

REGIONE
TOSCANA



Regione Toscana

Giunta Regionale

INTERVENTI DI PREVENZIONE SISMICA

D.2.9

ISTRUZIONI TECNICHE

**PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI
PROGETTUALI DEGLI INTERVENTI DI
PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO
SISMICO DEGLI EDIFICI PUBBLICI
STRATEGICI E RILEVANTI**

**DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE TERRITORIALI, AMBIENTALI E PER LA
MOBILITA'**

LUGLIO 2011

Indice

1. PARTE GENERALE	3
1.1 OGGETTO DELLE DIRETTIVE	3
1.2 TIPOLOGIA DI INTERVENTI	3
2. REDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO: STATO DI FATTO (INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO E DI ADEGUAMENTO)	5
2.1 RELAZIONE GENERALE	5
2.1.1 <i>RELAZIONE ILLUSTRATIVA</i>	5
2.1.2 <i>ANALISI STORICO-CRITICA</i>	5
2.2 PIANO DELLE INDAGINI E DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA	5
2.2.1 <i>RILIEVO</i>	6
2.2.2 <i>CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI</i>	6
2.2.3 <i>LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA</i>	7
2.3 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	11
2.3.1 <i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	11
2.3.2 <i>VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO</i>	11
2.3.2.1 <i>EDIFICI IN MURATURA</i>	12
2.3.2.2 <i>EDIFICI IN CEMENTO ARMATO / ACCIAIO</i>	20
2.3.3 <i>CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO</i>	28
2.3.4 <i>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI</i>	28
2.4 RELAZIONI SPECIALISTICHE	28
2.4.1 <i>RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI</i>	28
2.4.2 <i>RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI</i>	28
2.4.3 <i>RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA</i>	28
2.5 ELABORATI GRAFICI	29
2.5.1 <i>ARCHITETTONICI</i>	29
2.5.2 <i>STRUTTURALI</i>	29
2.6 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	31
3. REDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO: STATO DI PROGETTO	32
3.1 RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA DELL'INTERVENTO	32
3.1.1 <i>CARENZE STRUTTURALI</i>	32
3.1.2 <i>PROPOSTA DI INTERVENTO</i>	32
3.1.3 <i>FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO</i>	33
3.2 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	34
3.2.1 <i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	34
3.2.2 <i>VALUTAZIONE SICUREZZA E DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO</i>	34
3.2.3 <i>CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO</i>	34
3.2.4 <i>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI</i>	34
3.3 RELAZIONE SUI MATERIALI	34
3.4 PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA	35
3.5 RELAZIONI SPECIALISTICHE	35
3.5.1 <i>RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI</i>	35
3.5.2 <i>RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI</i>	35
3.5.3 <i>RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA</i>	35
3.6 ELABORATI GRAFICI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI	36
3.6.1 <i>ARCHITETTONICI</i>	36
3.6.2 <i>STRUTTURALI</i>	36
3.7 ELABORATI ECONOMICI	38
4. PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI	39
5. QUADERNO DEI LAVORI	40
6. VARIANTI	42

1. PARTE GENERALE

1.1 OGGETTO DELLE DIRETTIVE

Le presenti istruzioni tecniche D.2.9 riguardano la redazione dei progetti esecutivi strutturali degli interventi di prevenzione e riduzione del rischio sismico degli edifici strategici e rilevanti di cui al comma 1 art.1 delle direttive D.1.9 approvate con delibera d.g.r.t. 420/2010.

I progetti devono essere conformi alla normativa vigente D.M. LL.PP. 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2008), alla relativa Circolare n. 617 del 02/02/2009 e all’Allegato alla stessa.

Per gli interventi sui beni del patrimonio culturale vincolato un opportuno riferimento è costituito dalla direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 09/02/2011 per la “Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008”.

1.2 TIPOLOGIA DI INTERVENTI

Gli interventi strutturali oggetto delle presenti istruzioni tecniche devono riferirsi all’insieme del complesso strutturale e il loro studio deve essere basato su un rilievo completo dello stato di fatto, tenendo in conto della storia dell’edificio, delle tecniche costruttive, dei materiali esistenti e della funzione a cui è destinato.

Per gli edifici facenti parte di un aggregato edilizio è necessario individuare l’unità strutturale oggetto di studio in base a quanto indicato al punto 8.7.1 delle NTC 2008 e al punto C8.A.3 della Circolare n.617/2009.

Le tipologie di intervento sugli edifici pubblici strategici e rilevanti oggetto delle presenti istruzioni tecniche sono:

a) L’ADEGUAMENTO SISMICO:

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all’adeguamento della costruzione nel caso in cui ricorrono le condizioni esposte al punto 8.4.1. delle NTC 2008:

NTC2008 - § 8.4.1: INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

(...)

- a) sopraelevare la costruzione;*
- b) ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;*
- c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d’uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%; resta comunque fermo l’obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;*
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.*

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all’intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell’intera struttura post-intervento, (...).

Una variazione dell’altezza dell’edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b). In tal caso non è necessario procedere all’adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d).

Per gli edifici strategici/rilevanti (definiti in base all’allegato A al d.p.g.r. n. 36/R del 09/07/2009) deve essere perseguito l’adeguamento sismico laddove possibile.

b) IL MIGLIORAMENTO SISMICO:

E' possibile eseguire interventi di miglioramento sismico nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al punto 8.4.1. delle NTC 2008.

Tuttavia gli interventi di miglioramento sismico devono consentire **il raggiungimento dell'indicatore di rischio superiore a 0.65**, calcolato secondo quanto riportato al punto 3.2.2 delle presenti istruzioni tecniche.

In alternativa, come previsto all'art.1 comma 9 delle direttive D.1.9 e al punto C.8.3 della Circolare n. 617 del 02/02/2009 gli Enti Locali possono stabilire per la costruzione un valore inferiore della vita nominale o vita residua (intesa come numero di anni successivamente all'intervento per il quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata) rispetto a quello previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni.

La scelta di ridurre la vita nominale è effettuata sulla base di valutazioni connesse alla tipologia di costruzione, allo stato di conservazione dei materiali, alla destinazione d'uso, alle disponibilità economiche, alle implicazioni in termini di pubblica incolumità, ecc. così come previsto dalla Circolare.

Per quanto riguarda gli elaborati da presentare nel caso dell'adeguamento e del miglioramento sismico, si rimanda alla Tabella 8.

c) LA NUOVA COSTRUZIONE:

Gli interventi di nuova costruzione, esclusivamente previsti in seguito alla demolizione dell'edificio esistente o alla delocalizzazione in altro sito, sono ammissibili a finanziamento nei casi in cui sia stata dimostrata la **non convenienza tecnico-economica dell'intervento di adeguamento sismico**.

La delocalizzazione può essere valutata nei casi in cui il trasferimento si renda necessario a seguito di:

1) **problematiche di sito**: risultanze di specifiche indagini geologico-tecniche di microzonazione sismica che mettano in evidenza zone suscettibili di instabilità dinamica con deformazioni permanenti del terreno (liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, instabilità di versante) o per altre cause dipendenti da dissesti idrogeologici del terreno. Tali risultanze dovranno essere opportunamente documentate e allegate allo stato di fatto.

2) **altre problematiche non di sito**: tali eventualità dovranno essere dichiarate dall'ente proprietario, tra queste rientrano ad esempio:

- Ø situazioni di pericolo legate al contesto in cui l'edificio esistente è inserito ad esempio la possibilità che, a seguito di evento calamitoso, le vie di collegamento possano risultare impraticabili o comunque non idonee a garantire una via di fuga (caso dei centri storici);
- Ø necessità di accorpare servizi scolastici separati territorialmente al fine di garantire un coordinamento dei servizi ed una migliore razionalizzazione e organizzazione del sistema scolastico.

La soglia di non convenienza tecnico-economica di un intervento di adeguamento sismico rispetto alla nuova costruzione è stabilita all'art. 4 comma 4 delle direttive D.1.9.

Gli enti locali devono dimostrare la non convenienza tecnico-economica con una **progettazione di massima dell'intervento di adeguamento sismico** a seguito di rilievi e indagini conoscitive sull'edificio esistente.

Nel caso in cui non sussistano problematiche di sito, possono essere richiesti, da parte degli Uffici Tecnici del Genio Civile, elaborati di approfondimento al fine di una dimostrazione più accurata del superamento della soglia di non convenienza tecnico-economica.

In caso l'edificio esistente non sia demolito dovrà essere destinato ad uso diverso da quello originario e l'ente locale deve dichiarare l'impegno alla cessazione della funzione strategica o rilevante al momento della richiesta dell'approvazione di cui all'art.5 comma 5 delle direttive D.1.9, per l'intervento di nuova costruzione.

Per quanto riguarda gli elaborati da presentare nel caso della nuova costruzione si rimanda alla Tabella 9.

2. REDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO: STATO DI FATTO (INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO E DI ADEGUAMENTO)

I progetti di cui al punto 1.21.2 delle presenti istruzioni tecniche devono contenere gli elaborati esplicitati nel seguito.

2.1 RELAZIONE GENERALE

2.1.1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Relazione contenente una descrizione dell'opera, dell'uso e della funzione, con la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali) e delle interferenze con il territorio circostante e in particolare con le costruzioni esistenti adiacenti.

In essa vengono definiti la **vita di riferimento** e la **classe d'uso** della struttura.

2.1.2 ANALISI STORICO-CRITICA

L'analisi storico critica deve illustrare le **fasi del processo costruttivo** dell'edificio e le **successive modifiche** subite nel tempo dal manufatto nonché gli eventi che lo hanno interessato, con particolare riferimento agli eventi sismici subiti e agli eventuali danni rilevati.

L'analisi storico-critica contiene inoltre **l'elenco della documentazione reperita** del progetto originario.

2.2 PIANO DELLE INDAGINI E DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA

Relazione descrittiva del **piano delle indagini** in cui devono essere specificate le varie indagini da effettuare finalizzate alla conoscenza della struttura (geometria e dettagli costruttivi) e dei materiali che la costituiscono.

Il numero e l'ubicazione dei punti da indagare (con saggi e prove in situ) devono essere rappresentativi dell'organismo strutturale nel suo complesso e devono essere determinati anche alla luce delle ispezioni visive effettuate e della documentazione disponibile relativa allo stato ante/post operam.

Il piano delle indagini deve sistematicamente trattare i seguenti aspetti:

2.2.1 RILIEVO

Tavole grafiche (piante, prospetti e sezioni) raffiguranti il **rilievo geometrico e strutturale** dell'edificio nel suo complesso e dei particolari costruttivi, nonché il rapporto con le eventuali strutture adiacenti.

Nel caso in cui sia presente il progetto strutturale originario dell'edificio in esame è sufficiente effettuare dei controlli a campione per verificare la corrispondenza tra il progetto e il costruito.

Nel rilievo devono essere individuati i vari corpi di fabbrica che costituiscono il complesso ed evidenziate le modifiche intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica.

Esso deve indicare lo stato generale di conservazione e i dissesti rilevati, in atto o stabilizzati, in modo da fornire un quadro completo e dettagliato dello **stato fessurativo** e dei **meccanismi di danno**.

Devono inoltre essere evidenziate le **interferenze impianti-strutture**, tramite apposita **documentazione fotografica** (vedere punto 2.6 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), individuando eventuali passaggi orizzontali e verticali (canne fumarie, tubazioni del riscaldamento, scarichi e adduzioni idriche, condotte elettriche, etc.) nelle strutture portanti o di controvento, nei solai e nelle cassettature esterne.

Tali elaborati grafici devono essere redatti utilizzando la simbologia della “Legenda per la redazione degli elaborati grafici dell'edificio dello stato di fatto e di progetto” (allegato A).

2.2.2 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Al fine di raggiungere la caratterizzazione dei materiali occorre procedere con l'osservazione diretta in situ e/o con indagini sperimentali, sulla base della documentazione disponibile.

Per gli edifici in muratura occorre procedere ad un esame visivo e ad una valutazione circa la consistenza della malta e la qualità delle connessioni interne (tra pareti e pareti, tra pareti ed orizzontamenti) oltre eventualmente a prove sperimentali (prove di caratterizzazione della malta e degli elementi, martinetti piatti doppi, compressione diagonale, etc.) ai sensi del punto 8.7.1 delle NTC 2008, del corrispondente punto della Circolare e del punto C8A.1.A dell'Allegato alla stessa.

Occorre inoltre fare riferimento alle specifiche riportate nelle istruzioni tecniche VSM approvate con decreto dirigenziale n° 4085 del 20.07.2004.

Per gli edifici in cemento armato occorre procedere a prove sperimentali **sia sul calcestruzzo che sull'acciaio** ai sensi del punto 8.7.2 delle NTC 2008, al corrispondente punto della Circolare e al punto C8A.1.B dell'Allegato alla stessa e alle Linee Guida del C.S.LL.PP.¹.

Occorre inoltre fare riferimento alle specifiche riportate nelle istruzioni tecniche VSCA approvate con decreto dirigenziale n° 4301 del 21.07.2004.

Come riportato nelle note esplicative alla tabella C8A.1.3(a, b) **le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio**, con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione.

I campioni di barre di armatura da sottoporre a prova devono essere estratti prioritariamente da elementi destinati ad essere demoliti/sostituiti. Nel caso in cui non siano presenti elementi destinati

¹ “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive” febbraio 2008, predisposte dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

alla demolizione/sostituzione occorre effettuare l'estrazione da elementi strutturali principali rappresentativi, scegliendo come zone di campionatura quelle meno sollecitate.

Le prove sugli acciai non sono necessarie se sono disponibili certificati di prova di entità conforme a quanto richiesto per le nuove costruzioni, nella normativa dell'epoca.

Nella seguente tabella sono riassunte le prescrizioni sul tipo di acciaio, per gli edifici in cemento armato, riportate nelle principali normative

Normativa	Tipologia	Sigla	Resistenza (Kg/cmq)		• amm/• max	Allung. a rottura	Controlli
			Rottura	Snervamento			
R.D. 2229/39	Acciaio dolce	Aq 42 (dal '57)	4200-5000	• 2300	28-33%	20%	2/1000
Circ.n.1472 del 23/05/1957	Acciaio semiduro	Aq 50 (dal '57)	5000-6000	• 2700	33-40%	16%	
	Acciaio duro	Aq 60 (dal '57)	6000-7000	• 3100	29-40%	14%	
D.M. 30/05/1972	Barre lisce	FeB22, FeB32	3400-5000	2200-3200	35-32%	24-23	3 camp. (facoltativo se control. In stab.)
	Barre ader. migl.	A38, A41, FeB44	4600-5500	3800-4400	48-40%	14-12	
D.M. 30/05/1974	Barre ader. migl.	FeB38k (exA38), FeB44k (ex FeB44)	"	"	"	"	"
D.M. 16/06/1976	"	"	"	"	"	"	"
D.M. 26/03/1980	"	"	"	"	"	"	"
D.M. 09/01/1996	"	"	"	"	"	"	"

Tabella 1 caratteristiche dell'acciaio da cemento armato per varie normative

I valori delle resistenze meccaniche dei materiali valutati sulla base delle prove effettuate sulla struttura prescindono dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni (NTC 2008 - par. 8.5.3).

2.2.3 LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

In base al livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse, deve essere individuato il "livello di conoscenza" dal quale discendono i fattori di confidenza. Essi vanno a ridurre preliminarmente i valori medi/caratteristici di resistenza dei materiali della struttura esistente per ricavare i valori da adottare nella valutazione della sicurezza, da ridurre ulteriormente, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza.

In alcuni casi può essere opportuno procedere ad una **valutazione costi-benefici** dell'intervento, nell'ipotesi di raggiungere **livelli di conoscenza superiori** allo scopo di:

1. **scegliere l'intervento di miglioramento più conveniente:** nel caso in cui il raggiungimento di un livello di conoscenza superiore (LC2/LC3) comporti un significativo **risparmio dei costi di intervento**, a parità di livello di sicurezza raggiunto.
2. **valutare la possibilità di inquadrare l'intervento come adeguamento.**

Tenuto conto delle indicazioni riportate nell'Allegato alla Circolare, si riporta, nel seguito, uno **schema di riferimento per la determinazione del livello di conoscenza**, ai sensi di quanto indicato nell'Allegato C8A sia nel caso di edifici in muratura che nel caso di edifici in cemento armato.

EDIFICI IN MURATURA

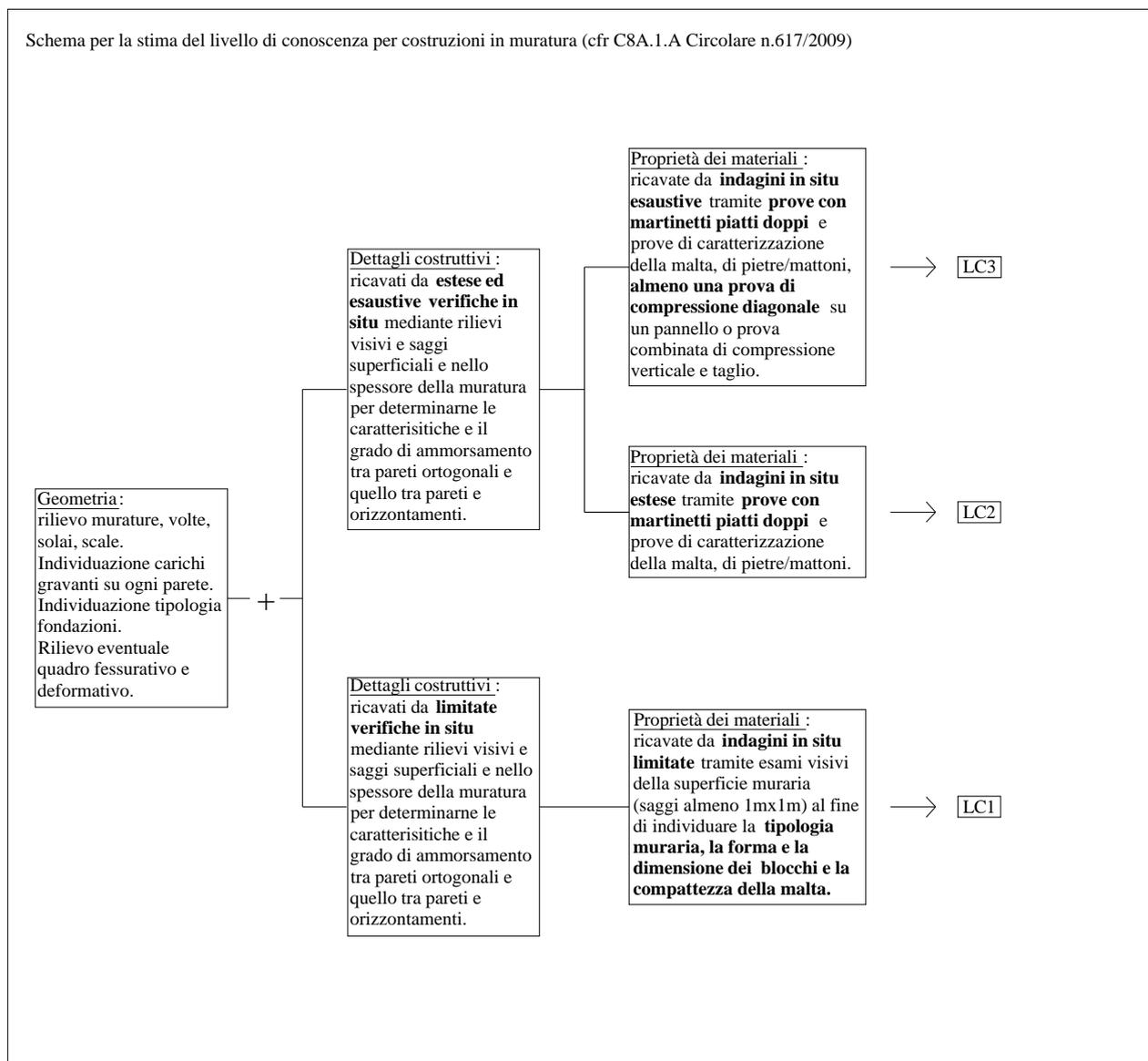


Tabella 2: schema di riferimento per la determinazione del livello di conoscenza per edifici in muratura. (cfr C8A.1.A. Circolare n.617/2009)

Si riporta nella seguente tabella una guida ai dettagli costruttivi da indagare per gli edifici in muratura con il richiamo alla documentazione fotografica da allegare allo stato di fatto (vedi punto 2.6).

<i>Dettagli costruttivi esaminati per edifici in muratura</i>	SI	NO	Foto n.
Presenza del collegamento tra pareti verticali	X		1
Presenza del collegamento tra orizzontamenti e pareti ed eventuale presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento		X	2
Esistenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture	X		3
Presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti		X	4
Presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità	X		5
Edificio(corpo)/Livello Piano	Corpo D / Piano terra		

Tabella 3: guida ai dettagli costruttivi da indagare per gli edifici in muratura (esempio di compilazione).

EDIFICI IN CEMENTO ARMATO/ACCIAIO

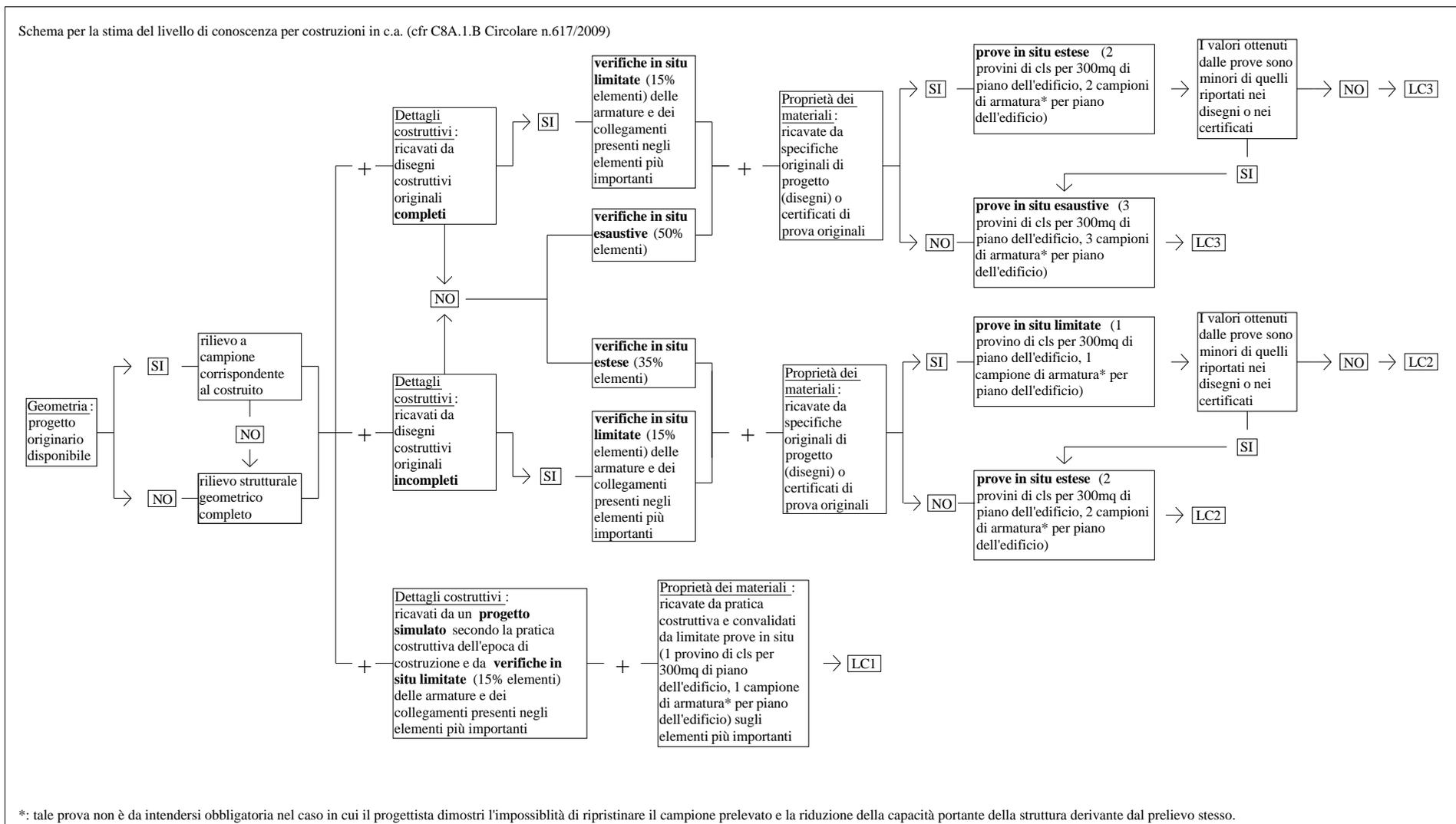


Tabella 4: schema di riferimento per la determinazione del livello di conoscenza per edifici in cemento armato (cfr C8A.1.B. Circolare n.617/2009)

Si richiede che sia compilata la seguente tabella, relativa agli edifici in cemento armato al fini della determinazione dell'effettivo livello di conoscenza raggiunto, considerando le note esplicative alle tabelle C8A.1.3(a, b) nell'Allegato alla Circolare n.617/2009.

Dati per la determinazione del livello di conoscenza (LC) per edifici in cemento armato														
Edificio/ corpo	Livello Piano	superficie tot. (mq)	Disegni Costruttivi	Proprietà materiali	n. D.C.R. travi	n. totale travi	n. D.C.R. pilastri	n. tot. pilastri	n. P.D. CLS travi	n. P.N.D. CLS travi	n. P.D. CLS pilastri	n. P.N.D. CLS pilastri	n. P.D. Armat. travi	n. P.D. Armat. Pilastri
D	pt	600	incompleti	specifiche di progetto o certificati originali	0	40	2	65	0	0	6	24	0	0
D	p1	530	incompleti	specifiche di progetto o certificati originali	0	68	0	40	0	0	3	12	0	0
E	pt	175	incompleti	specifiche di progetto o certificati originali	0	16	1	18	0	0	1	8	0	0
E	p1	110	incompleti	specifiche di progetto o certificati originali	0	25	0	12	0	0	1	9	0	0
F	pt	100	incompleti	specifiche di progetto o certificati originali	0	17	0	12	0	0	1	5	0	0

LEGENDA:
D.C.R. = dettagli costruttivi rilevati
P.D. = prove distruttive
P.N.D. = prove non distruttive

Tabella 5: dati necessari alla determinazione del livello di conoscenza raggiunto per edifici in c.a. (esempio di compilazione)

NOTE ESPLICATIVE ALLA TABELLA C8A.1.3 - ALLEGATO ALLA CIRCOLARE N.617/09
<p>Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:</p> <p>(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.</p> <p>(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.</p> <p>(c) 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 distruttive², singole o combinate, tarate su quelle distruttive.</p> <p>(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.</p>

Nel caso in cui non siano rispettate le indicazioni percentuali relative ai vari elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prova di resistenza riportati nella Tabella 4, si richiede che tali riduzioni siano debitamente giustificate alla luce ad esempio di informazioni già disponibili, di condizioni di ripetitività, di regolarità o di analoga funzione/impegno strutturale dei vari elementi.

² Prove non distruttive definite nelle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive" febbraio 2008, predisposte dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

2.3 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

La relazione deve affrontare la valutazione della sicurezza della struttura nella situazione attuale, desunta dalle indagini conoscitive sopra descritte, trattando sistematicamente gli aspetti di seguito riportati.

2.3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Devono essere specificate le normative tecniche di riferimento, i documenti e le indicazioni di comprovata validità, ai sensi del capitolo 12 delle NTC 2008 e del relativo capitolo della Circolare, a cui è stato fatto riferimento nella valutazione della sicurezza dell'edificio nello stato di fatto.

2.3.2 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO

La **valutazione della sicurezza** viene condotta in generale con riferimento allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)**. Essa deve essere finalizzata alla determinazione dell'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di carico di progetto, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC 2008, definiti dai coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali.

Da un punto di vista operativo la valutazione della sicurezza consiste nei seguenti passaggi³:

1. determinazione della **“domanda”**, espressa in termini di periodo di ritorno dell'azione sismica di riferimento:
 - nel caso di un edificio scolastico o pubblico rilevante (classe d'uso III), la domanda è esprimibile nel seguente modo: $T_{R,D} = -VR/\ln(1-0.1) = 9.49 * V_R = 9.49 * 1.5 * 50 = 712$ anni;
 - nel caso di un edificio strategico (classe d'uso IV), la domanda è esprimibile nel seguente modo: $T_{R,D} = -VR/\ln(1-0.1) = 9.49 * V_R = 9.49 * 2 * 50 = 949$ anni.
2. determinazione della **“capacità” sismica dell'edificio**, espressa in termini di periodo di ritorno ($T_{R,C}$) dell'azione sismica corrispondente al raggiungimento dello stato limite ultimo considerato.
3. definizione dell'**indice di rischio** come rapporto tra capacità/domanda $R_{CD} = (T_{R,C}/T_{R,D})^a$ (con $a=0.41$).

Al fine di procedere a detta valutazione è necessario specificare:

- a. caratteristiche dei materiali, analisi dei carichi, definizione dell'azione sismica, indicazione dell'approccio scelto e definizione delle combinazioni di carico adottate;
- b. giudizio sulla regolarità in pianta ed in elevazione e sulla rigidità degli orizzontamenti;
- c. giustificazione e descrizione del tipo di analisi svolta;
- d. ipotesi alla base della modellazione strutturale (vincoli, rigidità impalcati, etc.);
- e. svolgimento di tutte le verifiche numeriche statiche e sismiche;
- f. definizione della configurazione strutturale corrispondente al raggiungimento dello stato limite di salvaguardia della vita in corrispondenza della quale viene calcolata la “capacità” sismica dell'edificio e determinazione dell'indice di rischio corrispondente;
- g. giudizio motivato di affidabilità dei risultati (punto 2.3.4 delle presenti istruzioni tecniche).

³ Procedimento illustrato all'interno dell'Allegato n.2 all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3728 del 29/12/2008.

I tabulati di calcolo, corredati da indicazioni sulla convenzione dei segni e delle unità di misura, devono essere sintetizzati mediante:

- disegni e schemi grafici rappresentativi almeno delle **parti più sollecitate della struttura**;
- configurazioni delle **deformate**;
- rappresentazione grafica delle principali **caratteristiche di sollecitazione** e delle componenti degli sforzi;
- **diagrammi di involuppo** associati alle combinazioni di carichi considerate;
- schemi grafici con la **rappresentazione delle azioni applicate** e delle corrispondenti **reazioni vincolari**;
- rappresentazione delle **curve di capacità** riferite alle varie distribuzioni di forze previste al punto 7.3.4.1 delle NTC 2008 (nel solo caso di analisi statica non lineare).

Inoltre devono essere evidenziati i **valori numerici più rappresentativi delle sollecitazioni, spostamenti o deformazioni** e delle **reazioni vincolari** nei punti e nelle sezioni significative della struttura al fine di verificarne la misura della sicurezza e il comportamento complessivo.

In generale si richiede la **valutazione degli spostamenti allo stato limite di operatività (SLO)**.

In particolare per gli **interventi di miglioramento** deve essere dimostrato il **non peggioramento** in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali.

Per gli **interventi di adeguamento** devono essere **rispettati i limiti** indicati per gli **edifici nuovi** (punto 7.3.7.2. NTC 2008) oppure i limiti dettati dal committente, laddove più restrittivi.

2.3.2.1 EDIFICI IN MURATURA

Nella valutazione della sicurezza per le strutture in muratura, devono essere considerati sia i **meccanismi locali** che quelli **globali** o d'insieme.

Per quanto concerne l'analisi dei **meccanismi locali**:

NTC2008 - § 8.7.1: COSTRUZIONI IN MURATURA

*Nelle costruzioni esistenti in muratura soggette ad azioni sismiche, particolarmente negli edifici, si possono manifestare meccanismi locali e meccanismi d'insieme. **I meccanismi locali interessano singoli pannelli murari o più ampie porzioni della costruzione, e sono favoriti dall'assenza o scarsa efficacia dei collegamenti tra pareti e orizzontamenti e negli incroci murari.** (...)*

La sicurezza della costruzione deve essere valutata nei confronti di entrambi i tipi di meccanismo.

*Per l'analisi sismica dei meccanismi locali si può far ricorso ai metodi dell'**analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie**, tenendo conto, anche se in forma approssimata, della resistenza a compressione, della tessitura muraria, della qualità della connessione tra le pareti murarie, della presenza di catene e tiranti. Con tali metodi è possibile valutare la capacità sismica in termini di resistenza (applicando un opportuno fattore di struttura) o di spostamento (determinando l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo). (...)*

CIRCOLARE N.617/09 - § C.8.7.1.6

Negli antichi edifici in muratura sono spesso assenti sistematici elementi di collegamento tra le pareti, a livello degli orizzontamenti; ciò comporta una possibile vulnerabilità nei riguardi di meccanismi locali, che possono interessare non solo il collasso fuori dal piano di singoli pannelli murari, ma più ampie porzioni dell'edificio (ribaltamento di intere pareti mal collegate, ribaltamento di pareti sommitali in presenza di edifici di diversa altezza, collassi parziali negli edifici d'angolo degli aggregati edilizi, etc.). È indispensabile valutare la sicurezza dell'edificio nei confronti di tali meccanismi.

*Un possibile modello di riferimento per questo tipo di valutazioni è quello dell'**analisi limite dell'equilibrio delle***

strutture murarie, considerate come corpi rigidi non resistenti a trazione; la debole resistenza a trazione della muratura porta infatti, in questi casi, ad un collasso per perdita di equilibrio, la cui valutazione non dipende in modo significativo dalla deformabilità della struttura, ma dalla sua geometria e dai vincoli. In Appendice C8.A.4 è proposto un metodo basato su tale approccio, nella forma cinematica, particolarizzato all'esecuzione di un'analisi sismica. Applicando il principio dei lavori virtuali ad ogni meccanismo prescelto, è possibile valutare la capacità sismica in termini di resistenza (analisi cinematica lineare) o di spostamento, attraverso una valutazione in spostamenti finiti (analisi cinematica non lineare).

L'analisi dei meccanismi locali è descritta nel paragrafo C8A.4 dell'Allegato alla Circolare.

Per quanto concerne **l'analisi globale**:

NTC2008 - § 8.7.1 : COSTRUZIONI IN MURATURA

(...) I meccanismi globali sono quelli che interessano l'intera costruzione e impegnano i pannelli murari prevalentemente nel loro piano. (...)

L'analisi sismica globale deve considerare, per quanto possibile, il sistema strutturale reale della costruzione, con particolare attenzione alla rigidità e resistenza dei solai, e all'efficacia dei collegamenti degli elementi strutturali. (...)

Qualora i solai dell'edificio siano flessibili si potrà procedere all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari, ciascuna parete essendo soggetta ai carichi verticali di competenza ed alle corrispondenti azioni del sisma nella direzione parallela alla parete.

In generale per gli **edifici in aggregato**:

NTC2008 - § 8.7.1: COSTRUZIONI IN MURATURA

(...)

In presenza di edifici in aggregato, contigui, a contatto od interconnessi con edifici adiacenti, i metodi di verifica di uso generale per gli edifici di nuova costruzione possono non essere adeguati. Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti. A tal fine dovrà essere individuata l'unità strutturale (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue.

L'US dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi. Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, dovranno essere valutati gli effetti di: spinte non contrastate causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti, meccanismi locali derivanti da prospetti non allineati, US adiacenti di differente altezza.

L'analisi globale di una singola unità strutturale assume spesso un significato convenzionale e perciò può utilizzare metodologie semplificate. La verifica di una US dotata di solai sufficientemente rigidi può essere svolta, anche per edifici con più di due piani, mediante l'analisi statica non lineare, analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di unità strutturali d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali, l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, nell'ipotesi che i solai possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica. Nel caso invece di US d'angolo o di testata è comunque ammesso il ricorso ad analisi semplificate, purchè si tenga conto di possibili effetti torsionali e dell'azione aggiuntiva trasferita dalle US adiacenti applicando opportuni coefficienti maggiorativi delle azioni orizzontali. (...)

ALLEGATO ALLA CIRCOLARE N.617/09 - § C8A.3: AGGREGATI EDILIZI

Un aggregato edilizio è costituito da un insieme di parti che sono il risultato di una genesi articolata e non unitaria, dovuta a molteplici fattori (sequenza costruttiva, cambio di materiali, mutate esigenze, avvicinarsi dei proprietari, etc.). Nell'analisi di un edificio facente parte di un aggregato edilizio occorre tenere conto perciò delle possibili interazioni derivanti dalla contiguità strutturale con gli edifici adiacenti, connessi o in aderenza ad esso. A tal fine dovrà essere individuata, in via preliminare, l'unità strutturale (US) oggetto di studio, evidenziando le azioni che su di essa possono derivare dalle unità strutturali contigue. La porzione di aggregato che costituisce l'US dovrà comprendere cellule tra loro legate in elevazione ed in pianta da un comune processo costruttivo, oltre che considerare tutti gli elementi interessati dalla trasmissione a terra dei carichi verticali dell'edificio in esame.

(...)

Per la individuazione dell'US da considerare si terrà conto principalmente della unitarietà del comportamento strutturale di tale porzione di aggregato nei confronti dei carichi, sia statici che dinamici. A tal fine è importante

rilevare la **tipologia costruttiva** ed il permanere degli **elementi caratterizzanti**, in modo da indirizzare il progetto degli interventi verso soluzioni congruenti con l'originaria configurazione strutturale.

L'individuazione dell'US va comunque eseguita caso per caso, in ragione della forma del sistema edilizio di riferimento a cui appartiene l'US (composta da una o più unità immobiliari), della qualità e consistenza degli interventi previsti e con il criterio di minimizzare la frammentazione in interventi singoli. Il progettista potrà quindi definire la dimensione operativa minima, che talora potrà riguardare l'insieme delle unità immobiliari costituenti il sistema, ed in alcuni casi porzioni più o meno estese del contesto urbano.

L'US dovrà comunque avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui costruiti, ad esempio, con tipologie costruttive e strutturali diverse, o con materiali diversi, oppure in epoche diverse.

Tra le interazioni strutturali con gli edifici adiacenti si dovranno considerare: carichi (sia verticali che orizzontali, in presenza di sisma) provenienti da solai o da pareti di US adiacenti; spinte di archi e volte appartenenti ad US contigue; spinte provenienti da archi di contrasto o da tiranti ancorati su altri edifici. La rappresentazione dell'US attraverso piante, alzati e sezioni permetterà di valutare la diffusione delle sollecitazioni e l'interazione fra le US contigue.

Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, dovranno essere valutati gli effetti di: spinte non contrastate causate da orizzontamenti sfalsati di quota sulle pareti in comune con le US adiacenti; effetti locali causati da prospetti non allineati, o da differenze di altezza o di rigidità tra US adiacenti, azioni di ribaltamento e di traslazione che interessano le pareti nelle US di testata delle tipologie seriali (schiere).

Dovrà essere considerato inoltre il possibile martellamento nei giunti tra US adiacenti.

L'analisi di una US secondo i metodi utilizzati per edifici isolati, senza una adeguata modellazione oppure con una modellazione approssimata dell'interazione con i corpi di fabbrica adiacenti assume un **significato convenzionale**. Di conseguenza, si ammette che l'analisi della capacità sismica globale dell'US possa essere verificata attraverso **metodologie semplificate**, come descritto di seguito.

ALLEGATO ALLA CIRCOLARE N.617/09 - § C8A.3.1: VERIFICA GLOBALE SEMPLIFICATA PER GLI EDIFICI IN AGGREGATI EDILIZI

Nel caso di solai sufficientemente rigidi, la verifica convenzionale allo Stato limite di salvaguardia della vita e allo Stato limite di esercizio di un edificio (unità strutturale) in aggregato può essere svolta, anche per edifici con più di due piani, mediante l'analisi statica non lineare analizzando e verificando separatamente ciascun interpiano dell'edificio, e trascurando la variazione della forza assiale nei maschi murari dovuta all'effetto dell'azione sismica. Con l'esclusione di unità strutturali d'angolo o di testata, così come di parti di edificio non vincolate o non aderenti su alcun lato ad altre unità strutturali (es. piani superiori di un edificio di maggiore altezza rispetto a tutte le US adiacenti), l'analisi potrà anche essere svolta trascurando gli effetti torsionali, ipotizzando che i solai possano unicamente traslare nella direzione considerata dell'azione sismica.

Qualora i solai dell'edificio siano flessibili si procederà all'analisi delle singole pareti o dei sistemi di pareti complanari che costituiscono l'edificio, ciascuna analizzata come struttura indipendente, soggetta ai carichi verticali di competenza ed all'azione del sisma nella direzione parallela alla parete. In questo caso l'analisi e le verifiche di ogni singola parete seguiranno i criteri esposti al § 7.8.2.2 delle NTC per gli edifici in muratura ordinaria di nuova costruzione, con le integrazioni riportate al § 8.7.1.5.

L'analisi globale può essere effettuata mediante:

a) **ANALISI LINEARE STATICA (punto 7.8.1.5.2 delle NTC 2008):**

Tale analisi deve essere applicata con le seguenti precisazioni e restrizioni:

NTC2008 - § 7.3.3.2 : ANALISI LINEARE STATICA

L'analisi statica lineare consiste nell'applicazione di forze statiche equivalenti alle forze di inerzia indotte dall'azione sismica e può essere effettuata per costruzioni che rispettino i requisiti specifici riportati nei paragrafi successivi, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame (T1) non superi 2,5 TC o TD e che la costruzione sia regolare in altezza. (...)

NTC2008 - § 7.8.1.5.2 ANALISI LINEARE STATICA

È applicabile nei casi previsti al § 7.3.3.2., anche nel caso di costruzioni irregolari in altezza, purché si ponga $\lambda = 1,0$. (...)

b) ANALISI STATICA NON LINEARE (punto 7.8.1.5.4 delle NTC2008):

Tale analisi è considerata quella **più rappresentativa** e deve essere applicata con le seguenti precisazioni e restrizioni:

CIRCOLARE N.617/09 - § C7.8.1.5.1 GENERALITA'

*Le strutture in muratura essendo caratterizzate da un comportamento non lineare risultano, in ogni caso, più significativamente rappresentate attraverso un'analisi statica non lineare. Pertanto, **tale metodo è applicabile anche per gli edifici in muratura, con periodo proprio $T < T_c$, se il modo di vibrare fondamentale ha una massa partecipante inferiore al 75%.***

NTC2008 - § 7.8.1.5.4 ANALISI STATICA NON LINEARE

*L'analisi statica non lineare è applicabile agli edifici in muratura **anche nei casi in cui la massa partecipante del primo modo di vibrare sia inferiore al 75% della massa totale ma comunque superiore al 60%.** (...)*

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.1.4 METODI DI ANALISI SISMICA GLOBALE E CRITERI DI VERIFICA

*L'analisi della risposta sismica globale può essere effettuata con uno dei metodi di cui al § 7.3 delle NTC, con le precisazioni e restrizioni indicate al § 7.8.1.5. In particolare, per le **costruzioni esistenti** è possibile utilizzare l'analisi statica non lineare, assegnando come **distribuzioni principale e secondaria, rispettivamente, la prima distribuzione del Gruppo 1 e la prima del Gruppo 2, indipendentemente della percentuale di massa partecipante sul primo modo.** (...)*

c) ANALISI LINEARE DINAMICA (punto 7.3.3.1 delle NTC2008):

Tale analisi consiste nella determinazione dei modi di vibrazione della costruzione (analisi modale) e nell'impiego dello spettro di risposta al fine del calcolo dei massimi effetti del terremoto sulla costruzione, associati a ciascun modo di vibrare.

Tale analisi deve essere applicata con le seguenti precisazioni e restrizioni:

NTC2008 - § 7.3.3.1 ANALISI LINEARE DINAMICA

(...)

*Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare **tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.*** (...)

CIRCOLARE N.617/09 - § C7.3.3.1 ANALISI LINEARE DINAMICA

*(...) Per poter cogliere con sufficiente approssimazione gli effetti dell'azione sismica sulla costruzione, è opportuno considerare **tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%, trascurando solo i modi di vibrare meno significativi in termini di massa partecipante.*** (...)

Per **strutture non dissipative (q=1)**, in alternativa all'analisi modale, vale quanto segue:

NTC2008 - § 7.3.3.1 ANALISI LINEARE DINAMICA

(...)

*In alternativa, nel caso in cui la struttura sia non dissipativa, si può effettuare **un'analisi con integrazione al passo, modellando l'azione sismica attraverso accelerogrammi**, tenendo conto dell'eccentricità accidentale nel modo indicato al § 7.2.6.*

CIRCOLARE N.617/09 - § C 7.3.3.1 ANALISI LINEARE DINAMICA

(...)

*Solo per strutture non dissipative è ammessa altresì la possibilità di condurre un'analisi lineare dinamica mediante **integrazione al passo delle equazioni del moto** (v. § 7.3.2 delle NTC), nel qual caso l'azione sismica deve essere rappresentata in forma di componenti accelerometriche, secondo quanto specificato nel § 3.2.3.6 delle NTC.*

NTC2008 - § 7.3.2 ANALISI STATICA O DINAMICA

*(...) In alternativa all'analisi modale si può adottare una **integrazione al passo, modellando l'azione sismica attraverso accelerogrammi**, ma in tal caso la **struttura deve essere non dissipativa.*** (...)

d) ANALISI NON LINEARE DINAMICA (punto 7.3.4.2 delle NTC2008):

Tale analisi viene condotta utilizzando un modello non lineare della struttura, rappresentando l'azione sismica attraverso accelerogrammi e determinando la risposta sismica della struttura mediante integrazione delle equazioni di moto.

Tale analisi deve essere applicata con le seguenti precisazioni e restrizioni:

NTC2008 - § 7.3.4.2 ANALISI NON LINEARE DINAMICA

(...)

*L'analisi dinamica non lineare **deve essere confrontata** con una analisi modale con spettro di risposta di progetto, **al fine di controllare le differenze in termini di sollecitazioni globali alla base delle strutture.*** (...)

CIRCOLARE N.617/09 - § C7.3.4.2 ANALISI NON LINEARE DINAMICA

(...)

*Quando si effettua questo tipo di analisi **occorre utilizzare un'analisi non lineare anche per la valutazione degli effetti dei carichi verticali.** Questa analisi deve precedere l'analisi con accelerogrammi e può essere anche di tipo statico-incrementale, facendo crescere tutti i carichi gravitazionali in maniera proporzionale fino al loro valore di progetto.*

Il confronto tra analisi dinamica non lineare ed analisi modale con spettro di progetto in termini di sollecitazioni globali alla base è finalizzato a verificare che tali differenze siano contenute, a riprova della bontà dell'analisi dinamica non lineare effettuata.

Per quanto riguarda l'impiego di accelerogrammi per simulare l'azione sismica, devono essere rispettate le seguenti indicazioni:

NTC2008 - § 3.2.3.6 IMPIEGO DI ACCELEROGRAMMI

Gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di accelerogrammi, o artificiali o simulati o naturali. Ciascun accelerogramma descrive una componente, orizzontale o verticale, dell'azione sismica; l'insieme delle tre componenti (due orizzontali, tra loro ortogonali ed una verticale) costituisce un gruppo di accelerogrammi.

La durata degli accelerogrammi artificiali deve essere stabilita sulla base della magnitudo e degli altri parametri fisici che determinano la scelta del valore di a_g e di SS . In assenza di studi specifici la durata della parte pseudo-stazionaria degli accelerogrammi deve essere almeno pari a 10 s; la parte pseudo-stazionaria deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, di modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 s.

Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione. La coerenza con lo spettro elastico è da verificare in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente α del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15s \div 2,0s$ e $0,15s \div 2T$, in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15 s \div 1,5 T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio. (...)

L'uso di accelerogrammi artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici.

L'uso di accelerogrammi generati mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione.

L'uso di accelerogrammi registrati è ammesso, a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

Gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame.

Ø ANALISI LINEARI E FATTORE DI STRUTTURA

Nel caso venga impiegata un'analisi di tipo lineare (statica o dinamica) si riportano nel seguito i valori dei fattori di struttura q da applicare sia per gli edifici in muratura nuovi che per quelli esistenti, a seconda delle regolarità in elevazione ed in pianta.

NTC2008 - § 7.3.1 : ANALISI LINEARE O NON LINEARE

ANALISI LINEARE

(...)

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \times K_R$$

dove:

- q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto a_u/a_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;
- K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Per le costruzioni regolari in pianta, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto a_u/a_1 , per esso possono essere adottati i valori indicati nei paragrafi successivi per le diverse tipologie costruttive.

Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono adottare valori di a_u/a_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive. (...)

Edifici nuovi in muratura:

- Valore di q_0 per costruzioni in muratura ordinaria: $2,0 \cdot u/\bullet_1$ (NTC2008-§7.8.1.3 - Tab 7.8.I);
- Valore di \bullet_u/\bullet_1 per costruzioni in muratura ordinaria a un piano: 1,4 (NTC2008-§7.8.1.3);
- Valore di \bullet_u/\bullet_1 per costruzioni in muratura ordinaria a due o più piani: 1,8 (NTC2008-§7.8.1.3);

Edifici esistenti in muratura:

- Valore di q per costruzioni in muratura regolari in elevazione: $2,0 \bullet_u/\bullet_1$ (CIR. N.617/09-§C8.7.1.2);
- Valore di q per costruzioni in muratura irregolari in elevazione: $1,5 \bullet_u/\bullet_1$ (CIR. N.617/09-§C8.7.1.2);
- Valore di \bullet_u/\bullet_1 per costruzioni in muratura (qualsiasi numero di piani): 1,5 (CIR. N.617/09-§C8.7.1.2);

Si riassumono nella seguente tabella i valori da adottare per il fattore di struttura q nel caso di edifici in muratura:

	EDIFICI NUOVI		EDIFICI ESISTENTI
	1 PIANO	2 o PIU' PIANI	QUALSIASI n° PIANI
REGOLARI IN ELEVAZIONE E IN PIANTA	q = 2,8	q = 3,6	q = 3
	$q_0 \times \bullet_u/\bullet_1 \times k_0 = 2 \times 1,4 \times 1$	$q_0 \times \bullet_u/\bullet_1 \times k_0 = 2 \times 1,8 \times 1$	$q_0 \times \bullet_u/\bullet_1 = 2 \times 1,5$
IRREGOLARI IN ELEVAZIONE E REGOLARI IN PIANTA	-	q = 2,88	q = 2,25
	-	$q_0 \times \bullet_u/\bullet_1 \times k_0 = 2 \times 1,8 \times 0,8$	$q_0 \times \bullet_u/\bullet_1 = 1,5 \times 1,5$
REGOLARI IN ELEVAZIONE E IRREGOLARI IN PIANTA	q = 2,4	q = 2,8	q = 2,5
	$q_0 \times (1 + \bullet_u/\bullet_1) / 2 \times k_0 = 2 \times (1 + 1,4) / 2 \times 1$	$q_0 \times (1 + \bullet_u/\bullet_1) / 2 \times k_0 = 2 \times (1 + 1,8) / 2 \times 1$	$q_0 \times (1 + \bullet_u/\bullet_1) / 2 = 2 \times (1 + 1,5) / 2$
IRREGOLARI IN ELEVAZIONE E IN PIANTA	-	q = 2,24	q = 1,875
	-	$q_0 \times (1 + \bullet_u/\bullet_1) / 2 \times k_0 = 2 \times (1 + 1,8) / 2 \times 0,8$	$q_0 \times (1 + \bullet_u/\bullet_1) / 2 = 1,5 \times (1 + 1,5) / 2$

Tabella 6: sintesi dei valori da adottare per il fattore di struttura relativamente ad edifici in muratura (non armata) nuovi ed esistenti, in base alla regolarità in elevazione ed in pianta.

Ø **VERIFICHE FUORI DAL PIANO**

Occorre produrre le verifiche delle pareti fuori dal piano nel rispetto delle seguenti indicazioni:

NTC2008 - § 7.8.1.5.2 : ANALISI LINEARE STATICA

(...)

Le verifiche fuori piano possono essere effettuate separatamente, e possono essere adottate le forze equivalenti indicate al § 7.2.3 per gli elementi non strutturali, assumendo $q_a = 3$. Più precisamente l'azione sismica ortogonale alla parete può essere rappresentata da una forza orizzontale distribuita, pari a $S_a g / q_a$ volte il peso della parete nonché da forze orizzontali concentrate pari a $S_a g / q_a$ volte il peso trasmesso dagli orizzontamenti che si appoggiano sulla parete, qualora queste forze non siano efficacemente trasmesse a muri trasversali disposti parallelamente alla direzione del sisma. Per le pareti resistenti al sisma, che rispettano i limiti di Tab. 7.8.II, si può assumere che il periodo T_a indicato al § 7.2.3 sia pari a 0. Per pareti con caratteristiche diverse la verifica fuori piano va comunque condotta valutando, anche in forma approssimata, T_a .

NTC2008 - § 7.8.1.5.3 : ANALISI DINAMICA MODALE

(...)

Le verifiche fuori piano possono essere effettuate separatamente, adottando le forze equivalenti indicate al punto precedente per l'analisi statica lineare.

CIRCOLARE N.617/09 - § C7.8.1.5.4 : ANALISI STATICA NON LINEARE

(...)

Tale metodo prevede, in ogni caso, solo una verifica globale in spostamento e non le verifiche nei singoli elementi. Le verifiche fuori piano potranno, invece, essere effettuate separatamente secondo le procedure indicate per l'analisi statica lineare.

Ø **DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO**

1. Nel caso di **analisi di tipo lineare (statica o dinamica) con fattore di struttura q** lo stato limite ultimo richiesto viene raggiunto in corrispondenza del **primo maschio murario** per il quale la **sollecitazione** indotta dall'azione sismica ridotta (del fattore di struttura q) sia **inferiore o uguale** alla corrispondente **resistenza**. Le modalità di collasso da considerare sono: presso-flessione e taglio nel piano della parete e presso-flessione fuori piano. Inoltre devono essere verificate a presso-flessione fuori piano tutte le pareti avente funzione strutturale (in particolare quelle portanti carichi verticali) anche quando non considerate resistenti al sisma. I valori di calcolo delle resistenze sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza e per il coefficiente parziale di sicurezza dei materiali.
2. Nel caso di **analisi non lineare statica (push-over)** occorre procedere alla determinazione della **capacità di spostamento** che viene determinata mediante la costruzione della curva di capacità (curva che descrive il valore dello spostamento del punto di controllo della struttura al crescere del taglio alla base). In particolare la capacità di spostamento allo stato limite ultimo (SLV) è quella corrispondente alla riduzione della forza non superiore al 20% del massimo. La **domanda di spostamento** si ottiene riconducendo la struttura ad un sistema equivalente ad un grado di libertà, valutandone il periodo proprio in base alla rigidezza elastica secante e ricavando lo spostamento richiesto dallo spettro elastico corrispondente allo stato limite ultimo di verifica (SLV), eventualmente amplificato con un fattore di correlazione fra sistema elastico e sistema anelastico. **La stato limite ultimo si intende raggiunto quando la capacità di spostamento ultima della costruzione risulta maggiore o uguale alla domanda di spostamento.** In ogni caso se il rapporto tra il taglio totale agente alla base del sistema equivalente ad un grado di libertà calcolato dallo spettro di risposta elastico e il taglio resistente alla base del sistema equivalente ad un grado di libertà ottenuto dall'analisi non lineare risulta superiore al valore 3, la verifica di sicurezza deve ritenersi non soddisfatta. Nel caso di analisi non lineare i valori di calcolo delle resistenze da utilizzare sono ottenuti dividendo i valori medi per i rispettivi fattori di confidenza.

3. Nel caso di **analisi non lineare dinamica** occorre definire il modello non lineare, le masse, i carichi statici e gli accelerogrammi, ovvero tutti i termini che compongono le **equazioni differenziali del moto**. Lo stato limite ultimo si intende raggiunto quando la capacità di spostamento ultima della costruzione risulta maggiore o uguale alla domanda di spostamento.

2.3.2.2 EDIFICI IN CEMENTO ARMATO / ACCIAIO

NTC2008 - § 8.7.2: COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO O IN ACCIAIO

Nelle costruzioni esistenti in cemento armato o in acciaio soggette ad azioni sismiche viene attivata la capacità di elementi e meccanismi resistenti, che possono essere “duttili” o “fragili”.

I meccanismi duttili possono essere attivati in maniera diffusa su tutta la costruzione, oppure in maniera non uniforme, ad esempio localizzandosi in alcune parti critiche o su un unico piano. La plasticizzazione di un elemento o l’attivazione di un meccanismo duttile in genere non comportano il collasso della struttura.

I meccanismi fragili possono localizzarsi in qualsiasi punto della struttura e possono determinare il collasso dell’intera struttura.

L’analisi sismica globale deve utilizzare, per quanto possibile, metodi di analisi che consentano di valutare in maniera appropriata sia la resistenza che la duttilità disponibile. L’impiego di metodi di calcolo lineari richiede da parte del progettista un’opportuna definizione del fattore di struttura in relazione alle caratteristiche meccaniche globali e locali della struttura in esame.

I meccanismi “duttili” si verificano controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di deformazione. I meccanismi “fragili” si verificano controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di resistenza.

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili o fragili si impiegano le proprietà dei materiali esistenti, determinate secondo le modalità indicate al punto 8.5.3, divise per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza in relazione al livello di conoscenza raggiunto.

Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.2.4 : METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Gli effetti dell’azione sismica, possono essere valutati con uno dei metodi di cui al § 7.3 delle NTC, con le seguenti precisazioni.

Ai fini delle verifiche di sicurezza, gli elementi strutturali vengono distinti in “duttili” e “fragili”. La classificazione degli elementi/meccanismi nelle due categorie è fornita in C8.7.2.5 per le costruzioni in c.a. e in C8.7.2.7 per le costruzioni in acciaio.

I fattori di confidenza indicati nella Tabella C8A.1 servono a un duplice scopo:

- a) per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili; le resistenze medie, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono divise per i fattori di confidenza;*
- b) per definire le sollecitazioni trasmesse dagli elementi duttili a quelli fragili; a tale scopo, le resistenze medie degli elementi duttili, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono moltiplicate per i fattori di confidenza. (...)*

I metodi di analisi che possono essere impiegati sono:

a) ANALISI LINEARE STATICA

L’analisi lineare statica può essere effettuata secondo due differenti modalità

- **Prima modalità: ANALISI LINEARE STATICA CON SPETTRO ELASTICO:**

Tale modalità prevede l’impiego dello **spettro elastico** da applicare alle seguenti condizioni:

NTC2008 - § 7.3.3.2 : ANALISI LINEARE STATICA

(...) può essere effettuata per costruzioni che rispettino i requisiti specifici riportati nei paragrafi successivi, a condizione che il periodo del modo di vibrare principale nella direzione in esame (T1) non superi 2,5 TC o TD e che la costruzione sia regolare in altezza. (...)

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.2.4: METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

(...)

a) indicando con $\Gamma_i = D_i / C_i$ il rapporto tra il momento flettente D_i fornito dall'analisi della struttura soggetta alla combinazione di carico sismica, e il corrispondente momento resistente C_i (valutato con lo sforzo normale relativo alle condizioni di carico gravitazionali) dell' i -esimo elemento primario della struttura, e con Γ_{max} e Γ_{min} rispettivamente i valori massimo e minimo di tutti i $\Gamma_i \cdot 2$ considerando tutti gli elementi primari della struttura, il rapporto $\Gamma_{max} / \Gamma_{min}$ non supera il valore 2,5;

b) la capacità C_i degli elementi/meccanismi fragili è maggiore della corrispondente domanda D_i , quest'ultima calcolata sulla base della resistenza degli elementi duttili adiacenti, se il Γ_i degli elementi/meccanismi fragili è maggiore di 1, oppure sulla base dei risultati dell'analisi se il Γ_i elementi/meccanismi fragili è minore di 1. (...)

La verifica degli elementi “duttili” deve essere eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di deformazioni con i rispettivi limiti di deformazione indicati al punto C8.A.6. dell'Allegato alla Circolare 617/2009.

CIRCOLARE N.617/09 - § C8A.6.1: ELEMENTI DI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO

La capacità di rotazione rispetto alla corda in condizioni di collasso θ_u può essere valutata mediante sperimentazione diretta, modellazione numerica considerando il contributo di calcestruzzo, acciaio ed aderenza, ovvero mediante la seguente formula:

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} \left(\frac{L_V}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100 \rho_d})$$

dove:

- $el = 1.5$ per gli elementi primari ed 1.0 per gli elementi secondari (come definiti al § 7.2.3 delle NTC),
- L_V è la luce di taglio;
- h è l'altezza della sezione;
- $\sigma = N / (Ac f_c)$ è lo sforzo assiale normalizzato di compressione agente su tutta la sezione Ac ;
- $f = A_s f_y / (Ac f_c)$ e $f' = A_s' f_y / (Ac f_c)$ percentuali meccaniche di armatura longitudinale in trazione e compressione rispettivamente (nelle pareti tutta l'armatura longitudinale d'anima è da includere nella percentuale in trazione);
- f_c , f_y e f_{yw} sono la resistenza a compressione del calcestruzzo e la resistenza a snervamento dell'acciaio, longitudinale e trasversale, ottenute come media delle prove eseguite in sito, eventualmente corrette sulla base di fonti aggiuntive di informazione, divise per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto;
- $\Gamma_{sx} = A_{sx} / b_{wsh}$ la percentuale di armatura trasversale (sh = interasse delle staffe nella zona critica);
- Γ_d è la percentuale di eventuali armature diagonali in ciascuna direzione,
- α è un fattore di efficienza del confinamento dato da:

$$\alpha = \left(1 - \frac{s_h}{2b_o} \right) \left(1 - \frac{s_h}{2h_o} \right) \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6h_o b_o} \right)$$

(b_o e h_o dimensioni della nucleo confinato, b_i distanze delle barre longitudinali trattenute da tiranti o staffe presenti sul perimetro).

(...)

In alternativa per la valutazione di θ_u si può usare la seguente equazione:

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \left(\theta_y + (\phi_u - \phi_y) L_{pl} \left(1 - \frac{0,5 L_{pl}}{L_V} \right) \right)$$

dove θ_y è la rotazione rispetto alla corda allo snervamento definita in (8.7.2.1a) e (8.7.2.1b), $\dots u$ è la curvatura ultima valutata considerando le deformazioni ultime del conglomerato (tenuto conto del confinamento) e dell'acciaio (da stimare sulla base dell'allungamento uniforme al carico massimo, in mancanza di informazioni si può assumere che la deformazione ultima dell'acciaio sia pari al 4%), ϕ_y è la curvatura a snervamento valutata considerando l'acciaio alla deformazione di snervamento $\uparrow sy$, L_V è la luce di taglio e L_{pl} è la lunghezza di cerniera plastica valutabile come:

$$L_{pl} = 0,1L_v + 0,17h + 0,24 \frac{d_{bL} f_y}{\sqrt{f_c}}$$

dove h è l'altezza della sezione, d_{bL} è il diametro (medio) delle barre longitudinali, ed f_c e f_y sono rispettivamente la resistenza a compressione del calcestruzzo e la resistenza a snervamento dell'acciaio longitudinale (in MPa), ottenute come media delle prove eseguite in sito e da fonti aggiuntive di informazione, divise per il fattore di confidenza appropriato in relazione al Livello di Conoscenza raggiunto.

La verifica degli elementi/meccanismi "fragili" deve essere eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di forze con le rispettive resistenze.

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.2.4: METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

(...) **Le sollecitazioni di verifica sono ottenute da condizioni di equilibrio, in base alle sollecitazioni trasmesse dagli elementi/meccanismi duttili.** Queste ultime possono essere prese uguali a:

c) il valore D ottenuto dall'analisi, se la capacità C dell'elemento duttile, valutata usando i valori medi delle proprietà dei materiali, soddisfa $\gamma = D/C \cdot 1$;

d) la capacità dell'elemento duttile, valutata usando i valori medi delle proprietà dei materiali moltiplicati per il fattore di confidenza, se $\gamma = D/C > 1$, con D e C definiti in a).

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili o fragili si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute da prove in sito e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza. (...)

Si riporta un estratto dell'eurocodice 8, a chiarimento di quanto indicato nelle NTC2008 relativamente all'analisi statica lineare.

EUROCODICE 8 –part.3: Valutazione e adeguamento degli edifici - §4.4.2

Analisi con forze laterali

(1)P Le condizioni affinché questo metodo possa essere applicato sono date nella EN 1998-1:2004, punto 4.3.3.2.1, con l'aggiunta della seguente condizione:

Denotando con $\gamma_i = D_i/C_i$ il rapporto tra la richiesta D_i ottenuta dall'analisi sotto la combinazione di carico sismica, e la corrispondente capacità C_i per l' i esimo elemento primario "duttile" della struttura (momento flettente nei telai o nelle pareti di taglio, forza assiale in un elemento di controvento in telai controventati, ecc.) e denotando con γ_{max} e con γ_{min} i valori massimi e minimi di γ_i , rispettivamente, tra tutti gli elementi primari "duttili" della struttura con $\gamma_i > 1$, il rapporto $\gamma_{max}/\gamma_{min}$ non supera un valore massimo accettabile nell'intervallo tra 2 e 3. Intorno ai nodi trave-colonna il rapporto γ_i è necessario che sia valutato solo nelle sezioni dove le cerniere plastiche sono previste formarsi sulla base del confronto della somma delle capacità flessionali della trave rispetto a quella delle colonne. Si applica il punto 4.3(5)P per il calcolo delle capacità C_i . Per la determinazione delle capacità a momento flettente C_i degli elementi verticali, il valore della forza assiale può essere preso uguale a quello dovuto ai soli carichi verticali.

(...)

Nota 2 Come una condizione aggiuntiva, la capacità C_i degli elementi o meccanismi "fragili" si raccomanda che sia maggiore della domanda corrispondente D_i , valutata in conformità ai punti 4.5.1(1)P, (2) e (3). **Tuttavia, considerare questo come un criterio per l'applicabilità dell'analisi lineare è ridondante, perché, in conformità ai punti 2.2.2(2)P, 2.2.3(2)P e 2.2.4(2)P, questa condizione sarà in definitiva soddisfatta in tutti gli elementi della struttura valutata o adeguata, indipendentemente dal metodo di analisi.** (...)

EUROCODICE 8 –part.3: Valutazione e adeguamento degli edifici - §4.5.1

Metodi di analisi lineari (analisi con forze laterali o modale con spettro di risposta)

(1)P I componenti/meccanismi "fragili" devono essere verificati con la domanda calcolata per mezzo di condizioni di equilibrio, sulla base degli effetti delle azioni trasmesse ai componenti/meccanismi fragili da parte dei componenti duttili. In questo calcolo, ogni effetto delle azioni in un componente duttile trasmesso al componente/meccanismo fragile in considerazione deve essere preso uguale a:

(a) il valore D ottenuto dall'analisi, se la capacità C del componente duttile, valutata usando i valori medi delle proprietà del materiale, soddisfa $\gamma = D/C \cdot 1$;

(b) la capacità del componente duttile, valutata usando i valori medi delle proprietà del materiale moltiplicati per i coefficienti di confidenza, come definito nel punto 3.5, considerando il livello di conoscenza raggiunto, se $\gamma = D/C > 1$, con D e C definiti come sopra al punto (a).

- **Seconda modalità:** ANALISI LINEARE STATICA CON FATTORE DI STRUTTURA:

Tale modalità prevede l'impiego dello **spettro di progetto** da applicare alle seguenti condizioni:

CIRCOLARE N.617/09 - § C 8.7.2.4: METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

(...)

Nel caso di uso del fattore di struttura, tutti gli elementi strutturali duttili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. Tutti gli elementi strutturali "fragili" devono, invece, soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta per $q = 1,5$ sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza. (...)

b) ANALISI LINEARE DINAMICA CON SPETTRO DI RISPOSTA O CON FATTORE DI STRUTTURA q:

Tale analisi deve essere applicata con le seguenti precisazioni e restrizioni:

NTC2008 - § 7.3.3.1 ANALISI LINEARE DINAMICA

(...)

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. (...)

CIRCOLARE N.617/09 - § C7.3.3.1 ANALISI LINEARE DINAMICA

(...) Per poter cogliere con sufficiente approssimazione gli effetti dell'azione sismica sulla costruzione, è opportuno considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%, trascurando solo i modi di vibrare meno significativi in termini di massa partecipante. (...)

L'analisi lineare dinamica può essere effettuata secondo due differenti modalità

- **Prima modalità:** ANALISI LINEARE DINAMICA CON SPETTRO ELASTICO:

Valgono le indicazioni riportate per l'analisi lineare statica con spettro elastico.

- **Seconda modalità:** ANALISI LINEARE DINAMICA CON SPETTRO DI RISPOSTA O CON FATTORE DI STRUTTURA q:

Valgono le indicazioni riportate per l'analisi lineare statica con spettro di risposta o fattore q.

c) ANALISI NON LINEARE STATICA:

Tale metodo di analisi si può applicare solamente se il livello di conoscenza raggiunto è almeno LC2 (vedere tabella C8A.1.2 dell'Allegato alla Circolare N.617/2009).

Le condizioni di applicabilità per l'analisi non lineare statica sono le seguenti:

Ø edificio torsionalmente rigido:

CIRCOLARE N.617/09 - § C7.3.4.1 ANALISI NON LINEARE STATICA

Questo metodo d'analisi è utilizzabile solo per costruzioni il cui comportamento sotto la componente del terremoto considerata è governato da un modo di vibrare naturale principale, caratterizzato da una significativa partecipazione di massa. (...)

L'analisi non lineare statica condotta nei modi previsti dalle NTC può sottostimare significativamente le deformazioni sui lati più rigidi e resistenti di strutture flessibili torsionalmente, cioè strutture in cui il modo di vibrare torsionale abbia un periodo superiore ad almeno uno dei modi di vibrare principali traslazionali. Per tener conto di questo effetto, tra le distribuzioni secondarie delle forze occorre scegliere la distribuzione adattiva. (...)

Ø rispetto della condizione previste per la scelta delle distribuzioni di forze (gruppo 1 - gruppo 2):

NTC2008 - § 7.3.4.1 ANALISI NON LINEARE STATICA

(...)

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

- distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, **applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);**

- distribuzione corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare, **applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%;**

- distribuzione corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare, **applicabile solo se il periodo fondamentale della struttura è superiore a TC**

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

a) distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;

b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura. (...)

Tale analisi deve essere applicata con le seguenti precisazioni e restrizioni:

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.2.4 ANALISI STATICA NON LINEARE

(...)

Le sollecitazioni indotte dall'azione sismica sugli elementi/meccanismi sia duttili che fragili, da utilizzare ai fini delle verifiche, sono quelle derivanti dall'analisi strutturale in cui si sono usati i valori medi delle proprietà dei materiali.

La verifica degli elementi "duttili" viene eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di deformazioni con i rispettivi limiti di deformazione.

La verifica degli elementi "fragili" viene eseguita confrontando gli effetti indotti dalle azioni sismiche in termini di forze con le rispettive resistenze.

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili o fragili si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute da prove in sito e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza.

Nel caso di analisi pushover con ramo degradante e stati limite che si verificano su questo, si considera inoltre:

- nel caso di elementi duttili la domanda in termini di deformazione si calcola in corrispondenza di d_{max} per ciascuno stato limite;

- nel caso di elementi fragili la domanda in termini di taglio si può calcolare in questo modo:

e) dall'analisi pushover del sistema a più gradi di libertà si ricava il taglio massimo alla base V_{bu}

f) si individua lo spostamento d_{cu} corrispondente a tale taglio

g) se lo spostamento d_{max} relativo ad un dato Stato limite è minore di d_{cu} , il taglio negli elementi verrà calcolato in corrispondenza di d_{max}

h) se $d_{max} > d_{cu}$, il taglio negli elementi verrà calcolato in corrispondenza di d_{cu} .

d) ANALISI NON LINEARE DINAMICA:

Tale metodo di analisi si può applicare solamente se il livello di conoscenza raggiunto è almeno LC2 (vedere tabella C8.1.2 dell'Allegato alla Circolare 617/2009).

Per tale analisi vale quanto riportato per gli edifici esistenti in muratura alle seguenti condizioni:

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.2.4 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

(...)

Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili o fragili si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute da prove in sito e da eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza. Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà nominali.

Per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza. (...)

Ø ANALISI LINEARI E FATTORE DI STRUTTURA

Nel caso venga impiegata un'analisi di tipo lineare (statica o dinamica) i valori da attribuire al fattore di struttura q per edifici nuovi sono indicati nel cap. 7 delle NTC2008 (§ 7.4.3.2 per edifici in cemento armato e § 7.5.2.2 per edifici in acciaio) mentre per gli edifici esistenti può essere assunto un valore compreso tra 1.5 e 3 come riportato di seguito:

CIRCOLARE N.617/09 - § C8.7.2.4: METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

*(...) è possibile utilizzare lo spettro di progetto, definito in § 3.2.3 delle NTC, che si ottiene dallo spettro elastico riducendone le ordinate con l'uso del **fattore di struttura q** , il cui valore è scelto nel **campo fra 1,5 e 3,0 sulla base della regolarità nonché dei tassi di lavoro dei materiali sotto le azioni statiche**. Valori superiori a quelli indicati devono essere adeguatamente giustificati con riferimento alla duttilità disponibile a livello locale e globale. In particolare, nel caso in cui il sistema strutturale resistente all'azione orizzontale sia integralmente costituito da nuovi elementi strutturali, si possono adottare i valori dei fattori di struttura validi per le nuove costruzioni, fatta salva la verifica della compatibilità degli spostamenti delle strutture esistenti. (...)*

SINTESI DEI CRITERI DI ANALISI E DI VERIFICA DELLA SICUREZZA								
		Modello lineare (ML)		Modello non lineare		Metodo con il fattore di struttura q^4		
		Domanda	Capacità	Domanda	Capacità	Domanda	Capacità	
Tipo di elemento o meccanismo (e/m)	Duttile/fragile	Accettazione del modello lineare (ML) (per il controllo dei valori di $r_i=Di/Ci$)						
		Dall'analisi. Usare i valori medi dei moduli nei modelli	In termini di resistenza. Usare i valori medi					
	Duttile	Verifiche (se il ML è accettato)		Dall'analisi.	In termini di deformazione. Usare i valori medi divisi per FC	In termini di deformazione. Usare i valori medi divisi per FC	Dall'analisi con spettro di progetto ridotto con q	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per FC e per il coefficiente parziale.
		Dall'analisi	In termini di deformazione. Usare i valori medi divisi per FC					
	Fragile	Verifiche (se il ML è accettato)		Usare i valori medi nel modello	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per FC e per il coefficiente parziale.	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per FC e per il coefficiente parziale.	Dall'analisi con spettro di progetto ridotto con $q=1.5$	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per FC e per il coefficiente parziale.
		Se $r_i \leq 1$ dall'analisi	In termini di resistenza. Usare i valori medi divisi per FC e per il coefficiente parziale.					
		Se $r_i > 1$ dall'equilibrio con la resistenza degli e/m duttili. Usare i valori medi moltiplicati per FC						

Tabella 7: Valori delle proprietà dei materiali e criteri di analisi e di verifica della sicurezza

⁴ Indicazioni riportate nel prospetto 4.3 delle UNI EN 1998-3 (Eurocodice 8 – part.3)

Ø DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO

1. Nel caso di **analisi di tipo lineare (statica o dinamica) con fattore di struttura q** lo stato limite ultimo richiesto viene raggiunto in corrispondenza del **primo elemento/meccanismo duttile e/o fragile** per il quale la **sollecitazione** indotta dall'azione sismica ridotta (di una quantità pari a q per gli elementi/meccanismi duttili mentre di una quantità pari a $q=1.5$ per gli elementi/meccanismi fragili) sia **inferiore o uguale** alla corrispondente **resistenza**.
2. Nel caso di **analisi non lineare statica (push-over)** lo stato limite ultimo richiesto può essere raggiunto con riferimento a differenti elementi o per diversi meccanismi: ad esempio il superamento della resistenza di elementi/meccanismi fragili (superamento della resistenza di un nodo o la rottura a taglio di un elemento) o il superamento della capacità di deformazione di elementi/meccanismi duttili (raggiungimento della capacità di rotazione totale di una trave/pilastro rispetto alla corda). Tale valutazione viene effettuata attraverso la creazione della **curva di capacità** (curva che descrive il valore dello spostamento del punto di controllo della struttura al crescere del taglio alla base), che permette di valutare importanti parametri strutturali quali lo spostamento globale, lo spostamento relativo fra i vari piani, le deformazioni e le sollecitazioni nei vari elementi strutturali.

Per gli elementi/meccanismi duttili le azioni di progetto sono da intendersi in termini di deformazioni, mentre, per gli elementi/meccanismi fragili sono da intendersi in termini di forze.

Nel caso di analisi non lineare statica **senza ramo degradante** le azioni di progetto sono valutate in corrispondenza dello spostamento richiesto d_{max} relativo allo stato limite in esame, come di seguito riportato:

Per gli **elementi/meccanismi duttili** le azioni di progetto sono espresse in termini di **deformazioni** valutate in corrispondenza di una configurazione deformata della struttura definita da uno spostamento del punto di controllo uguale a d_{max} ;

Per gli **elementi/meccanismi fragili** le azioni di progetto sono espresse in termini di **taglio** valutate in corrispondenza di una configurazione deformata della struttura definita da uno spostamento del punto di controllo uguale a d_{max} ;

Nel caso di analisi non lineare statica **con ramo degradante** e caratterizzata da uno spostamento d_{cu} valutato in corrispondenza del massimo taglio alla base V_{cu} , le azioni di progetto sono valutate come segue:

Per gli **elementi/meccanismi duttili** le azioni di progetto sono espresse in termini di **deformazioni** valutate in corrispondenza di una configurazione deformata della struttura definita da uno spostamento del punto di controllo uguale a d_{max} ;

Per gli **elementi/meccanismi fragili** le azioni di progetto sono espresse in termini di **taglio** e si valutano come segue:

- se lo spostamento d_{max} relativo ad un dato stato limite è **minore** di d_{cu} , il taglio negli elementi verrà calcolato **in corrispondenza di d_{max}**
- se $d_{max} (SL) > d_{cu}$, il taglio negli elementi verrà calcolato **in corrispondenza di d_{cu}** .

3. Nel caso di **analisi non lineare dinamica** deve essere definito il modello non lineare, le masse, i carichi statici e gli accelerogrammi, ovvero tutti i termini che compongono le **equazioni differenziali del moto**. In generale si procede:
 - a. Da ogni analisi condotta con ognuno dei gruppi di accelerogrammi scelti, devono essere ricavati i dati di output relativi all'andamento temporale di ogni quantità di interesse (sollecitazioni di taglio e spostamenti/rotazioni).
 - b. Per ogni **andamento temporale del taglio**, corrispondente ad ogni analisi svolta si deve scegliere, quindi, il **massimo in valore assoluto**.

- c. Per ogni istante in cui è campionato ogni **andamento temporale degli spostamenti/rotazioni**, si deve scegliere il corrispondente valore di **rotazione alla corda**.
- d. Una volta nota l'andamento temporale della rotazione alla corda si deve scegliere il **valore massimo** (in modulo), per ognuna delle analisi svolte.

Per ogni sezione di estremità di ogni trave/colonna si devono ottenere, tanti valori di taglio e di rotazione di corda quante sono le analisi non lineari dinamiche svolte.

Il passo successivo consiste nel calcolo dei valori di domanda a partire dai valori massimi ottenuti dall'analisi:

- nel caso in cui il numero di gruppi di **accelerogrammi** considerati è **almeno pari a 7**, le domande, sia in termini di taglio che di rotazione di corda, si ottengono come **media aritmetica** dei valori massimi (in modulo) ottenuti dall'analisi;
- se il numero di gruppi di **accelerogrammi** è **inferiore a 7**, allora è necessario considerare il **massimo** tra i valori massimi (in modulo) ottenuti da ogni analisi.

Una volta determinati i valori di “domanda” (rotazione di corda per elementi/meccanismi duttili e taglio per elementi/meccanismi fragili) occorre confrontare questi ultimi con i corrispondenti valori di “capacità” (capacità rotazionale ultima per elementi/meccanismi duttili e resistenza a taglio e verifica dei collegamenti per elementi/meccanismi fragili).

In generale l'analisi non deve arrestarsi all'attivazione del primo meccanismo ma deve essere portata avanti in modo da poter valutare cosa accadrebbe se quel meccanismo venisse disattivato grazie ad un opportuno intervento (ad esempio nel caso della push-over, se il primo meccanismo è un collasso a taglio, occorre spingere oltre l'analisi per vedere se, eliminato quel meccanismo, aumenta in modo significativo la capacità, determinando inoltre quale sia il meccanismo successivo). In questo modo il tecnico potrà anche fornire una proiezione di estensione di possibili interventi e degli aumenti di capacità che ne conseguirebbero.

2.3.3 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Devono essere descritte le informazioni relative al codice di calcolo quali il titolo, l'autore, il produttore, il distributore, gli estremi della licenza o di altro titolo d'uso.

Il tecnico deve produrre inoltre una **legenda con descrizione dettagliata delle simbologie** utilizzate nei tabulati di calcolo.

2.3.4 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Relazione in cui devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti al fine di comprovare l'attendibilità dei risultati dell'elaborazione.

Detti controlli devono riguardare verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazione tra i risultati delle analisi e quelli ottenuti da valutazioni semplificate, etc.

In particolare si richiede come minimo :

1. dimostrazione della corrispondenza tra il carico verticale complessivo applicato (calcolato manualmente) e le reazioni vincolari verticali desunte dal modello FEM oltre al riscontro delle pressioni di contatto sul terreno per condizione di carico verticale tra calcolo manuale e modello FEM;
2. dimostrazione della corrispondenza tra il valore del taglio sismico alla base dell'edificio (calcolato manualmente) e le reazioni vincolari orizzontali desunte dal modello FEM;
3. stima del primo periodo di vibrazione dell'edificio, valutato con calcolo manuale;
4. nel caso di strutture simmetriche o ripetitive occorre dimostrare la corrispondenza dei risultati per effetto della simmetria o della ripetitività;
5. nel caso di presenza di travature reticolari, o simili, dimostrazione della corrispondenza delle caratteristiche delle sollecitazioni (calcolato manualmente) e le sollecitazioni desunte dal modello FEM per almeno il 10% delle aste presenti.

2.4 RELAZIONI SPECIALISTICHE

2.4.1 RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI

Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito con riferimento al § 6.2.1 delle NTC 2008 e al § C 6.2.1 della Circolare.

Occorre inoltre fare riferimento alle specifiche contenute nelle istruzioni tecniche regionali previste dal programma regionale VEL approvate con decreto dirigenziale n° 4753 del 05.10.07.

2.4.2 RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno con riferimento al § 6.2.1 delle NTC 2008 e al § C 6.2.1 della Circolare n.617/09.

2.4.3 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

La relazione sulla modellazione sismica deve consentire la determinazione dell'azione sismica di progetto, a partire dalla pericolosità sismica di base, mediante specifiche **analisi della risposta sismica locale come indicato al § 3.2 e al § 7.11.3 delle NTC 2008 e relativa Circolare n.617/09**. In assenza di tali analisi, in funzione delle caratteristiche dell'opera in progetto, si può fare

riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla individuazione della categoria di sottosuolo, secondo quanto meglio specificato al § 3.2 delle NTC 2008.

2.5 ELABORATI GRAFICI

Gli **elaborati grafici** devono essere redatti utilizzando preferibilmente i **formati standard**, secondo quanto disposto dalla norma UNI EN ISO 5457.

Devono essere prodotti almeno i seguenti elaborati grafici:

2.5.1 ARCHITETTONICI

Gli elaborati architettonici possono comprendere le tavole di seguito elencate in relazione alle esigenze di tipo edilizio ed urbanistico:

- a) Piante: di tutti i piani con indicazioni delle destinazioni d'uso;
- b) Sezioni: almeno due;
- c) Prospetti.

2.5.2 STRUTTURALI

Gli elaborati strutturali, basati sul rilievo geometrico completo e/o sui disegni costruttivi originali, costituiscono gli elaborati di riferimento sui quali si fondano i ragionamenti e le valutazioni.

In particolare gli elaborati grafici devono riportare:

- il rilievo delle **caratteristiche geometriche dell'edificio**, riportando le misure e le quote;
- le indicazioni relative alle **principali trasformazioni subite dall'edificio nel tempo** (rilievo critico);
- le tipologie costruttive degli **elementi strutturali portanti**;
- le tipologie costruttive e l'orditura dei diversi **orizzontamenti** e della **copertura**;
- le tipologie costruttive degli **elementi non strutturali** e il **sistema di collegamento** con le strutture portanti;
- il **tipo e qualità dei materiali**, con riferimento alle indagini e prove di cui al precedente punto 2.2.2;
- le indicazioni e il tipo dei **principali dissesti e lesioni** eventualmente presenti;
- le annotazioni sugli **elementi di finitura da conservare**, specie se richiedono particolari cautele operative;
- le **interferenze tra le strutture e gli impianti**.

Tali elaborati dovranno essere redatti utilizzando la simbologia della "Legenda per la redazione degli elaborati grafici dell'edificio dello stato di fatto e di progetto" (allegato A) e saranno costituiti dalle seguenti tavole:

a) Piante

Nel caso di edifici in muratura, la rappresentazione di ogni livello in pianta deve individuare le pareti murarie portanti mentre per edifici in cemento armato devono essere individuate le strutture resistenti verticali ed orizzontali. In entrambi i casi devono essere riportate le **indicazioni relative alle dimensioni geometriche, alla localizzazione dei vari saggi e/o prove e ai parametri meccanici dei materiali**.

Deve essere rappresentata l'orditura dei solai esistenti con indicazione della **tipologia costruttiva**. Devono essere documentati eventuali interventi di consolidamento o elementi di rinforzo presenti ai vari piani, compresa la copertura e le fondazioni, e le eventuali lesioni e degradi utilizzando la simbologia dell'allegato A.

Nel caso di copertura in legno, la pianta della copertura deve illustrare e documentare la natura e l'orientamento della grossa e piccola orditura e del manto di copertura, la presenza di elementi di collegamento (viti, chiodi, ecc) tra gli elementi e alle strutture portanti verticali.

Per ogni livello deve essere prodotta una pianta in cui venga rappresentata **l'interferenza eventualmente presente tra gli impianti e le strutture**, corredata da particolari di dettaglio che evidenzino le zone in cui sono presenti tali vulnerabilità (passaggi di canne fumarie, tubazioni del riscaldamento, scarichi e adduzioni idriche, condotte elettriche, etc.). Tali interferenze devono inoltre essere documentate nella documentazione fotografica (par. 2.6 delle presenti istruzioni tecniche)

Su ogni pianta e per ciascun locale, devono essere indicati:

- la **numerazione** progressiva di ciascun vano;
- la **quota** di pavimento, anche qualora non si diversifichi da quella dei vani contigui comunicanti, **riferita al piano di marciapiede assunto come riferimento**;
- tutti quegli **elementi strutturali** connessi con il **comportamento sismico** ed in particolare per gli edifici in muratura: cordoli, catene e ogni altro elemento di rinforzo, eventuali precedenti interventi di consolidamento, ammorsamenti tra le pareti in corrispondenza delle intersezioni; tipologia e qualità delle murature, tipologia dei diaframmi orizzontali in riferimento all'efficienza nella ripartizione delle azioni sismiche di piano tra gli elementi sismo-resistenti.

Negli elaborati di rilievo devono essere chiaramente rappresentati tutti gli elementi significativi strutturali, ove occorra arricchendo la descrizione con brevi note esplicative.

b) Sezioni

Le sezioni devono essere almeno due, una o più delle quali longitudinale alla scala (o una per ciascuna scala, se ve ne sono più di una) e comunque tutte quelle significative e necessarie ad un corretto esame del progetto.

Devono inoltre essere riportate tutte le informazioni richiamate al precedente punto a).

c) Particolari architettonici e costruttivi - scala 1:10 e 1:20

Con chiaro riferimento alla rappresentazione planimetrica strutturale di cui sopra, ed alla legenda (allegato A), devono essere rappresentati, per gli edifici in muratura, i particolari costruttivi relativi ai collegamenti di tutti gli orizzontamenti (compresa la copertura) con le murature sottostanti, alle scale, agli ammorsamenti murari etc. mentre, per gli edifici in cemento armato, dovranno essere rappresentati i dettagli d'armatura di tutti degli elementi strutturali ritenuti significativi per il comportamento strutturale dell'insieme e di ogni sua singola parte.

È raccomandato l'uso di una grafia tale da non compromettere, anche nel caso di eventuali velature, la leggibilità.

Il rilievo, deve essere in generale rappresentato di norma in scala 1:100; i particolari saranno invece in scala 1:10 e 1:20.

2.6 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Deve essere fornita documentazione fotografica, costituita da **fotografie a colori di formato non inferiore a cm 10 x 15**, che tenderà essenzialmente a rappresentare lo **stato di fatto** dell'edificio, con particolare riferimento all'eventuale **quadro fessurativo** ed inoltre illustrerà nel dettaglio le situazioni che il progettista ritiene significative.

Devono essere documentate inoltre le **interferenze impianti-strutture** evidenziando gli eventuali passaggi orizzontali e verticali (canne fumarie, tubazioni del riscaldamento, scarichi e adduzioni idriche, condotte elettriche, etc.) nelle strutture portanti o di controvento, nei solai e nelle cassettature esterne.

Il punto di presa di ciascuna foto e la relativa numerazione devono essere sempre riportati sulle piante strutturali di cui al paragrafo precedente.

La documentazione fotografica sarà prodotta in originale o fotocopia a colori di buona qualità.

La documentazione fotografica dovrà essere prodotta inoltre su **supporto digitale** (cd, dvd, etc) utilizzando come nome del file la stessa numerazione adottata per la documentazione cartacea.

REDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO: STATO DI FATTO (MIGLIORAMENTO - ADEGUAMENTO)	
Relazione generale	Elaborati Grafici
<ul style="list-style-type: none">• RELAZIONE ILLUSTRATIVA• ANALISI STORICO-CRITICA	<ul style="list-style-type: none">• ARCHITETTONICI• RILIEVO STRUTTURALE• RILIEVO INTERFERENZE IMPIANTI-STRUTTURE • DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
Piano delle indagini e determinazione del livello di conoscenza	
<ul style="list-style-type: none">• RILIEVO• CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI• LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	
Relazione di calcolo strutturale	
<ul style="list-style-type: none">• NORMATIVA DI RIFERIMENTO• VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO• CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO• GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	
Relazioni specialistiche	
<ul style="list-style-type: none">• RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI• RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI• RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA	

Tabella 8: elenco degli elaborati da presentare relativamente allo stato di fatto della struttura, nel caso di miglioramento/adequamento sismico

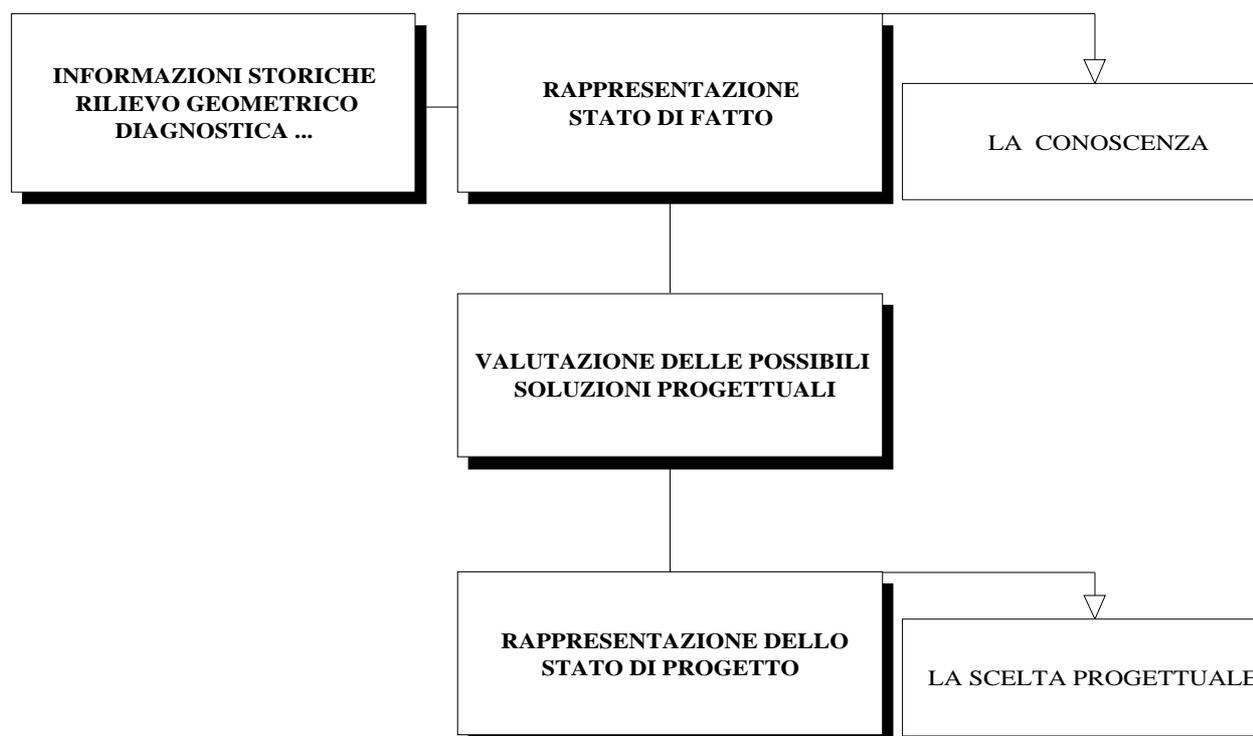
3. REDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO: STATO DI PROGETTO

3.1 RELAZIONE GENERALE ILLUSTRATIVA DELL'INTERVENTO

3.1.1 CARENZE STRUTTURALI

Conseguentemente alla valutazione della sicurezza dello stato di fatto **deve essere esaminato criticamente il quadro delle carenze strutturali riscontrate, sulla base del quale proporre soluzioni tecniche volte ad aumentare il livello di sicurezza dell'edificio.**

La scelta progettuale definitiva deve scaturire da un percorso che prenda in considerazione soluzioni tecniche diverse, basate su valutazioni a caratteri pluridisciplinare, sintetizzabile nel seguente diagramma a blocchi:



3.1.2 PROPOSTA DI INTERVENTO

Per ogni situazione di degrado o patologia strutturale, le possibili soluzioni sono generalmente più di una, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, **invasività, reversibilità, durevolezza, modalità e tempi di esecuzione, costo**. La scelta della soluzione deve necessariamente avvenire caso per caso, dopo attento esame dei caratteri suddetti, delle condizioni operative e delle conseguenze.

L'analisi costo-benefici, deve valutare le variazioni possibili nel rapporto tra i benefici, misurati in termini di incremento della sicurezza, ed i relativi costi.

Tra tutte le soluzioni proposte deve essere individuato e debitamente motivato l'intervento che garantisce il valore più alto del rapporto costo-benefici, sulla base dei seguenti criteri prioritari:

- riparazione di eventuali danni presenti;
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi;
- riduzione delle condizioni che determinano situazioni di forte irregolarità degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità, anche legate alla presenza di elementi non strutturali;

- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso;
- riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia;
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti;
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali;
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli urti;
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario.

Devono essere progettati interventi su parti non strutturali ed impianti quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica può mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei § 7.2.3 e § 7.2.4 delle NTC 2008 e nei corrispondente paragrafi della Circolare n. 617/09.

Per le strutture in muratura, inoltre, devono essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento dei collegamenti tra solai e pareti o tra copertura e pareti e fra pareti confluenti in martelli murari ed angolate.
- riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte;
- rafforzamento delle pareti intorno alle aperture;
- riduzione deformabilità dei solai;
- aumento della resistenza dei maschi murari;
- riduzione degli indebolimenti locali (canne fumarie, nicchie, ecc.).

Per le strutture in cemento armato ed in acciaio devono essere prese in considerazione, valutando l'eventuale necessità ed efficacia, anche le tipologie di intervento di seguito esposte o loro combinazioni:

- rinforzo di tutti o parte degli elementi;
- aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in cemento armato, controventi in acciaio, etc.;
- eliminazione di eventuali comportamenti a piano "debole";
- introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto;
- eventuale trasformazione di elementi non strutturali in elementi strutturali, come nel caso di incamiciatura in c.a. di pareti in laterizio;
- variazioni degli schemi statici originari.
- posticipazione della crisi per instabilità (locale, instabilità di asta e flessotorsionale) per gli elementi in acciaio;
- incremento della resistenza dei collegamenti in acciaio;
- miglioramento dei dettagli costruttivi nelle zone dissipative e nei collegamenti trave-colonna;
- introduzione di indebolimenti locali controllati, finalizzati ad un miglioramento del meccanismo globale di collasso.

3.1.3 FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

La soluzione proposta deve essere sottoposta a **verifica di fattibilità**. A tal fine è opportuno indicare le possibili problematiche riscontrabili in fase esecutiva e predisporre apposito **programma delle specifiche lavorazioni** in cui devono essere indicate le **sequenze** e le **modalità operative**.

3.2 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Relazione di calcolo dello stato di progetto riguardante i seguenti punti:

3.2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Devono essere specificate le normative tecniche di riferimento, i documenti e le indicazioni di comprovata validità, ai sensi del capitolo 12 delle NTC 2008 e del relativo capitolo della Circolare n.617/09, a cui è stato fatto riferimento.

3.2.2 VALUTAZIONE SICUREZZA E DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO

La **valutazione della sicurezza** viene condotta con riferimento allo **stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)**.

Occorre procedere alla stessa valutazione indicata al § 2.3.2 sviluppata nei seguenti passaggi:

1. determinazione della **“domanda”**, espressa in termini di periodo di ritorno dell'azione sismica di riferimento:
 - nel caso di un edificio scolastico o pubblico rilevante (classe d'uso III) la domanda è esprimibile nel seguente modo: $T_{R,D} = -VR/\ln(1-0.1) = 9.49 * V_R = 9.5 * 1.5 * 50 = 712$ anni
 - nel caso di un edificio strategico (classe d'uso IV) la domanda è esprimibile nel seguente modo: $T_{R,D} = -VR/\ln(1-0.1) = 9.49 * V_{R,2} = 9.5 * 2 * 50 = 949$ anni
2. determinazione della **“capacità” sismica dell'edificio**, espressa in termini di periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente al raggiungimento dello stato limite ultimo.
3. definizione dell'**indice di rischio** come rapporto tra la capacità/domanda $R_{CD} = (T_{R,C}/T_{R,D})^a$ (con $a=0.41$).

Per quanto riguarda la modalità di presentazione di detta valutazione occorre fare riferimento a quanto indicato al § 2.3.2 delle presenti istruzioni tecniche.

In generale si richiede una valutazione degli spostamenti allo stato limite di operatività (SLO).

3.2.3 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Si rimanda al § 2.3.3. delle presenti istruzioni tecniche.

3.2.4 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Si rimanda al § 2.3.4 delle presenti istruzioni tecniche.

3.3 RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali ed i prodotti per uso strutturale delle opere soggette al rispetto delle NTC 2008 devono corrispondere alle specifiche di progetto che provvedono alla loro identificazione e qualificazione con riferimento alle prescrizioni contenute nel cap.11 delle NTC 2008.

I materiali ed i prodotti previsti nel progetto, devono essere altresì sottoposti alle procedure ed alle prove sperimentali di accettazione, prescritte nelle NTC 2008. Esse devono essere dettagliatamente richiamate nella relazione sui materiali.

Attraverso una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione, **sin dal progetto deve essere garantita**

la durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, indicandone gli accorgimenti adottati.

3.4 PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

Il piano di manutenzione delle strutture é il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione delle strutture, coordinato con quello generale della costruzione, costituisce parte essenziale della progettazione strutturale.

Esso è costituito dai seguenti documenti operativi:

· **il manuale d'uso**: si riferisce all'uso delle parti più importanti dell'opera, con particolare riferimento a quelle che possono generare rischi per un uso scorretto. Il manuale d'uso contiene informazioni sulla collocazione delle parti interessate nell'intervento, la loro rappresentazione grafica, descrizione e modalità di uso corretto.

· **il manuale di manutenzione comprensivo del programma di manutenzione**: si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti dell'intervento. Esso contiene il livello minimo accettabile delle prestazioni, le anomalie riscontrabili, le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente e quelle che non lo sono.

Il programma di manutenzione riporta le manutenzioni e i controlli da eseguire in seguito a scadenze preventivamente fissate.

3.5 RELAZIONI SPECIALISTICHE

3.5.1 RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI

Si rimanda al § 2.4.1 delle presenti istruzioni tecniche.

3.5.2 RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

Si rimanda al § 2.4.2 delle presenti istruzioni tecniche.

3.5.3 RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

Si rimanda al § 2.4.3 delle presenti istruzioni tecniche.

3.6 ELABORATI GRAFICI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Le indicazioni di progetto devono essere rappresentate con una serie di tavole grafiche analoghe a quelle rappresentative dello stato di fatto in modo da individuare chiaramente gli interventi di progetto previsti. In particolare devono essere prodotti:

3.6.1 ARCHITETTONICI

Gli elaborati architettonici comprenderanno i seguenti elaborati:

a) **Piante**

Devono essere prodotte le piante di ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura, per una corretta interpretazione degli interventi previsti.

b) **Sezioni**

Devono essere fornite almeno le sezioni elaborate nello stato di fatto, aggiungendo eventualmente quelle ritenute significative per una corretta interpretazione degli interventi proposti.

c) **Prospetti**

Nel caso siano previste opere che alterino l'aspetto esterno del fabbricato, devono essere forniti i nuovi elaborati grafici che illustrano le nuove proposte.

Devono inoltre essere prodotti, sulla base del progetto strutturale, gli elaborati architettonici sovrapposti tra stato di fatto e quello di progetto in cui nelle stesse tavole corrispondenti allo stato di progetto (piante, sezioni e prospetti) vengono evidenziate, mediante le colorazioni giallo e rosso, le opere di demolizione e quelle di nuova realizzazione.

3.6.2 STRUTTURALI

Gli elaborati strutturali, a carattere esecutivo, devono distinguere:

- le strutture preesistenti;
- le strutture di nuova costruzione, quelle demolite o sostituite;
- gli interventi di consolidamento;
- le interferenze tra le strutture e gli impianti.

In particolare, gli elaborati grafici di insieme (carpenterie, profili e sezioni) da redigere in scala non inferiore ad 1:50, e gli elaborati grafici di dettaglio da redigere in scala non inferiore ad 1:10, devono contenere fra l'altro:

- per le strutture in cemento armato: i tracciati dei ferri di armatura con l'indicazione delle sezioni e delle misure parziali e complessive;
- per le strutture metalliche o lignee: tutti i profili e i particolari relativi ai collegamenti, completi della forma e spessore delle piastre, del numero e posizione di chiodi e bulloni, dello spessore, tipo, posizione e lunghezza delle saldature;
- per le strutture murarie: tutti gli elementi tipologici e dimensionali atti a consentire l'esecuzione.

Su ogni tavola devono essere indicati la classe e le caratteristiche del calcestruzzo, il tipo di acciaio o di ogni altro metallo, la tipologia dei solai e le caratteristiche del legno e di ogni materiale e prodotto da impiegarsi.

I particolari costruttivi devono essere definiti, numerati ed indicati sugli elaborati grafici del progetto strutturale.

In particolare gli elaborati strutturali devono comprendere le seguenti tavole:

a) Piante

Sulle piante di ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura, devono essere indicati gli interventi proposti utilizzando la simbologia riportata nell'allegato A.

Deve essere prodotta planimetria con la precisa indicazione della foronomia prevista per cavedi e passaggi di impianti ed apparecchiature.

E' necessaria inoltre una planimetria generale rappresentativa della sistemazione del terreno circostante l'edificio in esame.

b) Sezioni

Devono essere fornite almeno quelle corrispondenti al rilievo dello stato di fatto, con l'aggiunta di quelle ritenute necessarie al fine di una adeguata identificazione degli elementi di progetto e utilizzando la simbologia riportata nell'allegato A.

c) Prospetti

Nel caso di interventi sulle murature perimetrali, deve essere campita, sui prospetti, l'area interessata dall'intervento.

d) Scale ed Ascensori

Qualora siano previsti interventi di sostituzione o di rinforzo delle strutture attuali di scale e/o ascensori, devono essere forniti gli elaborati idonei ad individuare in modo chiaro e univoco gli interventi progettuali.

e) Particolari costruttivi in scala 1:10 o 1:20

Devono essere prodotti tutti i particolari necessari alla illustrazione e comprensione dell'intervento progettuale e alla loro esecuzione.

La rappresentazione dei particolari costruttivi deve essere in scala adeguata, indicando le caratteristiche e le dimensioni di ciascun elemento e le prescrizioni esecutive.

Devono essere prodotti i particolari costruttivi relativi alla realizzazione delle fonometrie, previste per il passaggio di impianti, che interessano gli elementi strutturali.

3.7 ELABORATI ECONOMICI

Gli elaborati economici di seguito descritti devono essere compilati secondo le indicazioni fornite nelle istruzioni tecniche D.3.9. "Istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati economici".

Elaborati economici dell'intervento:

1. quadro economico riassuntivo (Q.E.)
2. computo metrico estimativo (C.M.E.)
3. elenco prezzi

Modulistica:

1. mod. A - attestazione di congruita' dei prezzi e delle voci opere impiegate nel computo metrico
2. mod. B – scheda per il riepilogo dei costi di intervento suddiviso per opere di computo metrico estimativo
3. mod. C – determinazione della soglia di convenienza tecnico-economica dell'intervento

REDAZIONE PROGETTO ESECUTIVO: STATO DI PROGETTO	
Relazione generale illustrativa dell'intervento	Elaborati Grafici
<ul style="list-style-type: none"> • CARENZE STRUTTURALI • PROPOSTA DI INTERVENTO • FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO 	<ul style="list-style-type: none"> • ARCHITETTONICI • STRUTTURALI • INTERFERENZE IMPIANTI-STRUTTURE (fonometrie)
Relazione di calcolo strutturale	
<ul style="list-style-type: none"> • NORMATIVA DI RIFERIMENTO • VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RISCHIO • CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO • GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI 	
Relazione sui materiali	
Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera	
Relazioni specialistiche	Elaborati economici
<ul style="list-style-type: none"> • RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI • RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI • RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA 	<ul style="list-style-type: none"> • QUADRO ECONOMICO RIASSUNTIVO • COMPUTO METRICO ESTIMATIVO • ELENCO PREZZI • MOD. A, B, C

Tabella 9: elenco degli elaborati da presentare relativamente allo stato di progetto, nel caso di miglioramento/adequamento sismico

4. PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI

Gli elaborati tecnici di cui al cap. 2 e 3 delle presenti istruzioni tecniche devono essere **depositati presso l'ente locale in duplice copia**, firmati dal progettista e dagli eventuali consulenti, nei limiti delle rispettive competenze, ed approvati ai sensi delle vigenti normative.

L'amministrazione procederà, una volta firmati e timbrati gli elaborati in proprio possesso, al deposito di **una sola copia** del progetto **presso gli uffici tecnici del Genio Civile** territorialmente competenti, al fine dell'espletamento delle procedure di istruttoria. Le integrazioni richieste durante la fase di istruttoria seguiranno lo stesso iter del progetto originale.

A seguito dell'approvazione di cui all'art.5 comma 5 delle direttive D.1.9, l'ente locale provvederà a depositare la seconda copia, conforme al progetto finale, presso gli uffici tecnici del Genio Civile territorialmente competenti, al fine del rilascio dell'atto autorizzativi ai fini dell'inizio lavori ai sensi dell'art.94 del DPR380/2001.

Il deposito del progetto e delle eventuali successive integrazioni o varianti deve essere sempre accompagnato da lettera di trasmissione in cui vengono elencati gli elaborati trasmessi specificando quelli sostitutivi.

Tutti gli elaborati tecnici devono essere accuratamente rilegati in modo da rendere ben conservabile la documentazione ed essere al contempo insostituibili in ciascuna loro singola parte.

La firma del progettista, ben leggibile, deve essere apposta sul frontespizio e in prima ed ultima pagina di tutte le relazioni presentate e sul cartiglio di tutti gli elaborati grafici allegati al progetto, accompagnata dal timbro professionale, anch'esso ben leggibile, posto a fianco della firma.

I disegni avranno il frontespizio e la legenda esplicativa delle simbologie utilizzate (conformi a quelle riportate in allegato A).

5. QUADERNO DEI LAVORI

Durante le fasi di esecuzione dei lavori, il Direttore dei Lavori deve predisporre e compilare il Quaderno dei Lavori, al fine di osservare e documentare l'esecuzione degli interventi anche per le fasi del collaudo in corso d'opera.

Il Quaderno dei Lavori è finalizzato al perseguimento dell'unitarietà dell'intervento da parte dei soggetti attuatori che nella fase esecutiva si identificano nell'impresa, nel direttore dei lavori ed anche nel collaudatore. Nel Quaderno dei Lavori dovranno essere fornite brevi descrizioni delle modalità di esecuzione dei più importanti interventi previsti in progetto, particolarmente in relazione alla cura dei particolari costruttivi.

Il Quaderno dei Lavori è relativo alle più importanti fasi di esecuzione delle opere previste in progetto ed è composto da più schede, riferite a ciascuna fase di intervento, al fine di documentare la corretta realizzazione dei particolari esecutivi, così come definiti nel progetto.

Per ogni scheda, si devono:

- a) descrivere le modalità di esecuzione dell'intervento o dei particolari esecutivi in riferimento a quanto descritto nel progetto;
- b) descrivere eventuali annotazioni relative al punto a) qualora in particolare si modifichi quanto previsto nel progetto, al fine di poter dimostrare l'efficacia del nuovo particolare esecutivo. In questi casi è necessario acquisire il preventivo assenso da parte degli uffici tecnici del Genio Civile territorialmente competenti, ai sensi della L.R. 1/2005;
- c) allegare idonea documentazione fotografica a colori, con la quale sarà possibile rendere evidenti le fasi, la complessità di queste e lo sviluppo materiale dell'intervento o dei particolari esecutivi. Il formato delle fotografie non deve essere inferiore a cm 10x15, e se necessario i punti di ripresa devono essere riportati su elaborati grafici opportunamente ridotti.

Il Quaderno dei Lavori deve essere presentato ai tecnici regionali durante i sopralluoghi in cantiere e costituisce utile documentazione, insieme agli eventuali verbali di accettazione dei materiali impiegati e dei certificati di laboratorio delle prove eseguite sui materiali da costruzione, per la redazione della relazione finale dei lavori a cura del direttore dei lavori, e laddove necessario per la redazione del certificato di collaudo da parte del collaudatore.

Una seconda copia del Quaderno dei Lavori deve essere consegnata su supporto digitale contestualmente al deposito della relazione di fine lavori.

3. PASSAGGIO CATENE NEL SOTTOTETTO DELLA CHIESA

DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

Dopo la preventiva rimozione dell'intonaco sulla parte di muratura interessata, si sono posti in opera i tiranti metallici. Si sono eseguite perforazioni orizzontali con carotatrice (v. foto 3.6) con corona al Widian del diametro di 50 mm per l'inserimento delle catene sulla muratura apicale di pietrame della Chiesa. La fase è stata attuata con le necessarie cautele per evitare, in particolare, danni alla costruzione adiacente (primo piano della canonica adibita ad abitazione).

Si sono eseguiti i perfori soltanto per quanto riguarda le murature perimetrali, in quanto per le murature interne (gravate di pochissimo carico nella zona perimetrale di gronda) si è preferita la demolizione parziale e la ricostruzione con l'inserimento di un tubo in pvc nella muratura ricostruita per l'inserimento delle barre costituenti le catene e per garantire il futuro ritesaggio dei tiranti stessi.

L'operazione è consistita nella:

- esecuzione dei perfori con le modalità sopra descritte;
- tinteggiatura dei tiranti, con due mani di antrungine e due di smalto;
- posa delle barre di acciaio Fe 360 costituenti la catena, diam. 30 mm con le due estremità filettate per una lunghezza variabile tra i 15 e i 20 cm, previa misura in opera della lunghezza totale del tratto attraverso la posa di un filo da muratore, teso all'interno dei perfori con verifica dell'andamento rettilineo degli stessi;
- la giunzione delle barre con l'uso di appositi manicotti di collegamento costituiti da tubolari di diametro esterno 47 mm e diametro interno 27 mm.

NUMERO DELLE FOTOGRAFIE INTERESSATE 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6

(secondo num. progressiva riportata in planimetria e/o sezione)

EVENTUALI MODIFICHE AGLI INTERVENTI DI PROGETTO

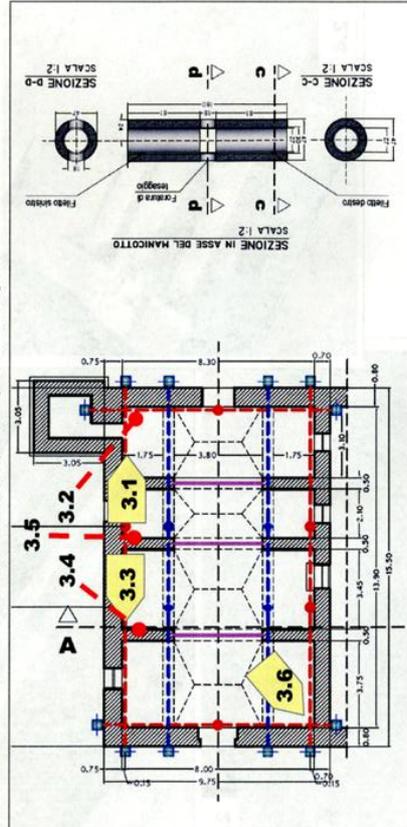
(nessuna)

NUOVI ELABORATI PROGETTUALI

(nessuno)

EVENTUALI ANNOTAZIONI: I perfori sono stati tutti accuratamente segnati sulla muratura attraverso riferimento metrici di distanza dalla parte esterna della muratura ed una volta eseguiti sono stati tutti puliti con l'ausilio di aria compressa.

PLANIMETRIE / SEZIONE / PROSPETTO con i punti di ripresa delle fotografie



Intervento di PASSAGGIO CATENE NEL SOTTOTETTO DELLA CHIESA

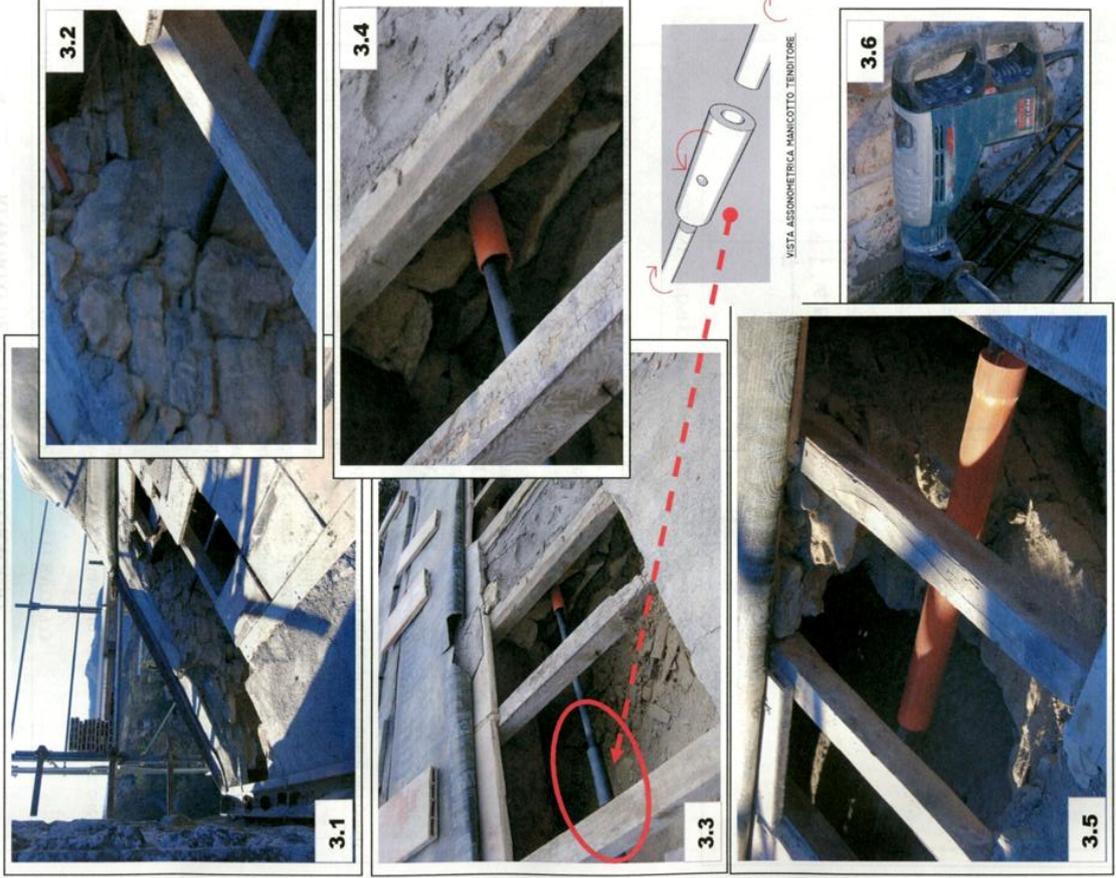


Tabella 10: esempio di compilazione del quaderno dei lavori relativamente ad uno specifico intervento

6. VARIANTI

Nel caso di varianti tecniche al progetto deve essere presentata la documentazione relativa all'oggetto della variante presso l'Ufficio Tecnico del Genio Civile territorialmente competente.

Per le varianti tecniche al progetto, che non comportano modifiche al quadro economico approvato, si procede, ai sensi del D.P.G.R. n. 36 del 2009, nel modo seguente:

- 1) nel caso di **variante sostanziale** (art. 10 del D.P.G.R. n. 36 del 2009) è prevista, da parte dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile territorialmente competente, la verifica tecnica subordinata all'emissione di una nuova approvazione di cui all'art.5 comma 5 delle direttive D.1.9 e al successivo atto autorizzativi all'inizio dei lavori;
- 2) nel caso di **variante non sostanziale** (art. 11 dell D.P.G.R. n. 36 del 2009) occorre procedere al preavviso scritto e al contestuale deposito;

Per le varianti che comportano variazioni al quadro economico approvato (es. importo totale lavori, variata distribuzione di spesa nelle categorie di opere) deve essere presentato, presso l'Ufficio Tecnico del Genio Civile territorialmente competente, esclusivamente la documentazione economica completa al fine di procedere alla verifica economica finalizzata ad una nuova approvazione di cui all'art.5 comma 5 delle direttive D.1.9.

LEGENDA

PER LA REDAZIONE

DEGLI ELABORATI GRAFICI

DELLO STATO DI FATTO E

DELLO STATO DI PROGETTO

LUGLIO 2011

Introduzione

La presente legenda vuole essere uno strumento utile, quale simbologia di riferimento, per la redazione degli elaborati grafici dello stato di fatto (vedi tabelle da 0 a 6 e 8) e dello stato di progetto (tabella 7) dei progetti per gli interventi di miglioramento e di adeguamento sismico degli edifici pubblici strategici e/o rilevanti di cui alle direttive “D.2.9 - istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati progettuali degli interventi di prevenzione e riduzione del rischio sismico degli edifici pubblici strategici e rilevanti”.

La legenda assolve alla necessità di essere strumento utile alla rappresentazione e alla raccolta di tutti i dati e informazioni specifiche legate non solo agli edifici in muratura e in particolare all’edilizia storica, ma anche agli edifici in cemento armato. Per rappresentare e raccogliere questo tipo di dati è indispensabile condurre un rilievo dello stato di fatto che punti alla conoscenza del bene e perciò deve essere accurato e rispondere il più possibile alle situazioni reali. Affinché tale rilievo sia fattibile e sia funzionale allo scopo, si è reso necessario articolare e predisporre, in particolare per la sezione relativa al rilievo dei caratteri costruttivi, l’adozione di codici / sigle da formare anche a cura del rilevatore.

Questa necessità è legata ragionevolmente al fatto che un’unica legenda – seppur estesa — non può comprendere e prevedere tutte le situazioni specifiche legate ai siti pluristratificati quali sono i beni a carattere monumentale.

E’ vero che il rilievo dello stato di fatto di una fabbrica, si articola in una serie di tipi di rilievo specifici che concorrono insieme a formare la conoscenza analitica degli elementi e caratteri architettonici e strutturali, dello stato di conservazione, nonché quello di danno e dissesto.

La legenda raccoglie segni, grafismi e codici che si sono ritenuti strettamente necessari sia per registrare la situazione reale di stato di fatto, sia per arrivare ad una diagnosi in fase di progetto.

La legenda si articola in nove tabelle, come di seguito specificato:

Tab. 0 MODALITA’ DI INDICAZIONE DELLA DISLOCAZIONE DEI SONDAGGI, DEI PUNTI DI PRESA E DEGLI ELEMENTI DI PREGIO ARCHITETTONICI E RILIEVO METRICO

Tab. 1 CARATTERISTICHE E MATERIALI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Tab. 2 COLLEGAMENTI

Tab. 3 SUPERFICI ED ELEMENTI DI FINITURA E DI PREGIO

Tab. 4 TRACCE DEL PROCESSO DI FORMAZIONE E TRAFORMAZIONE DELL’EDIFICIO

Tab. 5 RILIEVO DEI FENOMENI DI DEGRADO E ALTRI FATTORI CHE RIDUCONO L’EFFICIENZA STRUTTURALE

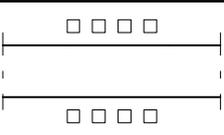
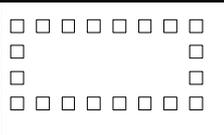
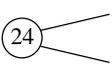
Tab. 6 DEGRADO E DISSESTO

Tab. 7 CONSOLIDAMENTI

Tab. 8 INTERVENTI DI NUOVA COSTRUZIONE, DEMOLIZIONE, RIPRISTINO STRUTTURALE E SOSTITUZIONE

0 - MODALITA' DI INDICAZIONE DELLA DISLOCAZIONE DEI SAGGI, DEI SONDAGGI, DEI PUNTI DI PRESA E DEGLI ELEMENTI DI PREGIO ARCHITETTONICI E RILIEVO METRICO

(RILIEVO CRITICO)

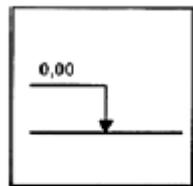
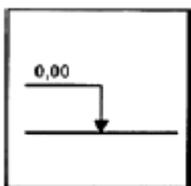
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Punti e zone in cui sono stati eseguiti dei saggi e/o sondaggi
		Elemento di pregio architettonico (il n° rimanda alla relazione descrittiva)
		Punto di ripresa fotografica (con il n° della foto)
		Punto di ubicazione dei sondaggi geognostici

N.B. la descrizione dei sondaggi dovrà essere redatta come indicato al punto 2.4.5 e la documentazione fotografica deve essere approntata conformemente a quanto illustrato ai punti 2.4.3 e 3.4.1.

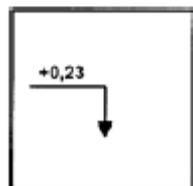
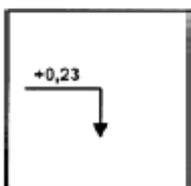
Per il rilievo metrico è essenziale la presenza di una quota 0 di riferimento, oltre alle usuali quotature altimetriche e planimetriche.

pianta

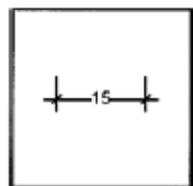
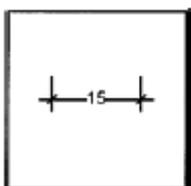
alzato



Quota 0 relativa e linea orizzontale di riferimento in sezione e prospetto



Quote altimetriche rispetto a quota 0



Quote planimetriche

1 - CARATTERISTICHE E MATERIALI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

1.1 FORMAZIONE DELLA LEGENDA

Si richiede di comporre e redigere la legenda in forma tabellare (si rimanda all'esempio in calce). Il tracciato è costituito da tre colonne:

Colonna 1. Numero d'ordine della voce di legenda **i**

Colonna 2. Sigla normalizzata **X.y**

Colonna 3. Descrizione

Colonna 1: si dovrà attribuire un numero d'ordine progressivo per ogni diverso tipo di elemento strutturale individuato nella fabbrica.

Colonna 2: si dovrà riportare, per ogni tipo diverso di elemento strutturale individuato nella fabbrica, una sigla normalizzata che rileva i dati relativi a: tipologia dell'elemento (X); tipo di materiale e caratteri costitutivi (y).

Colonna 3: si dovranno riportare le informazioni analitiche di dettaglio dei caratteri e dei modi del costruire legati al singolo elemento strutturale. Per tale descrizione si richiede di seguire l'ordine degli argomenti riportati per ogni singolo elemento strutturale a cui si rimanda.

Esempio:

STRUTTURE VERTICALI		
N.	SIGLA	DESCRIZIONE
1	SV.3	Muratura in pietra sbozzata a corsi regolari e costituita da due paramenti non collegati, con malta di calce e sabbia fine, non intonacata. Si presenta rimaneggiata e con malta incoerente. Mediocre stato di conservazione

1.2 FONDAZIONI

F.0	Assenza di fondazioni
F.1	Muratura
F.2	Getto di calcestruzzo
F.3	Come F.1 + cordolo in c.a. allo spicco della muratura
F.4	Come F.2 + cordolo in c.a. allo spicco della muratura
F.5	Fondazioni su platea
F.6	Travi rovesce in c.a.
F.7	Travi rovesce in c.a. su pali
F.8	Plinti in c.a. non collegati
F.9	Plinti in c.a. non collegati su pali
F.10	Plinti in c.a. collegati
F.11	Plinti in c.a. collegati su pali
F.12

1.3 STRUTTURE VERTICALI

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di struttura verticale presente nel complesso edilizio che verranno riportati sugli elaborati in forma realistica; la redazione grafica dovrà prevedere la descrizione degli elementi caratterizzanti da riportare in legenda a formare elenchi o abachi dei diversi tipi di struttura con l'attribuzione delle relative sigle di riferimento.

Nella rappresentazione grafica in pianta le diverse tipologie devono essere perimetrare e tali simbologie dovranno essere riportate sia in pianta che negli alzati.

SV.1	Muratura a sacco	SV.11	Muratura di mattoni forati
SV.2	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.12	Muratura in pietra e laterizio
SV.3	Muratura in pietra sbazzata	SV.13	Muratura in pietra e cls
SV.4	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.12	Pareti in calcestruzzo armato
SV.5	Muratura in pietra arrotondata	SV.15	Pareti in calcestruzzo non armato
SV.6	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.16	Telai in c.a. non tamponati
SV.7	Muratura in blocchi di tufo o in pietra ben squadrata	SV.17	Telai in c.a. con tamponature deboli (con grandi aperture)
SV.8	Muratura in blocchi di cls prefabbricato, con inerti ordinari	SV.18	Telai in c.a. con tamponature consistenti (senza grandi aperture)
SV.9	C.s. con inerti leggeri	SV.19	Miste (SV. da 1 a 15 associate a SV. da 16 a 18)
SV.10	Muratura di mattoni pieni	SV.20

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- caratteri costruttivo/strutturali specifici:

muratura costituita da un unico paramento;

muratura costituita da due paramenti collegati fra loro;

muratura costituita da due paramenti scarsamente connessi o non collegati o con presenza di "sacco" con materiale incoerente;

telai in c.a. non tamponati o con tamponature deboli e/o consistenti;

altro (da descrivere in legenda);

non so

- tipo di materiale costitutivo: si richiede di indicare il supporto che costituisce la muratura e le caratteristiche fisiche del materiale (ad esempio, per una muratura in pietra se questa è costituita da conci squadriati o sbazzati o arrotondati oppure costituita da pietrame di diversa pezzatura, ecc.).

Si dovrà, inoltre, descrivere la consistenza muraria in termini di coesione nel suo complesso cioè tra legante e supporti, uno dei caratteri di grande importanza per la valutazione dell'efficienza muraria.

- apparecchiatura muraria: si intende il particolare modo in cui si dispongono i diversi elementi, siano essi mattoni, pietre o altro, all'interno della compagine muraria a formare la struttura tridimensionale (ad esempio, per una muratura in mattoni se è a una o più teste, ecc.); indicare, se presente, l'**angolata strutturale** di fabbrica e l'eventuale presenza di **listature**.

- tessitura del paramento murario: è invece solo ciò che si vede all'esterno della compagine muraria, è la muratura "a vista" ed è secondo questo parametro più limitato che vengono descritti i muri;

- legante impiegato: si richiede di descrivere, dove possibile, i caratteri visibili degli inerti e leganti impiegati nella muratura e/o nella finitura del paramento murario ossia la stesura del giunto di malta, che costituisce generalmente il punto debole delle murature (ad esempio: giunto costituito da malta di calce e sabbia fine o grossa, ecc.);

- trasformazioni costruttive avvenute nel tempo: si richiede di riconoscere la muratura rispetto alla leggibilità della conformazione originaria della stessa muratura definita per:

- muratura leggibile nella sua configurazione originaria;
- muratura rimaneggiata che non consente un sicuro accertamento della configurazione originaria;
- muratura molto rimaneggiata che non consente un sicuro accertamento della configurazione originaria;

- presenza di intonaco interno ed esterno dovrà essere descritta per il carattere, la qualità e lo stato di conservazione;

- stato di conservazione:

Ottimo	condizioni perfette e/o recente intervento
Buono	normale conservazione ed efficienza
Mediocre	scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti
Cattivo	manca di manutenzione, gravi guasti
Pessimo	abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza
Disfacimento	

1.4 STRUTTURE ORIZZONTALI

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di solai presenti nell'edificio, che verranno riportati sugli elaborati in forma realistica; la redazione grafica dovrà prevedere la descrizione degli elementi caratterizzanti da riportare in legenda a formare elenchi o abachi dei diversi tipi di solai con l'attribuzione delle relative sigle di riferimento.

Nella rappresentazione grafica di pianta indicare a tratteggio la proiezione verticale dell'orditura principale del soffitto superiore se in presenza di solaio a vista. Inoltre verrà evidenziata l'esatta direzione delle travi principali con il simbolo:



Nella rappresentazione grafica di pianta delle volte indicare a tratteggio la proiezione verticale delle vele della volta strutturale per il riconoscimento tipologico.

SO.1	Solai in legno senza soletta
SO.2	Solai in legno con catene o tiranti
SO.3	Solai in laterocemento senza soletta
SO.4	Solai in ferro e laterizio senza soletta
SO.5	Solai in ferro e laterizio senza soletta con catene o tiranti
SO.6	Volte in muratura senza catene
SO.7	Volte in muratura con catene
SO.8	Solai in laterocemento con soletta
SO.9	Solai in ferro e laterizio con soletta
SO.10	Solai in legno con soletta
SO.11	Solai a lastra in c.a.
SO.12	controsoffitti leggeri (cannicciato e rete)

SO.13

Solai leggeri (putrelle o travetti e tavelloni, senza caldana e riempimento)

SO.14

.....

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- caratteri costruttivo/strutturali specifici:

orditura semplice (costituite da un solo ordine di travi, direttamente appoggiate sulla muratura);

orditura doppia (costituita da grandi travature, ad interasse variabile, sui quali si appoggiano travetti secondari, di sezione più limitata);

altro (da descrivere in legenda);

non so

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del materiale degli elementi che costituiscono il solaio e le caratteristiche fisiche del materiale stesso.

- collegamento con le strutture verticali:

collegamento efficace (costituito in continuità con la muratura verticale e ben ammorsato);

inefficace (appoggiato alla muratura verticale e non ammorsato).

- presenza di elementi che riducono la deformabilità nel piano;

- tipo di pavimentazione presente;

- stato di conservazione:

Ottimo condizioni perfette e/o recente intervento

Buono normale conservazione ed efficienza

Mediocre scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti

Cattivo mancanza di manutenzione, gravi guasti

Pessimo abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza

Disfacimento totale

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale delle **volte strutturali/cupole** si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- caratteri costruttivo/strutturali specifici:

volta con elementi disposti a "coltello";

volta con elementi disposti "in foglio";

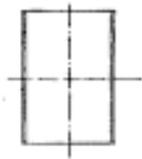
altro (da descrivere in legenda);

non so

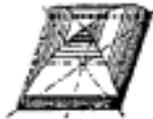
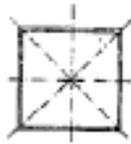
- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del supporto che costituisce la volta o cupola e le caratteristiche fisiche del materiale.

- tipologia della volta strutturale:

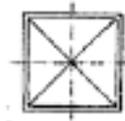
volta a *botte*



volta a *padiglione*



volta a *crociera*



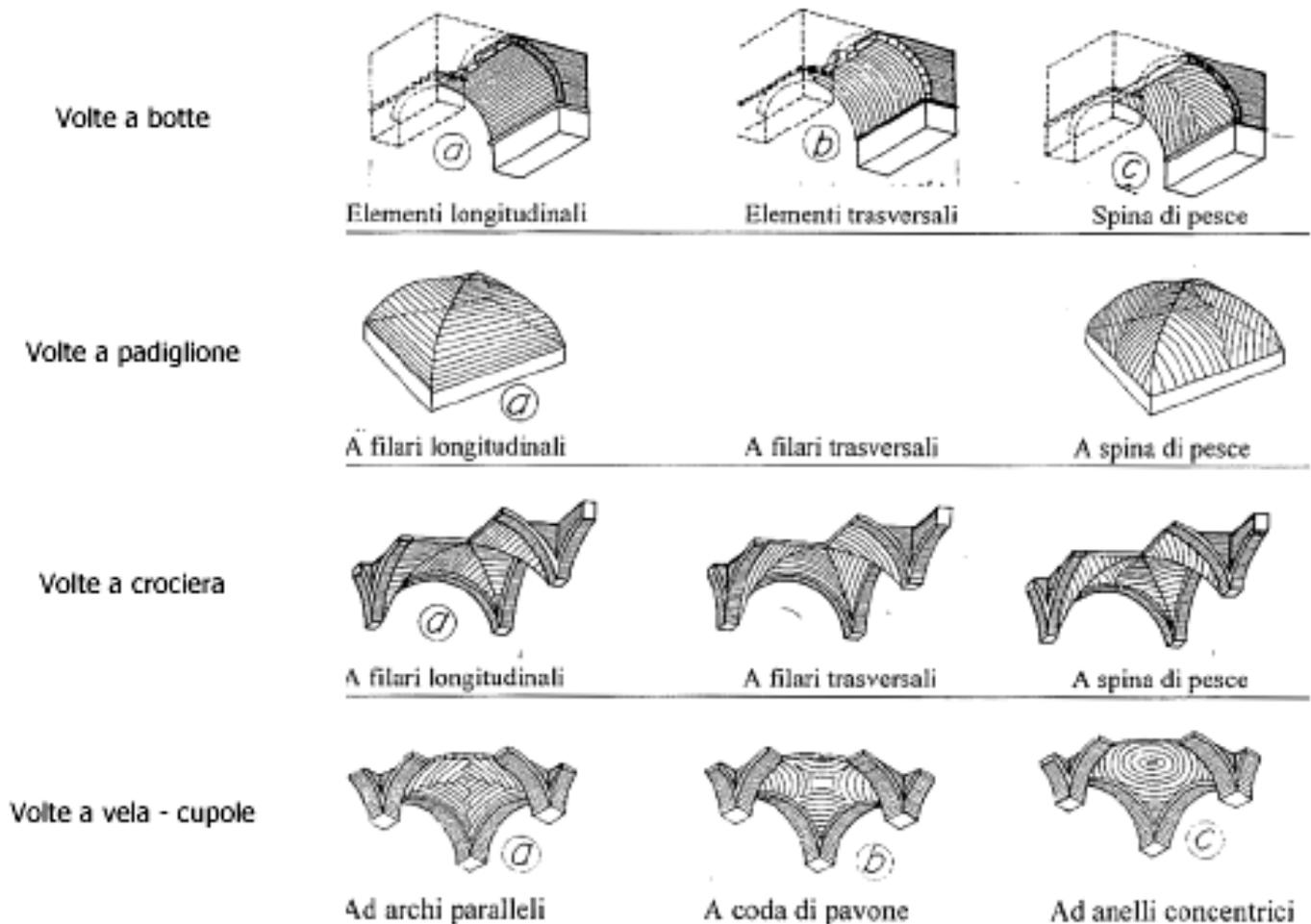
volta a *vela*



Per le cupole indicare se si tratta di : cupola **emisferica**, cupola **semi-ellissoidica**;

E' importante indicare la presenza di **costoloni** (nervature in pietra o laterizio disposte in vista lungo gli spigoli delle volte o i meridiani delle cupole) e riportare, se conosciuto, lo **spessore della volta/cupola**.

- sistema costruttivo: si richiede di descrivere come è costituita la struttura della volta (disposizione dei supporti, presenza di rinfianchi e/o riempimenti, ecc.). La conoscenza del sistema costruttivo assume particolare importanza per valutare le capacità resistenti della volta.



- collegamenti con le strutture verticali:

collegamento efficace (costituito in continuità con la muratura verticale e ben ammorsato - presenza di catene ben posizionate);

inefficace (appoggiato alla muratura verticale e non ammorsato).

- stato di conservazione:

Ottimo condizioni perfette e/o recente intervento;

Buono normale conservazione ed efficienza;

Mediocre scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti;

Cattivo mancanza di manutenzione, gravi guasti;

Pessimo abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza;

Disfacimento totale

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale dei **controsoffitti** si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- caratteri costruttivo/strutturali specifici:

ancorata alle strutture della copertura;

con struttura portante autonoma;

altro (da descrivere in legenda);

non so.

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del materiale che costituisce il controsoffitto (legno, gesso, stucco, ecc.);

- tipologia del controsoffitto; *struttura portante e collegamento con le strutture verticali*;

- stato di conservazione:

Ottimo	condizioni perfette e/o recente intervento;
Buono	normale conservazione ed efficienza;
Mediocre	scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti;
Cattivo	mancanza di manutenzione, gravi guasti;
Pessimo	abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza;
Disfacimento totale	

1.5 SCALE

SC.1	Struttura appoggiata in legno
SC.2	Struttura a sbalzo in legno
SC.3	Struttura appoggiata in acciaio
SC.4	Struttura a sbalzo in acciaio
SC.5	Struttura appoggiata in pietra o laterizio
SC.6	Struttura a sbalzo in pietra o laterizio
SC.7	Volta appoggiata in laterizio
SC.8	Volta appoggiata in pietra
SC.9	Struttura appoggiata in c.a.
SC.10	Struttura a sbalzo in c.a.
SC.11

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- caratteri costruttivo/strutturali specifici:

scala appoggiata;

scala a sbalzo;

scala a volte;

altro (da descrivere in legenda);

non so

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del supporto che costituisce la scala e le caratteristiche

fisiche del materiale;

- tipologia strutturale con riferimento alla struttura: appoggiata, a sbalzo, ecc.;

- collegamento del corpo scala con le strutture orizzontali o verticali: si dovrà definire se la scala è stata realizzata in continuità costruttiva con gli orizzontamenti o le strutture verticali su cui poggia o se è stata realizzata successivamente. Si richiede inoltre di descrivere comunque gli appoggi strutturali.

1.6 COPERTURE

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di tetto presenti nel complesso dell'edificio che verranno riportati sugli elaborati in forma realistica; la redazione grafica dovrà prevedere la descrizione degli elementi caratterizzanti da riportare in legenda a formare elenchi o abachi dei diversi tipi di solai con l'attribuzione delle relative sigle di riferimento. Nella rappresentazione grafica di pianta indicare a tratteggio la proiezione verticale dell'orditura principale del tetto.

CO.1	In legno spingenti
CO.2	In legno poco spingenti
CO.3	In legno a spinta eliminata
CO.4	Latero-cementizie con cappa o solette in c.a.
CO.5	In acciaio spingenti
CO.6	In acciaio non spingenti
CO.7	Latero-cementizie o solette in c.a. non spingenti
CO.8	Latero-cementizie senza cappa in c.a.
CO.9

N.B.: La presenza di cordolo perimetrale in c.a. sarà indicata con il simbolo S a fianco della copertura

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- caratteri costruttivo/strutturali specifici:

orditura principale spingente;

orditura principale parzialmente spingente;

orditura principale a spinta eliminata;

altro (da descrivere in legenda);

non so

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del supporto che costituisce il tetto e le caratteristiche fisiche

del materiale.

- tipo di orditura:

orditura principale (che svolge la principale funzione statica a sostegno di tutta la copertura);

orditura secondaria (gerarchicamente successiva) o altra da descrivere;

- collegamento con le strutture verticali:

collegamento efficace (costituito, ad esempio, da adeguati ancoraggi metallici o altri sistemi che garantiscono una buona ammorsatura);

inadeguato o inesistente;

- presenza di elementi di irrigidimento nel piano della falda;

- presenza di elementi atti a contrastare le spinte;

- stato di conservazione:

Ottimo condizioni perfette e/o recente intervento

Buono normale conservazione ed efficienza

Mediocre scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti

Cattivo mancanza di manutenzione, gravi guasti

Pessimo abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza

Disfacimento totale

1.7 ARCHITRAVI

AT.1	In pietra
AT.2	In laterizio armato
AT.3	In cemento armato
AT.4	In legno
AT.5	In ferro
AT.6

Per gli architravi i caratteri costruttivo/strutturali importanti sono prevalentemente geometrici e sono fortemente legati al contesto strutturale nel quale sono inseriti. Per tale ragione si richiede di rappresentare graficamente tali elementi strutturali con un buon grado di dettaglio sulle tavole di rilievo, riportando solamente le sigle relative all'*elemento strutturale* e al *tipo di materiale*.

1.8 ARCHI

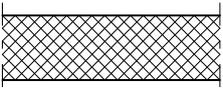
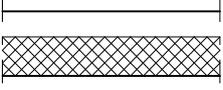
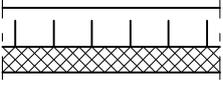
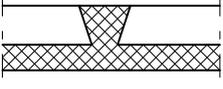
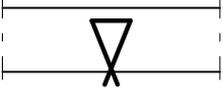
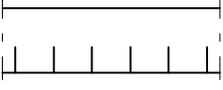
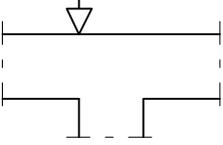
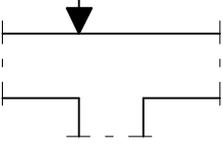
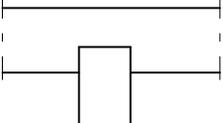
AR.1	In pietra senza catene
AR.2	In pietra con catene
AR.3	In laterizio senza catene
AR.4	In laterizio con catene
AR.5	In c.a. senza catene
AR.6	In c.a. con catene
AR.7

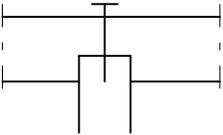
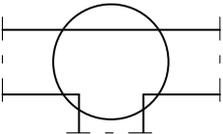
Per gli archi i caratteri costruttivo/strutturali importanti sono prevalentemente geometrici e sono fortemente legati al contesto strutturale nel quale sono inseriti. Per tale ragione si richiede di rappresentare graficamente tali elementi strutturali con un buon grado di dettaglio sulle tavole di rilievo, riportando solamente le sigle relative all'*elemento strutturale* e al *tipo di materiale*.

2 COLLEGAMENTI

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di elementi di presidio (tiranti, contrafforti, ecc.) presenti nel complesso della chiesa che verranno riportati sugli elaborati grafici in forma realistica.

(Rappresentazione in pianta)

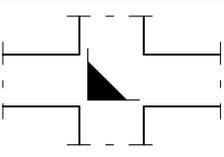
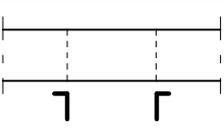
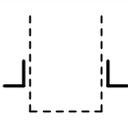
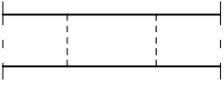
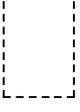
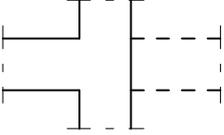
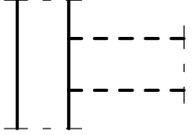
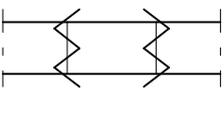
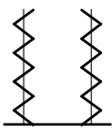
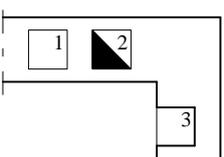
SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Cordolo continuo per tutto lo spessore
	Cordolo continuo di spessore parziale
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante perforazioni armate
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante code di rondine
	Collegamento discontinuo (a coda di rondine)
	Collegamento della soletta in c.a. alle strutture verticali con perforazioni armate
	Catene e tiranti non in tensione
	Catene e tiranti in tensione
	Travi in legno semplicemente appoggiata alle murature d'ambito senza collegamenti

	<p>Collegamento di travi in legno alle murature d'ambito con lame o piastre</p>
	<p>Pareti ortogonali ammorsate o con altro tipo di collegamento</p>
<p style="text-align: center;">CP</p>	<p>Cappa in cls</p>
<p style="text-align: center;">INI</p>	<p>Iniezioni di consolidamento</p>
<p style="text-align: center;">CN</p>	<p>Contrafforte</p>

3 SUPERFICI ED ELEMENTI DI FINITURA DI PREGIO

MV	Muratura a vista	AF	Affreschi
I	Intonaco di pregio	AL	Arredi fissi: altare
EF	Elementi di finitura di pregio	OR	Organo
sigla arbitraria	Altro- riportare la descrizione direttamente sull'elaborato grafico		

4 TRACCE DEL PROCESSO DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DELL'EDIFICIO (RILIEVO CRITICO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Spigolo inglobato nella muratura senza ammorsatura
		Apertura tamponata senza ammorsatura
		Apertura tamponata con ammorsatura
		Traccia di elemento eliminato (solaio, volta, copertura, scala, parete, ecc.)
		Apertura ricavata in rottura rispetto alla parete preesistente
	Sul prospetto o sezione rappresentare graficamente la posizione della cavità o della canalizzazione	Canna fumaria (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione importante in traccia (3)

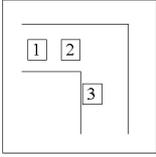
5 RILIEVO DEI FENOMENI DI DEGRADO E ALTRI FATTORI CHE RIDUCONO L'EFFICIENZA STRUTTURALE

5.1 DISCONTINUITA' COSTRUTTIVE

Questa sezione segnala, attraverso una stratigrafia macroscopica, le *discontinuità costruttive* che sono la conseguenza dei processi di costruzione e trasformazione che il manufatto ha subito nel tempo. Il complesso di queste trasformazioni lascia nella fabbrica un reticolo di eterogeneità costruttive dovute al variare dei materiali, delle tecniche e di continuità parziali dovute all'imperfetto ammorsamento con le murature preesistenti.

Date le ripercussioni strutturali di tali discontinuità, che spesso introducono vulnerabilità specifiche nel comportamento della costruzione, è necessario per quanto possibile individuarle e descriverle, per poterne neutralizzare nel progetto gli effetti di indebolimento.

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Giunto conforme
		Giunto non conforme, protetto
		Giunto non conforme o pareti in aderenza
		Pareti non ammorsate (il n° 1 indica la parete preesistente)
		Spalla con riprese costruttive accostate senza ammorsamento
		Ripresa costruttiva dovuta a sopraelevazione
		Ripresa costruttiva con ammorsamento in rottura

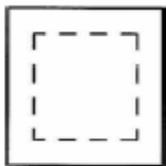
	<p style="text-align: center;">IMMAGINE REALISTICA</p>	<p>Presenza di canna fumaria</p> <p>1. non utilizzata; 2. utilizzata; 3. canalizzazione importante in traccia;</p>
<p style="text-align: center;">D</p>	<p style="text-align: center;">D</p>	<p>Altro tipo di discontinuità strutturale</p>

5.2 CARENTI CONDIZIONI MANUTENTIVE

Questa sezione richiama sommariamente le condizioni manutentive del sistema di protezione dell'edificio, quali l'efficienza del manto di copertura, di gronde e pluviali, dei sistemi di raccolta delle acque al suolo.

Gli aspetti più importanti da segnalare sono quelli che hanno già avuto o potranno avere in futuro un ruolo scatenante nel causare o favorire la perdita di efficienza strutturale.

Si pone attenzione quindi soprattutto alla protezione dalle acque meteoriche e al loro allontanamento dalla zona fondale accertando perciò la tenuta dei tetti, del manto di copertura, di converse, grondaie e pluviali con relative canalizzazioni a terra, alla permeabilità all'acqua battente dei paramenti e rivestimenti murali.



sigla

Perimetro dell'area con carenti condizioni manutentive

SIMBOLO	DESCRIZIONE	SIMBOLO	DESCRIZIONE
	<p>Perdite d'acqua osservabili</p>		<p>Presenza di vegetazione</p>

6 DEGRADO E DISSESTO

6.1 RILIEVO DEL QUADRO FESSURATIVO E DEFORMATIVO

Il **rilievo del quadro fessurativo e deformativo** osserva e registra le varie forme di degrado strutturale che l'edificio ha subito nel tempo. In esso confluiscono perciò sia gli effetti di dissesti di origine statica, esauriti o in atto, sia i danni connessi a dissesti di origine dinamica causati da terremoti avvenuti nel tempo o dalle crisi sismiche più recenti. Non è facile distinguere il complesso causale di un danno, in quanto spesso si sommano o interagiscono diversi fattori; tuttavia al rilievo si chiede non di interpretare la causa del danno, bensì di raccogliere e disporre tutte le informazioni che possono consentire e facilitarne la diagnosi. Importante è localizzare e descrivere realisticamente i tracciati delle lesioni che vanno misurati e caratterizzati attraverso il verso di spostamento relativo dei due cigli in diversi punti della lesione così da poter interpretare i meccanismi di dissesto che l'hanno prodotta.

Va ricordato che il degrado strutturale, inteso come decadimento della funzionalità meccanica, si compone oltre che degli effetti del dissesto anche degli effetti del degrado proprio dei materiali costitutivi. Spesso il degrado proprio del materiale e il degrado strutturale si amplificano concatenandosi, formando processi articolati ben riconoscibili.

6.2 DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI DEL DISSESTO SULLA MATERIA DELLA COSTRUZIONE (danni fisici)

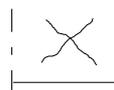
Una parte dei danni va descritta sui grafici in modo realistico (fessurazioni, fratture e lesioni, crolli), in quanto il disegno del loro tracciato riveste di per sé importanza diagnostica; gli altri danni sono descritti con simboli convenzionali, in quanto è sufficiente il riconoscimento del fenomeno e la sua localizzazione.

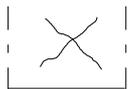
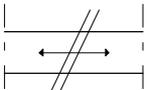
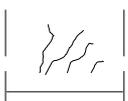
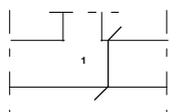
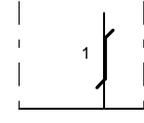
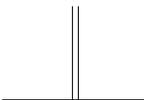
Per le lesioni alle murature la simbologia sotto riportata è riferita a casi in cui queste siano passanti l'elemento; nel caso in cui queste non siano passanti, il relativo simbolo dovrà essere riportato sul solo lato interessato dalla lesione stessa. Ciò vale con particolare riferimento alle strutture portanti, anche se sono da evidenziare le eventuali lesioni sui tamponamenti non portanti.

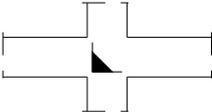
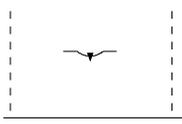
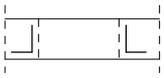
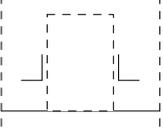
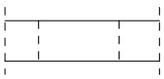
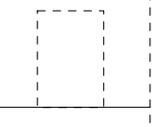
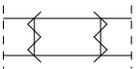
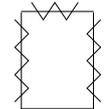
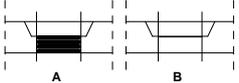
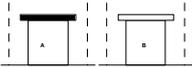
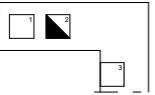
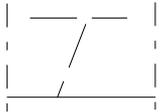
L'indicazione grafica della lesione deve essere corredata dall'indicazione che descrive la lesione secondo le legende delle ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA DI I LIVELLO PER IL RILEVAMENTO DELLA VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA G.N.D.T.-C.N.R. o in alternativa dai millimetri della lesione.

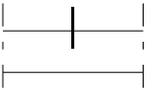
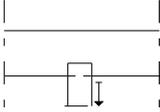
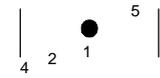
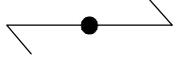
In alzato (prospetto o sezione) rappresentare graficamente l'effettivo stato di degrado e/o dissesto anche in riferimento alle legende di cui sopra.

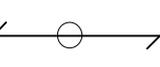
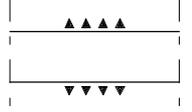
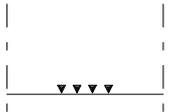
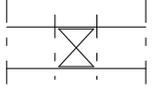
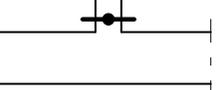
Esempi:

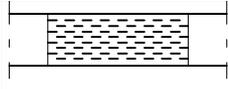
PIANTA		ALZATO
Lesioni diffuse passanti	Lesione diffuse non passanti	Lesione diffuse passanti o non passanti
		
Es.: 6 o 7D o mm	Es.: 6 o 7D o mm	Es.: 6 o 7D o mm
Lesioni a croce passanti	Lesione a croce non passanti	Lesione a croce passanti o non passanti
		
Es.: 3D o mm	Es.: 3D o mm	Es.: 3D o mm

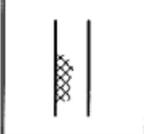
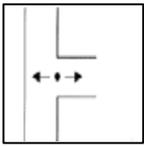
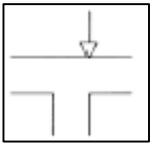
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: 3D o mm Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 3D o mm Es.: 6 o 7D o mm	a) Lesione isolata sia all'interno del pannello (tipo 3) che agli estremi del pannello passanti o no (tipo 6 o 7)
 Es.: 3D o mm	 Es.: 3D o mm	b) Lesione a croce (tipo 3)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	c) Lesioni diffuse passanti o no (tipo 6 o 7)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	d) Lesione in corrispondenza di pareti non ammortate (il n° 1 indica la parete preesistente)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	e) Lesione in corrispondenza di pareti in linea non ammortate

 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	<p>f) Lesione in corrispondenza di cantonale inglobato nella muratura senza ammorsatura</p>
 <p>FP = ±cm</p>	 <p>FP = ±cm</p>	<p>g) Spanciamento del pannello murario fuori dal proprio piano (- interno + esterno)</p>
<p>PIANTA</p>	<p>ALZATO</p>	<p>DESCRIZIONE</p>
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	<p>h) Lesione in corrispondenza di apertura tamponata senza ammorsatura; il simbolo L indica assenza di ammorsamento. (L spalletta e/o architrave di apertura tamponata).</p>
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	<p>i) Lesione in corrispondenza di apertura tamponata con ammorsatura</p>
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	<p>l) Lesione in corrispondenza di apertura ricavata in rottura rispetto alla parete preesistente</p>
 <p>Es.: 1D o mm</p>	 <p>Es.: 8D o mm</p>	<p>m) Lesione di architrave: se si tratta di elemento strutturale indicare come in A, se si tratta di elemento riportato indicare come in B</p>
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>		<p>n) Lesione in corrispondenza di canna fumaria o camino (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione importante in traccia (3) messe in luce dall'evento sismico</p>
	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	<p>o) Lesione in corrispondenza canalizzazione di piccole dimensioni (es.: impianti elettrici, idrici, ecc.)</p>

 Es.: 8D o mm	 Es.: 8D o mm	p) Punzonamento di elementi strutturali orizzontali sulle murature
 cm		q) Scorrimento relativo tra elemento orizzontale portante e muratura
 Es.: mm		r) Dissesto su volte (1, 2, 4, 5)
 Es.: mm		s) Dissesto nell'orditura principale del solaio

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: mm		t) Dissesto nell'orditura secondaria del solaio
		Orditura di solaio molto fatiscente
 cm	 cm	u) Area di cedimento delle fondazioni
		v) Crollo
 Es.: 4D o mm	 Es.: 4D o mm	z) Schiacciamento (con espulsione di materiale)
		Discontinuità fra murature perpendicolari
		Strapiombo della muratura

		Umidità
	DE1	Degrado muratura in pietra / mattoni
	DE2	Erosione dei giunti di malta
		Immarcimento teste elementi lignei
		Proiezione in pianta delle lesioni su volte o archi soprastanti

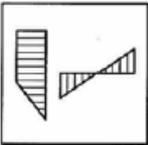
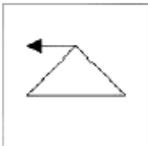
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Fratturazioni concentrate, decoesioni localizzate con o senza espulsione di parti, corrugamenti di intonaci
		Sfilamento di elemento ligneo dalla sede della muratura, sfilamento e scorrimento con giunto chiuso (tra elementi in pietra o blocchi di muratura)
		Rottura di tiranti in metallo o presenza di tirante già sollecitato con scarsa efficacia residua
		Rilevamento dell'ampiezza della lesione e vettore di spostamento relativo tra i cigli di lesioni
		

N.B.: Sul prospetto rappresentare graficamente l'effettivo stato di degrado e/o dissesto

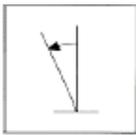
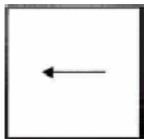
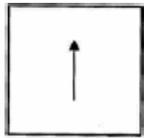
6.4 DESCRIZIONE E MISURA DEGLI SPOSTAMENTI RICONDUCEBILI AL DISSESTO

(modificazioni geometriche)

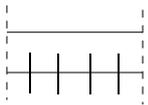
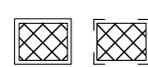
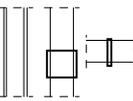
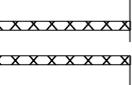
E' essenziale avere punti o linee di controllo per la misura degli spostamenti, di più marcata affidabilità, mirati sia a svelare e descrivere esattamente geometrie di dissesto non apprezzabili ad occhio nudo, sia a rilevare l'entità e l'articolazione di dissesti anche macroscopici.

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Rilievo dello spostamento della verticalità (fuori/entro piombo) o della orizzontalità (sganciamento) ed enfattizzazione (x 5 o x 10) della scala dello scostamento
		Perdita della verticalità di capriate (accatastamento)

6.5 COMPONENTI VERTICALI RICONOSCIBILI DELLO SPOSTAMENTO DI MASSE MURARIE (modificazioni geometriche)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Rotazione del piano (P) o fuori piano (F.P.) o mista (angolare e metrica)
		Traslazione orizzontale (T.O.)
		Traslazione verticale (T.V.)

7 CONSOLIDAMENTI

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Iniezioni di miscele leganti
		Applicazione di lastre in cls e rete metallica
		Pilastrini in breccia (in c.a. o di metallo)
		Cerchiatura di travi o pilastri (totale o parziale)
		Cerchiatura di apertura
		Risarcitura localizzata (muratura) o ripristino con conglomerato (c.a.)
		Irrigidimento del solaio o volta con soletta in cls
		Irrigidimento solaio in legno con doppio tavolato
		Consolidamento della fondazione
		Altro tipo di consolidamento (con richiamo alla relazione tecnica generale)
		Consolidamento di fondazione con palo

8 INTERVENTI DI NUOVA COSTRUZIONE, DEMOLIZIONE, RIPRISTINO STRUTTURALE, SOSTITUZIONE, CONSOLIDAMENTO, ECC.

(PROGETTO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Elementi confermati nello stato di fatto
		Elementi di nuova costruzione. Va aggiunto il relative simbolo del materiale [Vedi Tab. 1]
		Elementi da demolire
		Elementi da sostituire con materiali analoghi a quelli preesistenti (ripristino strutturale). Va aggiunto il simbolo relativo al materiale impiegato [Vedi Tab. 1]
		Elementi da sostituire anche con materiali diversi da quelli preesistenti. Va aggiunto il simbolo relativo al materiale impiegato [Vedi Tab. 1]
		Elementi da consolidare. Va aggiunto il simbolo relativo al tipo di consolidamento [Vedi Tab. 6]
		Quote uguali o diverse rispetto allo stato di fatto
		Giunto da creare
		Giunto da eliminare
		Giunto da conservare nello stato di fatto
		Giunto da modificare (specificare il tipo di intervento)

DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE TERRITORIALI, AMBIENTALI E PER LA MOBILITA'
VIA S. GALLO 34/A FIRENZE
Tel. 055-4622711 fax. 055-461543
<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica/index.shtml>