



Gara europea a procedura aperta per l'appalto di affidamento dei servizi di ingegneria e architettura consistenti nella Valutazione della Sicurezza (incluse indagini e prove), Progettazione Definitiva ed Esecutiva, Direzione dei Lavori durante la fase di realizzazione dei lavori, nonché Coordinamento sicurezza in fase di Progettazione e Coordinamento sicurezza in fase di Esecuzione inerente la riqualificazione ed adeguamento funzionale dell'immobile sito in via Nuova dietro la Vigna – Polifunzionale “Lotto 14/b” inserito all'interno del PON “Legalità” 2014-2020, Asse 7 “Accoglienza e Integrazione migranti” – Azione 7.1.1.

IMPORTO DELL'APPALTO € **349.519,51** (inclusa sicurezza, Iva e oneri previdenziali esclusi)

CUP: B69E19001890001

CIG: 8317069675

RUP: Arch. Fabio Ferriero

#### **ALLEGATO AL CAPITOLATO TECNICO PRESTAZIONALE**

*Stralcio “ALLEGATO 45 AL CAPITOLATO D'ONERI “Servizi” PER L'ABILITAZIONE DEI PRESTATORI DI “Servizi Professionali – Progettazione e Verifica della progettazione di opere di Ingegneria Civile” ai fini della partecipazione al MERCATO ELETTRONICO DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE”*

---

#### **ALLEGATO AL CAPITOLATO TECNICO PRESTAZIONALE (Stralcio Capitolato Consip)**

Servizi di ingegneria e architettura consistenti nella Valutazione della Sicurezza (incluse indagini e prove), Progettazione Definitiva ed Esecutiva, Direzione dei Lavori durante la fase di realizzazione dei lavori, nonché Coordinamento sicurezza in fase di Progettazione e Coordinamento sicurezza in fase di Esecuzione, inerente la riqualificazione ed adeguamento funzionale dell'immobile sito in via Nuova dietro la Vigna – Polifunzionale “Lotto 14/b” inserito all'interno del PON “Legalità” 2014-2020, Asse 7 “Accoglienza e Integrazione migranti” – Azione 7.1.1

**ALLEGATO 45 AL CAPITOLATO D'ONERI "Servizi" PER L'ABILITAZIONE DEI PRESTATORI DI "Servizi Professionali – Progettazione e Verifica della progettazione di opere di Ingegneria Civile" ai fini della partecipazione al MERCATO ELETTRONICO DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**

**Versione 1.0**

**Classificazione del documento: Consip Public  
Giugno 2019**



## INDICE

<b>1</b>	<b>STORIA DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DEFINIZIONI GENERALI</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<del><b>CODICI CPV ASSOCIATI ALLA CATEGORIA DI ABILITAZIONE</b> .....</del>	<del><b>10</b></del>
<b>4</b>	<del><b>SOTTOCATEGORIE MERCEOLOGICHE</b>.....</del>	<del><b>11</b></del>
<b>5</b>	<del><b>MODALITÀ/STRUMENTI DI ACQUISTO DEI SERVIZI</b> .....</del>	<del><b>11</b></del>
<b>6</b>	<del><b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....</del>	<del><b>11</b></del>
<b>7</b>	<del><b>REQUISITI E CARATTERISTICHE DEI SERVIZI OGGETTO DI ABILITAZIONE</b> .....</del>	<del><b>13</b></del>
<b>7.1</b>	<del><b>Requisiti di rispondenza a norme, leggi, regolamenti</b> .....</del>	<del><b>13</b></del>
<b>8</b>	<del><b>CRITERI AMBIENTALI MINIMI NELLA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI PUBBLICI</b> .....</del>	<del><b>14</b></del>
<b>9</b>	<b>MODALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI: ATTIVITÀ PREVISTE</b> .....	<b>14</b>
<b>9.1</b>	<b>VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE</b>	
	<b>(SOTTOCATEGORIA 1)</b> .....	<b>14</b>
9.1.1	Indagini preliminari .....	14
9.1.2	Analisi storico-critica .....	15
9.1.3	Indagini sui terreni .....	15
9.1.4	Rilievo geometrico-strutturale .....	16
9.1.5	Rilievo degli elementi non strutturali.....	16
9.1.6	Caratterizzazione meccanica dei materiali.....	17
9.1.7	Prove non distruttive.....	17
9.1.8	Prove non distruttive per le costruzioni in c.a.....	17
9.1.8.1	Prova pacometrica .....	17
9.1.8.2	Prova sclerometrica.....	17
9.1.8.3	Prova sonica .....	18
9.1.8.4	Metodo Sonreb .....	18
9.1.8.5	Prova di estrazione o pullout.....	18
9.1.8.6	Prova di penetrazione .....	19



9.1.9	Prove non distruttive per le costruzioni in muratura .....	19
9.1.9.1	Prova termografica .....	19
9.1.9.2	Prova con radar .....	19
9.1.9.3	Monitoraggio statico di fessure e spostamenti .....	20
9.1.10	Prove non distruttive per le costruzioni in acciaio .....	20
9.1.10.1	Controllo visivo sulle connessioni .....	20
9.1.10.2	Prova di durezza .....	21
9.1.10.3	Controllo visivo delle saldature .....	21
9.1.10.4	Controlli radiografici .....	21
9.1.10.5	Prove ultrasoniche .....	22
9.1.10.6	Controlli magnetoscopici .....	22
9.1.10.7	Liquidi penetranti .....	22
9.1.11	Prove non distruttive per le costruzioni in tecnica mista .....	22
9.1.12	Prove di carico .....	23
9.1.13	Prove distruttive .....	23
9.1.14	Prove distruttive per le costruzioni in c.a. ....	24
9.1.14.1	Carotaggio e prova di compressione monoassiale .....	24
9.1.14.2	Prova di carbonatazione .....	24
9.1.14.3	Prove sull'acciaio per cemento armato .....	24
9.1.14.4	Misura del potenziale di corrosione .....	25
9.1.15	Prove distruttive per le costruzioni in muratura .....	25
9.1.15.1	Prova con martinetto piatto .....	25
9.1.15.2	Carotaggi e endoscopie .....	25
9.1.16	Prove distruttive per le costruzioni in acciaio .....	26
9.1.17	Prove distruttive per le costruzioni in tecnica mista .....	26
9.1.18	Livelli di conoscenza .....	26
9.1.19	Relazioni .....	27
9.1.19.1	Relazione geologica .....	27
9.1.19.2	Relazione geotecnica .....	27
9.1.19.3	Relazione finale .....	27
9.1.20	Valutazione della vulnerabilità sismica .....	28
<b>9.2</b>	<b>PROGETTAZIONE DI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE (SOTTOCATEGORIA 2) .....</b>	<b>28</b>
<del>9.2.1</del>	<del>Progetto di fattibilità tecnica ed economica (PFTE) .....</del>	<del>29</del>
<del>9.2.2</del>	<del>Progetto definitivo .....</del>	<del>30</del>
<del>9.2.3</del>	<del>Progetto esecutivo .....</del>	<del>31</del>
<del>9.2.4</del>	<del>Restituzione in modalità BIM .....</del>	<del>31</del>
<del>9.2.4.1</del>	<del>Obiettivi del servizio .....</del>	<del>32</del>
<del>9.2.4.2</del>	<del>Obiettivi informatici strategici .....</del>	<del>32</del>
<del>9.2.4.3</del>	<del>Caratteristiche delle infrastrutture hardware e software .....</del>	<del>33</del>
<del>9.2.4.4</del>	<del>Protocollo di scambio dei dati di modelli e degli elaborati .....</del>	<del>33</del>
<del>9.2.4.5</del>	<del>Sistema di coordinate .....</del>	<del>33</del>



9.2.4.6	Livello di sviluppo informatico per i modelli BIM.....	33
<b>9.3</b>	<b>VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE DI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE (SOTTOCATEGORIA 3).....</b>	<b>34</b>
<b>9.4</b>	<b>VERIFICA DEI MODELLI BIM (SOTTOCATEGORIA 4).....</b>	<b>37</b>
9.4.1	Coordinamento dei modelli grafici.....	37
9.4.1.1	Coordinamento di primo livello (LC1).....	38
9.4.1.2	Coordinamento di secondo livello (LC2).....	38
9.4.1.3	Coordinamento di terzo livello (LC3).....	38
9.4.1.4	Analisi delle interferenze (clash detection).....	38
9.4.1.5	Analisi delle incoerenze (model e code checking).....	39
9.4.1.6	Risoluzione delle interferenze e delle incoerenze.....	41
9.4.2	Verifica dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi.....	41
<b>10</b>	<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO.....</b>	<b>42</b>



## 1 STORIA DEL DOCUMENTO

Nel corso della vigenza del Capitolato d'Oneri il presente documento può essere oggetto di modifiche e/o integrazioni nel seguito dettagliate.

DATA PUBBLICAZIONE	VERSIONE	DESCRIZIONE	PARAGRAFI MODIFICATI/INTEGRATI
Giugno 2019	1.0	Prima emissione	

## 2 DEFINIZIONI GENERALI

Nell'ambito del presente documento, ciascuno dei seguenti termini, quando viene scritto con l'iniziale maiuscola, sia nel singolare che nel plurale, assume il significato di seguito riportato:

**Abilitazione:** il risultato della procedura che consente l'accesso e la partecipazione al Sistema di e-Procurement e l'utilizzo dei relativi Strumenti di Acquisto da parte dei Soggetti Aggiudicatori e dei Fornitori;

**Account:** l'insieme di dati – User ID e password – associati a ciascuna persona fisica al momento della Registrazione al Sistema di e-Procurement, che vengono utilizzati ai fini dell'Identificazione Informatica per l'accesso e l'utilizzo del Sistema e quale strumento di verifica della Firma Elettronica;

**Area Comunicazioni:** l'apposita area telematica ad accesso riservato all'interno del Sistema dedicata a ciascun soggetto Abilitato, utilizzata per ricevere ed inviare le comunicazioni nell'ambito del Sistema;

**Call Center:** il servizio di assistenza e supporto all'utilizzo del Sistema di e-Procurement fornito dal Gestore del Sistema;

**CAM (Criteri Ambientali Minimi):** decreti del Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) dove vengono definiti i criteri ambientali minimi da inserire nelle procedure d'acquisto per qualificare un appalto come verde. I decreti in vigore sono disponibili nella sezione del sito [www.minambiente.it](http://www.minambiente.it) dedicata al Green Public Procurement;

**Capitolato d'Oneri:** uno dei Capitolati d'oneri (comprensivo dei relativi allegati) per l'Abilitazione dei Fornitori e dei Servizi da questi offerti per la partecipazione al Mercato Elettronico ai sensi dell'art. 36 del D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50;

**Capitolato tecnico:** l'allegato al Capitolato d'oneri che contiene la descrizione dei servizi che possono



## **8 CRITERI AMBIENTALI MINIMI NELLA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI PUBBLICI**

~~In conformità al comma 2 dell'art. 34 D. Lgs. 50/2016, "I criteri ambientali minimi definiti dal decreto di cui al comma 1, in particolare i criteri premianti, sono tenuti in considerazione anche ai fini della stesura dei documenti di gara per l'applicazione del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, ai sensi dell'articolo 95, comma 6".~~

~~Per l'affidamento di servizi di progettazione le Pubbliche Amministrazioni dovranno adottare i nuovi criteri ambientali minimi (CAM) contenuti in allegato al decreto 11 ottobre 2017. Nei casi di affidamento del servizio di progettazione, i criteri dovranno costituire parte integrante del Capitolato tecnico predisposto e validato dal Soggetto Aggiudicatore in sede di RdO, in modo da indirizzare la successiva progettazione.~~

## **9 MODALITÀ DI EROGAZIONE DEI SERVIZI: ATTIVITÀ PREVISTE**

### **9.1 VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE (SOTTOCATEGORIA 1)**

Il Soggetto Aggiudicatore, nella figura del Responsabile Unico del Procedimento (RUP), ha l'obbligo di verifica, durante l'esecuzione dell'appalto, dell'applicazione delle disposizioni contenute nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi e Interferenze (DUVRI) redatto prima dell'avvio della procedura di gara ai sensi dell'art. 26, comma 3, del D. Lgs. n. 81 del 2008.

Come precedentemente indicato, nei servizi di indagine sono inclusi tutti gli oneri per l'esecuzione delle attività, nonché tutti gli oneri per l'attivazione di una copertura assicurativa per i rischi relativi alla responsabilità civile verso terzi per eventuali danni a persone, cose ed immobili negli ambienti di lavoro impegnati dalle operazioni di indagine.

#### **9.1.1 Indagini preliminari**

Lo studio del comportamento strutturale di un edificio esistente non può prescindere da una fase preliminare di acquisizione di tutta la documentazione disponibile sull'edificio da integrare eventualmente con rilievi e indagini finalizzate alla conoscenza della storia della costruzione, della sua geometria, dei suoi dettagli costruttivi e delle proprietà dei materiali che la compongono.

In questa prima fase si raccoglieranno tutti i documenti progettuali (progetto architettonico e strutturale comprensivo di relazioni geologica e geotecnica, computi metrici, ecc.), i certificati di prove sui materiali, il certificato di collaudo, il materiale fotografico delle fasi costruttive e dei dettagli strutturali, i documenti progettuali di ristrutturazione/miglioramento/adeguamento sismico e relativi collaudi, ecc.. Nel caso in cui non sia possibile reperire tale documentazione è necessario individuare i periodi di progettazione e realizzazione dell'edificio, dunque particolare valenza avranno l'analisi storico-critica e il rilievo geometrico-strutturale al fine di ricostruire lo schema della struttura. Complementari ma, non meno importanti, saranno le indagini sui terreni e il rilievo degli elementi non strutturali.



### **9.1.2 Analisi storico-critica**

Sulla base delle indicazioni fornite dal D.M. 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (d’ora in poi NTC2018) e s.m.i. il tecnico incaricato dovrà procedere ad una analisi storico-critica dell’edificio al fine di individuare tutti i possibili aspetti che possono nel tempo aver modificato il comportamento strutturale.

Fondamentale è la ricostruzione della storia sismica dell’edificio al fine di rilevare eventuali danni che possono aver compromesso la struttura, quali ad esempio:

- presenza di quadri fessurativi,
- cedimenti di fondazione,
- deformazioni eccessive degli orizzontamenti,
- spancamenti nelle pareti murarie,
- altre anomalie.

Nel caso degli edifici a valenza storico-architettonica si potrà procedere attraverso una ricerca archivistica, specie in assenza della documentazione descritta al precedente paragrafo.

Nel caso degli edifici in muratura avrà particolare importanza l’analisi dello sviluppo storico e urbanistico del sito.

### **9.1.3 Indagini sui terreni**

Le indagini sul terreno sono finalizzate all’identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato nelle NTC2018 e s.m.i. e alla caratterizzazione geotecnica necessaria alle verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio di un fabbricato, e, se del caso, alle analisi di risposta sismica locale (RSL).

La caratterizzazione geotecnica richiede l’uso di:

- sondaggi;
- prove in sito tradizionali (CPT; SPT; DMT; ecc.);
- installazione di piezometri e misura delle pressioni interstiziali;
- prove geofisiche in sito (down hole; cross hole; cono sismico; SDMT; SASW-MASW, ecc.)
- prove geotecniche di laboratorio (prove per la determinazione di proprietà indice e di stato; prove edometriche, triassiali, RCTS, ecc.).

La quantità e la tipologia delle indagini geotecniche, in accordo con le NTC2018 e s.m.i., sono definite dal tecnico che se ne assume la responsabilità, in funzione del modello geologico riportato nella relazione geologica. Per la definizione delle categorie di edifici per i quali è necessario uno studio di risposta sismica locale si rimanda a eventuali Delibere delle Giunte Regionali relative al luogo in cui è situato l’edificio oggetto di valutazione di vulnerabilità sismica.

Quale che sia la metodologia impiegata, la caratterizzazione geotecnica deve essere estesa a un volume significativo legato alla natura delle sollecitazioni e al problema oggetto di studio. In sintesi, la caratterizzazione geotecnica deve avere come obiettivi minimi:

- l’identificazione della stratigrafia del sottosuolo;
- la conoscenza del regime delle acque sotterranee;
- la conoscenza delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni ricadenti nel volume significativo.

La valutazione dell’analisi della risposta sismica locale del sito, se necessaria, dovrà essere riferita alla quota di riferimento dell’edificio che secondo le NTC2018 e s.m.i. è per le fondazioni superficiali, il piano di imposta delle stesse; mentre, per le fondazioni su pali, il piano a livello della testa dei pali.



Per la scelta del tipo di prove da eseguire, per le procedure di prova e le tecniche di interpretazione dei dati, si può far riferimento all'ampia letteratura scientifica sull'argomento (NTC2018 e s.m.i., Linee guida AGI; Norme ASTM e BS).

#### **9.1.4 Rilievo geometrico-strutturale**

Al fine di individuare l'organismo resistente della costruzione, il tecnico dovrà acquisire, se non disponibili da documentazione originale di progetto o da rilievi precedenti, i dati geometrici degli elementi strutturali in fondazione e in elevazione inclusi i solai e i carichi permanenti non strutturali agenti sugli stessi. Dovranno, inoltre, essere acquisite le necessarie informazioni rispetto ai criteri di regolarità indicati nelle NTC2018 e s.m.i..

In tutti i casi in cui è disponibile la documentazione originaria di progetto, il tecnico dovrà valutare tramite rilievo visivo eventuali difformità rispetto agli elaborati progettuali ed eseguire verifiche a campione dei dati geometrici e di carico necessari alla valutazione di vulnerabilità.

Nel caso degli edifici in muratura, sempre nel caso in cui non siano disponibili i dati progettuali, oltre alle informazioni precedenti, è necessario acquisire anche informazioni che consentano di individuare la tipologia muraria, la sua tessitura, le eventuali connessioni trasversali, i dettagli di ammorsamento negli incroci tra muri portanti, l'esistenza di architravi efficienti e di elementi atti a eliminare le spinte eventualmente presenti o di catene volte a stabilizzare le facciate. Inoltre, devono essere rilevate eventuali nicchie, cavità, canne fumarie e vani preesistenti chiusi in seguito all'edificazione del fabbricato; analogamente dovranno essere rilevate eventuali volte (spessore e forma) ed eventuali connessioni tra muri e impalcati (loro tipologia e loro stato di conservazione).

Nel caso siano presenti elementi lignei deve essere verificato con opportune indagini il loro stato di conservazione con particolare riferimento alla parti delle travi interne ai muri.

Il rilievo fornisce informazioni sulla natura e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza dall'edificio e sulle riparazioni effettuate, su quadri fessurativi rilevanti e su possibili difetti locali dei materiali.

Noto l'eventuale quadro fessurativo, si dovrà classificare, se del caso, ciascuna fessura secondo la tipologia del meccanismo associato (distacco, rotazione, scorrimento, spostamenti fuori piano, ecc.).

La finalità dell'analisi del quadro fessurativo è quella di consentire l'individuazione dell'origine e delle possibili evoluzioni delle problematiche strutturali dell'edificio e di valutare l'opportunità di un monitoraggio di spostamenti e/o fessure.

I risultati del rilievo devono essere riportati in piante, prospetti, sezioni nonché i particolari costruttivi con un opportuna scala di rappresentazione e secondo le informazioni fornite dal Soggetto Aggiudicatore nel Capitolato Tecnico associato alla RdO.

#### **9.1.5 Rilievo degli elementi non strutturali**

Analogamente agli elementi strutturali dovranno essere individuati anche i dettagli costruttivi relativi agli elementi non strutturali di interesse per una verifica di vulnerabilità sismica, quali ad esempio la tipologia e la geometria delle tamponature, delle finestre a nastro, delle connessioni tamponature - strutture, dei controsoffitti e loro connessioni ai solai, degli ancoraggi alle strutture di elementi impiantistici e arredi quali librerie e scaffalature. Anche in questo caso i risultati del rilievo devono essere riportati in piante, prospetti, sezioni nonché i particolari costruttivi con un opportuna scala di rappresentazione e secondo le informazioni fornite dal Soggetto Aggiudicatore nel Capitolato Tecnico associato alla RdO.



### **9.1.6 Caratterizzazione meccanica dei materiali**

Oltre alle attività di rilievo si dovrà procedere alla caratterizzazione delle proprietà meccaniche dei materiali (calcestruzzo, acciaio e muratura) mediante le più comuni tipologie di prove distruttive e non distruttive. Tali prove sono sostanzialmente finalizzate alla determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in sito, della resistenza a trazione dell'acciaio da cemento armato e da carpenteria, della resistenza a compressione della muratura.

### **9.1.7 Prove non distruttive**

Nella determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali, sono ammessi metodi di indagine non distruttiva che, non possono essere impiegati in completa sostituzione dei metodi distruttivi, ma sono consigliati a loro integrazione, purché i risultati siano tarati su quelli ottenuti con prove distruttive. Nel caso delle strutture in calcestruzzo armato, per esempio, è possibile ridurre il numero dei carotaggi secondo quanto suggerito dalla Circolare n. 617 per cui "Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive".

### **9.1.8 Prove non distruttive per le costruzioni in c.a.**

#### **9.1.8.1 Prova pacometrica**

La prova pacometrica è finalizzata al rilievo delle armature su manufatti per i quali non è nota la disposizione delle armature e consente di conoscere la loro effettiva posizione e il loro numero, senza danneggiare la struttura in esame.

L'utilizzo del pacometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norme BS 1881-204:1988 "Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters".

Il report delle prove pacometriche deve contenere una chiara indicazione delle aree di indagine su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione. Inoltre, per ciascun elemento strutturale devono essere rappresentate in una opportuna scala di rappresentazione tutte le sezioni indagate con le misure delle sezioni di calcestruzzo e l'indicazione del copriferro e delle armature longitudinali e trasversali rilevate.

#### **9.1.8.2 Prova sclerometrica**

L'indagine sclerometrica, è finalizzata alla valutazione della durezza superficiale del calcestruzzo e può essere utilizzato per valutarne l'omogeneità in sito, per stimare le variazioni nel tempo delle proprietà meccaniche e per individuare zone di degrado del calcestruzzo. La resistenza del calcestruzzo può essere valutata in funzione dell'indice di rimbalzo utilizzando il diagramma fornito dal costruttore dello strumento.

La normativa di riferimento per le prove sclerometriche è la UNI EN 12504-2:2012 e s.m.i. "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico".

Il report delle prove sclerometriche deve contenere una chiara indicazione delle aree di indagine su piante, sezioni e prospetti strutturali in una opportuna scala di rappresentazione. Per ciascuna area indagata devono essere riportati in forma tabellare l'eventuale codice identificativo dell'area di prova, l'elemento strutturale oggetto di prova, gli indici di rimbalzo di tutte le battute, il valore dell'indice di rimbalzo medio, la posizione dello strumento (verticale, orizzontale, inclinato) e la resistenza stimata del calcestruzzo.



### **9.1.8.3 Prova sonica**

Nel caso del conglomerato cementizio il metodo ultrasonico è utilizzato per valutare l'omogeneità in situ e stimare la resistenza degli elementi strutturali.

Oltre che per la stima della resistenza meccanica del calcestruzzo, le prove ultrasoniche consentono di rilevare:

- il grado di omogeneità del materiale;
- la presenza di vuoti, lesioni o discontinuità delle strutture;
- i difetti di getto;
- le eventuali variazioni delle proprietà nel tempo causate dalla storia dell'elemento (manutenzione, sollecitazioni, degrado, ecc.).

La normativa di riferimento per le prove ultrasoniche è la UNI EN 12504-4:2005 e s.m.i. "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".

In esito alle prove soniche il tecnico deve produrre una relazione contenere una chiara indicazione delle aree di indagine su piante, sezioni e prospetti strutturali in una opportuna scala di rappresentazione. Per ciascuna area indagata devono essere riportati in forma tabellare l'eventuale codice identificativo dell'area di prova, l'elemento strutturale oggetto di prova, le velocità misurate e la resistenza stimata del calcestruzzo.

### **9.1.8.4 Metodo Sonreb**

Il metodo Sonreb consiste nella combinazione dei risultati dell'indagine ultrasonica e sclerometrica con l'obiettivo di ottenere risultati più attendibili sulla stima della resistenza a compressione del calcestruzzo. Il metodo consente di superare gli errori che si ottengono utilizzando separatamente il metodo sclerometrico, che è un metodo di indagine superficiale, e il metodo ultrasonico, che invece è un metodo di indagine volumetrico. In pratica la combinazione delle due tecniche di indagine permette di correlare la resistenza meccanica misurata in superficie (prova sclerometrica) con la tessitura strutturale in profondità (trasmissione ultrasuoni), coinvolgendo in definitiva l'intero corpo della struttura indagata.

Per il report dei risultati si può far riferimento a quanto richiesto separatamente per le singole prove ma, in aggiunta deve essere indicata, per ogni area di indagine la resistenza stimata del calcestruzzo ottenuta combinando i risultati dei due metodi mediante formule di letteratura, di comprovata validità, di cui si dovrà indicare il riferimento bibliografico.

### **9.1.8.5 Prova di estrazione o pullout**

La prova di estrazione o di pullout è finalizzata alla valutazione della resistenza media a compressione del calcestruzzo attraverso l'inserimento e la successiva estrazione di tasselli metallici ad espansione standardizzati.

La normativa di riferimento per le prove di estrazione è la UNI EN 12504-3:2005 e s.m.i. "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Determinazione della forza di estrazione".

Il report delle prove di estrazione deve contenere una chiara indicazione delle aree di indagine su piante, sezioni e prospetti strutturali in una opportuna scala di rappresentazione. Per ciascuna area



indagata devono essere riportati in forma tabellare l'eventuale codice identificativo dell'area di prova, l'elemento strutturale oggetto della prova, la forza di estrazione e la resistenza stimata del calcestruzzo.

#### **9.1.8.6 Prova di penetrazione**

La prova di penetrazione è finalizzata alla valutazione della resistenza a compressione del calcestruzzo. Per questa tipologia di prova si può fare riferimento alla norma statunitense ASTM C803/C803M - 03(2010) "Standard Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete".

Il report delle prove di penetrazione deve contenere una chiara indicazione delle aree di indagine su piante, sezioni e prospetti strutturali in una opportuna scala di rappresentazione. Per ciascuna area indagata devono essere riportati in forma tabellare l'eventuale codice identificativo dell'area di prova, l'elemento strutturale oggetto della prova, la lunghezza emergente della sonda e la resistenza stimata del calcestruzzo.

#### **9.1.9 Prove non distruttive per le costruzioni in muratura**

##### **9.1.9.1 Prova termografica**

L'analisi termografica a raggi infrarossi condotta sugli strati più superficiali di una in muratura è finalizzata al rilievo di:

- vuoti e cavità;
- tessitura muraria;
- elementi metallici nella muratura (capochiave, catene);
- inclusioni di materiali differenti nella muratura;
- infiltrazioni di acqua;
- regime termoigrometrico;
- distacchi di intonaco;
- impianti (canne fumarie, colonne di scarico);
- vecchie aperture, vani e nicchie;
- eventuali precedenti interventi di rinforzo basati sulla tecnica delle iniezioni;
- informazioni su strati più interni con diversa composizione rispetto agli strati superficiali;
- altre anomalie.

La relazione finale dell'indagine termografica deve contenere una pianta in scala 1:100 con l'indicazione delle pareti murarie oggetto di indagine. Per ciascuna di esse dovranno essere riportate le immagini termografiche, in scala opportuna, con una legenda che associ ad ogni colore il corrispondente intervallo di temperatura. I risultati dovranno essere forniti anche in formato DWG.

La relazione, inoltre, dovrà contenere una descrizione dei risultati ottenuti e la loro interpretazione ai fini del rilievo di tutti gli aspetti di cui sopra in tutti gli elementi strutturali indagati.

##### **9.1.9.2 Prova con radar**

Il Georadar è un sistema di indagine geofisica che può essere utilizzato per le indagini su strutture murarie (adottando trasduttori con frequenze che generalmente superano i 900 MHz) al fine di individuare variazioni centimetriche all'interno del manufatto in esame, dunque di indagare lo stato di conservazione in generale. In particolare potranno essere rilevate:

- fratture e cavità,



- discontinuità,
- disomogeneità,
- altre anomalie.

La relazione finale delle indagini con georadar deve riportare su piante in una opportuna scala di rappresentazione l'indicazione delle murature indagate. Per ciascun prospetto devono essere fornite le scansioni radar 2D e 3D se disponibili. I risultati dovranno essere forniti alla committenza anche in formato DWG. Dovrà essere, inoltre, allegata la documentazione fotografica relativa alla prova su DVD.

### **9.1.9.3 Monitoraggio statico di fessure e spostamenti**

Nel caso in cui il rilievo evidenzia un significativo quadro fessurativo e/o significativi spostamenti (ad esempio fuori piombo di pareti o pilastri) può essere opportuno procedere al monitoraggio delle fessure e/o degli spostamenti.

Nel primo caso si ricorre a strumenti di diversa tipologia che, posti a cavallo di ogni singola fessura di interesse variano la loro distanza al variare dell'ampiezza della fessura. La misura della variazione della distanza può essere eseguita con micrometri manuali che richiedono necessariamente sopralluoghi ad intervalli regolari (di massimo 2 mesi); la durata del monitoraggio deve in ogni caso consentire una precisa rappresentazione del fenomeno evolutivo e delle variazioni delle velocità di variazione nei diversi intervalli. In alternativa le misure possono essere eseguite con trasduttori di spostamento collegati in sito o in remoto a sistemi di acquisizione del dato in continuo. In ogni caso è di grande rilevanza l'adozione di trasduttori di spostamento poco sensibili alle deformazioni termiche in modo da ottenere risultati non influenzati dalle variazioni di lunghezza del trasduttore o dello strumento di misura con la temperatura.

Il monitoraggio deve avere durata non inferiore ai 12 mesi.

Il report finale del monitoraggio nel caso di letture in sito deve contenere una tabella con i valori misurati nelle date di sopralluogo e una rappresentazione grafica del quadro fessurativo con evidenza del fenomeno evolutivo, completa di documentazione fotografica.

La stessa rappresentazione deve essere fornita nel caso di acquisizione in continuo.

Nel caso del monitoraggio dell'evoluzione degli spostamenti si possono usare strumenti topografici o inclinometri analogici o digitali connessi a sistemi di acquisizione; in questo caso il report finale è analogo a quello da produrre nel caso di monitoraggio delle fessure.

Il tecnico dovrà includere nel report l'interpretazione dei risultati ottenuti.

### **9.1.10 Prove non distruttive per le costruzioni in acciaio**

#### **9.1.10.1 Controllo visivo sulle connessioni**

Il controllo visivo dello stato dei nodi posizionati all'interno della struttura sia in elevazione sia alla base prevede, in generale, la verifica dei seguenti aspetti:

- stato superficiale,
- usura,
- danni dovuti alla corrosione,
- stato del dado o del bullone,
- serraggio del dado o del bullone con chiave dinamometrica,
- ingrassatura,
- periodo di servizio,
- condizioni del materiale base,



- fessure,
- segni di slittamento,
- rifollamento dei fori dei bulloni,
- pulizia.

Per i giunti di base in particolare si dovranno indagare, se possibile con metodi non distruttivi, i seguenti aspetti:

- profondità dell'ancoraggio,
- stato della barra dell'ancorante,
- rottura del legame chimico.

La relazione finale sui controlli visivi dei nodi in acciaio deve riportare su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione l'indicazione dei nodi indagati. Per ciascuno nodo indagato dovrà essere descritto con riferimento alla geometria e ai dettagli e rappresentato in formato DWG in scala opportuna se non già disponibile. Dovrà essere, inoltre, allegata la documentazione fotografica.

#### **9.1.10.2 Prova di durezza**

La prova di durezza consente di misurare la resistenza del metallo alla deformazione plastica permanente. La durezza di un metallo è misurata comprimendo un penetratore sulla sua superficie.

Il tecnico valuterà la prova di durezza da condurre con riferimento alle norme seguenti:

- la UNI EN ISO 6506:2015 per la prova di durezza Brinell,
- la UNI EN ISO 6507:2006 per la prova di durezza di durezza Vickers,
- la UNI EN ISO 6508:2015 per la prova di durezza Rockwell.

Il report delle prove di durezza deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione dell'elemento strutturale oggetto di indagine e della posizione del punto di prova.

Per ciascuna area di indagine si dovranno riportare in tabella i valori degli indici misurati e il valore della resistenza stimata dell'acciaio per una delle tre metodologie di prova sopra descritte.

#### **9.1.10.3 Controllo visivo delle saldature**

L'esame visivo delle saldature ha come obiettivo il rilevamento di possibili difetti superficiali per la cui interpretazione e valutazione il tecnico si baserà su specifici parametri di accettabilità.

La norma di riferimento per il controllo delle saldature con il metodo visivo è la UNI EN 13018:2016.

Il report consiste in una descrizione di ogni saldatura indagata e del suo aspetto superficiale e dovrà essere redatto in conformità alla norma di riferimento. La relazione finale sulle prove deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti una opportuna scala di rappresentazione delle posizioni delle saldature oggetto di indagine. Al rapporto di prova dovrà essere allegata la documentazione fotografica relativa a ogni saldatura.

#### **9.1.10.4 Controlli radiografici**

Il metodo radiografico consente di rilevare cricche longitudinali e trasversali, inclusioni di tungsteno e di scoria, presenza di porosità, aree non fuse, incisioni, eccessi di penetrazione, ecc..

La norma di riferimento per i controlli radiografici delle saldature è la UNI EN ISO 17636:2013.



La relazione finale sulle prove deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione delle posizioni delle saldature oggetto di indagine. Per ciascuna saldatura deve essere redatto un report in conformità alla norma di riferimento.

#### **9.1.10.5 Prove ultrasoniche**

L'ispezione delle saldature mediante ultrasuoni consente di evidenziare difetti superficiali e interni.

La norma di riferimento è l'UNI EN 16810:2014 e s.m.i..

L'indagine ultrasonora può essere utilizzata anche per la verifica dello spessore dei profilati in acciaio; in tal caso la norma di riferimento è la UNI EN 14127:2011 e s.m.i..

Il report delle prove ultrasoniche deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione dell'ubicazione delle saldature e dei profili metallici oggetto di indagine.

Per ciascuna saldatura e per ciascun profilo metallico indagato deve essere redatto un report conforme alla norma di riferimento.

#### **9.1.10.6 Controlli magnetoscopici**

I controlli magnetoscopici consentono di individuare la presenza di difetti superficiali in saldature a cordoni d'angolo, grazie all'alterazione dell'andamento delle linee di flusso del campo magnetico segnalata dallo strumento.

La norma di riferimento per il controllo delle saldature a cordoni d'angolo con magnetoscopio è la UNI EN ISO 17638:2010 e s.m.i..

Il report delle prove magnetiche deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione dell'ubicazione della saldatura oggetto di indagine.

Per ciascuna saldatura deve essere redatto un report in conformità alla norma di riferimento.

#### **9.1.10.7 Liquidi penetranti**

Il metodo di indagine è adatto a rilevare difetti affioranti di qualunque tipo, a condizione che siano comunicanti con la superficie (fessure, cavità, difetti di fusione etc.).

La norma di riferimento per il controllo delle saldature con i liquidi penetranti è la UNI EN ISO 3452:2013 e s.m.i..

La scelta del liquido da usare e della sensibilità necessaria all'indagine è a discrezione del tecnico in funzione dell'obiettivo dell'indagine.

Il report deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione dell'ubicazione della saldatura oggetto di indagine e per la descrizione di ciascuna saldatura oggetto di indagine si dovranno seguire i criteri indicati nella norma di riferimento.

#### **9.1.11 Prove non distruttive per le costruzioni in tecnica mista**

Per edifici con tipologia costruttiva mista si intendono quelli individuati nelle NTC2018 e s.m.i.:

- edifici i cui muri perimetrali siano in muratura portante e la struttura verticale interna sia rappresentata da pilastri (per esempio, in c.a. o acciaio);
- edifici in muratura che abbiano subito sopraelevazioni, il cui sistema strutturale sia, per esempio, in c.a. o acciaio, o edifici in c.a. o acciaio sopraelevati in muratura;



- edifici che abbiano subito ampliamenti in pianta, il cui il sistema strutturale (per esempio, in c.a. o acciaio) sia interconnesso con quello esistente in muratura.

Per gli edifici misti si può far riferimento alle prove già descritte per gli edifici in c.a., in muratura e in acciaio.

Particolare attenzione dovrà essere dedicata alla verifica visiva della tipologia e dello stato di conservazione delle connessioni tra elementi strutturali di diversa tipologia.

Nell'ambito del procedimento di valutazione di vulnerabilità sismica, di una struttura mista si possono verificare due casi: il primo in cui si sceglie di affidare le azioni sismiche solo alla struttura muraria o solo a quelle in altra tecnologia oppure, il secondo in cui le azioni orizzontali sono affidate a tutti gli elementi strutturali considerando la collaborazione delle pareti in muratura e dei sistemi di diversa tecnologia (acciaio o c.a.). Nel primo caso le verifiche di resistenza sotto azioni sismiche potranno essere estese ai soli elementi strutturali di cui è costituita la tipologia strutturale primaria fermo restando la necessità di eseguire tutte le verifiche necessarie ad accertare la compatibilità degli spostamenti della struttura secondaria e la sua capacità di sostenere i carichi verticali.

Il report con la descrizione dei risultati delle prove deve contenere una chiara indicazione su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione degli elementi strutturali indagati e della loro posizione; eventuali dettagli costruttivi devono essere rappresentati in una opportuna scala di rappresentazione.

#### **9.1.12 Prove di carico**

Le prove di carico cui si fa riferimento in questo paragrafo sono quelle eseguite su solai e rampe di scala e hanno come obiettivo la valutazione del comportamento del solaio sotto le azioni di esercizio secondo quanto previsto dalle NTC2018 e s.m.i..

La relazione finale sulla prova dovrà descrivere le modalità di esecuzione della stessa e indicare con chiarezza il campo di solaio o delle rampe di scala oggetto della prova su una pianta in una opportuna scala di rappresentazione; si dovrà rappresentare, inoltre, lo schema della prova e il grafico della curva carico spostamento ottenuta per ciascun punto di misura. In aggiunta, i risultati dovranno essere riportati in forma tabellare indicando lo step di carico, il valore del carico e le misure degli spostamenti rilevate da ogni strumento utilizzato.

Nella relazione dovranno essere indicate le date di taratura delle celle di carico (per le prove con carichi concentrati equivalenti) o dei conta-litri (se il carico viene applicato con serbatoi flessibili).

Alla relazione dovrà essere allegata, infine, la documentazione fotografica relativa a tutte le fasi di prova e alla disposizione degli strumenti.

#### **9.1.13 Prove distruttive**

La caratterizzazione delle proprietà meccaniche dei materiali è principalmente basata su prove meccaniche invasive generalmente classificate come distruttive. I paragrafi che seguono illustrano le più comuni tipologie di prove per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in sito, della resistenza a trazione dell'acciaio da cemento armato e da carpenteria, della resistenza a compressione della muratura. Quando le prove sono eseguite su campioni prelevati in sito i prelievi devono essere eseguiti nelle zone di minor sollecitazione degli elementi strutturali interessati. Il tecnico dovrà valutare, sotto la sua responsabilità, l'opportunità di ricorrere al puntellamento fin quando i danni prodotti dal prelievo non saranno ripristinati.



#### **9.1.14 Prove distruttive per le costruzioni in c.a.**

##### **9.1.14.1 Carotaggio e prova di compressione monoassiale**

La valutazione della resistenza del calcestruzzo in opera si basa comunemente sulla determinazione della resistenza a compressione mediante una prova di compressione monoassiale eseguita in laboratorio su provini cilindrici estratti da elementi strutturali di edifici esistenti.

Per quanto riguarda le procedure per l'estrazione, la lavorazione dei campioni estratti per ottenere i provini e le relative modalità di prova a compressione si può fare riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2009 "Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture – Carote – Prelievo, esame e prova di compressione" e s.m.i..

L'operazione di carotaggio deve essere eseguita in modo tale da minimizzare l'influenza del carotaggio stesso sui risultati della prova di compressione.

I risultati delle prove devono essere riportati in rapporti di prova emessi da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Nota il risultato delle prove di compressione, la restituzione della resistenza cubica e cilindrica del calcestruzzo in opera avviene mediante il ricorso a correlazioni di letteratura di comprovata validità; i risultati delle prove di compressione sulle carote saranno corretti tenendo conto dell'influenza della geometria del campione e di tutti i fattori perturbativi che caratterizzano il prelievo. Noti i valori medi delle resistenze in sito, i valori caratteristici delle resistenze cubiche e cilindriche si possono dedurre dalle correlazioni proposte nelle NTC2018 e s.m.i..

In esito alle prove di compressione il tecnico dovrà produrre una relazione con il procedimento adottato per la determinazione della resistenza in opera, le formule di correlazione adottate e i relativi riferimenti bibliografici.

##### **9.1.14.2 Prova di carbonatazione**

La prova di carbonatazione è finalizzata alla determinazione dello spessore carbonatato di calcestruzzo sulle carote appena estratte. Si può fare riferimento alle norme UNI 9944 "Corrosione protezione dell'armatura del calcestruzzo" e s.m.i..

I risultati della prova devono essere rappresentati in forma tabellare e contenere l'indicazione dell'elemento strutturale oggetto di prelievo, della posizione di prelievo del campione, della sigla identificativa del campione e degli spessori di calcestruzzo carbonatato misurati a partire dalle due estremità della carota.

Le ubicazioni delle aree di prova dovranno essere chiaramente indicati su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione. L'indagine dovrà essere documentata da immagini fotografiche di ogni campione con particolare riferimento ai momenti prima e dopo l'esecuzione della prova.

##### **9.1.14.3 Prove sull'acciaio per cemento armato**

Salvo nel caso in cui siano disponibili certificati di prova di entità conforme a quanto richiesto per le nuove costruzioni nella normativa dell'epoca di edificazione del fabbricato in esame, l'identificazione della classe dell'acciaio in un edificio esistente si ottiene mediante estrazione di campioni di armatura su cui eseguire prove di trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e dell'allungamento a rottura.

Per l'esecuzione della prova di trazione si può far riferimento alle NTC2018 e alla norma UNI EN ISO 6892-1:2009 "Materiali metallici – prova di trazione" e s.m.i..



Per tutte gli spezzoni di armatura testati deve essere prodotto un rapporto ufficiale di prova emesso da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Le ubicazioni degli elementi strutturali oggetto di prelievo e le posizioni dei campioni prelevati dovranno essere chiaramente indicati su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione.

Alla relazione dovrà essere allegata la documentazione fotografica relativa a tutte le fasi di prova.

#### **9.1.14.4 Misura del potenziale di corrosione**

La mappatura del potenziale di corrosione consente in modo non distruttivo di valutare lo stato corrosivo delle armature di elementi in calcestruzzo armato.

Le norme di riferimento per le misure sono le UNI 10174:1993 "Istruzioni per l'ispezione delle strutture di cemento armato esposte all'atmosfera mediante mappatura di potenziale", le UNI 9535 "Determinazione del potenziale dei ferri di armatura" e le ASTM C876:09 "Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete" e s.m.i..

Le zone indagate dovranno essere individuate in piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione e, per ciascuna misura, dovranno essere riportate le mappe di potenziale. La relazione finale dovrà raccogliere, per ogni area di prova i risultati in forma tabellare con l'indicazione dei valori minimi, medi e massimi del potenziale. Sulla base della norma di riferimento utilizzata dovranno essere indicate per ogni area le probabilità di corrosione.

#### **9.1.15 Prove distruttive per le costruzioni in muratura**

##### **9.1.15.1 Prova con martinetto piatto**

La prova con martinetto piatto singolo permette di stimare lo stato di tensione locale presente nelle strutture murarie. La tecnica di prova si basa sulla variazione dello stato tensionale in un punto della struttura provocato da un taglio piano eseguito in direzione normale alla superficie della muratura.

La prova con martinetto piatto doppio consente di individuare le caratteristiche di resistenza della muratura. La prova richiede l'esecuzione di due tagli paralleli nella muratura e ortogonali alla direzione della resistenza che si vuole indagare (tipicamente la verticale).

Le prove con martinetti piatti sono normate dalle ASTM C1196 (In situ compressive strength within solid unit masonry estimated during flat-jack measurements) per quanto riguarda i martinetti singoli e dalle ASTM C1197 (In situ measurements of masonry deformability properties using the flat-jack measurements) per i martinetti doppi.

Come risultato di ogni singola prova si dovranno riportare le curve e le tabelle carico - spostamento verticale e carico-spostamento orizzontale per ciascuno dei trasduttori utilizzati con riferimento esclusivamente alla prova con martinetto doppio.

Nella prova con martinetto piatto singolo dovrà essere chiaramente indicato il valore del carico che annulla lo spostamento relativo tra le parti murarie inferiore e superiore al taglio dovuto al taglio stesso; la prova permette dunque la conoscenza dello stato tensionale presente nella muratura.

Le zone di prova scelte dal tecnico, dovranno essere individuate in piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione. Al report di prova dovrà essere allegato il certificato di taratura dei martinetti utilizzati e la documentazione fotografica relativa a ogni prova eseguita.

##### **9.1.15.2 Carotaggi e endoscopie**

Il carotaggio di elementi in muratura è finalizzato all'identificazione della tipologia muraria (tipi di malta, laterizio e pietra, spessore e conformazione dei paramenti murari, ecc.) attraverso l'esame del campione



estratto, dunque la ricostruzione della sezione muraria. L'indagine endoscopica consente l'ispezione visiva diretta di cavità all'interno dello spessore murario e il rilevamento di eventuali discontinuità del tessuto murario.

I punti di indagine dei campioni dovranno essere indicati in piante, sezioni, prospetti e le sezioni murarie dovranno essere rappresentate in una opportuna scala di rappresentazione.

#### **9.1.16 Prove distruttive per le costruzioni in acciaio**

La misura delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio da carpenteria in un edificio esistente, salvo nel caso in cui siano disponibili certificati di prova conformi a quanto richiesto per le nuove costruzioni all'epoca di costruzione della struttura, si ottiene mediante prelievo di provette su cui eseguire prove di trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e dell'allungamento a rottura. La provetta è generalmente ottenuta mediante lavorazione di un saggio prelevato da un profilato metallico.

Per la preparazione dei campioni si può fare riferimento alla EC 1-2015 UNI EN ISO 377:2013 "Acciaio e prodotti di acciaio - Prelievo e preparazione dei campioni e dei provini per prove meccaniche" e s.m.i..

Per l'esecuzione della prova di trazione si può far riferimento e alla norma UNI EN ISO 6892-1:2009 "Materiali metallici – prova di trazione" e s.m.i..

Le ubicazioni dei profili e le posizioni dei punti di prelievo dovranno essere chiaramente indicati su piante, sezioni e prospetti in una opportuna scala di rappresentazione.

Per tutti i campioni testati deve essere prodotto un certificato ufficiale di prova emesso da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

#### **9.1.17 Prove distruttive per le costruzioni in tecnica mista**

Per gli edifici misti si può far riferimento alle prove già descritte per gli edifici in c.a., in muratura e in acciaio.

#### **9.1.18 Livelli di conoscenza**

Il tecnico deve farsi carico dell'elaborazione di un piano delle indagini. Il numero delle prove distruttive e non distruttive varia in funzione del livello di conoscenza che il tecnico intende conseguire ai fini della valutazione di vulnerabilità. Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive e di indagine sopra riportate, saranno individuati dunque i "livelli di conoscenza" dei diversi parametri coinvolti nel modello (geometria, dettagli costruttivi e materiali) e definiti i correlati fattori di confidenza (FC), cioè quei parametri che modificano i valori di capacità dei materiali in ragione del livello di conoscenza acquisito attraverso le indagini e che sono utilizzati come ulteriori coefficienti parziali di sicurezza per tener conto delle carenze nella conoscenza dei parametri del modello. Per la definizione dei livelli di conoscenza e per la scelta dei fattori di confidenza e dei parametri meccanici da usare nelle analisi si può fare riferimento alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 emanata dal CSLPP e recante le "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.". Il semplice criterio suggerito dalla Circolare al tecnico che si occupa della valutazione di vulnerabilità sismica, è quello di consentire l'adozione di resistenze dei materiali crescenti con il livello di approfondimento delle indagini.



### **9.1.19 Relazioni**

#### **9.1.19.1 Relazione geologica**

Qualora non sia già disponibile una relazione geologica realizzata nell'ultimo decennio dalla data emissione della Richiesta di Offerta e firmata da un geologo regolarmente iscritto all'albo, la stessa sarà utile alla caratterizzazione geologica del sito con l'obiettivo di ricostruire la pericolosità geologica del sito dell'edificio.

In funzione del tipo di opera e della complessità del contesto geologico, sarà predisposto un piano di indagini finalizzato alla ricostruzione del modello geologico, quale riferimento per il tecnico per definire le successive indagini geotecniche. Le indagini minime che dovranno essere eseguite saranno quelle stabilite dalle norme locali relativamente alla progettazione strutturale.

Il geologo, responsabile della relazione geologica, deve descrivere e commentare esaurientemente i metodi e risultati delle indagini.

Nel caso in cui è necessario verificare la presenza di cavità sotterranee il geologo può avvalersi di indagini con Georadar (ground probing radar - GPR).

La relazione finale delle indagini con georadar sui terreni deve contenere i risultati delle scansioni in 2D o 3D rappresentati su piante in scala opportuna. I risultati dovranno essere forniti alla committenza anche in formato DWG e GIS; dovranno essere fornite, inoltre, le coordinate geografiche dei vertici del perimetro dell'area oggetto di indagine.

#### **9.1.19.2 Relazione geotecnica**

La relazione geotecnica deve essere redatta dal tecnico incaricato delle verifiche di vulnerabilità, il quale deve riassumere i risultati delle indagini geotecniche attraverso l'interpretazione dei risultati delle prove in sito. La relazione deve indicare con chiarezza il modello geotecnico di sottosuolo da utilizzare nella valutazione di vulnerabilità sismica del fabbricato in esame con i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni per consentire le verifiche geotecniche.

Nei casi in cui è necessaria un'analisi della risposta sismica locale, il tecnico deve illustrare il procedimento seguito per determinare le azioni di progetto relative al fabbricato in esame e indicare gli spettri di progetto relativi alla quota di riferimento (dipendente dalla tipologia delle fondazioni), utili all'analisi strutturale dell'edificio.

#### **9.1.19.3 Relazione finale**

Nella relazione finale confluiranno gli output ottenuti da ogni fase della campagna di indagini.

Per quanto riguarda la fase delle indagini preliminari sarà descritto l'edificio nel suo complesso sulla base delle informazioni raccolte con particolare riferimento alla rappresentazione della struttura. Dovrà essere fornito un elenco completo e una copia cartacea di tutta la documentazione raccolta.

Per quanto riguarda le fasi relative alle prove non distruttive e distruttive, finalizzate alla caratterizzazione dei materiali, confluiranno nella relazione finale gli output ottenuti da ciascuna prova con la relativa interpretazione. Per ciascuna prova, inoltre, il tecnico (in caso di Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (RTP) ciascun tecnico per le prove e gli elaborati di propria competenza) deve descrivere le procedure e i metodi utilizzati per la definizione delle proprietà dei materiali in sito. Il tecnico dovrà raccogliere tutti i risultati delle indagini su DVD organizzato per cartelle tematiche, comprensivo di indice, relazioni in formato PDF, elaborati grafici in formato DWG e tutta la documentazione fotografica opportunamente catalogata.

Tutte le relazioni dovranno essere prodotte anche in copia cartacea.



### **9.1.20 Valutazione della vulnerabilità sismica**

Tutti i risultati conseguiti e riassunti nelle relazioni geologica, geotecnica e finale di cui ai paragrafi precedenti porteranno il tecnico ad esprimere la valutazione di vulnerabilità.

La valutazione della sicurezza di un edificio esistente è un procedimento finalizzato alla verifica della capacità dell'edificio di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto previste dalle NTC2018 e s.m.i., oppure alla determinazione dell'entità massima delle azioni, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza previsti dalle NTC2018 e s.m.i.. La valutazione di vulnerabilità deve consentire la stima degli indici di rischio intesi come rapporti tra l'azione sismica che provoca il superamento di un assegnato Stato Limite e l'azione sismica di progetto relativa al sito di costruzione (eventualmente modificata da un'analisi di risposta sismica locale) per ciascun elemento strutturale e per ogni possibile modalità di crisi (ad esempio flessione, pressoflessione, taglio, instabilità).

In relazione dovranno chiaramente essere indicati gli indici di rischio minimi tra tutti quelli valutati per gli Stati Limite considerati per ciascun elemento strutturale.

Gli elementi costruttivi senza funzione strutturale il cui danneggiamento può provocare danni a persone, devono essere verificati, insieme alle loro connessioni alla struttura, per l'azione sismica corrispondente a ciascuno degli Stati Limite considerati. Pertanto anche gli indici di rischio relativi agli elementi non strutturali devono essere inclusi nella relazione.

Nel caso degli edifici in muratura la valutazione della vulnerabilità sismica deve sempre tener conto dell'esistenza di possibili meccanismi locali. In molti casi, infatti, l'analisi globale del fabbricato può perdere di significato per la mancanza di collegamenti di piano (catene, cordoli, impalcati opportunamente connessi alle murature verticali). In questi casi è necessario valutare la vulnerabilità sismica anche con riferimento a tutti i meccanismi potenzialmente attivabili nella costruzione tenendo conto degli effetti spingenti di archi, volte e coperture e della presenza di impalcati non connessi alle murature perimetrali.

In definitiva nel caso degli edifici in muratura o di edifici misti con struttura in muratura cui si affidano le azioni orizzontali, la relazione con i risultati delle verifiche di vulnerabilità dovrà contenere gli indici di rischio riferiti a tutti i possibili meccanismi locali di collasso e alle verifiche allo stato limite ultimo delle fasce di piano (se considerate nella modellazione) e dei maschi murari per sollecitazioni nel piano, e fuori dal piano.

## **~~9.2 PROGETTAZIONE DI OPERE DI INGEGNERIA CIVILE (SOTTOCATEGORIA 2)~~**

~~La progettazione ai fini dell'appaltabilità dell'opera da realizzare deve avvenire in conformità e nei limiti di quanto statuito dall'art. 23 D.lgs. 50/2016 s.m.i. secondo tre livelli di approfondimenti tecnici:~~

- ~~• Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE)~~
- ~~• Progetto Definitivo~~
- ~~• Progetto Esecutivo~~

~~Il Soggetto Aggiudicatore potrà disciplinare, all'interno della RdO, il livello di progettazione oggetto della stessa indicando le caratteristiche, i requisiti e gli elaborati progettuali necessari per la definizione di ogni fase della progettazione, ai sensi dell'art. 23 comma 4 del D.Lgs. 50/2016.~~