

ART. I - PREMESSE e GENERALITÀ

Il presente documento fornisce istruzioni tecniche per lo svolgimento delle attività relative alla verifica tecnica di sicurezza strutturale, verifica di vulnerabilità sismica, classificazione e rischio sismico, verifica di vulnerabilità degli elementi non strutturali, l'indicazione degli interventi di miglioramento/adequamento necessari per la mitigazione delle vulnerabilità riscontrate, compilazione di schede di sintesi della verifica sismica, mediante rilievi, campagne di indagini diagnostiche e relative attività edili accessorie, modellazioni numeriche, analisi strutturali, il tutto riferito agli immobili scolastici di proprietà del Comune di Trieste tenendo conto della necessità di garantire l'erogazione dei servizi pubblici in strutture aperte al pubblico e suscettibili di affollamento.

Le attività devono essere condotte in conformità alle vigenti norme tecniche statali e regionali, con particolare riferimento al DM 17/01/2018 dd. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni, la Circolare applicativa delle Norme Tecniche sulle Costruzioni 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP, le Ordinanze Presidente Consiglio dei Ministri 3274, 3431, 3362, i DM n. 58-65/2017, le Norme sulle opere pubbliche (Dlgs n° 50/2016 e DPR 207/10 per le parti vigenti), il Dlgs. 81/2008 e s.m.i. ed altro.

Le verifiche devono necessariamente essere svolte prendendo in considerazione le caratteristiche morfologiche degli edifici, sia nel caso di entità strutturali singole sia nel caso di aggregati strutturali tenendo conto delle possibili interazioni tra edifici adiacenti: un aggregato strutturale è costituito da un insieme di elementi strutturali non omogenei che possono interagire sotto un'azione sismica (o dinamica in genere), può quindi essere costituito da uno o più edifici accorpatisi. Per accorpamento si deve intendere un contatto o un collegamento più o meno efficace tra edifici con caratteristiche costruttive generalmente diverse. All'interno degli aggregati strutturali si individuano gli edifici, definiti come unità strutturali omogenee da cielo a terra e, in genere, distinguibili dagli altri adiacenti, per almeno una delle seguenti caratteristiche che individua un comportamento dinamico distinto: tipologia costruttiva, differenza di altezza, irregolarità planimetrica con parti non collegate efficacemente, età di costruzione, sfalsamento dei piani, talvolta, ristrutturazioni da cielo a terra. La presenza di un giunto di separazione, ove ritenuto efficace ai fini sismici, dà luogo alla individuazione di due aggregati strutturali ben distinti.

Per le attività di verifica oggetto dell'incarico, sono stati identificati alcuni passaggi fondamentali che prevedono l'acquisizione dei dati relativi al contesto territoriale e delle caratteristiche strutturali necessarie alla modellazione matematica dell'edificio nonché dell'analisi numerica tesa alla valutazione della sicurezza globale e locale per ogni stato limite considerato. Sulla base di tali attività di verifica dovrà essere articolata la prestazione e la relativa documentazione prodotta in base agli articoli presenti e descritti nel presente disciplinare tecnico.

ART. 2 - ANALISI STORICO CRITICA DELL'EDIFICIO

La conoscenza del processo di costruzione di un edificio, le sue successive modifiche e gli eventi straordinari che lo hanno interessato sono elementi fondamentali per valutare un eventuale stato di danno e individuarne le possibili vulnerabilità. Come criterio generale per la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi per le costruzioni esistenti, come descritto al capitolo 8.2 delle NTC 2018, si deve tenere conto che la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione, che in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione, che può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti e che le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, anche alla situazione originaria. Le NTC 2018, citano che "ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che l'hanno interessata".

L'Ente metterà pertanto a disposizione la **possibilità di accedere agli archivi** esistenti nei vari Dipartimenti dell'Amministrazione Comunale di Trieste, a quelli del Genio Civile e dell'Archivio di Stato nonché agli archivi di qualsiasi altro Ente, per la ricerca, lo studio e la consultazione dei dati informativi, geometrici, degli elaborati progettuali e di qualsiasi altra documentazione che risulti disponibile e reperibile, depositata agli atti ed in possesso dei vari uffici. A titolo di esempio esplicativo e non esaustivo: disegni architettonici, elaborati strutturali, relazioni di calcolo, certificati di collaudo, documenti di cantiere, notizie storiche sul progetto, normativa vigenti all'epoca, modifiche successive alla realizzazione, condizioni di manutenzione, interventi di rafforzamento già eseguiti, relazioni geologiche del territorio in cui inserito l'edificio, studi di microzonazione sismica di primo e secondo livello. La documentazione dovrà essere verificata a cura e spesa del professionista e nulla potrà pretendere dal Committente nel caso di non rispondenza alla situazione reale. Negli archivi dell'Amministrazione Comunale al Professionista è concessa la possibilità di poter ricevere copie cartacee dei documenti rinvenuti o, in alternativa, la possibilità che possano essere riprodotti da lui medesimo con mezzi fotografici; in ambedue i casi senza spesa alcuna. Non è concessa invece la possibilità di asportare fuori dagli archivi, stanze o qualsiasi locale dell'Amministrazione, la documentazione eventualmente rinvenuta.

ART. 3 - DEFINIZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL TERRITORIO IN CUI E' INSERITO L'EDIFICIO

La definizione del rischio sismico inizia dallo **studio del territorio** in cui è inserito l'edificio: le mappature sismiche allegare alle normative definiscono una classificazione sismica territoriale a cui corrisponde una determinata pericolosità; integrando le informazioni relative al terreno si correla la pericolosità territoriale, definita dalle mappature, alle vulnerabilità intrinseche dell'edificio, determinandone il rischio sismico. E' necessario che vengano acquisite le informazioni relative alle caratteristiche morfologiche del sito, nella misura necessaria alla definizione dell'azione sismica di riferimento (effetti stratigrafici, topografici, etc.) e alla valutazione della sicurezza delle strutture di fondazione: i metodi per la definizione di dette caratteristiche possono variare significativamente, anche in funzione della documentazione a disposizione e della presenza o meno di eventuali problematiche connesse alle fondazioni ed al terreno di sedime. Prima di avviare le indagini, il Professionista dovrà acquisire tutte le informazioni necessarie sulla presenza di sottoservizi e redigere, laddove necessario, una planimetria con l'indicazione di questi affinché le esplorazioni e quan'altro non arrechino danni ai sottoservizi.

Per definire i livelli di accelerazione al suolo corrispondenti al raggiungimento dei differenti stati limite ed i loro rapporti con le accelerazioni di riferimento è necessario individuare le situazioni geologiche e geotecniche a contorno dell'area di sedime dell'opera nelle loro situazioni attuali e nel loro stato evolutivo. I modelli geologico e geotecnico dovranno ricostruire i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e geotecnici dell'area di sedime ed essere sviluppati in modo da costituire utile elemento quantitativo, e non solo qualitativo, di riferimento. Lo Strutturista dovrà avvalersi del Geologo per raggiungere il livello di conoscenza richiesto mentre il Geologo, investito da incarico professionale, dovrà redigere una relazione che sarà parte integrante della Verifica Tecnica e compilare la Scheda di Sintesi nei paragrafi di propria competenza. Il Geologo abilitato che redigerà e firmerà la relazione geologica dovrà essere membro della compagine sociale esecutrice ovvero costituire un "raggruppamento temporaneo".

Per comprendere le caratteristiche del sito ed effettuare la verifica sismica dell'edificio è indispensabile una corretta e completa ricostruzione del modello geologico e geotecnico all'interno del quale inserire la struttura in oggetto.

La **caratterizzazione geologica** del sito, come riportato al capitolo 6.2.1 delle NTC 2018, consiste nella comprensione e descrizione dei seguenti aspetti relativi al sito in esame, al fine di definire il modello geologico: assetto geologico, ricostruzione stratigrafica, caratteristiche sismiche, assetto idrogeologico (con

particolare riferimento alla vulnerabilità), caratteri geomorfologici, caratteri geostrutturali. I parametri geologici devono essere desunti dalle indagini che il geologo effettuerà. L'ampiezza dei rilevamenti dovrà permettere di valutare in maniera oggettiva lo stato di fatto della situazione geologica al contorno e la sua eventuale evoluzione che possa presagire fenomeni di instabilità in caso di evento sismico; geologicamente dovranno essere valutate le condizioni che possono provocare effetti di amplificazione in caso di evento sismico. È importante valutare la situazione stratigrafica del sito al fine di riconoscere eventuali e possibili livelli passibili di fenomeni di liquefazione; tale valutazione è necessaria al fine di poter indirizzare le indagini geotecniche in modo mirato. Nella relazione ed nella scheda di sintesi dovrà essere indicata tale possibilità.

La **caratterizzazione geotecnica** consiste nell'individuare le caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno, necessarie alla definizione del modello geotecnico e alla valutazione della sicurezza del sistema opera-terreno; i parametri fisici e meccanici saranno desunti da prove eseguite in laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e/o attraverso l'elaborazione dei risultati di prove e misure in sito. L'ubicazione delle indagini richiederà particolare cura in presenza di manufatti particolarmente sensibili ai cedimenti del terreno di fondazione, a fenomeni di liquefazione e/o a terreni che possono determinare fenomeni di amplificazione di sito in caso di evento sismico; il rischio di liquefazione deve essere valutato per i terreni suscettibili di tale comportamento. Per il calcolo del potenziale di liquefazione si deve fare riferimento ai risultati di prove in sito, utilizzando procedure condivise in letteratura. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulla capacità portante o sulla stabilità delle fondazioni, dovrà essere ben evidenziato in relazione e indicato nella Scheda di sintesi tecnica. In presenza di possibili terreni liquefacibili, oltre a quelli precedentemente indicati, dovranno essere riportati la Densità Relativa ed il numero di colpi NSPT (per Standard Penetration Test o Cone Penetration Test).

Il Geologo incaricato della verifica, una volta raccolti tutti i dati geologici e geotecnici, dovrà indicare chiaramente in quale categoria di **suolo di fondazione** si attesta l'opera in verifica in modo da ottenere il livello di rischio associato alla effettiva situazione geologico/geotecnica.

È fatto obbligo comunque di tenere in considerazione per la verifica tecnica ed indicare nella Relazione di calcolo e nella Scheda di sintesi i seguenti parametri geologici dell'area su cui insiste l'opera da verificare:

- dati geologici/geomorfologici (litologia, presenza di limiti tettonici o di cambiamento litologico, fenomeni erosivi e di instabilità in atto e loro grado, presenza di cresta o dirupo, acclività del pendio, fenomeni erosivi e di instabilità in atto e loro grado),
- dati idrogeologici (vicinanza a corsi di acqua, presenza di falda entro i 3m dal p.c.),
- dati sismici (zona sismica di riferimento, valore di ancoraggio orizzontale del suolo, presenza di studi di microzonazione sismica etc., velocità media onde di taglio Vs30),
- dati di vulnerabilità geologica (area perimetrata ai sensi del DL 180/98 o in altre perimetrazioni specifiche di tipo nazionale o regionale),
- la metodologia utilizzata per l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione necessaria per la definizione della azione sismica di progetto,
- il tipo di indagini eseguite: sondaggi geognostici a distruzione o a carotaggio continuo, prova standard penetrationtest (SPT) o cone penetration test (CPT), prospezione sismica in foro (Down-Hole o Cross-Hole), prova sismica superficiale a rifrazione o MASW, analisi granulometrica, prove triassiali, prove di taglio diretto, ecc.) o altre,
- la presenza di eventuali anomalie nel terreno di fondazione, quali cavità, Sinkhole (sprofondamenti naturali) e/o la presenza di terreni di fondazione di natura significativamente diversa,
- il parametro del terreno che consente di attribuire la categoria del suolo di fondazione direttamente attraverso il valore della velocità media onde di taglio Vs30 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,
- informazioni circa la suscettibilità alla liquefazione, da compilare quando sussistono le condizioni previste dalle NTC. 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,

- sulla base dei parametri indicati ai punti precedenti, indicare la categoria di sottosuolo di fondazione così come indicato nella normativa,
- i valori dei parametri che modificano lo spettro di risposta per tener conto dell'influenza delle condizioni stratigrafiche locali,
- in base alle tabella 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC, indicare il valore del Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T ,
- segnalare il caso in cui il fattore di amplificazione S_S ed il periodo T_C di transizione derivino da più approfonditi studi di risposta sismica locale (RSL).

ART. 4 - VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL RISCHIO SISMICO DELL'EDIFICIO

La maggiore o minore presenza di persone e di beni esposti al rischio, la possibilità cioè di subire la perdita di vite umane o un danno ai beni culturali o altro danno economico definisce l'esposizione al rischio: le norme definiscono gli edifici strategici e/o rilevanti, come nell'OPCM 3274 e nella Tabella C.3.2.I. della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Pertanto nell'analisi dell'esposizione, i principali elementi a rischio presi in esame sono ovviamente le persone (ovvero la popolazione), successivamente verranno prese in considerazione altre due categorie: i manufatti e i beni. L'analisi dell'esposizione non deve essere legata esclusivamente al numero di elementi a rischio concentrati in una certa area, è fondamentale anche valutare l'importanza della funzione che esplicano nel sistema territoriale di una area vasta. In generale, devono essere valutati: **1) la vita nominale per tipi di opere:** la vita nominale di un'opera strutturale V_N 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. La vita nominale, salvo specifiche diverse indicazioni in sede di conferimento dell'incarico, deve essere assunta pari a quella di cui alle costruzioni di tipo 2 riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC, ovvero $V_N \geq 50$; **2) le classi d'uso:** in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in diverse classi d'uso. Si precisa che il professionista incaricato dovrà valutare se particolari condizioni di utilizzo, anche in relazione all'attività ed agli affollamenti riscontrabili nelle strutture, ovvero disposizioni normative regionali, determinino la necessità di riferirsi ad una diversa classe d'uso, rispetto a quelle definite dalle NTC; **3) periodo di riferimento:** le NTC introducono il periodo di riferimento dell'azione sismica dato da $V_R = V_N \times C_u$. Al crescere di V_R aumenta l'azione sismica di riferimento per l'opera rispetto a tutti gli stati limite considerati.

ART.5 - VERIFICA STATICA AGLI SLU

Oltre all'esecuzione delle verifiche della struttura soggetta ad azioni sismiche, è richiesta, in maniera prioritaria, l'analisi statica per i carichi verticali agli strati limite ultimi.

ART. 6 - VALUTAZIONE AZIONE SISMICA

Individuato un determinato sito, l'azione sismica di riferimento da assumere per la verifica varia in funzione degli obiettivi che la verifica si propone. Le NTC consentono, quando opportuno, il riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, in elevazione e di fondazione, quelli non strutturali, e gli impianti e le relative probabilità di superamento.

Due **STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)** che comprendono:

1) **Stato Limite di Operatività (SLO)** - a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso- includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione- non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

2) **Stato Limite di Danno (SLD)** - a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso- includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature e

due **STATI LIMITE ULTIMI (SLU)** che comprendono:

3) **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)** - a seguito del terremoto 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

4) **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)** - a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

I quattro stati limite così definiti, consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC) fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione. Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (v. Tabella 3.2.I delle NTC) valori della probabilità di superamento PVR pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati quale che sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_R proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente. In relazione, alla presenza di vincoli di tutela dei beni storici e/o artistici del Ministero del Beni Culturali e della Soprintendenza, secondo quanto stabilito dalle Linee Guida del Patrimonio Culturale e dalla Commissione Mista MIT-MIBACT, atto d'indirizzo finalizzato all'aggiornamento alla nuova normativa, viene definito un aggiuntivo stato limite:

5) **Stato Limite di danno ai beni Artistici (SLA)**: a seguito di un terremoto di livello opportuno (in genere quello preso in considerazione per lo stato limite di danno), i beni artistici contenuti nel manufatto, intesi come apparati decorativi, superfici pittoriche, elementi architettonici di pregio (altari, organi, balaustre, pavimentazioni, ecc.) nonché beni mobili pertinenti (pale d'altare, fonti battesimali, statue, ecc.) subiscono danni di modesta entità, tali da poter essere restaurati senza una significativa perdita del valore culturale. Nel caso in cui siano presenti elementi di valore artistico in alcune parti della costruzione la valutazione allo SLA viene eseguita esclusivamente a livello locale ovvero nelle zone interessate dall'elemento di valore. Allo scopo possono essere adottati modelli di comportamento locale su parti strutturalmente autonome opportunamente individuate mediante analisi accurate. In genere, i danni agli apparati decorativi diventano significativi e non accettabili in presenza di gravi danneggiamenti degli elementi strutturali quali quelli presi come riferimento per decidere in merito all'agibilità della costruzione. In questi casi, per le verifiche dello SLA possono essere adottati i modelli di verifica dello SLD, precisando specifici valori limite per fessurazioni e deformazioni. Esistono tuttavia situazioni nelle quali il danno agli apparati decorativi può verificarsi anche in assenza di un danno strutturale (ad esempio, stucchi di notevole spessore e insufficientemente collegati alla struttura) o viceversa non è sensibile a questo (apparati non completamente vincolati e quindi in grado di

assecondare lesioni e deformazioni strutturali) o ancora, beni artistici dotati di un comportamento strutturale autonomo (pinnacoli o altri elementi che possano essere considerati come appendici strutturali). In questi casi vengono sviluppati criteri e strumenti di valutazione specifici per lo SLA.

Sulla base dei dati relativi alle destinazioni d'uso presenti (vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento) ed alle caratteristiche geomorfologiche del sito, viene definita l'azione sismica di riferimento per ciascuno degli stati limite considerati (in termini di forme spettrali e/o accelerogrammi da impiegare nelle analisi sismiche). Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC) nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 NTC, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 NTC. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

ART. 7 - RILIEVO GEOMETRICO E STRUTTURALE DELL'EDIFICIO

In mancanza di documentazione di progetto o anche qualora l'analisi documentale fornisca gli elaborati dei progetti architettonici, geometrici e strutturali completi, **si deve comunque procedere alla esecuzione di un rilievo geometrico strutturale ex novo dell'organismo strutturale**, che dovrà prevedere l'analisi delle geometrie, l'analisi delle dimensioni degli elementi strutturali e non strutturali, l'esecuzione di saggi in situ per la caratterizzazione tipologica dei solai e dei tamponamenti, finalizzata alla determinazione dei pesi propri da computare nell'analisi dei carichi. È necessario quindi che il progettista espliciti in maniera dettagliata le caratteristiche geometriche e strutturali della costruzione,

Le operazioni di rilievo della geometria strutturale, come recitano le NTC, sono un passo fondamentale per accrescere i livelli di conoscenza dell'edificio, nell'acquisizione dei dati necessari a mettere a punto un modello di calcolo accurato di edifici esistenti; il rilievo si compone di un insieme di procedure relazionate e mirate alla conoscenza della geometria esterna delle strutture. Per la geometria dell'edificio, si richiede che il rilievo sia compiuto in maniera quanto più completa e dettagliata possibile, ai fini della definizione del modello strutturale necessario alla valutazione della sicurezza per le azioni prese in esame. Il rilievo e il relativo piano di indagini saranno pertanto adeguati al livello di conoscenza che si intende acquisire. Le informazioni raccolte in questa fase devono consentire la ricostruzione completa ed esaustiva di tutti i meccanismi resistenti che compongono la struttura, nei confronti delle azioni sismiche.

In generale, la valutazione della sicurezza consiste nell'identificazione delle criticità nei confronti delle azioni considerate, sia non sismiche, come pesi propri, sovraccarichi e azioni climatiche, sia sismiche.

Per eseguire il rilievo dell'organismo strutturale si eseguono analisi non distruttive visive, integrate con analisi distruttive che prevedono l'esecuzione di saggi localizzati tra cui **l'analisi termografica**, che consente l'osservazione globale dell'involucro edilizio dall'interno e dall'esterno individuando lo scheletro strutturale e la posizione di pilastri o setti perimetrali annegati nei tamponamenti, l'orditura dei solai e la posizione dei rompitratta, oltre che la presenza di discontinuità o disomogeneità nella struttura; **l'esecuzione di demolizioni e scarificazioni** che permette di definire le tipologie, caratteristiche costruttive e geometrie di fondazioni, delle strutture verticali, delle murature presenti, dei solai, e della copertura; **le analisi endoscopiche**, attraverso l'esecuzione di fori di piccole dimensioni, al fine di determinare tutte le stratificazioni degli elementi.

Una volta eseguite tali analisi per il rilievo dell'organismo strutturale, **bisogna procedere all'identificazione della geometria della struttura dell'edificio** che deve includere i seguenti elementi: fondazioni, struttura verticale, solai, copertura con le caratteristiche di seguito riportate.

Fondazioni

- morfologia (dirette, indirette, ecc.),
- tipologia costruttiva (plinti, travi rovesce, pali, ecc.)

Struttura verticale

- la morfologia (a telaio, a pareti portanti, mista, ecc.)
- la tipologia costruttiva (c.a., c.a.p., muratura, legno, acciaio, ecc.)
- la geometria e l'intelaiatura strutturale per definire il trasferimento dei carichi verticali (sistema resistente)
- i carichi agenti (strutturali, non strutturali, ecc.)
- il funzionamento statico (strutture a telaio, strutture a pareti, strutture miste telaio/pareti, ecc.)
- la capacità di redistribuzione

Solai

- la morfologia (piana, volta a botte, volta a crociera, ecc.)
- la tipologia costruttiva (laterocemento, legno, acciaio, c.a., c.a.p., ecc.)
- la geometria e l'intelaiatura strutturale per definire il trasferimento dei carichi verticali (orditure secondarie e principali, travetti e travi)
- i carichi agenti (proprio, permanente, variabili)
- il funzionamento statico (monodirezionale, bidirezionale, spingente, non spingente, ecc.)
- la capacità di redistribuzione (piano rigido, flessibile, ecc.)

Copertura

- la morfologia (piana, a falda inclinata, a shed, ecc.)
- la tipologia costruttiva (laterocemento, legno, acciaio, ecc.)
- la geometria e l'intelaiatura strutturale per definire il trasferimento dei carichi verticali (orditure secondarie e principali)
- i carichi agenti (proprio, permanente, variabili)
- il funzionamento statico (spingente, non spingente, con spinta eliminata, ecc.)
- la capacità di redistribuzione (piano rigido, flessibile, ecc.)

ART.8 - INDAGINI E PROVE PER LA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI E DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI, LC E FC, RIPRISTINI

Il rilievo strutturale dell'edificio deve prevedere un opportuno riscontro di altri due aspetti che determinano il livello di conoscenza che sono i dettagli costruttivi e le proprietà dei materiali. Questi possono essere occultati alla vista, come ad esempio nel caso della disposizione delle armature nelle strutture in c.a., e possono richiedere rilievi a campione e valutazioni estensive per analogia per crescenti livelli di approfondimento dell'indagine.

Il Decreto Ministeriale DM dd. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", la Circolare applicativa delle Norme Tecniche sulle Costruzioni 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. (alle quali occorre riferirsi per il progetto del piano delle indagini conoscitive e delle prove strutturali occorrenti per caratterizzare la qualità dei materiali, dei dettagli costruttivi e definire la capacità prestazionale di un edificio) definisce tre Livelli di Conoscenza (LC) a cui sono correlati altrettanti Fattori di Confidenza (FC) da utilizzarsi nelle analisi sismiche e nelle relative verifiche strutturali con riferimento sia agli stati limite ultimi sia agli stati limite di esercizio. Essi costituiscono fattori di riduzione delle resistenze meccaniche dei materiali in sito, e pertanto tengono conto delle carenze nella conoscenza di parametri del modello strutturale.

Il livello di conoscenza minimo che si intende conseguire nelle analisi è quello denominato “LC2” corrispondente ad un fattore di confidenza “FC” pari a 1,20. Le indagini conoscitive, oltre che nell'esecuzione di prove sui materiali in sito, consisteranno innanzitutto nel rilievo dell'organismo resistente della costruzione "tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi" (punti 8.5.2 e 8.5.3 delle NTC).

Alla luce di tali prescrizioni ed indicazioni, accertato l'anno di realizzazione del progetto esecutivo e della costruzione dell'edificio, risulta di fondamentale importanza, oltre che acquisire la documentazione tecnica disponibile, ricostruire, attraverso opportuni rilievi ed indagini, la sequenza di esecuzione dell'edificio (sia in elevazione che in termini di corpi di fabbrica) nonché considerare le caratteristiche geometriche della struttura allo scopo di individuare elementi o parti che, per criterio di progetto o per condizioni di simmetria, siano stati similmente dimensionati (e armati nel caso di strutture in cemento armato).

Per quanto riguarda **le costruzioni esistenti di muratura**, la valutazione della sicurezza deve essere effettuata nei confronti dei meccanismi di collasso sia locali che globali ove questi ultimi siano significativi: la verifica dei meccanismi globali diviene in genere, significativa solo dopo che gli eventuali interventi abbiano eliminato i meccanismi di collasso locale.

E' inoltre opportuno considerare la destinazione tipologica tra edifici singoli ed edifici in aggregato (es. edilizia dei centri storici, complessi formati da più corpi). In particolare, per le tipologie in aggregato, particolarmente frequenti nei centri storici, il comportamento globale è spesso non definibile o non identificabile, al contrario delle singole parti o unità strutturali. Per le strutture in muratura, occorrerà eseguire una serie di saggi e/o di indagini strumentali finalizzate alla conoscenza della tipologia muraria, della sua tessitura sui paramenti esterni ed in senso trasversale, dei dettagli di ammorsamento utilizzati nei cantonali e negli incroci tra muri portanti di cui si fornisce di seguito una specificazione non esaustiva.

Per la caratterizzazione meccanica delle murature: sulle strutture in muratura, ad integrazione e completamento dell'analisi termografica e delle altre prove, di cui all'art. 6, si prevede un'**analisi della tessitura** che attraverso la rimozione superficiale dell'intonaco di finitura consente di rilevare le tipologie di materiale impiegato oltre alla regolarità di posa o l'ammorsamento delle murature in corrispondenza dei nodi. Tale operazione viene eseguita su una superficie adeguata in funzione della tipologia muraria analizzata.

Ad integrazione delle analisi della tessitura delle murature utilizzando lo **sclerometro a pendolo** si verifica la qualità dei corsi di malta, secondo le norme di riferimento UNI 10766:1999 – ASTM C 805 – BS 1881:202 – DIN 1048 – prEN 12398 – UNI EN 12504-2:2001.

Si effettuano inoltre **prove con martinetto piatto**, finalizzate alla valutazione dei carichi effettivamente gravanti sul paramento murario preso in esame ed alla stima del modulo elastico del materiale, effettuando le misure nelle reali condizioni di normale esercizio del manufatto. La prova dovrà essere condotta procedendo all'asportazione di un giunto di malta con opportuna sega, effettuando un taglio perfettamente orizzontale, installando uno o più estensimetri di precisione in corrispondenza del taglio, per rilevare l'entità dei cedimenti verificatisi nella prima fase di assestamento, rispetto alla situazione rilevata con due punti fissi (basi di misura) rilevati prima dell'asportazione del giunto di malta, ed inserendo poi un martinetto sottile (piatto) nel taglio operato, onde ripristinare oleodinamicamente la situazione iniziale, annullando le deformazioni ed i cedimenti misurati.

Se si realizza un secondo taglio parallelo al precedente e si inserisce un secondo martinetto piatto, la prova diviene del tipo "**martinetto doppio**", dalla quale è possibile effettuare la stima del modulo elastico del paramento murario.

E' compreso quanto altro occorre per dare i risultati delle prove completi, da presentare tramite un resoconto.

Il resoconto di prova deve contenere le seguenti informazioni:

- a) riferimento allo standard,
- b) una descrizione del sito, dell'edificio e della muratura insieme ad altre importanti informazioni, come le condizioni ambientali, le caratteristiche dei mattoni o delle pietre e della malta, la presenza di umidità per risalita capillare,
- c) disegni e foto della tessitura muraria, della posizione delle basi di misura e la data di costruzione della muratura se è nota nonché la data della prova,
- d) metodo di taglio, schema e localizzazione dei tagli, localizzazione della strumentazioni di misura ed altre informazioni pertinenti,
- e) caratteristiche della strumentazione adottata, sistema idraulico, uso di spessori o altro,
- f) i valori delle costanti di calibrazione del martinetto,
- g) i valori dello stato di sforzo calcolato,
- h) calcolo del modulo elastico e del coefficiente di dilatazione,
- i) grafici dei valori di sforzo e deformazione misurati,
- j) valore, quando misurato, dello stato di sforzo di prima fessurazione.

Per la **caratterizzazione meccanica dei calcestruzzi**: il **prelievo di carote di calcestruzzo**, secondo la norma UNI EN 12504-1/2002, consente di ottenere campioni di materiale da sottoporre a prove di laboratorio per caratterizzare la qualità del materiale, lo stato di conservazione e i parametri meccanici reali. Il prelievo viene eseguito riducendo al minimo il danneggiamento ed il disturbo sul manufatto. I prelievi saranno eseguiti nel numero adeguato in funzione della modellazione prescelta e nei punti idonei in funzione dei vincoli logistici. Sui provini viene eseguita, la prova di schiacciamento a rottura, presso laboratori ufficiali inserito nel relativo elenco del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, dalla quale si ricavano le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo.

Ad integrazione delle prove dirette sul calcestruzzo, saranno eseguire delle **prove indirette con metodo Son. Reb**. La prova combina i risultati di due prove che si eseguono separatamente. La **sclerometrica** (per la determinazione dell'indice di rimbalzo condotta in accordo a quanto stabilito dalla norma UNI-EN 12504-2) e la **ultrasonica** (misura della velocità di propagazione di un impulso sonico trasmesso attraverso il calcestruzzo eseguita in accordo con le prescrizioni contenute nella norma UNI EN 12504-4:2005). Le rilevazioni saranno effettuate, a seconda del punto da provare, utilizzando il metodo di trasmissione diretto o indiretto. Le superfici saranno trattate con pietra abrasiva a secco, onde eliminare ogni irregolarità del calcestruzzo e garantire così un uniforme contatto con le sonde. Il metodo non fornisce in maniera univoca i valori della resistenza se non opportunamente tarato sul materiale di riferimento. Per la caratterizzazione del materiale saranno messi a confronto i risultati delle indagini distruttive (prelievi di carote), e di quelle non distruttive, allo scopo di calibrare i dati di queste ultime e di renderli attendibili. Nel caso si ritenesse necessario sarà compresa l'esecuzione preventiva di una scarificazione localizzata dell'intonaco.

Per la **caratterizzazione meccanica degli acciai**: per il rilievo delle armature si procede con le **prove pacometriche**, sulle strutture in cemento armato, a mezzo di pacometro elettronico per la rilevazione della posizione e disposizione delle armature, del copriferro e della misura approssimativa del diametro di armatura. Per tarare le misure ottenute tramite l'analisi indiretta pacometrica si eseguono delle scarificazioni localizzate per verificare la tipologia di barra e materiale impiegato. La messa a nudo e la preparazione della porzione di armatura, consente di ottenere campioni di acciaio da sottoporre, direttamente in situ, alla **prova di durezza Leeb** che determina la durezza dell'acciaio. Attraverso tabelle di correlazione o taratura con prove dirette a trazione si determinano le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.

A seguito dei saggi e delle indagini diagnostiche eseguite **dovranno essere previsti ed eseguiti tutti i ripristini edili “a regola d'arte”** affinché tali rifacimenti garantiscano la forma e l'aspetto originale antecedente alle analisi effettuate.

La Committenza si riserva la facoltà di richiedere all'Affidatario, in qualsiasi momento, ulteriori indagini diagnostiche in aggiunta a quelle eseguite dall'Affidatario, qualora lo si ritenga necessario, ai fini del raggiungimento del livello di conoscenza minimo “LC2”.

ART. 9 - VERIFICA DELLA SICUREZZA IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

In base ai dati raccolti, gli esiti delle prove diagnostiche, le indicazioni tecniche generali di cui al presente documento e altre indicazioni che eventualmente verranno prescritte dall'Ente, dovranno essere effettuate una serie di elaborazioni (analisi strutturali e modellazioni numeriche) finalizzate a valutare la capacità della struttura per confrontarla con la domanda corrispondente ai vari stati limite previsti dalla normativa.

Di seguito sono riportate schematicamente le fasi e prestazioni richieste; queste, ove non espressamente specificato, non possono in alcun modo essere ritenute alternative o sostitutive delle indicazioni del D.M. 17.01.2018 e della Circolare applicativa delle Norme Tecniche sulle Costruzioni (Circ. 11/02/19 n° 7/2019) e di eventuali ulteriori norme successivamente emanate ed in vigore all'atto dell'espletamento dell'incarico, ai cui testi integrali si rimanda.

Per tutte le analisi di tipo numerico di seguito riportate dovranno essere:

- illustrate le ipotesi alla base della modellazione numerica, commentandone l'attendibilità; se necessario, si potrà far riferimento, di volta in volta, a schemi limite che considerino le condizioni estreme dei parametri più incerti (es: piano infinitamente rigido/diaframma inesistente; solaio in semplice appoggio/solaio incastrato o semi-incastrato; etc.);
- chiaramente dichiarati i valori numerici dei parametri coinvolti (aspetti dimensionali - modello geometrico; carichi applicati - modello delle azioni; caratteristiche meccaniche dei materiali - modello meccanico), esplicitandone l'origine (ad esempio, indicando i riferimenti normativi/bibliografici e/o le prove sperimentali da cui sono “estratti” i dati impiegati);
- illustrati i risultati delle analisi, sintetizzandoli mediante grafici, tabelle riepilogative e/o mappe di sintesi; grafici di sintesi della PGA, TR, per le diverse combinazioni/direzioni considerati; etc.

Verifica nei confronti delle azioni sismiche: 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. Il metodo di analisi utilizzato dal progettista che deve essere coerente con le indicazioni di cui al par. 7.3 delle NTC per costruzioni in cemento armato o acciaio, deve consentire di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile. In relazione alla tipologia strutturale, alle caratteristiche dei materiali, agli schemi resistenti alle forze verticali ed orizzontali ed alle vulnerabilità accertate il professionista deve inserire nel modello di calcolo tutti gli elementi ritenuti condizionanti per la capacità della struttura. A titolo indicativo e non esaustivo si ricorda che è opportuno considerare quanto segue: la presenza di eccentricità tra centro di massa e centro di rigidezza, la presenza di piani a minor rigidezza o minor resistenza, la presenza di tamponature irregolari, sia in pianta che in altezza, la presenza di finestre a nastro che possono comportare l'insorgere di meccanismi fragili nei pilastri, fondazioni a quote diverse, in generale le conseguenze dello stato di conservazione.

Livelli di Conoscenza e Fattori di Confidenza: sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive saranno individuati i livelli di conoscenza dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza. Ai fini della scelta del tipo di analisi e

dei valori dei fattori di confidenza si distinguono tre livelli di conoscenza (LC1-LC2-LC3), ordinati per informazione crescente, che sono definiti attraverso la geometria della struttura, i dettagli costruttivi, proprietà dei materiali, connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso. Dovrà essere posta alla completa individuazione dei potenziali meccanismi di collasso locali e globali, duttili e fragili. **Il livello di conoscenza minimo che si intende conseguire nelle analisi è quello denominato “LC2” corrispondente ad un fattore di confidenza “FC” pari a 1,20.**

Regolarità dell’edificio in pianta ed elevazione: la valutazione della sicurezza dell’edificio dovrà prevedere la valutazione di eventuali irregolarità dell’edificio. Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza; 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 la regolarità 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.

Analisi dei meccanismi globali: dovranno essere valutati i valori di accelerazione al suolo ed i periodi di ritorno per i quali risultano attivati i meccanismi di danneggiamento/collasso globale, evidenziando gli elementi che possono entrare via via in crisi al crescere dell’accelerazione al suolo. Partendo dalla verifica dei singoli elementi che costituiscono il sistema resistente andrà determinata la corrispondente classifica degli elementi definendo il tipo di crisi attivato (es: taglio, flessione..). I risultati saranno commentati, evidenziando le principali criticità (direzioni deboli, piani maggiormente vulnerabili, elementi sensibili – es. fasce di piano e/o maschi murari) e fornendo indicazioni circa eventuali interventi per il miglioramento della risposta sismica.

Vulnerabilità specifiche non quantificabili e degradi: le vulnerabilità degli edifici esistenti possono essere causate da fattori morfologici (mancanza dei criteri di simmetria o regolarità geometrica in pianta o in elevazione, come l’errata distribuzione delle masse e delle rigidezze), da fattori di dettaglio (che definiscono dei punti deboli della struttura), da fattori meccanici (scadente qualità materiali o una non corretta manutenzione e cura della struttura). Andranno evidenziate le vulnerabilità non direttamente valutabili numericamente o valutabili con scarsa affidabilità (normalmente legate a problematiche di faticanza di singoli elementi strutturali, connessione tra elementi strutturali, etc.) dando su di esse un giudizio tecnico. Tali vulnerabilità sono spesso correlate alle seguenti, non esaustive, condizioni: mancanza di dettagli costruttivi che tengano in debito conto nelle connessioni tra elementi delle azioni sismiche; processi di trasformazione edilizia (es. ampliamenti, ecc.), modifiche, interventi straordinari che hanno interessato l’edificio nella sua vita; carente manutenzione strutturale e non strutturale.

In particolare, in relazione a questa ultima condizione, dovranno essere rilevati i quadri fessurativi presenti ipotizzando la tipologia del meccanismo associato (distacco, rotazione, cedimenti differenziali, scorrimenti, spostamenti fuori dal piano, evidenti fuori piombo, rigonfiamenti, depressioni ecc.) e per quanto possibile, valutando l’eventuale necessità di approfondimento riguardo la velocità di evoluzione dei fenomeni in atto. Per una più facile localizzazione ed individuazione, le stesse andranno inserite in elaborati grafici planimetrici ed integrati da adeguata documentazione fotografica. Dovranno essere identificati, inoltre, i “fattori di vulnerabilità geometrica” (ad esempio: piani sfalsati, muri in falso, disassamenti, volte non contrastate, coperture spingenti, ecc.).

Capacità in termini di accelerazione al suolo e tempo di ritorno: 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

gli stati limite considerati. Un modo sintetico ed esaustivo di esprimere l'entità dell'azione sismica, e quindi di Capacità e Domanda è il relativo periodo di ritorno TR, 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 determinare e riportare in una tabella riepilogativa i valori di accelerazione al suolo (PGA_C), periodo di ritorno (TR_C), corrispondenti al raggiungimento dei diversi stati limite:

$PGA_{C(SLV)}$ = 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

$PGA_{C(SLD)}$ = 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

ART. 10 - VALUTAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO SISMICO

L'indice sismico dell'edificio deve essere calcolato in modo indipendente per ogni Unità Strutturale che costituisce l'intero edificio oggetto dell'analisi. Si definiscono e quindi dovranno essere quantificati **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. Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinato con le nuove NTC, 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.

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, potranno essere utilizzati per determinare scale di priorità di intervento e quindi per la programmazione degli eventuali interventi.

ART. 11 - CLASSIFICAZIONE SISMICA

La classificazione del Rischio sismico deve essere valutata, ai sensi dei DD.MM. 58-65 2017, attribuendo a ciascuna unità strutturale dell'edificio una **specifica Classe di Rischio Sismico, da A+ a F**. L'appartenenza a ciascuna classe è determinata in base ai valori assunti dall'indice di sicurezza IS-V, definito - come descritto nel paragrafo precedente - dal rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita e quella prevista, nello stesso sito per un nuovo edificio. Vengono così fissate sette diverse classi caratterizzate dai valori di soglia determinanti per ricadervi secondo i valori presentati in tabella:

Indice di sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A⁺ _{IS-V}
$100\% \geq IS-V > 80\%$	A _{IS-V}
$80\% \geq IS-V > 60\%$	B _{IS-V}

60% ≥ IS-V > 45%	C_{IS-V}
45% ≥ IS-V > 30%	D_{IS-V}
30% ≥ IS-V > 15%	E_{IS-V}
IS-V ≤ 15%	F_{IS-V}

ART.12 - VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO / ADEGUAMENTO SISMICO, STIMA DEI COSTI E TEMPO D'INTERVENTO

Il professionista perviene in modo critico, sulla scorta delle precedenti fasi concluse con la verifica globale e puntuale della struttura, alla **definizione degli interventi necessari**, immediati o da programmare nel tempo, **per adeguare, migliorare l'edificio** oggetto di indagine, ferma restando la definizione propedeutica di interventi più o meno urgenti, già previsti nelle precedenti fasi, che devono essere richiamati integralmente e funzionalmente in tale ultima fase. Il professionista dovrà diagnosticare quindi quali possano essere le cause di debolezza delle singole parti ed individuare o adattare alla situazione e l'intervento e la tecnologia più idonea a delimitarle o a ridurle drasticamente. Il professionista deve riportare la **stima di massima dei costi degli interventi** proposti includendo, nel quadro economico, anche i ripristini architettonici ed impiantistici strettamente connessi **indicando il tempo di intervento** in base alla circolare DPC/SISM/83283 del 4/11/2010.

ART. 13 - VALUTAZIONE DELL'INCREMENTO DI CAPACITÀ SISMICA CONSEGUIBILE CON GLI INTERVENTI

Nell'ultima fase del servizio, il professionista deve produrre una **stima dell'incremento di capacità sismica** che è possibile conseguire a seguito degli interventi di miglioramento/adeguamento sismico proposti e da lui descritti in base all'art. 11, di cui sopra.

ART.14 - VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO STATICO E STIMA DEI COSTI

Il professionista perviene in modo critico, sulla scorta delle precedenti fasi concluse con la verifica globale e puntuale della struttura, alla **definizione degli interventi necessari**, immediati o da programmare nel tempo, **per adeguare l'edificio** oggetto di indagine, ferma restando la definizione propedeutica di interventi più o meno urgenti, già previsti nelle precedenti fasi, che devono essere richiamati integralmente e funzionalmente in tale ultima fase. Il professionista dovrà diagnosticare quindi quali possano essere le cause di debolezza delle singole parti ed individuare o adattare alla situazione e l'intervento e la tecnologia più idonea a delimitarle o a ridurle drasticamente. Il professionista deve riportare la **stima di massima dei costi degli interventi** proposti includendo, nel quadro economico, anche i ripristini architettonici ed impiantistici strettamente connessi.

ART. 15 - RISULTATI – DOCUMENTAZIONE TECNICA DA PRODURRE

Ferma la necessità di redazione di tutti gli elaborati previsti dalla normativa vigente, le risultanze della fase attuativa delle verifiche di sicurezza sismica (anche degli elementi non strutturali) dovranno essere comprese in apposito documento consuntivo nel quale saranno presenti i punti di seguito riportati.

1) Relazione tecnica per ogni edificio comprensiva della sintesi degli elementi tra quelli descritti nei paragrafi precedenti:

- pericolosità del territorio in cui inserito l'edificio, con indicazione dei parametri di domanda per ogni stato limite definito dalle NTC,
- esposizione al rischio sismico dell'edificio,

- analisi storico-critica dell'edificio con indicazione della documentazione tecnica reperita e consultata;
- contesto territoriale dell'edificio (aggregato urbano, entità singola, ecc.), e scomposizione in unità strutturali distinte,
- rilievo geometrico-strutturale dell'edificio nel suo complesso e nella composizione delle sue unità strutturali, comprensivo di descrizione di coperture, strutture orizzontali, strutture verticali, fondazioni,
- caratterizzazione meccanica dei materiali, definiti per ogni unità strutturale costituente l'edificio,
- azione sismica (stati limite e azione sismica di riferimento),
- definizione del modello (metodi di analisi e criteri di verifica),
- definizione irregolarità per ogni unità strutturale costituente l'edificio,
- analisi dei meccanismi globali,
- vulnerabilità specifiche non quantificabili,
- stato di conservazione dell'edificio (quadro fessurativo e/o di degrado),
- valutazione dell'indice di rischio sismico (in termini di PGA e di tempi di ritorno),
- classificazione sismica ai sensi dei DD.MM. 58-65 2017,
- "tempo di intervento" T_{int} per un dato meccanismo vulnerabile (circolare DPC/SISM/83283 del 4/11/2010 e parere 6 CTS della Regione Emilia-Romagna 27/07/2010),
- valutazione interventi di miglioramento/adeguamento sismico,
- valutazione incremento capacità sismica conseguibile con gli interventi,
- classificazione sismica ai sensi dei DD.MM. 58-65 2017,
- destinazione d'uso,
- età edificio,
- definizione irregolarità (centro di massa e rigidezza),
- parametri di domanda e capacità di resistenza, indici di sicurezza sismica allo stato limite SLV e SLD, locale e globale,
- principali caratteristiche morfologiche elementi strutturali e non strutturali (copertura, elementi strutturali orizzontali, elementi strutturali verticali, elementi non strutturali, fondazioni, ecc.),
- vulnerabilità specifiche non quantificabili ed altre note salienti,
- schede di raccolta dati geometrici e materici per ogni elemento analizzato (contenente definizione elementi, morfologia, tipologia costruttiva, carichi e pesi, rappresentazioni grafiche, caratterizzazione materiali) comprensive di documentazione fotografica.

2) Riepilogo verifiche statiche agli SLU

3) Riepilogo verifiche sismiche, che deve contenere per ogni elemento strutturale:

- azione sismica di domanda ed azione di capacità resistente,
- indici di sicurezza allo stato limite SLV e SLD,
- meccanismo di collasso,
- sequenza di crisi (classifica degli elementi).

4) Relazioni tecniche specialistiche e certificati di laboratorio:

- relazione geologica,
- certificati prove materiali,
- relazioni prove distruttive.

5) Tavole planimetriche per individuare tutti gli elementi strutturali (individuando denominazione e tipologia mediante apposite retinature colorate):

- copertura (comprensiva di intelaiatura strutturale, orditure, ecc.),
- solai (comprensiva di intelaiatura strutturale, orditure, ecc.),
- strutture verticali (elementi portanti e non portanti, ecc.),

- tavole planimetriche per localizzazione punti di prova e tipologie prove in situ,
- tavole planimetriche con individuazione sistema strutturale resistente (comprensivo di denominazione elementi, tipologia elementi, localizzazione centro delle masse e delle rigidità e relativa posizione nocciolo delle rigidità),
- tavole di planimetriche con restituzione grafica delle verifiche sismiche in cui sono indicati i singoli elementi del sistema resistente con apposite retinature colorate indicanti i livelli di sicurezza in relazione alle verifiche agli stati limite considerati SLV e SLD,
- tavole planimetriche con restituzione grafica delle vulnerabilità specifiche non quantificabili (localizzazione e definizione).

6) Scheda di sintesi della verifica sismica di "livello 1" o di "livello 2" per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico (Allegato I all'Ordinanza n. 3274/2003 – Articolo 2, commi 3 e 4) per ogni unità strutturale costituente l'edificio.

7) Elaborati grafici per ogni unità strutturale costituenti l'edificio.

8) Quantificazione economica degli interventi mediante computo metrico estimativo e quadro economico complessivo.

ART.16 – PRODUZIONE DEI RISULTATI E MODALITA' DI CONSEGNA DEGLI STESSI ALLA STAZIONE APPALTANTE

Gli elaborati dovranno necessariamente essere prodotti **in duplice copia** e nei seguenti formati:

- in **formato digitale**, con ogni file firmato digitalmente (sono ammessi i formati .doc, .xls, .pdf, .jpg, .dwg, .p7m);
- in **formato cartaceo**, timbrati e firmati in originale.

Le modalità di consegna alla SA sono le seguenti:

1. Preliminarmente all'invio alla Stazione Appaltante, l'Affidatario dovrà darne comunicazione scritta alla Posizione Organizzativa geom. Luigi Stocchi (luigi.stocchi@comune.trieste.it) ed al dott. Massimo Pegani (massimo.pegani@comune.trieste.it) del Dipartimento dei Lavori Pubblici, Servizio Edilizia Scolastica e Sportiva del Comune di Trieste;
2. Gli elaborati in **formato digitale** dovranno essere forniti alla Stazione Appaltante inviando i file firmati digitalmente all'indirizzo PEC del Comune di Trieste: comune.trieste@certgov.fvg.it , all'attenzione della Posizione Organizzativa geom. Luigi Stocchi e del dott. Massimo Pegani, del Dipartimento Lavori Pubblici Servizio Edilizia Scolastica e Sportiva;
3. Gli elaborati in **formato cartaceo**, timbrati e firmati in originale, dovranno essere inviati all' Ufficio Protocollo del Comune di Trieste, Via Punta del Forno 2 - 34121 Trieste; all'attenzione della Posizione Organizzativa geom. Luigi Stocchi e del dott. Massimo Pegani, del Dipartimento Lavori Pubblici Servizio Edilizia Scolastica e Sportiva.

ART.17 - NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Gli elaborati di verifica e il loro contenuto tecnico devono risultare coerenti, oltre con i riferimenti normativi sopra riportati, anche con i seguenti documenti e normative, parte integrante e sostanziale delle presenti istruzioni tecniche:

- D.M.17.01.2018, Norme tecniche per le costruzioni,
- circolare applicativa delle Norme Tecniche sulle Costruzioni n° 7/2019 dd. 11/02/19,
- T.U. Edilizia D.P.R. n.380/2001 di cui vanno osservate modalità e procedure,
- legge e regolamento dei contratti pubblici di lavori, servizi e forniture,
- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 e s.m.i.,
- D.M. n. 65 del 7 marzo 2017,

- per quanto non diversamente specificato nelle NTC, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti,
- eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN,
- norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea,
- norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle NTC e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- istruzioni e Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici,
- istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.),
- linee guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali arredi ed impianti – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione civile – Giugno 2009,
- linee guida per la riparazione e il rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni – Dipartimento Protezione Civile – ReLUIS – 2009,
- l'elenco di cui sopra non è da intendersi esaustivo, inoltre il riferimento sarà quello del quadro normativo vigente al momento dell'espletamento delle prestazioni. L'eventuale variazione della normativa durante l'espletamento delle prestazioni, comporta l'obbligo da parte del professionista di adeguare il lavoro già svolto ed a svolgere a quanto previsto dalla nuova normativa (onere già compreso).