riferimenti al riguardo, relativi alla funzionalità degli ospedali, possono essere trovati anche nelle "Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica e della funzionalità degli ospedali", emanate dal Ministero della Salute nel 2002 e nei rapporti ATC 51 "Raccomandazioni congiunte Stati Uniti – Italia per il miglioramento della sicurezza sismica degli ospedali in Italia" ed ATC 51-2 "Raccomandazioni congiunte Stati Uniti – Italia per il controventamento e l'ancoraggio dei componenti non strutturali negli ospedali italiani".

Per quanto riguarda la prosecuzione dell'analisi oltre il primo meccanismo, essa è utile per capire quale sia la possibilità di miglioramento della struttura. In particolare è molto utile se la PGA minima è determinata da rotture o meccanismi localizzati e prematuri, in quanto consente di capire di quanto potrebbe aumentare la capacità complessiva intervenendo su porzioni modeste della struttura.