

Capitolato prestazionale di progetto

OPERE STRUTTURALI

Layout

Giulio Andreolli Studio – Massimo Zuani

Grafica digitale

Pierluigi Moschini

Stampa

Tipoffset Moschini

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Trento, ing. Antonio Armani, ringrazia per la collaborazione alla definizione dei Capitolati prestazionali per:

opere architettoniche
opere strutturali
opere elettriche
opere meccaniche
opere stradali
opere geologiche

Provincia Autonoma di Trento

dott. Fabio Scalet	ing. Raffaele De Col
dott. Pier Giorgio Mattei	ing. Fabio Angeli
arch. Giorgio Tecilla	arch. Claudio Pisetta
	ing. Luca Sassudelli
	ing. Nicola Tamanini

Università degli Studi di Trento | Facoltà di Ingegneria

prof. ing. Raffaele Mauro

Itea s.p.a.

ing. Ivano Gobbi
p. i. Patrizio Cesarini Sforza
p. i. Martinatti

Consorzio dei Comuni Trentini

I colleghi dell'Ordine Ingegneri di Trento:

ing. Giulio Andreolli	opere architettoniche	ing. Cesare Kurdoglu	opere stradali
ing. Gianmaria Barbareschi	opere architettoniche	ing. Andrea Maistri	opere meccaniche
ing. Renato Coser	opere elettriche	ing. Luca Masini	coordinamento generale
ing. Franco Decaminada	opere strutturali	ing. Rino Pederzoli	opere meccaniche
ing. Fabio Ferrario	opere strutturali	ing. Daniele Ropelato	opere strutturali
ing. Massimo Garbari	opere stradali	ing. Daniele Sartorelli	opere geotecniche
ing. Alberto Goio	opere meccaniche	ing. Andrea Zanetti	opere stradali

Cari colleghi,

questo documento è frutto del lavoro di un gruppo di colleghi ingegneri trentini che hanno posto a confronto le proprie competenze professionali a servizio, tutela e garanzia della qualità del lavoro intellettuale di ingegnere.

Questa collana di documenti denominati “capitolati prestazionali di progetto” è voluta da questo Consiglio quale strumento per garantire, nel rispetto delle prerogative della libera professione e delle libere scelte progettuali individuali, uno standard qualitativo di riferimento per elaborati in varie specialistiche discipline dell’ingegneria, riprendendo le linee guida della normativa e della corretta progettazione.

Ringrazio pertanto i colleghi che, con metodo e spirito di sussidiarietà, hanno contribuito alla redazione di questi vademecum che andranno a rappresentare i veri punti di riferimento nei rapporti con la Committenza, a tutela e prestigio della nostra professione.

Tale prezioso lavoro è un tassello del comune sforzo collettivo per riaffermare la centralità sociale e culturale della professione di ingegnere e quindi dare forma e sostanza al primato dell’“ingegnium” quale elemento fondativo del progresso della società .

Il Presidente
Ing. Antonio Armani

Premessa

Nell'ambito del presente protocollo, realizzato in collaborazione con la Provincia Autonoma di Trento, il Consorzio dei Comuni e l'I.T.E.A. spa, è assunto il principio che ogni azione progettuale, unitamente ad ogni altro aspetto tecnico e funzionale collegato ad una determinata opera, sia essa pubblica o privata, ha come implicita conseguenza la modificazione del contesto paesaggistico, sia esso naturale o urbanizzato, in cui questa sia prevista.

Viene quindi definito con il termine *opera* ogni intervento costruttivo o modificativo del territorio, ivi compreso ogni opera edilizia, infrastrutturale, tecnica, idraulica, igienico sanitaria o altra sistemazione.

La qualità del progetto, nel suo insieme, è quindi connessa alla capacità di attuare la migliore interazione fra le diverse esigenze, architettoniche, strutturali e tecnico specialistiche dell'opera che risiede nel più alto livello di congruenza ed equilibrio fra queste medesime.

Sono qui integralmente richiamati gli aspetti e le riflessioni generali preliminari contenute nella prima parte del capitolato prestazionale dal titolo "IL PROGETTO ARCHITETTONICO E PAESAGGISTICO NELLE OPERE EDILI E NELLE INFRASTRUTTURE".

Con il presente lavoro l'Ordine degli Ingegneri di Trento, di intesa con la Pubblica Committenza in generale, analizza gli aspetti che compongono il livello qualitativo di ogni dispositivo progettuale, da assumere come possibile riferimento comune. Ciò per ogni tipo di opera pubblica.

Tale complessa analisi è stata riassunta in una raccolta definita "**protocollo prestazionale di progetto**", distinta per *opere architettonico paesaggistiche*, *opere strutturali*, *opere meccaniche*, *opere elettriche*, *opere stradali* ed intesa quale dispositivo atto a verificare il processo di progettazione e quindi assicurare ad ogni opera interessata, un determinato standard qualitativo.

Questo lavoro costituisce un primo compendio di analisi e proposte qualitative che sarà ripreso, integrato ed aggiornato in forma permanente.

Non si prospettano modifiche a quanto già previsto dalla L. P. 10 settembre 1993, n° 26 e s. m. e i. ma *l'integrazione od il rafforzamento* di determinati argomenti.

In tale direzione, sono stati analizzati alcuni aspetti qualitativi della progettazione, dalla cui integrazione viene di fatto determinato lo standard del progetto:

- 1 Aspetti relativi alla parte **architettonica**
Qualità metodologica nell'impostazione del progetto, sia esso di tipo edile o infrastrutturale.
- 2 Aspetti relativi alla parte **tecnico-specialistica**
Qualità delle progettazioni specialistiche, statica, meccanica, elettrica, stradale ed infrastrutturale ecc., in interazione con il progetto architettonico e/o paesaggistico ed i principi di edilizia sostenibile.
- 3 Aspetti relativi al **progetto nel suo insieme**
Completezza, unificazione e congruenza degli elaborati.
- 4 Aspetti di **profilo amministrativo**
Tale questione deve essere approfondita separatamente al presente protocollo che ha carattere eminentemente tecnico.

2.1 Introduzione

Obiettivo del presente documento è quello di definire un capitolato prestazionale per la redazione del progetto strutturale. Si vogliono definire, per i diversi livelli di progettazione previsti dalla vigente normativa, i contenuti del progetto, i documenti e gli elaborati che dovranno essere redatti, allo scopo di fornire a Committente ed Appaltatore uno strumento di lavoro completo ed esaustivo.

Nel seguito si riportano in modo critico, integrandole ove ritenuto necessario, le indicazioni contenute nelle vigenti norme in materia di progettazione pubblica e privata, ed in particolare:

- D.M. 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circ. 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- D.Lgs. 12 aprile 2006, n.163 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE e s.m. e i.;
- L. P. 10 settembre 1993, n.26 “Norme in materia di lavori pubblici di interesse provinciale e per la trasparenza negli appalti” e s.m. e i. e relativo r.d.a. (D.P.G.P. 30.09.1994 n.12-10/Leg. e s.m. e i.);
- C.N.R. 10024/86 del 6 ottobre 1986 “Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

La progettazione delle opere strutturali dovrà essere redatta secondo i criteri della progettazione integrata in armonia quindi con le esigenze architettoniche, meccaniche, elettriche e della sicurezza in modo da garantire una corretta stesura degli elaborati esecutivi. A tal fine saranno obbligatori, durante l’espletamento della prestazione tecnica, dei momenti di verifica congiunta nei quali saranno definite e risolte le varie problematiche emerse. Sarà quindi redatto un elaborato congiunto nel quale tutti i tecnici concorrenti alla progettazione dell’opera andranno a inserire tutti quegli elementi che costituiranno eventuali vincoli sia progettuali che esecutivi.

La progettazione strutturale in genere ha come fine fondamentale la realizzazione di un intervento di qualità e tecnicamente valido, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici e i costi globali di costruzione, manutenzione e

gestione.

Il progetto è redatto, salvo quanto disposto dal responsabile del procedimento, secondo tre progressivi livelli di definizione: *preliminare, definitivo ed esecutivo*.

I tre livelli costituiscono una suddivisione di contenuti che tra loro interagiscono e si sviluppano senza soluzione di continuità, in modo da assicurare:

- la qualità dell'opera e la rispondenza alle finalità relative;
- la conformità alle norme;
- il soddisfacimento dei requisiti essenziali, definiti dal quadro normativo nazionale e comunitario.

2.2 Definizioni

2.2.1 Strutture che rientrano nell'ambito di applicazione

Rientrano nella presente trattazione le seguenti tipologie di opere strutturali:

- Opere di fondazioni superficiali;
- Opere di fondazioni profonde;
- Strutture in c.a.;
- Strutture prefabbricate in c.a. e c.a.p.;
- Strutture in acciaio;
- Strutture composte in acciaio-calcestruzzo;
- Strutture in muratura portante;
- Strutture in legno massiccio;
- Strutture in legno lamellare;
- Strutture in composte legno-calcestruzzo e legno-acciaio;
- Strutture in altri materiali;
- Strutture di collegamento;
- Solai in latero-cemento gettati in opera;
- Solai in prefabbricati a lastra con getto di completamento gettato in opera;
- Coperture;
- Unioni di ogni tipo e materiale;
- Opere di sostegno e contenimento;
- Dispositivi antisismici;
- Ponti e viadotti;
- Balconi o sbalzi.

2.2.2 Documentazione di progetto

La documentazione che costituisce il progetto è l'insieme dei documenti costituenti il progetto stesso in relazione alla fase progettuale oggetto dell'incarico. Il/la professionista/i possono essere coinvolti per una o tutte le fasi progettuali previste dalla Legge n. 26 del 10 settembre 1993 e succ. modif. (preliminare, definitiva, esecutiva).

2.2.3 Documentazione finale di progetto

La documentazione finale di progetto è costituita dai documenti del progetto esecutivo integrati con le eventuali variazioni realizzate in corso d'opera. La documentazione è predisposta da chi svolge la funzione di progettista se detta funzione non si esaurisce nella stesura del progetto iniziale ma continua con l'attività della direzione lavori. Negli altri casi, la documentazione finale di progetto, è predisposta da chi ha facoltà di autorizzare le eventuali variazioni in corso d'opera.

2.2.4 Progetto preliminare

Il progetto preliminare definisce le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire, in base a quanto individuato nel progetto architettonico generale.

2.2.5 Progetto definitivo

Il progetto definitivo individua compiutamente i lavori da realizzare, nel rispetto delle esigenze, dei criteri, dei vincoli, degli indirizzi e delle indicazioni stabiliti nel progetto preliminare e contiene tutti gli elementi necessari ai fini del rilascio delle prescritte autorizzazioni e approvazioni ed a definire compiutamente modalità, tecniche e costi dell'intervento.

2.2.6 Progetto esecutivo

Il progetto esecutivo strutturale, redatto in conformità al progetto definitivo e sulla base del progetto esecutivo architettonico, descrive e rappresenta in modo dettagliato le opere strutturali da realizzare e il relativo costo, deve quindi essere sviluppato ad un livello di definizione tale da consentire che ogni intervento od elemento strutturale sia identificabile in forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo.

Il progetto esecutivo strutturale deve essere interfacciato con la progettazione

esecutiva delle opere civili (progetto architettonico) al fine di prevedere esattamente ingombri, passaggi, cavedi, sedi, attraversamenti e simili e di ottimizzare le fasi di realizzazione.

Il progetto esecutivo strutturale è redatto sulla base degli studi e delle indagini compiuti nelle fasi precedenti e degli eventuali ulteriori studi e indagini, di dettaglio o di verifica delle ipotesi progettuali, che risultino necessari.

2.3 Livelli di progettazione e relativi requisiti del progetto

2.3.1 Progetto preliminare

La documentazione costituente il progetto preliminare deve comprendere:

- relazione tecnico-illustrativa;
- alcuni schemi grafici;
- una quantificazione di larga massima dei costi.

La relazione tecnico-illustrativa descrive la soluzione adottata, motivandone la scelta, eventualmente anche a seguito del confronto con eventuali soluzioni alternative, con riferimento alla sua fattibilità tecnica, accertata attraverso le indispensabili indagini di prima approssimazione. La relazione riporterà la sintesi degli studi connessi alla tipologia dell'intervento da realizzare con l'indicazione di massima dei requisiti e delle prestazioni che devono essere riscontrate nell'intervento.

Gli schemi grafici, redatti in numero e scala adeguati per l'individuazione delle caratteristiche dimensionali, volumetriche, tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare.

La quantificazione di larga massima dei costi, effettuata in base a valutazioni parametriche o mediante comparazione con opere simili

NOTA: particolarmente importante risulta la progettazione preliminare su interventi di **modificazione e/o ristrutturazione di edifici esistenti**, per i quali, già in questa fase, dovrà essere stabilito quale modalità di intervento (adeguamento, miglioramento, riparazione) risulti necessario, individuando quindi, mediante opportune indagini preliminari, le modalità e i costi di massima dell'intervento.

2.3.2 Progetto definitivo

La documentazione costituente il progetto definitivo deve comprendere:

- relazione tecnico-descrittiva;
- relazione contenente i calcoli preliminari delle strutture;
- disegni generali;
- computo metrico estimativo delle opere strutturali.

La relazione tecnico-descrittiva contiene:

- l'elencazione della normativa di riferimento e specifica di settore utilizzata per lo sviluppo; del progetto;
- i criteri utilizzati per le scelte progettuali;
- valutazione delle prestazioni e dei costi di esercizio per il piano di manutenzione delle strutture.

La relazione contenente i calcoli preliminari delle strutture è redatta al fine di individuare compiutamente dimensioni e tipologie degli elementi strutturali per la redazione del computo metrico estimativo. Tutti gli studi e le indagini occorrenti, quali quelli di tipo geognostico, idrologico, sismico, i rilievi e i sondaggi, sono condotti fino ad un livello tale da consentire i calcoli preliminari delle strutture e lo sviluppo del computo metrico estimativo.

I disegni generali, nelle opportune scale, devono essere descrittivi delle principali caratteristiche delle opere e delle soluzioni strutturali, comprensivi delle piante, delle sezioni generali, dei nodi e dei particolari significativi, delle piante e dei principali dettagli delle fondazioni.

Il computo metrico estimativo delle opere strutturali è eseguito su base parametrica o meglio costruito analiticamente, in base agli elaborati di progetto, ed impiegando i criteri e le voci previsti per il progetto esecutivo, salvo quantificare in maniera più sommaria ed arrotondata le quantità delle singole lavorazioni.

2.3.3 Progetto esecutivo

La documentazione costituente il progetto esecutivo deve comprendere:

- relazione illustrativa delle strutture;
- relazione di calcolo delle strutture;
- elaborati grafici;
- piano di manutenzione delle strutture;
- capitolato speciale d'appalto delle opere strutturali, prestazionale o descrittivo;
- computo metrico estimativo delle opere strutturali;
- elenco dei prezzi unitari delle opere strutturali.

La relazione illustrativa delle strutture, redatta secondo la normativa tecnica vigente e seguendo le eventuali prescrizioni e disposizioni della Committenza, contiene:

- la descrizione generale dell'opera, del suo uso e della sua funzione con la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali) e delle interferenze con il territorio circostante, in particolare con le costruzioni esistenti; le caratteristiche del sito ove l'opera viene realizzata o del sito sul quale ricade l'opera esistente sulla quale si interviene;
- l'elencazione della normativa di riferimento e specifica di settore utilizzata per lo sviluppo del progetto;
- la qualità e le caratteristiche meccaniche dei materiali prescelti e delle modalità di esecuzione qualora necessari;
- i criteri generali adottati per il calcolo e la descrizione del software utilizzato;
- i carichi e sovraccarichi elementari usati per il progetto.

La relazione di calcolo strutturale, redatta secondo la normativa tecnica vigente e seguendo le eventuali prescrizioni e disposizioni della Committenza, contiene:

- l'analisi dei carichi per i quali le strutture sono state dimensionate;

- la descrizione analitica del modello strutturale, correlato con quello geotecnico, ed i criteri normativi generali di analisi e verifica specifici della tipologia della costruzione utilizzati per le scelte progettuali con i quali la struttura progettata deve risultare compatibile;
- i calcoli esecutivi delle strutture, al fine di validare le verifiche statiche delle opere strutturali e consentire la definizione e il dimensionamento delle stesse in ogni loro aspetto generale e particolare, in modo da escludere la necessità di variazioni in corso di esecuzione; tutte le verifiche statiche devono permettere la valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura o di una sua parte in relazione agli stati limite che si possono verificare, in particolare nelle zone sismiche, tenendo presente che va sempre garantito, per ogni opera, nuova od esistente, il livello di sicurezza previsto dalle N.T.C. 2008 in relazione alla vita nominale, alla classe d'uso, al periodo di riferimento, alle azioni comprese quelle sismiche e quelle eccezionali ed alle loro combinazioni, per ogni tipo di struttura: c.a., c.a.p., acciaio, composta acciaio-calcestruzzo, legno, muratura, altri materiali, con riferimento agli specifici capitoli delle N.T.C. 2008, sia per le nuove opere che per quelle esistenti.

La relazione di calcolo dovrà essere redatta in maniera comprensibile e leggibile, con le varie parti adeguatamente commentate; si dovrà evitare di inserire nella relazione (se non come allegato alla relazione) tabulati numerici, frutto di elaborazioni automatiche, troppo lunghi o non comprensibili (si veda, in perito, quanto specificato nell'Allegato 1 al presente documento) privilegiando, per quanto possibile, la rappresentazione di sollecitazioni, deformazioni e quanto altro necessario in forma grafica, tramite *slides*, che diano modo, a chi legge la relazione, di comprenderne lo sviluppo ed i contenuti in maniera semplice ed immediata.

Si rimanda all'Allegato 1 al presente documento per maggiori dettagli in merito alla redazione della relazione di calcolo.

Gli elaborati grafici saranno redatti nelle scale adeguate, e saranno tali da consentire una chiara ed inequivocabile definizione delle opere e degli elementi strutturali da realizzare. Devono essere coordinati con il progetto generale dell'opera (progetto architettonico) e con i progetti specialistici

relativi agli impianti, alla sicurezza ed a quanto altro componga il progetto. Gli elaborati dovranno contenere:

- l'esatta posizione delle strutture e del loro ingombro; nel caso di costruzioni esistenti dovranno essere rappresentate le strutture significative e in ogni caso quelle oggetto di analisi od intervento, comprese le fondazioni;
- la rappresentazione degli elementi predisposti per l'ispezione e la manutenzione delle strutture;
- tutti i disegni relativi alle opere di fondazione ed in elevazione, in scala adeguata ed accuratamente quotati. Dovrà essere rappresentata compiutamente la carpenteria delle strutture (piante e sezioni; quando necessario prospetti) e degli interventi sulle strutture esistenti, con la precisa indicazione delle foronomie previste per cavedi e passaggio di impianti ed apparecchiature.

In generale, devono essere redatti tutti gli elaborati grafici di insieme, ovvero piante, carpenterie, profili, prospetti e sezioni, in scala non inferiore ad 1:50 (eventualmente riducibile ad 1:100 per strutture regolari di grandi dimensioni, ma con sviluppo in scala 1:50 od 1:25 delle zone di maggiore complessità) e gli elaborati grafici di dettaglio (nodi, particolari costruttivi, viste e sezioni di dettaglio) in scala non inferiore ad 1:10 (1:1; 1:5; 1:10). In particolare, gli elaborati di dettaglio dovranno contenere:

- per le strutture in cemento armato o in cemento armato precompresso: il dettaglio (forma, sviluppi parziali e totali) e la posizione delle barre di armatura con le relative sezioni; i tracciati delle armature per la precompressione, nonché le indicazioni relative a copriferro, interfero e distanziatori; restano escluse soltanto la compilazione delle distinte di ordinazione a carattere organizzativo di cantiere ed i disegni d'officina e di montaggio di elementi totalmente o parzialmente prefabbricati;
- 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; resta esclusa soltanto la compilazione dei disegni di officina e delle relative distinte;
- per le strutture murarie: tutti gli elementi tipologici e dimensionali atti a consentirne l'esecuzione, con l'esatta indicazione dei materiali da impiegare.

Il progetto delle costruzioni edili dovrà anche contenere gli elaborati grafici (pianche, sezioni, dettagli) relativi a scale, parapetti e recinzioni con funzione strutturale, soppalchi, altri elementi accessori che abbiano una qualche funzione strutturale o di garanzia della pubblica incolumità. Il relativo calcolo dovrà ovviamente essere allegato alla relazione di calcolo.

Le quotature dovranno essere accurate e complete e predisposte per una facile lettura in cantiere; di norma verrà definita una maglia di assi (fili e picchetti) cui riferire le misure.

Su ogni tavola vanno indicati la classe di resistenza, le caratteristiche meccaniche e la classe di esposizione 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.

Nelle strutture che si identificano con l'intero intervento, quali ponti, viadotti, pontili di attracco, opere di sostegno delle terre e simili, il progetto esecutivo deve essere completo dei particolari esecutivi di tutte le opere integrative (se oggetto dell'incarico).

Il piano di manutenzione delle strutture è 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.

Risulta obbligatorio sia per le opere pubbliche sia per le opere private, ed assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità degli elementi che compongono la struttura, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione;
- il programma di manutenzione.

Si rimanda all'Allegato 2 del presente documento per maggiori dettagli in merito alla redazione del piano di manutenzione.

Il capitolato speciale di appalto delle opere strutturali, prestazionale o descrittivo, conterrà tutte le indicazioni , generali e di dettaglio, non agevolmente riportabili sugli elaborati, relative alle modalità di esecuzione delle diverse opere e categorie di opere da realizzare; i riferimenti ai materiali da impiegare; le normative, le prescrizioni tecniche, le norme UNI e/o internazionali e le indicazioni di corretta esecuzione cui fare riferimento; le prescrizioni speciali relative alla singola lavorazione, ed in genere quanto serve a definirla compiutamente. Conterrà infine le modalità di misurazione delle lavorazioni. Il capitolato tecnico delle opere strutturali sarà parte integrante del Capitolato speciale d'appalto dell'opera: bisognerà quindi verificare che le indicazioni che fornisce siano coordinate e non in contrasto con quelle del Capitolato Speciale.

Il computo metrico estimativo delle opere strutturali e l'elenco dei prezzi unitari delle opere strutturali verranno redatti nelle forme usuali, come previste dalle vigenti normative. Nel caso di opere messe in gara col criterio dell'offerta prezzi , dovranno essere redatti anche la "Lista delle categorie e forniture previste per l'Appalto" e, in sostituzione dell'Elenco Prezzi Unitari, l'"Elenco descrittivo delle voci previste per l'Appalto".

La descrizione delle voci dovrà essere dettagliata, e comunque tale da definire compiutamente e senza possibilità di equivoci la lavorazione da eseguire.

Particolarmente importante risulta, in questo senso, il controllo incrociato con il computo generale dell'opera e con i computi specialistici, al fine di evitare che una stessa lavorazione venga computata due volte o, viceversa, che venga omessa (esempio tipico il magrone di sottofondazione, che talvolta rientra nel computo edile e talvolta in quello strutturale).

Per quanto possibile, le voci faranno riferimento al Listino Prezzi annualmente redatto dalla Provincia Autonoma di Trento. Si raccomanda, in merito, di tenere conto delle precisazioni e delle premesse contenute nel Listino, ed in particolare del fatto che i prezzi proposti si applicano ad opere di medie dimensioni, in situazioni standard di cantiere.

Quando necessario, i testi proposti dalla Provincia potranno (dovranno) essere adattati e modificati, variando di conseguenza il prezzo unitario, in

base ad apposita analisi. Nel caso di prezzi non contenuti nel Listino Provinciale, essi saranno costruiti in base ad apposite analisi che terranno conto della manodopera necessaria, del costo dei materiali, dei noli e delle attrezzature da impiegare, di spese ed utili generali di impresa ed in generale di tutti gli elementi che concorrono a determinarne il prezzo. Nel caso di materiali o componenti particolari, dovranno essere preliminarmente espletate apposite indagini di mercato.

La definizione del progetto strutturale esecutivo così come sopra descritto dovrebbe quindi rendere chiara ed univoca la definizione dei contenuti che il progetto strutturale deve avere al fine di garantire le prestazioni richieste. Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, facendo eventualmente riferimento alla validazione fornita dalla *software house*, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

ALLEGATO 1

Organizzazione della relazione di calcolo del progetto strutturale

Le seguenti indicazioni vogliono essere una guida per la definizione di una relazione di calcolo di progetti esecutivi riguardanti le strutture che deve essere informata, secondo la normativa vigente, a caratteri di chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti e deve inoltre definire compiutamente l'intervento da realizzare.

Particolare cura dovrà essere posta nello sviluppare la relazione di calcolo, con riferimento alle analisi svolte con l'ausilio del calcolo automatico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli (e quindi ottenere un buon grado di affidabilità dei calcoli stessi), sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

La loro osservanza non garantisce di per sé la correttezza del calcolo dal punto di vista dell'analisi strutturale ed *il progettista resta comunque e sempre il solo responsabile dell'intera progettazione strutturale.*

A tal fine, la relazione di calcolo dovrebbe comprendere, senza ambiguità ed in modo esaustivo, le seguenti parti nelle quali sono fornite indicazioni di merito.

Indice analitico

L'indice generale della relazione di calcolo conterrà l'elenco dei capitoli che compongono la relazione stessa e degli eventuali allegati, con l'indicazione delle pagine corrispondenti.

Capitolo 1. Descrizione generale dell'opera

Descrizione dell'opera, del suo uso e della sua funzione con la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali) e delle interferenze con il territorio circostante, in

particolare con le costruzioni esistenti. Scopo di questo punto è di fornire sintetiche indicazioni sulle caratteristiche dell'opera, con eventuale rinvio ad altri documenti specifici di accompagnamento. La descrizione tipologica della struttura va preferibilmente corredata da schemi grafici atti ad individuarne forma e dimensioni significative; l'indicazione della destinazione dell'opera è volta a definire il livello di carico e di protezione.

Capitolo 2. Normative di riferimento

Elencazione della normativa di riferimento e specifica di settore utilizzata per lo sviluppo del progetto, le indagini geometriche, le ipotesi di carico, i criteri di progettazione e di esecuzione, le verifiche di sicurezza.

Capitolo 3. Caratteristiche meccaniche dei materiali

Descrizione della qualità e delle caratteristiche meccaniche dei materiali prescelti e delle modalità di esecuzione qualora necessari; sarà indicato, se necessario, il legame costitutivo adottato per i diversi materiali previsti nella struttura.

Capitolo 4. Caratteristiche geotecniche del sito

Vengono riportate le principali caratteristiche geologiche e l'eventuale rilievo topografico del sito ove l'opera viene realizzata o del sito sul quale ricade l'opera esistente sulla quale si interviene; tali caratteristiche devono discendere da analisi contenute in apposite relazioni specialistiche (relazione geologica) di accompagnamento a cui si deve fare riferimento. Tra le caratteristiche generali del sito vanno segnalate l'altitudine e la distanza del mare, l'ubicazione nei confronti di spazi pubblici e di altri edifici, la pendenza del terreno. Devono essere poi riportate le caratteristiche geotecniche del terreno (resistenza, deformabilità, ecc.) in funzione delle scelte tipologiche delle strutture di fondazione (superficiali e profonde) o di contenimento/sostegno delle terre (muri contro-terra, palificate, paratie), rilevati, formazione di scarpate, stabilità dei pendii, terre armate, ecc. Deve essere evidenziata l'eventuale presenza di falda.

Capitolo 5. Analisi dei carichi

Descrizione dell'analisi dei carichi per i quali le strutture sono state dimensionate. Nell'analisi dei carichi si indicheranno le entità e le distribuzioni delle azioni sugli elementi del modello strutturale, precisando, qualora i carichi non siano direttamente applicati alla membratura considerata, i meccanismi del loro trasferimento alla membratura stessa. Nel caso di analisi dinamica analoghe considerazioni valgono per le masse. Dovranno essere prese in considerazione tutte le azioni possibilmente agenti sulla struttura, tra cui:

- pesi propri dei materiali strutturali;
- carichi permanenti non strutturali;
- carichi variabili;
- azione sismica, definita in funzione delle vita nominale e della classe d'uso della struttura e dipendente dalla categoria di sottosuolo e dalle condizioni topografiche;
- azione del vento;
- azione della neve;
- azione della temperatura;
- azioni eccezionali, quali incendio, esplosioni e urti, se necessario;
- andranno altresì indicate le distorsioni applicate quali cedimenti anelastici, distorsioni da ritiro, viscosità, precompressione, ecc. e il metodo adottato per calcolarle.

Saranno infine indicate, con riferimento alle normative vigenti, le combinazioni di carico considerate.

Capitolo 6. Descrizione del modello strutturale e del codice di calcolo

Viene riportata la descrizione del modello strutturale ed i criteri normativi generali di analisi e verifica specifici della tipologia della costruzione utilizzati per le scelte progettuali con i quali la struttura progettata deve risultare compatibile.

Occorre preliminarmente dichiarare il tipo di analisi strutturale condotta (di tipo statico o dinamico, lineare o non lineare) e le sue motivazioni; indicare il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale e le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni nei confronti delle possibili situazioni di crisi o di perdita di funzionalità.

Deve essere individuato lo schema della struttura escludendo - sulla base di considerazioni riguardanti rigidità, resistenza e duttilità - gli elementi ritenuti non collaboranti, ed indicando i vincoli e le sconnessioni. Nel processo di semplificazione della struttura onde ricavarne lo schema, è importante non escludere parti la cui eliminazione potrebbe portare a una descrizione non cautelativa del comportamento effettivo (ad esempio, negli edifici: tamponature sensibilmente dissimetriche, corpi scala eccentrici o di grande rigidità, rampe scala, ecc.). In alcuni casi sarà opportuno adottare più schematizzazioni limite che plausibilmente racchiudano il comportamento reale. Vanno evidenziate le semplificazioni di tipo geometrico quali l'assunzione di complanarità per piani sfalsati, l'assunzione di orizzontalità per elementi strutturali in pendenza, ecc.

Il modello matematico della struttura deve essere definito individuando i tipi strutturali dell'organismo resistente nel suo insieme, delle parti che lo compongono, nonché dei vincoli, illustrando, se del caso, le ipotesi esemplificative adottate. Esempi di tipi strutturali sono:

- sistemi in stato piano di deformazione o torsione;
- sistemi assialsimmetrici;
- strutture intelaiate spaziali con o senza solai infinitamente rigidi nel loro piano;
- strutture intelaiate piane;
- volte sottili;
- piastre sottili.

Per una migliore leggibilità dei dati è inoltre opportuno allegare rappresentazioni grafiche del modello adottato, possibilmente fornite per via automatica dall'elaboratore. Nell'analisi delle sottostrutture (solai, telai piani, ecc.) occorre chiaramente individuare le ipotesi assunte con riferimento al funzionamento locale ed a quello globale; nell'analisi di edifici con struttura a telaio si dovrà vagliare l'ammissibilità dell'ipotesi di indeformabilità degli orizzontamenti nel loro piano.

Occorre indicare con precisione l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, autore, produttore, eventuale distributore, versione, estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso. Le informazioni generali sono richieste per l'esatta individuazione e per la

piena caratterizzazione del codice di calcolo, anche agli effetti di un eventuale controllo indipendente dalla elaborazione.

NOTA: È necessario il controllo da parte del progettista del corretto comportamento del modello adottato. Tale controllo può effettuarsi attraverso riscontri di elementi significativi, quali:

- la compatibilità dei dati geometrici;
- l'assenza di labilità;
- l'entità dei valori delle risultanti dei carichi per le varie condizioni;
- l'equilibrio dell'intera struttura o di due parti significative per le singole condizioni di carico;
- la simmetria o antisimmetria dei risultati nel caso di strutture simmetriche, caricate simmetricamente o antisimmetricamente;
- il rispetto delle condizioni di vincolo imposte;
- l'entità degli squilibri o incongruenze nodali per le singole condizioni di carico.

Compito del progettista è verificare che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico legati all'algoritmo risolutivo e alle caratteristiche dell'elaboratore.

Capitolo 7. Verifiche degli elementi strutturali

Vengono riportati i calcoli esecutivi delle strutture al fine di validare le verifiche statiche delle opere strutturali e consentire la definizione e il dimensionamento delle stesse in ogni loro aspetto generale e particolare, in modo da escludere la necessità di variazioni in corso di esecuzione.

Le verifiche di resistenza devono essere condotte sulla base delle sollecitazioni ottenute mediante schemi semplificati di calcolo, o, per analisi condotte con l'ausilio di codici di calcolo, dal modello numerico realizzato. L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e rappresentazioni grafiche contenenti, almeno per le parti più sollecitate della struttura:

- le configurazioni deformate (componenti di spostamento in un numero di punti sufficiente a valutare le configurazioni deformate) per condizione di carico in esercizio;

- nel caso di analisi dinamiche che usano metodi di sovrapposizione modale saranno inoltre riportati periodi propri, tipo di sovrapposizione modale utilizzato, deformate modali relative ai diversi modi di vibrare e masse partecipanti associate e coefficienti di partecipazione;
- i diagrammi di inviluppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.
- la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi (curve di isosforzo, rappresentazioni di tensioni principali o sollecitazioni principali);
- le componenti di reazione vincolare e pressioni massime sul terreno.

Di tali grandezze, unitamente ai diagrammi ed agli schemi grafici, vanno chiaramente evidenziati le convenzioni sui segni, i valori numerici e le unità di misura di questi nei punti o nelle sezioni significative ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura, i valori numerici, necessari ai fini delle verifiche della sicurezza, sintetizzati in forma tabellare.

Il progettista deve effettuare una valutazione complessiva dell'attendibilità dei risultati ottenuti in termini di sollecitazione dall'analisi strutturale automatica. In particolare, può confrontarli, per quanto possibile, come ordine di grandezza, con quelli di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e, ad esempio, adottati per il primo proporzionamento della struttura; oppure verificare, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. La relazione deve elencare e illustrate sinteticamente i controlli effettuati.

Tutte le verifiche statiche devono permettere la valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura o di una sua parte in relazione agli stati limite che si possono verificare. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza, dovranno essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e di assieme, di fatica, di carenza di duttilità, di degrado e di perdita di funzionalità (ad esempio per eccessiva deformabilità dovuta sia a fenomeni elastici, sia a fenomeni viscosi), ecc. In particolare va sempre garantito, per ogni opera, nuova od esistente, il livello di sicurezza previsto

dalle N.T.C. 2008 (D. M. 14 gennaio 2008) in relazione alla vita nominale, alla classe d'uso, al periodo di riferimento, alle azioni comprese quelle sismiche e quelle eccezionali ed alle loro combinazioni, per ogni tipo di struttura: c.a., c.a.p., acciaio, composta acciaio-calcestruzzo, legno, muratura, altri materiali, con riferimento agli specifici capitoli delle N.T.C. 2008, sia per le nuove opere che per quelle esistenti.

Allegati. Stampa dei risultati di input e output nel caso di utilizzo di codici di calcolo

La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per quel particolare tipo di analisi sviluppata.

Per una completa presentazione dell'analisi svolta si richiede una lista di tutti i dati di ingresso comunque forniti o generati, tali da definire univocamente le caratteristiche geometriche, meccaniche e di carico dello schema e del modello, sufficientemente dettagliata da permettere a terzi una rielaborazione indipendente del problema. Tale lista deve essere prodotta dal calcolatore preferibilmente durante la fase stessa di elaborazione e dovrà essere integrata dalle indicazioni relative a: simbologia, unità di misura; convenzioni sui riferimenti locali e globale, sul segno delle caratteristiche di sollecitazione e delle componenti di spostamento. Se del caso, andrà indicato, il criterio di resistenza adottato. Con riferimento a strutture discretizzate agli elementi finiti, la lista dei dati di input deve comprendere:

- coordinate nodali;
- vincoli e sconnessioni;
- incidenze;
- caratteristiche meccaniche dei materiali;
- tipo e caratteristiche geometriche degli elementi;
- tipo e intensità delle azioni (carichi e distorsioni);
- combinazioni delle azioni;
- caratteristiche geometriche delle sezioni di verifica prescelte.

La lista dei dati di output deve invece contenere:

- curve di isosforzo;
- rappresentazioni di tensioni principali o sollecitazioni principali;
- diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione;
- rappresentazioni di deformate;
- periodi propri, tipo di sovrapposizione modale utilizzato, deformate modali relative ai diversi modi di vibrare e masse partecipanti associate e coefficienti di partecipazione.

Nel caso si alleggi la stampa completa di spostamenti e sollecitazioni è opportuno evidenziare i valori relativi alle sezioni di verifica prescelte. E libertà del progettista la scelta di allegare tali informazioni o in formato cartaceo o in formato elettronico (*scelta preferita*).

ALLEGATO 2

Organizzazione del piano di manutenzione e del progetto strutturale

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. Risulta obbligatorio sia per le opere pubbliche sia per le opere private e serve per:

- stabilire gli standard di servizio degli elementi strutturali;
- stabilire la frequenza e la durata dei controlli e delle ispezioni sui singoli elementi strutturali, in funzione anche della destinazione d'uso;
- definire la tipologia delle azioni di manutenzione da svolgere;
- prevedere i costi elementari delle manutenzioni individuate e delle prestazioni accessorie (progettazione, direzione lavori, sorveglianza ecc.);
- definire il preventivo di costo annuo delle manutenzioni e dei controlli (l'analisi dei costi è riferita, in genere, al breve periodo anche se il piano annuale di manutenzione può estendersi al medio e lungo periodo in funzione delle caratteristiche degli elementi).

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità degli elementi che compongono la struttura, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- ***il manuale d'uso;***
- ***il manuale di manutenzione;***
- ***il programma di manutenzione.***

Il manuale d'uso si riferisce all'utilizzo in esercizio di tutti gli elementi

strutturali, tra cui si individuano:

- Opere di fondazioni superficiali;
- Opere di fondazioni profonde;
- Strutture in c.a.;
- Strutture prefabbricate in c.a. e c.a.p.;
- Strutture in acciaio;
- Strutture composte in acciaio-calcestruzzo;
- Strutture in muratura portante;
- Strutture in legno massiccio;
- Strutture in legno lamellare;
- Strutture in composte legno-calcestruzzo e legno-acciaio;
- Strutture in altri materiali;
- Strutture di collegamento;
- Solai in latero-cemento gettati in opera;
- Solai in prefabbricati a lastra con getto di completamento gettato in opera;
- Coperture;
- Unioni di ogni tipo e materiale;
- Opere di sostegno e contenimento;
- Dispositivi antisismici;
- Ponti e viadotti;
- Balconi o sbalzi

Prevede l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione della struttura, nonché tutti gli aspetti necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria della stessa.

Definisce le modalità per eseguire tutte le operazioni atte alla conservazione degli elementi strutturali, che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di prevedere la necessità di eventuali interventi specialistici. Contiene le seguenti informazioni:

- la collocazione dell'elemento e delle parti componenti;
- la descrizione dell'elemento (elaborati grafici e schede tecniche);
- le modalità di uso corretto e le frequenze consigliate per gli interventi di ispezione;

- le modalità di conduzione e le relative somministrazioni;
- specifiche e dotazioni di sicurezza.

Il manuale di manutenzione si riferisce al mantenimento degli elementi che compongono la struttura. Fornisce, in relazione ai diversi elementi strutturali, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso a società, centri di assistenza o di servizio idoneamente qualificati. Contiene le seguenti informazioni:

- la collocazione/identificazione delle parti componenti l'elemento strutturale;
- la rappresentazione grafica;
- la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo, e relative prescrizioni di sicurezza ed ambientali;
- il livello minimo delle prestazioni (eventuali schede diagnostiche e normative);
- le anomalie riscontrabili;
- le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

Il programma di manutenzione disciplina il sistema di interventi e di controlli da eseguire, a cadenze temporali o altrimenti prefissate, al fine di un corretto funzionamento degli elementi strutturali nel corso degli anni.

Definisce lo standard di livello di servizio degli elementi strutturali attraverso l'analisi delle prestazioni fornite e dalla misura del degrado degli elementi, ricavate dall'andamento degli eventi già verificatisi e dalle prospettive di funzionalità definite al momento dell'acquisto/messa in opera. Stabilisce le seguenti attività:

- la periodicità, il preventivo di costo presunto e la tipologia degli interventi di manutenzione e di conduzione, al fine di conservare il livello di prestazione stabilito degli elementi strutturali;
- il programma ed i metodi di verifica e la frequenza dei controlli al fine di rilevare le eventuali cadute prestazionali (degrado) rispetto al valore di collaudo e quello minimo di norma.