

## 8. COLLAUDO STATICO

### 8.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Il collaudo statico è una parte del collaudo generale tecnico amministrativo dell'opera e riguarda il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante.

Il collaudo statico di tutte le opere di ingegneria civile, regolamentate dalle presenti norme tecniche, deve comprendere i seguenti adempimenti:

- a) controllo del corretto adempimento delle prescrizioni formali di cui agli articoli 58 e 65 del DPR 6.6.2001 n.380;
- b) controllo degli adempimenti specifici per le opere eseguite con materiali diversi da quelli regolamentati dal DPR 6.6.2001 n.380;
- c) ispezione dell'opera nelle varie fasi costruttive degli elementi strutturali e dell'opera nel suo complesso, con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti.

L'ispezione dell'opera verrà eseguita con processo ricognitivo alla presenza del Direttore dei lavori e del Costruttore, confrontando in contraddittorio il progettato con il costruito.

Il Collaudatore statico controllerà altresì che siano state messe in atto le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti i controlli sperimentali. Quando la costruzione è eseguita in procedura di garanzia di qualità, il Collaudatore deve validare i documenti di controllo qualità ed il registro delle non-conformità. Per nessuna opera il collaudo statico potrà proseguire o concludersi qualora esistano non-conformità irrisolte.

- d) controllo delle certificazioni e dei documenti di accettazione dei materiali e dei prodotti;
- e) esame del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite nelle fasi di progettazione e costruzione, e delle prove di carico sul terreno e sui pali, come prescritte nel presente testo;
- f) controllo dei verbali e dei risultati delle prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori su componenti strutturali o sull'opera.

Il Collaudatore, nell'ambito delle sue responsabilità, dovrà inoltre:

- esaminare il progetto dell'opera e la verifica numerica (calcoli statici) della sicurezza dell'opera come costruita e dare giudizio dell'impostazione generale della progettazione strutturale, degli schemi di calcolo e delle azioni considerate e della valutazione della sicurezza in essi contenuti
- recepire e dare parere sulla relazione a strutture ultimate del Direttore dei lavori

- esaminare e recepire il piano di manutenzione dell'opera collaudata fornita dalla direzione dei lavori, con riferimento alla vita utile dell'opera ed a quella delle sue parti strutturali

Inoltre, nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore potrà richiedere:

- g) di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:

- prove di carico;
- prove sui materiali messi in opera, anche mediante prove non distruttive; nel caso delle strutture di conglomerato cementizio armato il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera va effettuato in conformità a quanto indicato nel paragrafo 11.1.6;
- monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera, da proseguire anche dopo il collaudo della stessa.

Il collaudo statico, tranne casi particolari, va eseguito in corso d'opera quando vengono posti in opera elementi strutturali non più ispezionabili, controllabili e collaudabili, a seguito del proseguire della costruzione.

## 8.2. PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, non potranno avere luogo prima che la struttura o il componente strutturale da provare, abbia la configurazione di funzionamento finale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.) deve essere sottoposto al Direttore dei lavori ed al Progettista e reso noto al Costruttore per accettazione.

Nel caso di mancata accettazione da parte del Progettista e/o del Costruttore, il Collaudatore, con relazione motivata, potrà chiederne l'esecuzione al Direttore dei lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.

Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro attuazione, è responsabile il Direttore dei lavori.

Le azioni di prova devono raggiungere i valori massimi di progetto ovvero quelle che provocano il massimo cimento statico previsto nelle calcolazioni di progetto. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.

Il giudizio sull'esito della prova è completa responsabilità del Collaudatore.

L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;
- nel corso della prova non si siano prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che

- compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- la deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive accertino che la struttura tenda ad un comportamento elastico.
  - la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio.

Il Collaudatore dovrà a priori stabilire una congrua numerosità statistica di prove ovvero il numero di cicli di prova a seconda del componente strutturale o dell'opera da collaudare. Nel caso che l'opera preveda diversi componenti strutturali, le prove dovranno essere ripetute per ogni tipologia di componente.

Le prove statiche possono essere integrate da prove dinamiche che giudicano il comportamento dell'opera attraverso la risposta dinamica della struttura. In questo caso, il periodo di vibrazione fondamentale deve risultare non maggiore di quello calcolato.

La validità delle prove dinamiche diventa significativa quando possono essere confrontati con prove statiche standard.

## 9. COSTRUZIONI ESISTENTI

### 9.1. OGGETTO

Le presenti norme hanno lo scopo di individuare i criteri generali per la verifica della sicurezza ed il collaudo delle costruzioni esistenti.

È definita costruzione esistente quella che alla data di entrata in vigore della presente normativa risulta edificata, collaudata ovvero utilizzata.

### 9.2. CRITERI GENERALI

Le costruzioni esistenti devono avere i livelli di sicurezza definiti dai principi normativi fondamentali riportati al capitolo 2 e che sono identificati dalle specifiche norme per i diversi materiali costituenti la costruzione, di cui al capitolo 5.

Quando ricorrono particolari complessità a livello di acquisizione dati e di processo conoscitivo, come nei casi di edifici storico-monumentali ed artistici di grande significatività e complessità, la valutazione della sicurezza potrà essere fondata su una accurata anamnesi storica della costruzione e su processi logico-deduttivi, ed espressa e motivata con un “giudizio esperto” formulato da una commissione di tre esperti, di acclarato valore.

Per le strutture per le quali non sia reperibile il progetto esecutivo dell’opera, la relazione di calcolo, i disegni costruttivi ovvero le indagini originali sui materiali e sui terreni di sedime, si potrà impostare una campagna di accertamenti in situ possibilmente mediante prove non distruttive ed indagini che non alterino il comportamento dei terreni di fondazione.

#### 9.2.1. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l’uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l’uso debba essere modificato nel verso di un minore cemento statico (declassamento);
- debba essere necessario procedere ad aumentare la capacità portante (consolidamento);
- debba essere necessario procedere a ripristinare la capacità portante preesistente ad un danno (riparazione)

- debba essere necessario adeguare la sicurezza dell'opera, in tutto od in parte, alle prescrizioni della presente norma (adeguamento);

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorrono le seguenti situazioni:

1. scadenza della vita di servizio a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico;
2. in caso di evidente riduzione della capacità resistente dei materiali o elementi strutturali nel loro insieme;
3. a seguito di azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;
4. per degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali dei componenti strutturali della struttura nel suo complesso;
5. in caso di azioni accidentali (urti, incendi, esplosioni), e di situazioni di funzionamento ed uso anomalo;
6. in presenza di distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
7. per riscontrati errori di progetto o di costruzione;
8. a seguito di trasformazione delle condizioni d'uso della struttura;
9. a seguito di un cambio della destinazione d'uso della costruzione con variazione dei carichi variabili sulla costruzione;
10. per aumentato cimento statico delle strutture.

Nella valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, fermo restando l'azione dei carichi, la resistenza ed il comportamento delle strutture potrà essere valutata con i più avanzati metodi dell'ingegneria strutturale.

La valutazione di cui al punto 1 sarà la base di riferimento per la compilazione del fascicolo del fabbricato.

Il committente e/o il proprietario, sotto la loro responsabilità nei riguardi della pubblica incolumità, secondo i principi del Capitolo 2, individueranno il termine della vita di servizio dell'opera.

### **9.3. INTERVENTI SULLE COSTRUZIONI ESISTENTI**

#### **9.3.1. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI FINALIZZATI ALL'AUMENTO DELLA SICUREZZA DELLA COSTRUZIONE**

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

1. Intervento di consolidamento;
2. Intervento di riparazione.

### 9.3.1.1 Intervento di consolidamento

L'intervento di consolidamento è l'insieme delle opere ed interventi che conferiscono alla struttura un grado di sicurezza maggiore di quello preesistente all'intervento.

È obbligo procedere ad intervento di consolidamento quando la struttura ricade nei casi 2, 3, 4 e 6 del punto 9.2.1.

Il progetto deve essere riferito all'intera struttura ovvero alla parte strutturale avente funzionamento autonomo.

Il progetto, sviluppato in relazione alle cause che hanno determinato la non adeguatezza della struttura, deve comunque prevedere le seguenti attività:

1. rilievo plano-altimetrico della costruzione;
2. rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
3. rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura;
4. analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;
5. studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;
6. indagine sismica del sito, ove necessario;
7. indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;
8. indagini sui materiali e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;
9. rilievo dei dissesti, cause, entità;
10. valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante – intervento;
11. relazione motivata dell'intervento di consolidamento;
12. verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post – intervento e nel corso delle fasi esecutive; giudizio di incremento della sicurezza.

### 9.3.1.2 Intervento di riparazione

L'intervento di riparazione è l'insieme degli interventi che riportano la sicurezza dell'opera al livello precedente al danno od al decadimento.

Il progetto deve essere riferito alle strutture interessate, documentare che non sono prodotte sostanziali modifiche al comportamento dell'elemento e/o elementi e verificare che viene conferita all'elemento e/o elementi una maggior sicurezza.

L'accertamento dell'aumento della sicurezza potrà avvenire secondo i criteri generali esposti al precedente paragrafo 2.

Il progetto dovrà prevedere un giudizio finale anche “esperto” sulla sicurezza alla pubblica incolumità dell'intera costruzione.

### 9.3.2. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI CONSEGUENTI A NUOVE ESIGENZE E/O TRASFORMAZIONI DELLA COSTRUZIONE

Si individuano le seguenti tipologie:

1. Intervento di adeguamento;
2. Intervento di miglioramento.

### 9.3.2.1 Intervento di adeguamento

L'intervento di adeguamento ha la finalità di adeguare la sicurezza dell'opera nei casi seguenti:

- a) per un ampliamento e/o sopra elevazione della struttura;
- b) nel caso di opere di trasformazione della struttura in organismo edilizio diverso dal precedente per uso, e carichi;
- c) nel caso di variazioni significative delle destinazioni d'uso che comportano un aumento dei carichi.

Il progetto deve essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento secondo la normativa vigente.

Il progetto deve comunque prevedere le seguenti attività:

1. rilievo piano-altimetrico della costruzione;
2. rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
3. rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura, ove necessario;
4. analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;
5. studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;
6. indagine sismica del sito, ove necessario;
7. indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;
8. indagini sui materiali e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;
9. rilievo dei dissesti, cause, entità, se esistenti;
10. valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante-intervento;
11. relazione motivata dell'intervento di adeguamento previsto;
12. verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post-intervento e nel corso delle fasi esecutive.

### 9.3.2.2 Intervento di miglioramento

È l'insieme di opere, riguardanti singole parti della struttura necessarie per conferire all'intera struttura un maggior grado di sicurezza.

Il progetto dovrà essere riferito alle strutture interessate e documentare che le trasformazioni e/o variazioni non producono sostanziali modifiche al comportamento globale della struttura e che conferiscono all'intera struttura un aumento della sicurezza alla pubblica incolumità.

Il progetto deve comunque prevedere le seguenti attività:

1. rilievo piano-altimetrico della costruzione;
2. rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
3. rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura;
4. analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;
5. studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;
6. indagine sismica del sito, ove necessario;
7. indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;

8. indagini sui materiali e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;
9. rilievo dei dissesti, cause, entità;
10. valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante-intervento;
11. relazione motivata dell'intervento di miglioramento previsto;
12. verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post-intervento e nel corso delle fasi esecutive; giudizio di incremento della sicurezza.

#### **9.4. PROGETTO E COLLAUDO**

Analogamente alle nuove costruzioni, gli interventi relativi alle costruzioni esistenti dovranno essere attuati elaborando un progetto esecutivo redatto secondo le prescrizioni di cui alle presenti norme tecniche.

Tutti gli interventi devono essere sottoposti a collaudo statico secondo quanto indicato nel Capitolo 8.



## **10. NORME PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI ESECUTIVI**

### **10.1. CARATTERISTICHE GENERALI**

I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di uniformità, chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti. Il progetto costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e deve definire compiutamente l'intervento da realizzare. Restano esclusi soltanto i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamento, i calcoli e grafici relativi alle opere provvisorie. Il progetto deve comprendere:

- Relazione generale,
- Relazioni di calcolo;
- Relazioni sui materiali;
- Relazioni specialistiche necessarie per identificare il valore delle grandezze fisiche, meccaniche e chimiche di tutti i fattori che devono essere individuati per la valutazione della sicurezza e del comportamento dell'opera in progetto: (geologica, geotecnica, idrologica, idraulica, sismica, vento, neve);
- Elaborati grafici, particolari costruttivi;
- Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- Relazione sui risultati sperimentali sui materiali;
- Relazione sui risultati sperimentali corrispondenti alle indagini specialistiche necessarie alla realizzazione dell'opera.

Particolare cura andrà posta nello sviluppare la relazione di calcolo, in particolare per le analisi svolte con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica di calcolazioni complesse, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera relazione di calcolo.

### **10.2. RELAZIONE GENERALE**

La Relazione generale contiene una descrizione generale dell'opera, con la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali), e le interferenze con il territorio circostante ed ancor più con le costruzioni esistenti; le caratteristiche del sito ove l'opera viene realizzata; le principali caratteristiche geologiche del terreno di sedime; il tipo e le caratteristiche dei materiali strutturali impiegati; il tipo di azioni che saranno considerate ai fini del dimensionamen-

to strutturale; le prestazioni attese della costruzione in termini di condizioni di esercizio e di funzionamento, distorsioni ammissibili ovvero vibrazioni ecc, la classe della costruzione e la vita di servizio e le procedure per la garanzia della qualità.

### **10.3. RELAZIONE DI CALCOLO**

La Relazione di calcolo contiene la dimostrazione numerica della sicurezza dell'opera e del raggiungimento della prestazioni attese ed inoltre:

- i criteri alla base della concezione strutturale;
- le normative prese a riferimento;
- i criteri adottati per le misure della sicurezza;
- i criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconnessioni; particolare attenzione va rivolta ai problemi riguardanti l'interazione tra terreno e struttura;
- la schematizzazione delle azioni nonché le condizioni e le combinazioni di carico considerate;
- i legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni;
- una motivazione circa la rappresentatività del modello utilizzato, tenendo conto anche dell'eventuale successione di diverse fasi costruttive, di variazioni di schemi di vincolo, etc.
- le metodologie utilizzate per l'analisi strutturale, siano esse analitiche o numeriche;
- le prestazioni attese al collaudo.

Allo stesso modo dovranno essere indicate le metodologie seguite per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali.

### **10.4. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

Ai fini della leggibilità degli elaborati, la Relazione di calcolo deve contenere disegni dello schema statico, con i dettagli riguardanti le unità di misura, i sistemi di riferimento, le dimensioni, i vincoli e le sconnessioni, le caratteristiche sezionali, la disposizione e l'intensità dei carichi, la configurazione dei sistemi che introducono stati coattivi, la distribuzione di distorsioni impresse e delle variazioni e dei gradienti di temperatura, le caratteristiche dei materiali e dei legami costitutivi adottati, le combinazioni di carico.

Vanno posti in evidenza i punti e/o le sezioni di restituzione dei risultati.

Il complesso dei dati riguardanti il modello di calcolo deve essere tale da consentire a soggetti diversi dall'estensore della relazione di calcolo di sviluppare elaborazioni indipendenti.

### **10.5. SINTESI DEI RISULTATI**

L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici che evidenzino con chiarezza i valori numerici nei punti o nelle sezioni significative ai fini del-

la valutazione del comportamento complessivo della struttura e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

#### **10.6. MISURA DELLA SICUREZZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**

In funzione della metodologia adottata per effettuare la misura della sicurezza degli elementi strutturali, andranno riportati tutti gli elementi che consentano di verificare:

- il rispetto delle diseguglianze riguardanti gli stati limite di esercizio;
- il rispetto delle diseguglianze riguardanti gli stati limite ultimi;
- il rispetto dei vincoli riguardanti la deformabilità e duttilità delle sezioni.

Nel caso di verifica automatica delle sezioni occorre indicare, per ciascuna sezione le caratteristiche geometriche, le caratteristiche di sollecitazione ed i risultati corrispondenti.

#### **10.7. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO**

##### **10.7.1. GENERALITÀ**

Fermi restando i caratteri generali che le relazioni di calcolo devono possedere secondo quanto già esposto nei paragrafi precedenti, qualora l'analisi strutturale, le verifiche sezionali o altre calcolazioni siano svolte con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, si devono fornire le seguenti ulteriori indicazioni:

- *Tipo di analisi svolta*  
(Analisi statica o dinamica, lineare o non lineare. Metodo numerico adottato per la risoluzione del problema strutturale. Metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni).
- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*  
(Titolo, autore, distributore, versione, estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso, in accordo a quanto prescritto dalle normative in vigore in tema di tutela del software).
- *Affidabilità dei codici utilizzati*  
(Esauriente documentazione sull'inquadramento teorico della metodologia di calcolo e sull'impostazione generale della sua traduzione numerica. Casi prova che consentano un controllo ed un riscontro sull'affidabilità e la robustezza del codice stesso. Presenza nel codice di filtri di autodiagnostica. Sintetica rappresentazione dei risultati salienti, per consentire un rapido controllo dei risultati).

Le indicazioni riguardanti l'affidabilità dei codici, che il Progettista deve riportare nella sua Relazione di Calcolo, devono essere fornite dal distributore del codice stesso.

- *Scelta dei codici.*

Il codice di calcolo utilizzato deve fondarsi su di un modello matematico coerente con i criteri adottati per modellare la tipologia strutturale, i vincoli, le azioni ed i materiali nell'ambito del tipo di analisi svolta.

- *Modalità di presentazione dei risultati.*

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. L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici contenenti le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari. Di tali grandezze, unitamente ai diagrammi ed agli schemi grafici, vanno chiaramente evidenziati i valori numerici nei punti o nelle sezioni significative ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

- *Informazioni generali sull'elaborazione.*

A valle dell'esposizione dei risultati vanno riportate anche informazioni generali riguardanti l'elaboratore utilizzato, l'esame ed i controlli svolti sui risultati ed un valutazione complessiva dell'elaborazione dal punto di vista del corretto comportamento del modello.

- *Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico.*

Va verificato che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico legati all'algoritmo risolutivo ed alle caratteristiche dell'elaboratore.

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Il progettista deve effettuare una valutazione complessiva circa l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'analisi automatica. Tale valutazione consisterà nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, valuterà la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.

## 11. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

### GENERALITÀ

I materiali ed i prodotti utilizzati nelle costruzioni devono rispondere ai requisiti indicati nelle presenti norme.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati mediante la descrizione, a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento.
- accettati dal Direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle presenti norme per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

Tutte le prove che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o qualificazione, che quelle di accettazione.

I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei laboratori Ufficiali presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il Servizio Tecnico Centrale attiverà un sistema di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, ai sensi dell'art. 11 del DPR n. 246/93.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura CE ai sensi del DPR 21/04/1993 n. 246, ovvero la qualificazione secondo le presenti norme, la relativa "attestazione di conformità" deve essere consegnata alla Direzione Lavori.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP., che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate ovvero a quelle previste nelle presenti Norme Tecniche.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN o nazionali UNI, ovvero internazionali ISO contenuto nella presente norma, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato.

Le proprietà meccaniche o fisiche dei materiali che concorrono alla resistenza strutturale debbono essere misurate mediante prove sperimentali, definite su insiemi statistici significativi.

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo.

### **11.1. CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Le prescrizioni contenute nel presente paragrafo si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso di cui al Paragrafo 5.1.

#### **11.1.1. SPECIFICHE PER IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Il conglomerato cementizio all'atto del progetto deve essere identificato mediante la resistenza convenzionale a compressione uniassiale caratteristica misurata su cubi  $R_{ck}$ .

Il progettista ovvero il Direttore Tecnico di stabilimento nel caso di elementi prefabbricati di serie, al fine di ottenere la resistenza caratteristica di identificazione del conglomerato di progetto, dovrà dare indicazioni in merito ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI EN 13670-1, nonché eventualmente dare indicazioni in merito alla composizione della miscela, tenuto conto anche delle previste classi di esposizione ambientale e del requisito di durabilità delle opere.

La resistenza caratteristica è definita come la resistenza al di sotto della quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. Nelle presenti norme la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su cubi confezionati e stagionati come specificato al punto 11.1.4 a 28 giorni di maturazione; il progettista potrà indicare altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza su cubi e la conseguente resistenza caratteristica.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se confezionato con la stessa miscela e prodotto con medesime procedure.

#### **11.1.2. CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CONGLOMERATO**

Il conglomerato va prodotto in controllo di qualità, con lo scopo di monitorare che il conglomerato prodotto rispetti la resistenza caratteristica definita in sede di progetto.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

##### *Valutazione preliminare della resistenza*

Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il conglomerato con la resistenza caratteristica di progetto.

*Controllo di accettazione*

Riguarda il controllo da eseguire sul conglomerato prodotto durante l'esecuzione dell'opera, contestualmente al getto del relativo componente strutturale.

*Prove complementari*

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario e/o utile, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove sono eseguite dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

**11.1.3. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA**

L'Appaltatore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve garantire, attraverso idonee prove preliminari, la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. Tale garanzia si estende anche al calcestruzzo fornito da terzi.

L'Appaltatore resta comunque responsabile della garanzia sulla qualità del conglomerato, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.1.5.

**11.1.4. PRELIEVO DEI CAMPIONI**

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri ed alla presenza del direttore dei lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del conglomerato stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nella UNI EN 12390-3 e 4.

**11.1.5. CONTROLLO DI ACCETTAZIONE**

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera a quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si articola, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, nel:

- controllo tipo A di cui al punto 11.1.5.1

- controllo tipo B di cui al punto 11.1.5.2

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tabella 11.1.I seguente:

**Tabella 11.1.I**

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_1 \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_{ck} + 3,5$	$R_m \geq R_{ck} + 1,48s$
(N° prelievi 3)	(N° prelievi $\geq 15$ )

Ove:

$R_m$  = resistenza media dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);

$R_l$  = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);

$s$  = scarto quadratico medio.

Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

#### 11.1.5.1 Controllo tipo A

È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Siano  $R_1, R_2, R_3$  le tre resistenze di prelievo, con:

$$R_1 \leq R_2 \leq R_3$$

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

#### 11.1.5.2 Controllo tipo B

Nelle costruzioni con più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>.

Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione di risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. Si deve individuare la legge di distribuzione più corretta e il va-



lor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio).

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,2 occorrono controlli molto accurati, anche in opera.

### **11.1.5.3 Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo**

Il Direttore dei Lavori deve procedere direttamente al prelievo dei campioni necessari per le prove di accettazione che devono essere effettuate da uno dei laboratori di cui al punto 11.1.2. Il Laboratorio provvede alla maturazione ed alla conservazione dei provini per la determinazione della resistenza a compressione allo scadere del tempo previsto dal Direttore dei Lavori, secondo quanto previsto dalla norma EN 12390.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare espresso riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal Direttore dei lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente i lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

La predetta procedura è integralmente estesa alla produzione di elementi prefabbricati realizzati con processo industrializzato.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal direttore dei lavori, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto indicato nel successivo punto 11.1.6. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si do-

vrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

I "controlli di accettazione" sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".

#### **11.1.6. CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA**

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso prove non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definito anche come valore attuale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi. È accettabile un valor medio, misurato con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformato in resistenza cubica, non inferiore all'85% di  $R_{ck}$ . Per la modalità di determinazione della resistenza in situ si potrà fare riferimento alle norme EN 12504-1 e 2.

#### **11.1.7. PROVE COMPLEMENTARI**

Sono prove che si eseguono al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo ad una età corrispondente a particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.).

Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione.

Tali prove non possono però essere sostitutive dei "controlli di accettazione" che vanno riferiti a provini confezionati e maturati secondo le prescrizioni precedenti.

Potranno servire al direttore dei lavori od al collaudatore per dare un giudizio del calcestruzzo in opera qualora non sia rispettato il "controllo di accettazione".

#### **11.1.8. PRESCRIZIONI RELATIVE AL CALCESTRUZZO CONFEZIONATO CON PROCESSO INDUSTRIALIZZATO**

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimen-

to esterno al cantiere stesso.

Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo disciplinato dalle presenti norme devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione del produttore di conglomerato cementizio confezionato con processo industrializzato deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. Nel caso in cui l'impianto di produzione appartenga ad un appaltatore, dotato di un sistema di gestione della qualità aziendale, il processo di certificazione deve includere anche il sistema di controllo del processo di produzione.

Al fine di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche, si potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle linee guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al punto 11.1.5 ed acquisire, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

#### **11.1.9. COMPONENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

##### **11.1.9.1 Leganti**

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26-5-1965 n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi di tipo C, richiamati nella legge 26-5-1965 n.595, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si deve far riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).

**11.1.9.2 Aggregati**

Sono idonei alla produzione di conglomerato cementizio gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella seguente Tabella 11.1.II.

**Tabella 11.1.II**

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 -13055	Calcestruzzo strutturale	2+
	Uso non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del DPR n.246/93

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella 11.1.III, a condizione che la miscela di conglomerato cementizio confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

**Tabella 11.1.III**

Origine del materiale da riciclo	Rck del calcestruzzo (N/mm <sup>2</sup> )	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	< 15	fino al 100 %
demolizioni di solo calcestruzzo, e c.a.	≤ 35	≤ 30 %
	≤ 25	fino al 60 %
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	≤ 55	fino al 5%

Il Progettista, nelle proprie prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520 parti 1 e 2 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, etc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella sopra esposta.

Per quanto riguarda gli aggregati leggeri, questi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 13055. Il sistema di attestazione della conformità è quello riportato nella Tabella 11.1.II.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei lavori, questi sono finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tabella 11.1.IV, insieme ai relativi metodi di prova.

**Tabella 11.1.IV** – Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche	Metodo di prova
Descrizione petrografia semplificata	EN932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	EN933-1
Indice di appiattimento	EN933-3
Dimensione per il filler	EN933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	EN933-4
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$ )	EN1097-2

Il Progettista, nelle proprie prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520 parti 1 e 2 al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

#### 11.1.9.3 Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma EN 450 e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

#### 11.1.9.4 Additivi

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea EN 934-2.

#### 11.1.9.5 Acqua di impasto

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008.

### 11.1.10 CARATTERISTICHE DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Le caratteristiche del conglomerato cementizio possono essere desunte, in sede di progettazione, dalle formulazioni indicate nei successivi punti, ovvero nell'Eurocodice 2 Cap.3, ovvero dalle specifiche indicazioni contenute nella letteratura tecnica consolidata.

#### 11.1.10.1 Resistenza a compressione

In termini di resistenza, agli effetti delle presenti norme il conglomerato cementizio è individuato attraverso la resistenza caratteristica a compressione,  $R_{ck}$ , intesa come il valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cubici confezionati e conservati secondo la norma EN12390-2 e sottoposti a prova di compressione u-

niassiale dopo 28 giorni, secondo la norma EN 12390-3

Nel seguito si farà riferimento anche alla resistenza cilindrica  $f_{ck}$ , intesa come il medesimo valore frattile ma riferita a cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm; in sede di progetto, è possibile passare dalla resistenza cubica (rapporto base-altezza = 1) a quella cilindrica (rapporto diametro-altezza = 2) mediante l'espressione:

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck}$$

#### 11.1.10.2 Resistenza a trazione

La resistenza a trazione del calcestruzzo può essere determinata a mezzo di diretta sperimentazione, condotta su provini appositamente confezionati, secondo la norma EN 12390-2. Per l'esecuzione della prove si deve fare riferimento alla normativa di seguito indicata:

- prove di trazione diretta: UNI 6135;
- prove di trazione indiretta: UNI EN 12390-6;
- prove di trazione per flessione: UNI EN 12390-5.

In sede di progettazione si può assumere come resistenza media a trazione semplice (assiale) del conglomerato cementizio il valore convenzionale:

$$f_{ctm} = 0,48 \cdot \sqrt{R_{ck}} \quad (N/mm^2)$$

I valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% sono assunti, rispettivamente, pari a  $0,7 f_{ctm}$  ed  $1,3 f_{ctm}$ .

Il valore medio della resistenza a trazione per flessione è assunto, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a:

$$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm}$$

#### 11.1.10.3 Modulo elastico

Per modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla  $E = 0,50 R_{cm}$ , determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI 6556.

In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_c = 11000 R_{cm}^{1/3} \quad (N/mm^2)$$

Tale formula non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore. Essa non è da considerarsi vincolante nell'interpretazione dei controlli sperimentali delle strutture.

#### 11.1.10.4 Coefficiente di Poisson

Per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (conglomerato cementizio fessurato) e 0,2 (non fessurato).

#### 11.1.10.5 Coefficiente di dilatazione termica

Il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può essere determinato a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma EN 1770.

In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valor medio pari a  $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Si sottolinea come tale quantità dipenda significativamente dal tipo di calcestruzzo considerato (rapporto inerti/legante, tipi di inerti, etc.) e possa assumere valori anche molto diversi da quello suggerito.

#### 11.1.10.6 Ritiro

Il ritiro dipende principalmente dall'umidità ambientale, dalle dimensioni dell'elemento e dal tipo di calcestruzzo utilizzato.

La deformazione assiale per ritiro del calcestruzzo può essere determinata a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo le norme UNI 6555:1973 e UNI 7086:1972, rispettivamente per calcestruzzi confezionati con inerti aventi dimensioni massime sino a 30 mm, od oltre 30 mm.

In sede di progettazione, e quando non si ricorra ad additivi speciali, il ritiro del calcestruzzo può essere valutato sulla base delle indicazioni di seguito fornite.

La deformazione totale da ritiro si compone di due termini, la deformazione per ritiro da essiccamento e la deformazione per ritiro autogeno. Il ritiro da essiccamento si manifesta lentamente in seguito alla migrazione delle particelle di acqua all'interno della pasta cementizia indurita. Il ritiro autogeno si sviluppa in seguito alla maturazione del calcestruzzo: per tale motivo si manifesta principalmente nel periodo immediatamente successivo al getto.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$\varepsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\varepsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\varepsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento :

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \varepsilon_{c0}$$

può essere valutato mediante i valori delle seguenti Tabelle 11.1.Va,b in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro  $h_0$ :

Tabella 11.1.Va – Valori di  $\varepsilon_{c0}$ 

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0.75	-0.70	-0.59	-0.36	-0.20	+0.12
40	-0.60	-0.56	-0.47	-0.29	-0.16	+0.10
60	-0.48	-0.45	-0.38	-0.24	-0.13	+0.08
80	-0.39	-0.36	-0.30	-0.19	-0.11	+0.06
90	-0.35	-0.33	-0.27	-0.17	+0.06	+0.06

Tabella 11.1.Vb – Valori di  $k_h$ 

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
$\geq 500$	0.70

Per valori intermedi dei parametri indicati è consentita l'interpolazione lineare. Lo sviluppo nel tempo della deformazione  $\varepsilon_{cd}$  può essere valutato come:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t - t_s) \cdot \varepsilon_{cd,\infty},$$

dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma

$$\beta_{ds}(t - t_s) = \left[ \frac{(t - t_s)}{350 \cdot (h_0/100)^2 + (t - t_s)} \right]^{-0.5},$$

in cui

$t$  è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni)

$t_s$  è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine del *curing* – in giorni).

$h_0$  dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto  $2 A_c / u$  essendo

$A_c$  l'area della sezione in conglomerato

$u$  il perimetro della sezione in conglomerato esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno  $\varepsilon_{ca,\infty}$  può essere valutato mediante l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \text{ con } f_{ck} \text{ in MPa.}$$

#### 11.1.10.7 Viscosità

La viscosità del calcestruzzo dipende principalmente dall'umidità ambientale, dalle dimensioni dell'elemento, dal tipo di calcestruzzo utilizzato, dall'età dello stesso al momento della messa in carico e dalla durata e dal livello del carico applicato.



In sede di progettazione, se lo stato tensionale del calcestruzzo, al tempo  $t_0 = j$  di messa in carico, non è superiore a  $0,30 \cdot f_{ckj}$  il coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , a tempo infinito, può essere dedotto dalle seguenti Tabelle 11.1.VI e 11.1.VII:

**Tabella 11.1.VI** – Valori di  $\phi(t, t_0)$ . Atmosfera con umidità relativa di circa il 75%

$t_0$	$h_0 < 150$ mm	$150 \leq h_0 < 300$	$300 \leq h_0 < 600$	$h_0 \geq 600$
3 ÷ 7 giorni	3.5	3.2	3.0	2.8
8 ÷ 14 giorni	2.9	2.7	2.5	2.3
15 ÷ 30 giorni	2.6	2.4	2.2	2.1
30 ÷ 60 giorni	2.3	2.1	1.9	1.8
> 60 giorni	2.0	1.8	1.7	1.6

**Tabella 11.1.VII** - Valori di  $\phi(t, t_0)$ . Atmosfera con umidità relativa di circa il 55%

$t_0$	$h_0 < 150$ mm	$150 \leq h_0 < 300$	$300 \leq h_0 < 600$	$h_0 \geq 600$
3 ÷ 7 giorni	4.5	4.0	3.6	3.3
8 ÷ 14 giorni	3.7	3.3	3.0	2.8
15 ÷ 30 giorni	3.3	3.0	2.7	2.5
30 ÷ 60 giorni	2.9	2.6	2.3	2.2
> 60 giorni	2.5	2.3	2.1	1.9

Per valori intermedi è ammessa una interpolazione lineare.

Nel caso in cui sia richiesta una valutazione in tempi diversi da  $t = \infty$  del coefficiente di viscosità questo potrà essere valutato secondo la seguente espressione:

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_{cc}(t - t_0),$$

dove

$$\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0),$$

$$\phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2,$$

RH = è l'umidità relativa dell'ambiente espressa in percentuale (es: 0.55),

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1 & \text{se } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \\ \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.70} & \text{se } f_{cm} > 35 \text{ MPa}, \end{cases}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} 1 & \text{se } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \\ \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.20} & \text{se } f_{cm} > 35 \text{ MPa}, \end{cases}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}},$$

$f_{cm}$  = resistenza a compressione media a 28 giorni di maturazione (in MPa);  
in mancanza di diretta sperimentazione  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  (in MPa),

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}$$

Per valutazioni più approfondite e nei casi in cui la definizione della deformazione viscosa risulti particolarmente critica si rimanda all'Eurocodice 2 (EN 1992-1).

#### 11.1.11. DURABILITÀ

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico, dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro e le regole di maturazione.

Ai fini della valutazione della durabilità del conglomerato cementizio, unitamente alla "Resistenza di prelievo", può essere determinato il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione in mm.

Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito vale quanto indicato nella UNI EN 12390-8.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta, il progettista potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale ovvero nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

Per la definizione della classe di resistenza in funzione delle condizioni ambientali il progettista potrà far riferimento alla norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104 ovvero alle "Linee guida sul calcestruzzo strutturale" edite dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

## 11.2. ACCIAIO

### 11.2.1. PRESCRIZIONI COMUNI A TUTTE LE TIPOLOGIE DI ACCIAIO

#### 11.2.1.1 Controlli di produzione in fabbrica e procedure di qualificazione

Tutti gli acciai oggetto delle presenti norme, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di

produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee disponibili EN 10080, EN 10138, EN 10025, EN 10210, EN 10219.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti del presente paragrafo 11.2 non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.

L'inizio della procedura di qualificazione deve essere preventivamente comunicato al Servizio Tecnico Centrale allegando una relazione ove siano riportati:

- elenco e caratteristiche dei prodotti che si intende qualificare (tipo, dimensioni, caratteristiche meccaniche e chimiche, ecc.);
- indicazione dello stabilimento e descrizione degli impianti e dei processi di produzione;
- descrizione dell'organizzazione del controllo interno di qualità con indicazione delle responsabilità aziendali;
- copia della certificazione del sistema di gestione della qualità;
- indicazione dei responsabili aziendali incaricati della firma dei certificati;
- descrizione particolareggiata delle apparecchiature e degli strumenti del Laboratorio interno di stabilimento per il controllo continuo di qualità;
- dichiarazione con la quale si attesti che il servizio di controllo interno della qualità sovrintende ai controlli di produzione ed è indipendente dai servizi di produzione;
- modalità di marcatura che si intende adottare per l'identificazione del prodotto finito;
- descrizione delle condizioni generali di produzione del Prodotto nonché dell'approvvigionamento delle materie prime e del prodotto intermedio (billette, rotoli, vergella, etc.);
- copia controllata del manuale di qualità aziendale, coerente alle norme della serie ISO 9000.

Il Servizio Tecnico Centrale verifica la completezza e congruità della documentazione presentata e procede a una verifica documentale preliminare della idoneità dei processi produttivi e del Sistema di Gestione della Qualità nel suo complesso.

Se tale verifica preliminare ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale potrà effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione.

Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e notifica al produttore. In caso di esito positivo il Produttore potrà proseguire nella Procedura di Qualificazione del Prodotto. In caso negativo saranno richieste al Produttore le opportune azioni correttive che dovranno essere implementate.

La Procedura di Qualificazione del Prodotto continua con:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura del Laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del produttore secondo le procedure di cui al punto 11.2.1.4;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso disponibile sul sito internet;
- in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

#### **11.2.1.1.2 MANTENIMENTO E RINNOVO DELLA QUALIFICAZIONE**

Per il mantenimento della qualificazione i Produttori sono tenuti, con cadenza semestrale entro 60 giorni dalla data di scadenza del semestre di riferimento ad inviare al Servizio Tecnico Centrale:

- 1) dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo, dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica;
- 2) i risultati dei controlli interni eseguiti nel semestre sul prodotto nonché la loro elaborazione statistica con l'indicazione del quantitativo di produzione e del numero delle prove;
- 3) i risultati dei controlli eseguiti nel corso delle prove di verifica periodica della qualità, da parte del laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- 4) la documentazione di conformità statistica dei parametri rilevati (di cui ai prospetti relativi agli acciai specifici) nel corso delle prove di cui ai punti 2) e 3). Per la conformità statistica tra i risultati dei controlli interni ed i risultati dei controlli effettuati

dal Laboratorio incaricato, devono essere utilizzati test statistici di confronto delle varianze e delle medie delle due serie di dati, secondo i procedimenti del controllo della qualità (UNI 6809-72 e 6806-72).

Il Produttore deve segnalare al Servizio Tecnico Centrale ogni eventuale modifica al processo produttivo o al sistema di controllo anche temporanea.

Il Servizio Tecnico Centrale esamina la documentazione, ne accerta la conformità ai requisiti previsti nel presente decreto e rilascia l'Attestato di Conferma della qualificazione.

Ogni sospensione della produzione deve essere tempestivamente comunicata al Servizio Tecnico Centrale indicandone le motivazioni. Qualora la produzione venga sospesa per oltre un anno, la procedura di qualificazione deve essere ripetuta. La sospensione della produzione non esenta gli organismi incaricati dall'effettuare le visite di ispezione periodica della qualità di cui ai punti 11.2.2.10, 11.2.3.5 e 11.2.4.8.

Il Servizio Tecnico Centrale può effettuare o far effettuare, in qualsiasi momento, al Laboratorio incaricato ulteriori visite ispettive finalizzate all'accertamento della sussistenza dei requisiti previsti per la qualificazione.

Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il produttore deve chiedere il rinnovo, il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione.

Il mancato invio della documentazione di cui sopra entro i previsti sessanta giorni ovvero l'accertamento da parte del Servizio Tecnico Centrale di rilevanti non conformità, comporta la sospensione ovvero la decadenza della qualificazione.

#### **11.2.1.2 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, etc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

In tal caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori.

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato informa di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

### **11.2.1.3 Forniture e documentazione di accompagnamento**

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.2.1.4 Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità**

I laboratori incaricati, di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, devono operare secondo uno specifico piano di qualità approvato dal Servizio Tecnico Centrale.

I certificati di prova emessi dovranno essere uniformati ad un modello standard elaborato dal Servizio Tecnico Centrale.

I relativi certificati devono contenere almeno:

- l'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- l'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- l'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);
- le elaborazioni statistiche previste nei punti: 11.2.2.10, 11.2.3.5 e 11.2.4.8;

I prelievi in stabilimento sono effettuati, ove possibile, dalla linea di produzione.

Le prove possono essere effettuate dai tecnici del laboratorio incaricato, anche presso lo stabilimento del produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accertata e documentata.

Di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione nel rapporto di prova nel quale deve essere presente la dichiarazione del rappresentante del laboratorio incaricato relativa all'idoneità delle attrezzature utilizzate.

In caso di risultato negativo delle prove il Produttore deve individuare le cause e apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di verifica.

Le specifiche per l'effettuazione delle prove di qualificazione e delle verifiche periodiche della qualità, ivi compresa la cadenza temporale dei controlli stessi, sono riportate rispettivamente nei punti seguenti:

- punto 11.2.2.10, per acciai per cemento armato in barre o rotoli;
- punto 11.2.3.5, per acciai per cemento armato precompresso;
- punto 11.2.4.8, per acciai per carpenterie metalliche.

#### **11.2.2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente punto 11.2.1 e controllati con le modalità riportate nei punti:

11.2.2.10 e 11.2.3.5.

### 11.2.2.1 Acciaio per cemento armato laminato a caldo

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo, denominato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$f_{y\ nom}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t\ nom}$	540 N/mm <sup>2</sup>

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tabella 11.2.Ia:

Tabella 11.2.Ia

		CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq f_{y\ nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq f_{t\ nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,13$
	$(f_y/f_{y\ nom})_k$	$\leq 1,35$
Allungamento	$(A_{gt})_k$ :	$\geq 7\%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
	$\phi < 12$ mm	4 $\phi$
	$12 \leq \phi \leq 16$ mm	5 $\phi$
	per $16 < \phi \leq 25$ mm	8 $\phi$
	per $25 < \phi \leq 50$ mm	10 $\phi$

### 11.2.2.2 Acciai per cemento armato trafilati a freddo

L'acciaio trafilato a freddo, denominato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio laminato a caldo B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tabella 11.2.Ib.



Tabella 11.2.Ib

		CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}} \text{ (N/mm}^2\text{)}$
	$(f_v/f_y)_k$	$\geq 1,05$
	$(f_v/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 3 \%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: per $\phi \leq 12 \text{ mm}$		4 $\phi$

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al punto 11.2.2.3.

Nella valutazione del momento ultimo, ovvero della tensione ammissibile, va applicato, alla tensione caratteristica di riferimento oltre al coefficiente parziale  $\gamma_m$ , un coefficiente di modello  $\gamma_E=1.2$ .

Nel caso in cui l'acciaio trafilato a freddo rispetti le prescrizioni di cui alla tabella 11.2.Ia, valgono le prescrizioni relative all'acciaio laminato a caldo.

### 11.2.2.3 Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2.

Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $100 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f_{(0,2)}$ .

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $20 + 5 \text{ }^\circ\text{C}$  piegando la provetta a  $90^\circ$ , mantenendola poi per 30 minuti a  $100 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno  $20^\circ$ . Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

### 11.2.2.4 Caratteristiche dimensionali

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati o preassemblati in appositi centri di trasformazione, a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera, quali:

- elementi presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.);
- elementi preassemblati (gabbie di armatura, ecc.)

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti vale quanto indicato al punto 11.2.1.2.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3.

#### BARRE E ROTOLI

Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\varnothing$  della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ .

Il diametro  $\varnothing$  delle barre deve essere compreso tra 6 e 50 mm.

Per barre con diametri superiori a 40 mm la struttura va considerata composta e valgono le regole delle strutture composte acciaio-conglomerato cementizio.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\varnothing \leq 16$ . Nel luogo di lavorazione, dove avviene il raddrizzamento, per tenere in conto del danneggiamento della superficie del tondo ai fini dell'aderenza opportune prove dovranno essere condotte così come indicato al punto 11.2.2.10.4. Quando il raddrizzamento avviene a caldo, bisogna verificare che siano mantenute le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.

#### 11.2.2.5 Reti e tralici elettrosaldati

Si intendono per reti elettrosaldate le armature costituite da due sistemi di barre parallele ortogonali equidistanziate, assemblate per saldatura negli incroci chiamati nodi. Gli acciai delle reti elettrosaldate devono essere saldabili.

La equidistanza non può superare 330 mm.

I tralici sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature. Gli acciai per i tralici elettrosaldati devono essere saldabili.

Le reti ed i tralici costituiti con acciaio di cui al punto 11.2.2.2 devono avere diametro  $\varnothing$  compreso tra 5 e 12 mm.

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 pari al 30% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche.

La produzione di reti e tralici elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

Nel caso di reti e tralici formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi devono essere dotati della prevista qualificazione. Ogni pannello o traliccio devono essere inoltre dotati di apposita marcatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marcatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marcatura supplementare indelebile identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento la marcatura del prodotto finito può coincidere con la marcatura dell'elemento base.

#### **11.2.2.6 Centri di trasformazione**

Si definisce Centro di trasformazione un impianto che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, ad esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera.

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al punto 11.2.1.3.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione, vengono utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dalle presenti norme.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi degli attestati di qualificazione del prodotto di origine.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi del presente decreto, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere, secondo le indicazioni contenute al punto 11.2.2.10.3.

A tal fine è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al direttore dei lavori.

L'esecuzione delle prove presso il centro di trasformazione non esclude che il direttore dei lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni.

I centri di trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando la loro organizzazione, i procedimenti di saldatura e di sagomatura impiegati, le massime dimensioni delle barre e/o dei rotoli utilizzati, nonché le modalità

di marcatura per l'identificazione del centro nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo produttivo.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di saldatura. In particolare il Direttore di stabilimento deve verificare, tramite opportune prove, che le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche del prodotto. Per i processi di saldatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Nella dichiarazione deve, inoltre, essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al direttore dello stabilimento, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi del presente decreto, sui controlli sui materiali.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata, in aggiunta alla documentazione di cui al punto 11.2.1.3., da copia dei certificati delle prove fatte eseguire dal direttore dello stabilimento e della sopra citata dichiarazione.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### 11.2.2.7 Saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nel Tabella 11.2.II dove il calcolo del carbonio equivalente  $C_{eq}$  è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella 11.2.II

Massimo contenuto di elementi chimici in %			
		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,013	0,012
Carbonio equivalente	$C_{eq}$	0,52	0,50

- a) È possibile eccedere il valore max. di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del Ceq. venga ridotto dello 0.02% in massa.
- b) Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

### 11.2.2.8 Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nella Tabella 11.2.III seguente.

Tabella 11.2.III

Diametro nominale, (mm)	5 a ≤8	>8 ≤ 50
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 6	± 4,5

### 11.2.2.9 Altri tipi di acciai

#### 11.2.2.9.1 ACCIAI INOSSIDABILI

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui al punto 11.2.2, con l'avvertenza di sostituire al termine  $f_t$  della Tabella 11.2.I, il termine  $f_{7\%}$ , ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento  $A_{gt}=7\%$ . La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore.

Per essi la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

#### 11.2.2.9.2 ACCIAI ZINCATI

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali.

La qualificazione e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

La marcatura deve consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di zincatura; pertanto, nel caso in cui la zincatura venga effettuata su prodotti già qualificati all'origine e, quindi, dotati di marcatura indelebile, deve essere prevista una marcatura aggiuntiva che identifichi lo stabilimento di zincatura.

Per essi la qualificazione con le successive verifiche e' ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

### 11.2.2.10 Procedure di controllo in stabilimento per acciai da cemento armato ordinario - barre e rotoli

#### 11.2.2.10.1 CONTROLLI SISTEMATICI

##### **Generalità**

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo stesso stabilimento e per i diversi gruppi di diametri di seguito indicati:

- a) diametro compreso tra 5 e 32 mm;
- b) diametro maggiore di 32 mm;
- c) diametro fino a 16 mm (rotoli).

I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marcatura differenziata.

Il produttore, qualora lo richieda, ha la facoltà di non avvalersi della suddivisione in gruppi di diametri.

##### **Prove di qualificazione**

Il laboratorio incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 25 saggi, ricavati da cinque diverse colate o lotti di produzione, cinque per ogni colata o lotto di produzione. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

L'operazione viene ripetuta, per ognuno dei gruppi di cui al precedente paragrafo, su tre diametri diversi.

Sui campioni vengono determinati, a cura del laboratorio incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$  l'allungamento  $A_{gt}$  ed effettuate le prove di piegamento.

##### PROCEDURA DI VALUTAZIONE

##### *Valutazione dei risultati*

Le grandezze caratteristiche  $f_y$ ,  $f_t$ ,  $A_{gt}$ ,  $f_t/f_y$  devono soddisfare la seguente relazione:

$$\bar{x} - k_s \geq C_v$$

Le grandezze  $(f_y/f_{y_{nom}})_k$  ed il valore superiore di  $f_t/f_y$  devono soddisfare la seguente relazione:

$$\bar{x} + k_s \leq C_v$$

dove:

$C_v$  = valore prescritto per le singole grandezza nella tabella del punto 2.2

$\bar{x}$  = valore medio

$s$  = deviazione standard della popolazione

$k$  = è il coefficiente riportato in tabella 11.2.IV per  $f_t$  e  $f_y$  e in tabella 11.2.V per  $A_{gt}$ ,  $f_t/f_y$  e  $f_y/f_{y_{nom}}$ ,  $k$  stabilito in base al numero dei saggi.

Nel presente caso "n" è pari a 25.

Qualora il produttore opti per la non suddivisione in gruppi di diametri le prove di qualificazione vertono su 75 saggi, prelevati da 15 diverse colate o lotti di produzione, cinque per ogni colata o lotto di produzione, indipendentemente dal diametro, si pone  $n = 75$ .

In ogni caso il coefficiente  $k$  assume, in funzione di  $n$ , i valori riportati nelle Tabelle 11.2.IV e 11.2.V.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'indice di aderenza di cui al punto 11.2.2.10.1.4.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di qualificazione non soddisfi i requisiti di resistenza o duttilità di cui al punto 11.2.2 delle norme tecniche, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto ed il nuovo prelievo sostituisce a tutti gli effetti quello precedente. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della prova di qualificazione.

**Tabella 11.2.IV** -  $f_y - f_t$  - Coefficiente  $k$  in funzione del numero  $n$  di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 5 % [ $p = 0,95$ ] con una probabilità del 90 %)

$n$	$k$	$n$	$k$
5	3,40	30	2,08
6	3,09	40	2,01
7	2,89	50	1,97
8	2,75	60	1,93
9	2,65	70	1,90
10	2,57	80	1,89
11	2,50	90	1,87
12	2,45	100	1,86
13	2,40	150	1,82
14	2,36	200	1,79
15	2,33	250	1,78
16	2,30	300	1,77
17	2,27	400	1,75
18	2,25	500	1,74
19	2,23	1000	1,71
20	2,21	--	1,64

**Tab. 11.2.V** -  $A_{gb}, f_t/f_y$  e  $f_y/f_{y\text{nom}}$  - Coefficiente  $k$  in funzione del numero  $n$  di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 10 % [ $p = 0,90$ ] con una probabilità del 90 %)

$n$	$k$	$n$	$k$
5	2,74	30	1,66
6	2,49	40	1,60
7	2,33	50	1,56
8	2,22	60	1,53
9	2,13	70	1,51
10	2,07	80	1,49
11	2,01	90	1,48
12	1,97	100	1,47
13	1,93	150	1,43
14	1,90	200	1,41
15	1,87	250	1,40
16	1,84	300	1,39
17	1,82	400	1,37
18	1,80	500	1,36
19	1,78	1000	1,34
20	1,77	--	1,282

**Prove di verifica della qualità**

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori ad un mese, prelevando tre serie di 5 campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro scelto entro ciascuno dei gruppi di diametri di cui al paragrafo "Generalità" e provenienti da una stessa colata.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio effettua le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni, caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo  $n=25$ ).

Qualora il produttore non si avvalga della suddivisione in gruppi di diametri, i controlli saltuari vertono, per ogni gamma merceologica, su 15 saggi, prelevati da tre diverse colate, 5 per ogni colata o lotto di produzione, indipendentemente dal diametro. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura vengono sempre riferite a quindici serie di cinque saggi, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo le tre nuove colate o lotti di produzione ed eliminando le prime tre in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi calcolati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche sostitutive delle precedenti (ponendo  $n=75$ ).

Ove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori ai minimi di cui al punto 11.2.2, il laboratorio incaricato ne dà comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità di cui al punto 11.2.2, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.

Le tolleranze dimensionali di cui al punto 11.2.2.8 vanno riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione. Qualora la tolleranza sulla sezione superi il  $\pm 2\%$ , il rapporto di prova di verifica deve riportare i diametri medi effettivi.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'indice di aderenza.

**11.2.2.10.2 CONTROLLI SU SINGOLE COLATE O LOTTI DI PRODUZIONE**

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale. I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove previste al punto 11.2.2.10.1 - Prove di qualificazione. Le tensioni



caratteristiche di snervamento e rottura vengono calcolate a mezzo delle espressioni di cui al punto 11.2.2.10.1 nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

### 11.2.2.10.3 CONTROLLI NEI CENTRI DI TRASFORMAZIONE O NEI LUOGHI DI LAVORAZIONE DELLE BARRE. ACCETTAZIONE IN CANTIERE.

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.2.2.10.1, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo con il punto 11.2.2.3, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono i seguenti:

#### Valori Limite di Accettazione

Caratteristica	Valore limite	NOTE
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450-25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450x(1,25+0,02)] N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo	≥ 5.0%	per acciai laminati a caldo
Agt minimo	≥ 1.0%	per acciai trafilati a freddo
Rottura/snervamento	$1.11 \leq f_t/f_y \leq 1.37$	per acciai laminati a caldo
Rottura/snervamento	$f_t/f_y \geq 1.03$	per acciai trafilati a freddo
Piegamento/raddrizzamento	assenza di ericche	per tutti

Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato.

In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori di resistenza misurati e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I controlli in cantiere sono obbligatori, devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico e devono essere eseguiti secondo le medesime disposizioni di cui al punto 11.2.2.3.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli di cui al punto precedente. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del direttore dei lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

#### **11.2.2.10.4 PROVE DI ADERENZA**

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza secondo il metodo Beam - test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art.59

del DPR n.380/2001, con le modalità specificate nella CNR-UNI 10020 (gennaio 1971). La tensione di aderenza  $\tau_d$  valutata secondo la CNR-UNI 10020 (gennaio 1971) verrà riferita ad una resistenza nominale del calcestruzzo di  $27 \text{ N/mm}^2$ , mediante l'applicazione della seguente formula di correzione:

$$\tau_c = \tau_d - (R_c - 27) \cdot 0,2 (\text{N/mm}^2)$$

valida nell'intervallo:

$$22 \leq R_c \leq 32 (\text{N/mm}^2)$$

essendo:

$\tau_c$  la tensione di aderenza corretta;

$\tau_d$  la tensione di aderenza rilevata sperimentalmente;

$R_c$  la resistenza del calcestruzzo all'atto della prova.

Le prove devono essere estese ad almeno tre diametri scelti, indipendentemente dalla suddivisione in gruppi, come segue:

- uno nell'intervallo  $5 \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ;
- uno nell'intervallo  $12 \leq \varnothing \leq 18 \text{ mm}$ ;
- uno pari al diametro massimo.

Per le verifiche periodiche della qualità e per le verifiche delle singole partite, non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche, con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo.

Le tensioni tangenziali di aderenza  $\tau_m$  e  $\tau_r$  desunte dalla prova, come media dei risultati ottenuti sperimentalmente almeno quattro travi per ogni diametro, devono soddisfare le condizioni seguenti:

$$\tau_m \geq \tau_m^* = 8 - 0,12\varnothing$$

$$\tau_r \geq \tau_r^* = 13 - 0,19\varnothing$$

ove  $\tau_m$ ,  $\tau_m^*$ ,  $\tau_r$  e  $\tau_r^*$  sono espressi in  $\text{N/mm}^2$  e  $\varnothing$  è espresso in mm.

Per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si calcolerà per un numero significativo di barre il valore dell'indice di aderenza  $I_R$  definito dall'espressione:

$$I_R = \frac{2\alpha_m I_R \cos(90^\circ - \beta)}{\pi \varnothing_n c}$$

confrontando quindi il valore medio di  $I_R$  con il corrispondente  $I_R(L)$  valutato sulle barre provate in laboratorio.

La partita è ritenuta idonea se è verificata almeno una delle due seguenti ineguaglianze (A) e (B):

$$\frac{I_R}{I_R(L)} \geq \frac{\tau_m^*}{\tau_m} \quad (A)$$

$$\begin{aligned}
 I_R &\geq 0,048 \text{ per } 5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 6 \text{ mm} \\
 I_R &\geq 0,055 \text{ per } 6 \text{ mm} < \varnothing \leq 8 \text{ mm} \\
 I_R &\geq 0,060 \text{ per } 8 \text{ mm} < \varnothing \leq 12 \text{ mm} \\
 I_R &\geq 0,065 \text{ per } \varnothing > 12 \text{ mm}
 \end{aligned}
 \tag{B}$$

essendo:

- $\tau_m^*$  = valore limite di  $\tau_m$  quale sopra definito per il diametro considerato;  
 $\tau_m, \tau_r$  = valori desunti dalle prove di laboratorio;  
 $\varnothing_n$  = diametro nominale della barra;  
 $c$  = interasse delle nervature;  
 $a_m$  = altezza media delle nervature;  
 $\beta$  = inclinazione delle nervature sull'asse della barra espressa in gradi;  
 $l_R$  = lunghezza delle nervature;  
 $I_R$  = valore di  $I_R$  determinato sulle barre della fornitura considerata;  
 $I_R(L)$  = valore di  $I_R$  determinato sulle barre provate in laboratorio.

Qualora il profilo comporti particolarità di forma non contemplate nella definizione di  $I_R$  (ad esempio nocciolo non circolare), l'ineguaglianza (A) deve essere verificata per i soli risalti o nervature.

Nel certificato di prova devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature e deve, inoltre, essere indicata quale delle due disuguaglianze (A) o (B) viene rispettata.

### 11.2.2.11 Procedure di controllo in stabilimento per acciai da cemento armato ordinario - reti e tralici elettrosaldati

#### 11.2.2.11.1 CONTROLLI SISTEMATICI

##### *Prove di qualificazione*

Il laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 effettua, presso lo stabilimento di produzione, in almeno quattro sopralluoghi senza preavviso il prelievo di una serie di 80 saggi, ricavati da 40 diversi pannelli, 2 per ogni elemento.

Ogni saggio deve consentire due prove:

- prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento;
- prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, determinata forzando con idoneo dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello maggiore posto in trazione.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Per la determinazione delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura, determinate in accordo con il punto 11.2.2.3, valgono le medesime formule di cui al punto

11.2.2.10.1 dove  $n$ , numero dei saggi considerati, va assunto nel presente caso pari a 80, ed il coefficiente  $k$  assume, in funzione di  $n$ , i valori riportati nelle tabelle di cui al punto 11.2.2.10.1.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di qualificazione non soddisfi i requisiti previsti nelle norme tecniche relativamente ai valori di allungamento o resistenza al distacco, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione delle prove di qualificazione.

#### **Prove di verifica della qualità**

Il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari ad intervalli non superiori ad un mese, su serie di 20 saggi, ricavati da 10 diversi elementi, 2 per ogni elemento. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Sulla serie il laboratorio effettua la prova di trazione e di distacco. I corrispondenti risultati vengono aggiunti a quelli dei precedenti prelievi dopo aver eliminato la prima serie in ordine di tempo.

Si determinano così le nuove tensioni caratteristiche sostitutive delle precedenti sempre ponendo  $n=80$ .

Ove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori ai minimi di cui al punto 11.2.2. il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione solo dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di verifica non soddisfi i valori previsti al punto 11.2.2, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. In caso di ulteriore risultato negativo, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

#### **11.2.2.11.2 CONTROLLI SU SINGOLI LOTTI DI PRODUZIONE.**

Si definiscono lotti di produzione partite ottenute con produzione continua comprese fra 30 e 100 tonnellate.

Negli stabilimenti soggetti ai controlli sistematici, i produttori qualificati possono sottoporre a controlli singoli lotti di produzione a cura del laboratorio incaricato.

I controlli consistono nel prelievo per ogni lotto di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a venti e ricavati da almeno dieci diversi elementi, sui quali si effettuano le prove previste al punto 11.2.2.10.1.

Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura vengono calcolate a mezzo delle formule di cui al punto 11.2.2.10.1 nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati.

**11.2.2.11.3** CONTROLLI NEL CENTRO DI TRASFORMAZIONE, NEL LUOGO DI LAVORAZIONE DELLE RETI E DEI TRALICCI O IN CANTIERE.

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati con le medesime procedure di cui al punto 11.2.2.6.

**11.2.3. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO.**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al precedente punto 11.2.1.

**11.2.3.1 Caratteristiche dimensionali**

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

*Filo:* prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;

*Barra:* prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;

*Treccia:* 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;

*Trefolo:* fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante.

Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti, generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature, vale quanto indicato al punto 11.2.1.2.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3.

Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte deve essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

### 11.2.3.2 Caratteristiche chimiche, fisiche e geometriche

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nella successiva Tabella 11.2.VI:

Tabella 11.2.VI

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli e Treccie	Trefoli e Treccie a fili sagomati
Tensione caratteristica di rottura ..... $f_{ptk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥1000	≥1600	≥1860	≥1820
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua ..... $f_{p(0,1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	≥1400	-----	-----
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale ..... $f_{p(1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	-----	≥1670	≥1620
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{pyk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥800	-----	-----	-----

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del fornitore.

Le grandezze qui di seguito elencate:  $\varnothing$ ,  $A$ ,  $f_{ptk}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(1)k}$ ,  $A_{gt}$ ,  $E_p$ ,  $l$ ,  $N$ ,  $\alpha$  (180°),  $L$  e  $r$  devono formare oggetto di garanzia da parte del produttore ed i corrispondenti valori garantiti figurare nel catalogo del produttore stesso.

Il controllo delle grandezze di cui sopra è eseguito secondo le modalità e le prescrizioni indicate nei punti successivi.

Pertanto i valori delle grandezze:

$\varnothing$ ,  $A$  sono confrontati con quelli che derivano dall'applicazione ai valori nominali, delle tolleranze prescritte al punto 11.2.3.5.3.1;

$f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(1)k}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $A_{gt}$  ottenuti applicando ai valori singoli  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$  le formule di cui al punto 11.2.3.5.2.1 sono confrontati con i corrispondenti valori garantiti che figurano nel catalogo del produttore e con quelli della Tabella 11.2.VII;

$l$ ,  $N$ ,  $\alpha$  (180°) sono confrontati con quelli prescritti rispettivamente ai punti 11.2.3.5.3.3, 11.2.3.5.3.8, 11.2.3.5.3.9;

$E_p$ ,  $L$  e  $r$ , di cui ai punti 11.2.3.5.3.10 e 11.2.3.5.3.11, sono confrontati con i valori che figurano nel catalogo del produttore.

Si prende inoltre in considerazione la forma del diagramma sforzi deformazioni.

Il produttore deve controllare la composizione chimica e la struttura metallografica al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

### 11.2.3.3 Controlli

Le presenti norme prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;
- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione.

I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture.

L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

*Lotti di produzione:* si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di produzione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

*Forniture:* sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

*Lotti di spedizione:* sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I controlli in cantiere possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da uno stabilimento di prefabbricazione o da un luogo di formazione dei cavi nel quale sono stati effettuati i controlli di cui al punto precedente.

In quest'ultimo caso la fornitura del materiale deve essere accompagnata da idonea documentazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

I controlli sono effettuati secondo le modalità indicate al punto 11.2.3.5.

### 11.2.3.4 Cadute di tensione per rilassamento

In assenza di dati sperimentali afferenti al lotto considerato, la caduta di tensione per rilassamento a tempo infinito  $D\sigma_{r\infty}$  ad una temperatura di 20 °C e per una tensione iniziale  $\sigma_{spi}=0,75 f_{ptk}$  può assumersi pari ai valori riportati nella Tabella 11.2.VII.



Tabella 11.2.VII

Tipo di armatura	$D\sigma_{r\infty}$
Filo trafilato	0,15 $\sigma_{spi}$
Treccia	0,20 $\sigma_{spi}$
Trefolo	0,18 $\sigma_{spi}$
Barra laminata	0,12 $\sigma_{spi}$

Si ammette che, al variare della tensione iniziale, la caduta per rilassamento vari con legge parabolica e che il relativo diagramma, tracciato in funzione di  $\sigma_{spi}$ , abbia ordinata nulla e tangente orizzontale per  $\sigma_{spi}=0,5f_{ptk}$ .

La caduta a tempo infinito può altresì valutarsi partendo dalla media delle cadute misurate su almeno due campioni sottoposti a prove di rilassamento a 120 ore, applicando l'espressione:

$$\Delta\sigma_{r\infty} = 3\Delta\sigma_{r120} + 0,03(\sigma_{spi} - 0,5f_{ptk})$$

*(valida per  $\sigma_{spi} \geq 0,5f_{ptk}$ )*

Si opererà di regola con:

$$\sigma_{spi}=0,75f_{ptk}$$

e, in mancanza di più precisi dati sperimentali, si ammetterà che la caduta vari in funzione di  $\sigma_{spi}$  con la suddetta legge parabolica. Partendo dai risultati di prova a 120 ore non possono comunque assumersi cadute inferiori alla metà di quelle indicate nel precedente capoverso. Per le barre si rispetterà comunque il limite  $\sigma_{spi} \leq 0,85f_{pyk}$ .

Qualora si disponga di prove a lunga durata, la caduta per rilassamento a tempo infinito è data dalla relazione:

$$\Delta\sigma_{r\infty} = \Delta\sigma_{rt} + C(\Delta\sigma_{rt} - \Delta\sigma_{r1000})$$

dove  $\Delta\sigma_{r1000}$  e  $\Delta\sigma_{rt}$  sono rispettivamente le cadute per rilassamento di catalogo per 1000 ore e per tempo  $t \geq 2000$  ore; C è un coefficiente dato dalla Tabella 11.2.VIII.

Tabella 11.2.VIII

t in ore	C
2.000	9
5.000	3
10.000	1,5

Per tenere conto dell'influenza del valore della tensione iniziale si può sia operare per  $\sigma_{spi} = 0,75f_{ptk}$  ed adottare la legge di variazione parabolica sopra indicata, sia operare sulle tre tensioni  $0,55f_{ptk}$ ,  $0,65f_{ptk}$ ,  $0,75f_{ptk}$  e dedurne una legge di variazione sperimentale.

Il rilassamento di armature che subiscono un ciclo termico dopo la messa in tensione è opportuno venga valutato sperimentalmente.

### 11.2.3.5 Procedure di controllo per acciai da cemento armato precompresso

#### 11.2.3.5.1 PRESCRIZIONI COMUNI - MODALITÀ DI PRELIEVO

I saggi destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

#### 11.2.3.5.2 CONTROLLI IN STABILIMENTO

##### 11.2.3.5.2.1 Controlli sistematici

###### PROVE DI QUALIFICAZIONE

Il laboratorio incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 50 saggi, 5 per lotto, da 10 lotti di produzione diversi. I 10 lotti di produzione presi in esame per le prove di qualificazione devono essere costituiti da prodotti della stessa forma ed avere la stessa resistenza nominale, ma non necessariamente lo stesso diametro e la stessa caratteristica di formazione. Gli acciai devono essere raggruppati in categorie nel catalogo del produttore ai fini della relativa qualificazione.

I 5 saggi di ogni singolo lotto vengono prelevati da differenti fasci, rotoli o bobine. Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.

Sulla serie di 50 saggi vengono determinate le grandezze  $\emptyset$ ,  $f_{pb}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $l$ ,  $E_p$ ,  $A_{gt}$ ,  $N$  ovvero  $\alpha$  ( $180^\circ$ ) sotto il controllo di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001. Le relative prove possono venire eseguite dai tecnici del laboratorio incaricato presso il laboratorio dello stabilimento di produzione purché venga rispettato quanto prescritto dalle norme in merito alla verifica della taratura delle attrezzature.

Le grandezze  $L$  e  $r$  sono determinate su saggi provenienti da 5 e 4 lotti rispettivamente, in numero di 3 saggi per ogni lotto.

###### PROVE DI VERIFICA DELLA QUALITÀ

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari su un campione costituito da 5 saggi provenienti da un lotto per ogni categoria di armatura. Il controllo verte su un minimo di sei lotti ogni trimestre da sottoporre a prelievo in non meno di tre sopralluoghi. Su tali saggi il laboratorio incaricato determina le grandezze  $\emptyset$ ,  $f_{pb}$ ,  $l$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $E_p$ ,  $N$ ,  $A_{gt}$  ovvero  $\alpha$  ( $180^\circ$ ).

Per la grandezza  $r$  i controlli si effettuano una volta al trimestre e per la grandezza  $L$  i controlli si effettuano una volta al semestre, per entrambe su 3 saggi provenienti dallo stesso lotto per ogni categoria di armatura.

Per la determinazione dei valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  i corrispondenti risultati vanno introdotti nelle precedenti espressioni le quali vanno sempre riferite a 10 serie di

5 saggi corrispondenti alla stessa categoria di armatura, da aggiornarsi ad ogni prelievoaggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo.

I valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  devono rispettare i valori minimi di cui alla Tabella 11.2.VII.

Se gli scarti quadratici medi risultano superiori al 3% del valore medio per  $f_{pt}$ , e al 4% per  $f_{py}$ ,  $f_{(0,1)}$ ,  $f_{p(1)}$ , il controllo si intende sospeso e la procedura di qualificazione deve essere ripresa ab initio.

Ove i valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  riscontrati risultino inferiori ai valori minimi di cui alla Tabella 11.2.VII il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripeterà la qualificazione solo dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

#### **11.2.3.5.2 Controlli su singoli lotti di produzione**

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici di cui al presente punto 11.2.1, i produttori possono richiedere di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, su singoli lotti di produzione (massima massa del lotto = 100 t) di quei prodotti che, per ragioni di produzione, non possono ancora rispettare le condizioni minime quantitative per qualificarsi. Le prove da effettuare sono quelle di cui al successivo punto 11.2.3.5.3.

#### **11.2.3.5.3 DETERMINAZIONE DELLE PROPRIETÀ E TOLLERANZE**

##### **11.2.3.5.3.1 Diametro( $\emptyset$ ) e Area della sezione (A)**

L'area della sezione di fili lisci, con impronte, trecce e trefoli si valuta per pesata assumendo che la densità dell'acciaio sia pari a 7,81 kg/dm<sup>3</sup> (7,85 kg/dm<sup>3</sup> per le barre).

La misura delle dimensioni trasversali nei fili con impronta non deve essere effettuata in corrispondenza delle impronte stesse.

Sui valori nominali delle sezioni dei fili, delle barre, delle trecce e dei trefoli è ammessa una tolleranza di  $\pm 2\%$  ( $-2\%$  ÷  $6\%$  per le barre).

Nei calcoli statici si adottano le sezioni nominali.

##### **11.2.3.5.3.2 Tensione di rottura ( $f_{pt}$ )**

La determinazione si effettua per mezzo della prova a trazione su barre secondo EN 10002/1<sup>a</sup>, su fili trecce e trefoli secondo UNI EN ISO 15630-3.

##### **11.2.3.5.3.3 Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$**

Per barre, fili e trefoli la determinazione viene eseguita secondo la norma UNI EN ISO15630-3.

##### **11.2.3.5.3.4 Limite elastico allo 0,1% ( $f_{p(0,1)}$ )**

Il valore del limite convenzionale  $f_{p(0,1)}$  si ricava dal corrispondente diagramma sforzi - deformazioni, ottenuto con prove a trazione eseguite secondo UNI EN 15630-3.

I singoli valori unitari devono essere riferiti alle corrispondenti sezioni nominali.

Il valore del limite 0,1% deve risultare compreso tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

**11.2.3.5.3.5 Tensione di snervamento ( $f_{pv}$ )**

Il valore della tensione di snervamento  $f_{pv}$  si ricava dal corrispondente diagramma sforzi - deformazioni ottenuto con la prova a trazione eseguita secondo UNI EN ISO 15630-3. Esso deve risultare compreso tra lo 85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

**11.2.3.5.3.6 Modulo di elasticità**

Il modulo apparente di elasticità è inteso come rapporto fra la tensione media e l'allungamento corrispondente, valutato per l'intervallo di tensione (0,2-0,7)  $f_{pt}$  conformemente alla UNI EN ISO 15630-3.

Sono tollerati scarti del  $\pm 5\%$  rispetto al valore garantito.

**11.2.3.5.3.7 Tensione all' 1 % ( $f_{p(1)}$ )**

La tensione corrispondente all'1 % di deformazione totale deve risultare compresa tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

**11.2.3.5.3.8 Prova di piegamento alternato (N)**

La prova di piegamento alternato si esegue su fili aventi  $\varnothing \leq 8$  mm secondo la UNI EN ISO 15630-3 con rulli di diametro pari a 4  $\varnothing$ .

Il numero dei piegamenti alterni a rottura non deve risultare inferiore a 4 per i fili lisci e a 3 per i fili ondulati o con impronte.

**11.2.3.5.3.9 Prova di piegamento ( $\alpha$ )**

La prova di piegamento si esegue su fili aventi  $\varnothing \geq 8$  mm e su barre secondo la UNI EN ISO 15630-3.

L'angolo di piegamento deve essere di  $180^\circ$  e il diametro del mandrino deve essere pari a:

5  $\varnothing$  per i fili;

6  $\varnothing$  per le barre con  $\varnothing \leq 26$  mm

8  $\varnothing$  per le barre con  $\varnothing > 26$  mm.

**11.2.3.5.3.10 Resistenza a fatica (L)**

La prova viene condotta secondo la UNI EN ISO 15630-3 con sollecitazione assiale a ciclo pulsante, facendo oscillare la tensione fra una tensione superiore  $\sigma_1$ , e una tensione inferiore  $\sigma_2$ . Il risultato della prova è ritenuto soddisfacente se la provetta sopporta, senza rompersi, almeno due milioni di cicli. La frequenza di prova deve essere non superiore a 120 Hz per i fili e le barre e 20 Hz per i trefoli come previsto dalla UNI EN ISO 15630-3.

Come alternativa a tale procedimento è possibile determinare sperimentalmente l'ampiezza limite di fatica L a  $2 \cdot 10^6$  cicli, in funzione della tensione media  $\sigma_m$ .

**11.2.3.5.3.11 Rilassamento a temperatura ordinaria (r)**

CONDIZIONI DI PROVA

Si determina il diagramma della caduta di tensione a lunghezza costante ed a temperatura  $T = 20 \pm 1$  °C a partire dalla tensione iniziale e per la durata stabilita.

**CARATTERISTICHE DELLA PROVETTA**

La provetta deve essere sollecitata per un tratto non inferiore a 100 cm; in conseguenza la lunghezza del saggio deve essere almeno 125 cm per tener conto degli organi di afferraggio. Nella zona sollecitata la provetta non deve subire alcuna lavorazione né pulitura.

**CARICO INIZIALE**

La tensione iniziale deve essere applicata con velocità pari a  $200 \pm 50 \text{ N/mm}^2$  al minuto e mantenuta per 2 minuti  $\pm 2$  secondi prima dell'inizio della misura.

Quando le necessità operative lo richiedano, è ammessa una pre-tensione inferiore al 40% della tensione iniziale ed al 30% di quella di rottura (determinata su una provetta contigua).

Il carico iniziale deve avere precisione  $\pm 1\%$  quando inferiore a 100 tonnellate;  $\pm 2\%$  quando superiore.

**PRECISIONE DELLA MISURA**

La caduta di sforzo (rilassamento) va misurata con precisione  $\pm 1\%$ ; pertanto il principio di funzionamento dell'apparato, la sensibilità dei singoli strumenti rilevatori, la posizione di questi, ecc. devono essere tali da garantire detta precisione.

**11.2.3.5.4 CONTROLLI NEGLI STABILIMENTI PERMANENTI DI PREFABBRICAZIONE O NEL LUOGO DI FORMAZIONE DEI CAVI**

I controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione o nel luogo di formazione dei cavi sono obbligatori.

A tale riguardo le responsabilità attribuite dalla legge al direttore dei lavori sono assunte dal responsabile della produzione in stabilimento o dal tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi.

I controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.

Effettuato un prelievo di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pb}$ ,  $f_p$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ .

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come di seguito indicato.

Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno 10 saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a 10, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.

Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, bobina o fascio di provenienza.

Effettuato il prelievo supplementare si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori medi  $g_{mn}$  di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:

- per le tensioni di rottura  $f_{pt}$ :

$$g_{mn} \geq 1,03 f_{ptk}$$

$$s_n \leq 0,05 f_{ptk}$$

- per le grandezze  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ :

$$g_{mn} \geq 1,04 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k})$$

$$s_n \leq 0,07 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k})$$

i valori del modulo di elasticità longitudinale  $E_p$  sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del  $\pm 5\%$

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni di cui al punto 11.2.3.5.3 si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

In tal caso il responsabile della produzione in stabilimento o il tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi (direttore dei lavori) deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo in stabilimento che al Servizio tecnico centrale.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;

- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i risultati delle prove eseguite.

#### **11.2.3.5.5 ACCETTAZIONE IN CANTIERE**

Qualora non siano state precedentemente eseguite le prove di cui al precedente punto 11.2.3.5.4, i controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le indicazioni di cui al medesimo punto precedente, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei 3 saggi va effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Nel caso in cui siano state eseguite le prove di cui al precedente punto 11.2.3.5.4, il direttore dei lavori può valutare la necessità di ulteriori controlli.

In entrambi i casi per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente punto 11.2.3.5.4.

#### **11.2.4. ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE**

##### **11.2.4.1 Generalità**

Le presenti norme prevedono l'impiego degli acciai indicati nei successivi punti, dei quali vengono precisate le caratteristiche.

Possono essere impiegati prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CEE. Tale equivalenza sarà accertata dal Ministero delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale.

È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli sopra indicati purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti norme.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova sono rispondenti alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI 552, UNI EN 10002-1, UNI EN 10045-1.

Le tolleranze di fabbricazione devono rispettare i limiti previsti dalla EN 1090.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico

$$E = 210.000 \quad \text{N/mm}^2$$

modulo di elasticità trasversale	$G = E/2(1+\nu)$	N/mm <sup>2</sup>
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$	
coefficiente di espansione termica lineare (per temperature fino a 100 °C)	$\alpha = 12 \times 10^{-6}$	per °C <sup>-1</sup>
densità	$\rho = 7850$	kg/m <sup>3</sup>

#### 11.2.4.2 Acciaio laminato

##### 11.2.4.2.1 PRODOTTI PIANI E LUNGHI

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti e lamiere devono appartenere a uno dei tipi previsti nella norma EN 10025-1-6 e devono essere in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale secondo le procedure di cui al punto 11.2.4.8.

Il produttore dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 dell'appendice ZA della norma europea EN 10025-1. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche.

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al DPR n.246/93.

##### 11.2.4.2.2 PROFILATI CAVI

Gli acciai di uso generale in forma di profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo), devono appartenere a uno dei tipi aventi le caratteristiche meccaniche riportate nelle specifiche norme europee elencate nella successiva Tabella 11.2.IX nelle classi di duttilità JR, J0, J2 e K2.

Il produttore dichiara le caratteristiche tecniche che devono essere contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al DPR n. 246/93.

Le caratteristiche tecniche per i profilati cavi devono essere in accordo con quanto previsto dalle tabelle delle norme di riferimento: EN 10210-1 e EN 10219-1, e riassunte come riportato nella tabella seguente:

**Tabella 11.2.IX** - Caratteristiche tecniche per i profilati cavi

ACCIAIO	NORMA EUROPEA	TABELLE DI RIFERIMENTO
Profilati cavi finiti a caldo	EN 10210-1	Non legati: A1, A.2, A.3 A grano fine: B1, B.2 - B.3
Profilati cavi saldati formati a freddo	EN 10219-1	A1, A2, A3 Materiale di partenza allo stato: Normalizzato: B1, B3, B4 Termomeccanico: B2, B3, B5

Le prove ed i metodi di misura sono quelli previsti dalle norme suddette.



**11.2.4.2.3** CONTROLLI SUI PRODOTTI LAMINATI

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui al punto 11.2.4.8.

**11.2.4.2.4** FORNITURA DEI PRODOTTI LAMINATI

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3.

**11.2.4.3** Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare getti di acciaio Fe G 400, Fe G 450, Fe G 520 UNI 3158 ed UNI 3158 FA 152-85 o equivalenti.

Quando tali acciai debbano essere saldati, devono sottostare alle stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza simile.

**11.2.4.4** Acciaio per strutture saldate**11.2.4.4.1** COMPOSIZIONE CHIMICA DEGLI ACCIAI

Gli acciai da saldare, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 11.2.3.1, devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti previsti dalle norme europee applicabili.

**11.2.4.4.2** FRAGILITÀ ALLE BASSE TEMPERATURE

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzato senza pericolo di rottura fragile, in assenza di dati più precisi, deve essere stimata sulla base della temperatura  $T$  alla quale per detto acciaio può essere garantita una resilienza  $KV$ , secondo le norme europee applicabili.

La temperatura  $T$  deve risultare minore o uguale a quella minima di servizio per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di sforzi, saldature di testa o d'angolo non soggette a controllo, od accentuate deformazioni plastiche di formatura. A parità di altre condizioni, via via che diminuisce lo spessore, la temperatura  $T$  può innalzarsi a giudizio del progettista fino ad una temperatura di circa 30 °C maggiore di quella minima di servizio per spessori dell'ordine di 10 millimetri.

Un aumento può aver luogo anche per spessori fino a 25 mm via via che l'importanza dell'elemento strutturale decresce o che le altre condizioni si attenuano.

Il progettista, stimata la temperatura  $T$  alla quale la resistenza di 27 J deve essere assicurata, sceglierà nella unificazione e nei cataloghi dei produttori l'acciaio soddisfacente questa condizione.

**11.2.4.5** Saldature

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto i saldatori che

e eseguono giunti a T con cordoni d'angolo non potranno essere qualificati mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo EN 2883.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere seguite le prescrizioni della EN 1011 punti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la EN 29692.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal progettista ed eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori, che potrà integrarli ed estenderli in funzione dell'andamento dei lavori, ed accettati ed eventualmente integrati dal collaudatore.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (es. raggi X o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della EN 12062.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo EN 473 almeno di secondo livello.

#### 11.2.4.6 Bulloni e Chiodi

##### 11.2.4.6.1 BULLONI

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN ISO 4016 ed alle UNI 5592 devono appartenere alle sotto indicate classi delle UNI EN 898, associate nel modo indicato nella Tabella 11.2.X.

Tabella 11.2.X

	Normali			Ad alta resistenza	
	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

##### 11.2.4.6.2 BULLONI PER GIUNZIONI AD ATTRITO

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della Tabella 11.2.XI Viti e dadi, devono essere associati come indicato nella Tabella 11.2.X.

Viti, dadi, rosette e/o piastrine devono provenire da un unico produttore.

Tabella 11.2.XI

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN 898-1	UNI 5712
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2	UNI 5713
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI 5714
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI 5715 UNI 5716

**11.2.4.6.3 CHIODI**

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla UNI EN 10263-1 a 5.

**11.2.4.7 Acciai inossidabili**

Nell'ambito delle indicazioni generali di cui al secondo comma del punto 11.2.4.1. (Generalità), è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione (punto 11.2.1) ed al controllo (punto 11.2.4.8).

**11.2.4.8 Procedure di controllo su acciai da carpenteria****11.2.4.8.1 GENERALITÀ**

I prodotti assoggettabili al procedimento di qualificazione sono, suddivisi per gamma merceologica, i seguenti:

- laminati mercantili, travi ad ali parallele del tipo IPE e HE, travi a I e profilati a U;
- lamiere e nastri, travi saldate e profilati aperti saldati;
- profilati cavi circolari, quadrati o rettangolari senza saldature o saldati.

**11.2.4.8.1.1 Elementi di lamiera grecata e profilati formati a freddo**

Gli elementi di lamiera grecata ed i profilati formati a freddo, ivi compresi i profilati cavi saldati non sottoposti a successive deformazioni o trattamenti termici, devono essere realizzati utilizzando lamiere o nastri di origine qualificati secondo le procedure indicate ai successivi punti.

Il produttore dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 dell'appendice ZA della norma europea EN 14782. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche.

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al DPR n.246/93.

I produttori possono, in questo caso, derogare dagli adempimenti previsti al punto 11.2.1. delle norme tecniche, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni che quelli da parte del laboratorio incaricato) ma devono fare riferimento alla do-

cumentazione di accompagnamento dei materiali di base, qualificati all'origine, da essi utilizzati.

Il produttore di lamiere grecate deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche dei prodotti e che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I produttori sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la fabbricazione dei prodotti, realizzati con materiale base qualificato.

I prodotti finiti devono essere marcati, secondo le modalità previste dal punto 11.2.1. delle norme tecniche ed il marchio deve essere depositato presso il Servizio Tecnico Centrale.

La dichiarazione sopracitata ed il deposito del marchio, devono essere confermati annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica, ed inoltre ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.2.4.8.2 CONTROLLI IN STABILIMENTO**

##### ***11.2.4.8.2.1 Suddivisione dei prodotti***

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione.

Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo (vedere punto 11.2.4.8.2.2), i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica di cui al punto 11.2.4.8.1, sono raggruppabili per gamme di spessori così come definito nelle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1.

Sempre agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, J0, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento.

Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo di 40 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 in base al numero dei pezzi.

#### **11.2.4.8.2.2 Prove di qualificazione**

Ai fini della qualificazione il produttore deve produrre una idonea documentazione sulle caratteristiche chimiche ove pertinenti e meccaniche riscontrate per quelle qualità e per quei prodotti che intende qualificare.

La documentazione deve essere riferita ad una produzione consecutiva relativa ad un periodo di tempo di almeno sei mesi e ad un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della produzione stessa e comunque  $\geq 2.000$  t oppure ad un numero di colate o di lotti  $\geq 25$ .

Tale documentazione di prova deve basarsi sui dati sperimentali rilevati dal produttore, integrati dai risultati delle prove di qualificazione effettuate a cura di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, incaricato dal produttore stesso.

Le prove di qualificazione devono riferirsi a ciascun tipo di prodotto, inteso individuato da gamma merceologica, classe di spessore e qualità di acciaio, ed essere relative al rilievo dei valori caratteristici; per ciascun tipo verranno eseguite almeno 30 prove su saggi appositamente prelevati.

La documentazione del complesso delle prove meccaniche deve essere elaborata in forma statistica calcolando, per lo snervamento e la resistenza a rottura, il valore medio, lo scarto quadratico medio e il relativo valore caratteristico delle corrispondenti distribuzioni di frequenza.

#### **11.2.4.8.2.3 Controllo continuo della qualità della produzione**

Il servizio di controllo interno della qualità dello stabilimento produttore deve predisporre un'accurata procedura atta a mantenere sotto controllo con continuità tutto il ciclo produttivo.

In particolare, per quanto riguarda i prodotti finiti, deve procedere ad una rilevazione di tutte le caratteristiche chimiche ove applicabili e meccaniche previste al punto 11.2.3. delle norme tecniche.

La rilevazione dei dati di cui sopra deve essere ordinata cronologicamente su appositi registri distinti per qualità, per prodotto (o gruppi di prodotti come sopra indicato) e per gamme di spessori, come specificato nella norma di prodotto.

Per ogni colata, o per ogni lotto di produzione, contraddistinti dal proprio numero di riferimento, viene prelevato dal prodotto finito un saggio per colata e comunque un saggio ogni 80 t oppure un saggio per lotto e comunque un saggio ogni 40 t o frazione; per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione è definito dalle relative norme UNI di prodotto, in base al numero dei pezzi.

Dai saggi di cui sopra verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 rilevando il quantitativo in tonnellate di prodotto finito cui la prova si riferisce.

Per quanto concerne  $f_y$  e  $f_t$  i dati singoli raccolti, suddivisi per qualità e prodotti (secondo le gamme dimensionali) vengono riportati su idonei diagrammi per consentire di valutare statisticamente nel tempo i risultati della produzione rispetto alle prescrizioni delle presenti norme tecniche.

I restanti dati relativi alle caratteristiche chimiche, di resilienza e di allungamento vengono raccolti in tabelle e conservati, dopo averne verificato la rispondenza alle norme EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per quanto concerne le caratteristiche chimiche e, per quanto concerne resilienza e allungamento, alle prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi.

È cura e responsabilità del produttore individuare, a livello di colata o di lotto di produzione, gli eventuali risultati anomali che portano fuori limiti la produzione e di provvedere ad ovviarne le cause. I diagrammi sopra indicati devono riportare gli eventuali dati anomali.

I prodotti non conformi devono essere deviati ad altri impieghi, previa punzonatura di annullamento, e tenendone esplicita nota nei registri.

La documentazione raccolta presso il controllo interno di qualità dello stabilimento produttore deve essere conservata a cura del produttore.

#### **11.2.4.8.2.4 Verifica periodica della qualità**

Il laboratorio incaricato effettua periodicamente a sua discrezione e senza preavviso, almeno ogni sei mesi, una visita presso lo stabilimento produttore nel corso della quale su tre tipi di prodotto, scelti di volta in volta tra qualità di acciaio, gamma merceologica e classe di spessore, effettuerà per ciascun tipo non meno di 30 prove a trazione su provette ricavate sia da saggi prelevati direttamente dai prodotti sia da saggi appositamente accantonati dal produttore in numero di almeno 2 per colata o lotto di produzione, relativa alla produzione intercorsa dalla visita precedente.

Inoltre il laboratorio incaricato effettua le altre prove previste (resilienza e analisi chimiche) sperimentando su provini ricavati da 3 campioni per ciascun tipo sopraddetto.

Infine si controlla che siano rispettati i valori minimi prescritti per la resilienza e quelli massimi per le analisi chimiche.

Nel caso che i risultati delle prove siano tali per cui viene accertato che i limiti prescritti non siano rispettati, vengono prelevati altri saggi (nello stesso numero) e ripetute le prove.

Ove i risultati delle prove, dopo ripetizione, fossero ancora insoddisfacenti, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Per quanto concerne le prove di verifica periodica della qualità per gli acciai di cui al punto 11.2.4.8.1., quarto capoverso del presente decreto, con snervamento o resistenza inferiori al tipo S235, si utilizza un coefficiente di variazione pari a 9%.

Per gli stessi acciai con caratteristiche comprese tra i tipi S235 ed S355, si utilizza un coefficiente di variazione pari all'8%.

Per gli stessi acciai con snervamento o rottura superiore al tipo S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari al 6%.

Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua nell'ultimo semestre ed anche nei casi in cui i quantitativi minimi previsti non siano rispettati, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

#### **11.2.4.8.2.5 Controlli su singole colate**

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici di cui al precedente punto 11.2.4.8.2.3, i produttori possono richiedere di loro iniziativa di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un Laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, su singole colate di quei prodotti che, per ragioni produttive, non possono ancora rispettare le condizioni quantitative minime (vedere punto 11.2.4.8.2.2) per qualificarsi.

Le prove da effettuare sono quelle relative alle UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 ed i valori da rispettare sono quelli di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi

#### **11.2.4.8.2.6 Officine di trasformazione**

Si definisce officina di trasformazione un impianto che riceve dal produttore di acciaio elementi base e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in acciaio.

L'officina di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al punto 11.2.1.3.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nell'officina di trasformazione, vengono utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate nel controllo di produzione in fabbrica.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo di lavorazione e deve assicurarsi che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla consegna.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali devono comprendere l'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale degli elementi base e il certificato del sistema di gestione della qualità.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile l'officina di trasformazione stessa, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine; tale marcatura sarà depositata presso il Servizio Tecnico Centrale.

Le officine di trasformazione sono identificate, ai sensi del presente decreto, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere, secondo le indicazioni contenute al punto 11.2.4.8.3.

A tal fine è fatto obbligo a tali officine di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al direttore dei lavori.

L'esecuzione delle prove presso l'officina di trasformazione non esclude che il direttore dei lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni.

Le officine di trasformazione sono tenute a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando la loro organizzazione, i procedimenti di saldatura e di sagomatura impiegati, i materiali utilizzati, nonché le modalità di marcatura per l'identificazione dell'officina nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

Nella dichiarazione deve, inoltre, essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al Direttore Tecnico dell'officina, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi del presente decreto, sui controlli sui materiali.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali deve essere accompagnata, in aggiunta alla documentazione di cui al punto 11.2.1.3., da copia dei certificati delle prove fatte eseguire dal direttore dello stabilimento e della sopra citata dichiarazione.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.2.4.8.2.7 Centri di prelavorazione di componenti strutturali**

Si definiscono centri di prelavorazione o di servizio, quegli impianti che, ricevendo dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) realizzano elementi singoli prelavorati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di trasformazione per la realizzazione di strutture complesse nell'ambito delle costruzioni.

Il centro di prelavorazione deve dotarsi di un sistema di garanzia della qualità delle lavorazioni allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche del materiale e che il prodotto finito abbia i requisiti previsti dalle presenti norme.

È fatto obbligo a tali centri di nominare un responsabile tecnico che dovrà certificare che tutte le prelavorazioni siano state eseguite in conformità alle specifiche richieste. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.

#### **11.2.4.8.3 CONTROLLI IN CANTIERE**

I controlli in cantiere sono obbligatori.

Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo 3 prove, di cui almeno una sullo spessore massimo ed una sullo spessore minimo.



I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui al punto 11.2.4.2.2 per i profilati cavi per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per le caratteristiche chimiche.

Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art.59 del DPRn.380/2001 deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i risultati delle prove eseguite.

I certificati devono, inoltre, riportare l'indicazione del marchio identificativo rilevato. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Deve inoltre essere controllato che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nella EN 1090 e che quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.

#### **11.2.4.8.4 BULLONI E CHIODI**

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, con specifico riferimento al processo produttivo ed al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, ovvero nella quale siano descritte le avvenute variazioni.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

Ogni fornitura in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche, di bulloni o chiodi deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del Servizio Tecnico Centrale.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

### **11.3. MATERIALI DIVERSI DALL'ACCIAIO UTILIZZATI CON FUNZIONE DI ARMATURA IN STRUTTURE DI CEMENTO ARMATO**

Per l'impiego di materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura in strutture in cemento armato, con le indicazioni e limitazioni di cui al paragrafo 5.5 della presente norma, che non siano dotati di certificazione CE, è necessario che sia sottoposto al Servizio Tecnico Centrale un programma di prove di certificazione ed idoneità sulla base del quale il Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP., possa rilasciare un benestare tecnico.

### **11.4. SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE A CAVI POST-TESI**

Le presenti norme si applicano a qualsiasi sistema a cavi post-tesi, usato per la pretesione di strutture in conglomerato cementizio.

#### **11.4.1. PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE**

I produttori di sistemi di precompressione devono essere in possesso di attestato di conformità ad un Benestare Tecnico Europeo rilasciato sulla base della Linea Guida ETAG013, nonché depositare presso il Servizio Tecnico Centrale la relativa documentazione.

La documentazione da depositare deve includere:

- a) i disegni degli ancoraggi con la esatta indicazione delle dimensioni, dei materiali impiegati, delle tolleranze ammesse e di ogni altra caratteristica;
- b) copia dell'attestato di conformità e del Benestare Tecnico Europeo
- c) la resistenza caratteristica del calcestruzzo da utilizzare in corrispondenza degli ancoraggi;
- d) le armature accoppiate agli ancoraggi con esatta specifica delle dimensioni, delle caratteristiche, ed una relazione tecnica giustificativa, illustrante anche le particolari modalità di posizionamento e fissaggio degli ancoraggi, sia per ciò che riguarda il loro accostamento, sia per la loro distanza dai lembi della struttura.
- e) le specifiche tecniche dei condotti da utilizzare, nonché le modalità di posizionamento e fissaggio;
- f) le specifiche tecniche delle attrezzature e dei prodotti da utilizzare nelle operazioni di tensione, iniezione e sigillatura, nonché le procedure di esecuzione delle suddette operazioni.

Gli ancoraggi e tutte le loro parti devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità ai disegni depositati.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta il deposito della documentazione.

Tale deposito va rinnovato nel caso di rinnovo e/o modifica del Benestare Tecnico Europeo.

Le modalità di esecuzione delle prove di accettazione sono riportate nella Linea Guida di Benestare tecnico Europeo ETAG013.

## **11.5. APPOGGI STRUTTURALI**

Gli appoggi strutturali sono dispositivi di vincolo utilizzati nelle strutture, nei ponti e negli edifici, allo scopo di trasmettere puntualmente carichi e vincolare determinati gradi di libertà di spostamento.

I produttori di appoggi strutturali devono essere in possesso di attestato di conformità (marcatura CE) secondo il DPR n.246/93, art.7, comma 1 lettera A, alla relativa norma europea armonizzata della serie UNI EN 1337.

Il fabbricante degli appoggi destinati ad essere impiegati nelle opere di ingegneria dichiara, in conformità alla norma della serie UNI EN 1337, le caratteristiche tecniche del prodotto, quali la capacità portante, la capacità di rotazione, il coefficiente di attrito e la durabilità.

All'atto della posa in opera degli appoggi il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia oggetto di attestato di conformità e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare nell'ambito delle proprie competenze, quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture prive dell'attestato di conformità; dovrà inoltre effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la ve-

rifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti.

## **11.6. MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO**

Le prescrizioni contenute in questo paragrafo si applicano al legno massiccio ed ai prodotti a base di legno per usi strutturali.

### **11.6.1. GENERALITÀ**

#### **11.6.1.1 Legno massiccio**

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale selezionato, in dimensioni d'uso nelle strutture, classificato, elemento per elemento, secondo la resistenza sulla base di specifiche normative.

I parametri di resistenza, di rigidezza e di massa volumica assegnati al legno strutturale vengono di regola determinati sulla base di prove sperimentali normalizzate che producono gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà soggetto nella struttura. Tali prove devono essere condotte su campioni significativi di elementi classificati in dimensione d'uso.

I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche.

Per tipi di legname non inclusi nelle norme vigenti, è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose note aventi caratteristiche simili a quelle della specie incognita, oppure sulla base di correlazioni con i valori di resistenza, rigidezza e massa volumica ottenuti tramite prove eseguite su campioni di provini piccoli e netti. In questi due casi, tuttavia, si dovrà dimostrare di aver tenuto conto della minore affidabilità dei risultati rispetto a quelli ottenuti con il metodo ordinario.

La produzione, fornitura e utilizzazione del legno strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di rintracciabilità dei singoli elementi che copra la catena di custodia dal momento della prima classificazione e marcatura almeno fino al momento della prima messa in opera.

#### **11.6.1.2 Prodotti a base di legno**

In questa norma si considerano i seguenti prodotti a base di legno:

- legno strutturale massiccio con giunti a dita
- legno lamellare incollato
- legno lamellare incollato con giunti a dita a tutta sezione
- pannelli a base di legno per uso strutturale
- altri prodotti a base di legno per impieghi strutturali

La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti a base di legno per uso strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di assicurazione della qualità e di un

sistema di rintracciabilità che copra la catena di custodia dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti e/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera.

### 11.6.1.3 Valori caratteristici

Si definiscono valori caratteristici di resistenza di un tipo di legno i valori del frattile 5% della distribuzione delle resistenze, ottenuti sulla base dei risultati di prove sperimentali effettuate con una durata di 300 secondi su provini all'umidità di equilibrio del legno corrispondente alla temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria del 65%.

Per il modulo elastico, si fa riferimento sia ai valori caratteristici di modulo elastico (frattile 5% della distribuzione dei moduli elastici) sia ai valori medi, ottenuti nelle stesse condizioni di prova sopra specificate.

Si definisce massa volumica caratteristica il valore del frattile 5% della relativa distribuzione con massa e volume corrispondenti alle condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria del 65%.

La progettazione con elementi di legno strutturale o con prodotti a base di legno per uso strutturale richiede la dichiarazione dei valori caratteristici riportati nel prospetto seguente che, prende il nome di “profilo caratteristico” del prodotto considerato.

Tabella 11.6.I

Parametri di resistenza		Parametri di rigidezza		Massa volumica	
Flessione	$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio	$E_{0,mean}$	Massa volumica caratteristica	$\rho_k$
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	Massa volumica media	$\rho_{mean}$
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	Modulo elastico perpendicolare medio	$E_{90,mean}$		
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	Modulo elastico tangenziale medio	$G_{mean}$		
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$				
Taglio	$f_{v,k}$				

Esistono profili caratteristici riconosciuti come validi e affidabili per ciascun tipo di materiale sul quale è stata condotta una sperimentazione conforme alle normative in vigore.

### 11.6.1.4 Produttore

Si definisce “produttore” il soggetto legalmente responsabile della classificazione secondo la resistenza meccanica (così come definita nelle pertinenti norme tecniche citate nel seguito) del materiale o del prodotto a base di legno.

In assenza di esplicita indicazione contraria nei documenti di accompagnamento delle forniture di materiali e prodotti a base di legno, ai fini della responsabilità legale il produttore coincide con il fornitore del materiale o del prodotto.

### 11.6.2 LEGNO MASSICCIO

I produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale devono essere qualificati così come specificato al punto 11.6.8.1.

All'atto della posa in opera il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il legno strutturale sia oggetto di attestato di qualificazione e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

Per il legno strutturale, nelle norme sono disponibili due tipi diversi di profili caratteristici:

- le *Categorie*: sono riferite a specifici "tipi di legname" ovvero specifiche combinazioni di specie legnosa/provenienza geografica/qualità. Le categorie sono contenute nelle diverse norme di classificazione dei diversi Paesi di produzione del legno strutturale;
- le *Classi di Resistenza*: sono riunite nella UNI EN 338 e costituiscono una raccolta di "profili normalizzati" di validità generale, utili allorché il progettista non desideri o non sia in grado di indicare un preciso tipo di legname.

Entrambi i tipi di profili caratteristici sono ugualmente ammissibili in sede di progettazione. Tuttavia, al momento della fornitura del materiale, la classificazione di quest'ultimo dovrà essere conforme a quanto prescritto nel progetto.

È ammessa l'equivalenza di una Categoria alla corrispondente Classe di Resistenza (e viceversa) se tale equivalenza è stabilita dalla UNI EN1912.

Profili prestazionali caratteristici diversi da quelli sopra indicati potranno essere assunti nella progettazione sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali in conformità a quanto disposto nella EN 14081 (o normativa riconosciuta equivalente, per legname di provenienza non Europea).

#### 11.6.2.1 Profili caratteristici per legno strutturale di provenienza italiana

Profili caratteristici per tipi di legno strutturale di provenienza italiana sono contenuti nelle UNI 11035 (Parte 1 e Parte 2).

Nelle stesse norme si forniscono le regole di classificazione per i tipi di legname strutturale italiani, nonché indicazioni sulla procedura necessaria per l'attribuzione di profili caratteristici a tipi di legname non inclusi nella norma.

#### 11.6.2.2 Profili caratteristici per legno strutturale di provenienza non italiana

Per tipi di legno strutturale di provenienza non italiana è possibile utilizzare le Classi di Resistenza equivalenti indicate nella UNI EN 1912.

#### 11.6.2.3 Uso dei valori caratteristici per legno strutturale

I valori indicati nei profili caratteristici possono essere assunti nei calcoli di progetto come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Oltre alle già citate condizioni di prova normalizzate (geometria di prova, rottura a 300 s, umidità del legno in equilibrio con aria a  $T = 20^{\circ}\text{C}$  e  $\varphi = 65\%$ ), i valori caratteristici di resistenza riportati nelle norme sono riferiti alle seguenti dimensioni del provino:

- *provini per flessione*: altezza della sezione resistente 150 mm;
- *provino per trazione parallela alla fibratura*: dimensione massima della sezione resistente 150 mm;
- *provino per trazione perpendicolare alla fibratura*: dimensioni del provino 45x180x70 mm;
- *provino per resistenza a taglio*: volume uniformemente sollecitato 500 mm<sup>3</sup>.

Pertanto, per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione che presentino altezza della sezione trasversale resistente minore di 150 mm, il valore caratteristico  $f_{m,k}$ , indicato nei profili caratteristici, può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , così definito:

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2}; 1,3 \right\}$$

essendo  $h$ , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale resistente dell'elemento inflesso.

Analogamente in presenza di elementi di legno massiccio, a sezione rettangolare con dimensione massima inferiore a 150 mm, sottoposti a trazione parallelamente alla fibratura, il valore caratteristico  $f_{t,0,k}$ , indicato nei profili caratteristici, può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , sopra indicato, essendo  $h$ , in millimetri la misura del lato maggiore della sezione.

#### 11.6.2.4 Legno strutturale con giunti a dita

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, gli elementi di legno strutturale con giunti a dita devono essere conformi alla UNI-EN 385.

### 11.6.3. LEGNO LAMELLARE INCOLLATO

#### 11.6.3.1 Requisiti di produzione

I produttori di elementi di legno lamellare per uso strutturale devono essere qualificati così come specificato al punto 11.6.8.2.

All'atto della posa in opera il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il legno lamellare incollato sia oggetto di attestato di qualificazione e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

#### 11.6.3.2 Classi di resistenza

L'attribuzione degli elementi strutturali di legno lamellare ad una classe di resistenza viene effettuata dal produttore secondo quanto previsto ai punti seguenti.

##### 11.6.3.2.1 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLE PROPRIETÀ DELLE LAMELLE

Le lamelle sono da considerare a tutti gli effetti elementi di legno strutturale e sono quindi tutte individualmente classificate dal produttore come previsto in 11.6.2.

L'elemento strutturale di legno lamellare incollato può essere costituito dall'insieme di lamelle tra loro omogenee (elemento "omogeneo") oppure da lamelle di diversa qualità (elemento "combinato") secondo quanto previsto in UNI EN 1194.

Nella citata norma viene indicata la corrispondenza tra le classi delle lamelle che compongono l'elemento strutturale e la classe di resistenza risultante per l'elemento lamellare stesso, sia omogeneo che combinato.

#### 11.6.3.2.2 ATTRIBUZIONE DIRETTA IN BASE A PROVE SPERIMENTALI

Nei casi in cui il legno lamellare incollato non ricada in una delle tipologie previste dalla UNI EN 1194, è ammessa l'attribuzione diretta degli elementi strutturali lamellari alle classi di resistenza sulla base di risultati di prove sperimentali, da eseguirsi in conformità alla EN 14080.

#### 11.6.3.2.3 Uso dei profili caratteristici per il legno lamellare incollato

I valori indicati nei profili caratteristici possono essere assunti nei calcoli di progetto come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Oltre alle già citate condizioni di prova normalizzate (geometria di prova, rottura a 300 s, umidità del legno in equilibrio con aria a  $T = 20^{\circ}\text{C}$  e  $\varphi = 65\%$ ), i valori caratteristici di resistenza sono riferiti alle seguenti dimensioni del provino:

- *provini per flessione*: altezza della sezione resistente 600 mm;
- *provino per trazione parallela alla fibratura*: larghezza della sezione resistente (dimensione massima) 600 mm;
- *provino per trazione perpendicolare alla fibratura*: volume 10000 mm<sup>3</sup>;
- *provino per resistenza a taglio*: volume uniformemente sollecitato 500 mm<sup>3</sup>.

Pertanto, per elementi di legno lamellare incollato sottoposti a flessione che presentino una altezza della sezione trasversale minore di 600 mm, il valore caratteristico  $f_{m,k}$  può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , così definito:

$$k_h = \min. \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0,2}; 1,15 \right\}$$

essendo  $h$ , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale resistente dell'elemento inflesso.

Analogamente in presenza di elementi di legno lamellare, a sezione rettangolare con dimensione massima inferiore a 600 mm, sottoposti a trazione parallelamente alla fibratura, il valore caratteristico  $f_{t,0,k}$ , può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , sopra indicato, essendo  $h$ , in millimetri la misura del lato maggiore della sezione.

#### 11.6.3.3 Dimensioni delle lamelle

Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore  $s$  e l'area della sezione trasversale  $A$  indicati in UNI-EN 386.

#### 11.6.3.4 Giunti a dita "a tutta sezione"

I giunti a dita "a tutta sezione" devono essere conformi a quanto previsto da UNI-EN 387.



I giunti a dita "a tutta sezione" non possono essere usati per elementi strutturali da porre in opera nella classe di servizio 3, quando la direzione della fibratura cambi in corrispondenza del giunto.

#### **11.6.4. PANNELLI A BASE DI LEGNO**

I produttori di pannelli a base di legno per uso strutturale devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa parte approvata della norma europea armonizzata EN 13986.

Il produttore di pannelli a base di legno per uso strutturale dichiara, nelle forme previste e per le parti approvate delle norme europee armonizzate sopra citate, quanto previsto dall'appendice ZA e in particolare:

- le caratteristiche tecniche conformemente al paragrafo ZA.1
- le informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al paragrafo ZA.3.

Il metodo di controllo della conformità dei pannelli a base di legno è quello dettagliato nell'appendice ZA-Prospetto ZA.2 "Sistemi di attestazione della conformità" (Sistema 2+) delle relative norme armonizzate. Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n.246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

All'atto della posa in opera il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il pannello a base di legno per uso strutturale sia oggetto di attestato di conformità e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

I valori caratteristici di resistenza e di rigidezza sono indicati nella EN 12369 (per pannelli OSB, pannelli di particelle e pannelli di fibra) oppure indicati dai produttori (per i pannelli di legno compensato) con riferimento alla UNI EN 1072, determinati secondo il metodo descritto nella UNI EN 1058.

#### **11.6.5. ADESIVI**

Gli adesivi per usi strutturali devono produrre unioni aventi resistenza e durabilità tali che l'integrità dell'incollaggio sia conservata, nella classe di servizio assegnata, durante tutta la vita prevista della struttura.

#### **11.6.6. ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO**

Per tutti gli elementi metallici che fanno parte di particolari di collegamento (spinotti, chiodi, viti, piastre metalliche, ...) le caratteristiche specifiche verranno verificate con riferimento alle normative vigenti per la categoria di appartenenza.

## **11.6.7 DURABILITÀ DEL LEGNO E DERIVATI**

### **11.6.7.1 Generalità**

Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:

- l'uso della struttura;
- le condizioni ambientali prevedibili;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;
- la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;
- la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;
- le particolari misure di protezione;
- la probabile manutenzione durante la vita presunta.

adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali.

### **11.6.7.2 Requisiti di durabilità naturale dei materiali a base di legno**

Il legno ed i materiali a base di legno devono possedere un'adeguata durabilità naturale per la classe di rischio prevista in servizio, oppure devono essere sottoposti ad un trattamento preservante adeguato.

Per i prodotti in legno massiccio, una guida alla durabilità naturale e trattabilità delle varie specie legnose è contenuta nella UNI EN 350, mentre una guida ai requisiti di durabilità naturale per legno da utilizzare nelle classi di rischio è contenuta nella UNI-EN 460.

Le definizioni delle classi di rischio di attacco biologico e la metodologia decisionale per la selezione del legno massiccio e dei pannelli a base di legno appropriati alla classe di rischio sono contenute nelle UNI EN 335 (Parte 1, Parte 2 e Parte 3).

La classificazione di penetrazione e ritenzione dei preservanti è contenuta nelle UNI EN 351 (Parte 1 e Parte 2).

Le specifiche relative alle prestazioni dei preservanti per legno ed alla loro classificazione ed etichettatura sono indicate nelle UNI EN 599 (Parte 1 e Parte 2).

### **11.6.7.3 Resistenza alla corrosione**

I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione.

L'efficacia della protezione alla corrosione dovrà essere commisurata alle esigenze proprie della Classe di Servizio in cui opera la struttura.

## **11.6.8. PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE DEL LEGNO**

Le caratteristiche dei materiali, indicate nel capitolato secondo le prescrizioni dei punti da 11.6.1 a 11.6.7 o secondo eventuali altre prescrizioni in funzione della specifica opera, devono essere garantite dai fornitori e/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni che seguono.

Il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nel presente paragrafo.

### 11.6.8.1 Legno massiccio

Per la qualificazione della produzione, i produttori di legno strutturale massiccio devono produrre al Servizio Tecnico Centrale, per ciascun stabilimento, la documentazione seguente:

- l'individuazione dello stabilimento cui l'istanza si riferisce;
- il tipo di elementi strutturali che l'azienda è in grado di produrre;
- l'organizzazione del sistema di rintracciabilità relativo alla produzione di legno strutturale;
- l'organizzazione del controllo interno di produzione, con l'individuazione di un "Direttore Tecnico della produzione" qualificato alla classificazione del legno strutturale;
- il marchio afferente al produttore (in seguito denominato "marchio del fornitore") specifico per la classe di prodotti "elementi di legno massiccio per uso strutturale".

I produttori sono tenuti ad inviare al Servizio Tecnico Centrale, ogni anno, i seguenti documenti:

- a) una dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità della organizzazione del controllo interno di qualità o le eventuali modifiche;
- b) i risultati dei controlli interni eseguiti nell'ultimo anno, per ciascun tipo di prodotto, da cui risulti anche il quantitativo di produzione.

Il mancato rispetto delle condizioni sopra indicate, accertato anche attraverso sopralluoghi, può comportare la decadenza della qualificazione.

Tutte le forniture di elementi in legno massiccio per uso strutturale debbono essere marcate e accompagnate da una documentazione relativa alle caratteristiche tecniche del prodotto.

#### 11.6.8.1.1 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, conforme alla EN 14081.

Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia

in lotti, differenti possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di legname nonché al lotto di classificazione e alla data di classificazione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, e dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o lotto) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

#### **11.6.8.1.2 FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO**

Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.6.8.2 Legno lamellare**

I produttori di elementi in legno lamellare, per i quali valgono integralmente tutte le disposizioni di cui al precedente punto 11.6.8.1, devono dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da

parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo produttivo, il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo produttivo.

Ai produttori di elementi in legno lamellare è fatto altresì obbligo di:

- a) Sottoporre la produzione, presso i propri stabilimenti, ad un controllo continuo documentato condotto sulla base della UNI-EN 386. Il controllo della produzione deve essere effettuato a cura del Direttore Tecnico di stabilimento, che deve provvedere alla trascrizione dei risultati delle prove su appositi registri di produzione. Detti registri devono essere disponibili al Servizio Tecnico Centrale e, limitatamente alla fornitura di competenza, per il direttore dei lavori e il collaudatore della costruzione.
- b) Nella marchiatura dell'elemento, oltre a quanto già specificato nel punto 11.6.8.1, deve essere riportato anche l'anno di produzione.

#### **11.6.8.3 Pannelli a base di legno**

Ai produttori di pannelli a base di legno per impieghi strutturali per i quali, per quanto applicabili, valgono integralmente tutte le disposizioni di cui ai precedenti punti 11.6.8.1 e 11.6.8.2, è fatto altresì obbligo di sottoporre la produzione ai controlli previsti per gli impieghi strutturali conformemente a quanto indicato nella EN 13986.

#### **11.6.8.4 Altri prodotti a base di legno**

Per i produttori di elementi a base di legno per impieghi strutturali che non rientrino tra quelli precedentemente esaminati, per quanto applicabili, valgono integralmente tutte le disposizioni di cui al precedente punto 11.6.8.1 e 11.6.8.2; è fatto altresì obbligo di sottoporre la produzione ai controlli previsti per impieghi strutturali nelle normative EN applicabili.

#### **11.6.8.5 Prodotti provenienti dall'estero**

Gli adempimenti di cui ai punti 11.6.8.1 fino a 11.6.8.4 si applicano anche agli eventuali prodotti finiti provenienti dall'estero.

Per i prodotti provenienti da Paesi esteri, nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità competenti, il fornitore potrà, in alternativa a quanto previsto al primo comma, inoltrare al Servizio Tecnico Centrale domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio.

L'equivalenza della procedura di cui al precedente comma è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### **11.6.8.6 Laboratori di prove e controlli**

Sono abilitati ad effettuare le prove ed i controlli, sia sui prodotti che sui cicli produttivi, i laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 ed i laboratori abilitati ai sensi del DPR n. 246/93 in materia di prove e controlli sul legno.

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ONLINE

## **11.7. COMPONENTI PREFABBRICATI**

### **11.7.1. GENERALITÀ**

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare, deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti ad un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato nel presente paragrafo.

### **11.7.2. REQUISITI MINIMI DEGLI STABILIMENTI E DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE**

Il processo di produzione degli elementi costruttivi prefabbricati, oggetto delle presenti norme, deve essere caratterizzato almeno da:

- impianti in cui le materie costituenti siano conservate in sili, tramogge e contenitori che ne evitino ogni possibilità di confusione, dispersione o travaso;
- dosaggio a peso dei componenti solidi e dosaggio a volume, o a peso, dei soli componenti liquidi, mediante utilizzo di strumenti rispondenti alla normativa vigente;
- organizzazione mediante una sequenza completa di operazioni essenziali in termini di produzione e controllo;
- organizzazione di un sistema permanente di controllo documentato della produzione;
- rispetto delle norme di protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

### **11.7.3. CONTROLLO DI PRODUZIONE**

Gli impianti per la produzione del calcestruzzo destinato alla realizzazione di elementi costruttivi prefabbricati, disciplinati dalle presenti norme, devono essere idonei ad una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Il produttore di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da

parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

#### **11.7.3.1 Controllo sui materiali per elementi di serie**

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni di legge vigenti.

Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il Direttore tecnico di Stabilimento dovrà effettuare il controllo continuo del conglomerato secondo le prescrizioni contenute nel paragrafo 11.1, operando con attrezzature tarate annualmente da uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del produttore. Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Consiglio Superiore dei lavori pubblici - Servizio Tecnico Centrale, per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.

Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a ventotto giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico, secondo le modalità delle norme vigenti e su provini maturati in condizioni termoigrometriche di stagionatura conformi a quelle dei manufatti prefabbricati prodotti.

La resistenza caratteristica dovrà essere determinata secondo il metodo di controllo di tipo B di cui al punto 11.1.5, ed immediatamente registrata.

Inoltre dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a ventotto giorni di stagionatura, presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo; tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo A di cui al punto 11.1.5, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.

Sarà cura del Direttore Tecnico dello stabilimento di annotare sullo stesso registro i risultati delle prove di stabilimento e quelli del laboratorio esterno.

Infine, il tecnico abilitato dovrà predisporre periodicamente, almeno su base annua, una verifica della conformità statistica dei risultati dei controlli interni e di quelli effettuati da laboratorio esterno, tra loro e con le prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche.

#### **11.7.3.2 Controllo di produzione di serie "controllata"**

Per le produzioni per le quali è prevista la serie controllata, è richiesto il rilascio preventivo dell'autorizzazione alla produzione da parte del Servizio Tecnico Centrale, secondo le procedure di cui al punto 11.7.4.3.

Al termine del primo biennio di produzione si instaurerà la procedura ordinaria.



### **11.7.3.3 Prove di tipo iniziali per elementi di serie controllata**

La produzione in serie controllata di componenti strutturali deve essere preceduta da verifiche sperimentali su prototipi eseguite da un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, appositamente incaricato dal produttore.

### **11.7.3.4 Marcatura**

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie, deve essere appositamente contrassegnato da marcatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del produttore e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.

Inoltre, per manufatti di peso superiore ad 80 KN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

## **11.7.4. PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE**

La valutazione dell'idoneità del processo produttivo e del controllo di produzione in stabilimento, nonché della conformità del prodotto finito, è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

I produttori di elementi prefabbricati di serie devono procedere alla qualificazione dello stabilimento e degli elementi costruttivi prodotti trasmettendo, ai sensi dell'art.58 del DPR n.380/2001, idonea documentazione al Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La documentazione di cui sopra sarà resa nota dal Servizio Tecnico Centrale a mezzo di specifica Circolare.

Il Servizio Tecnico Centrale ha facoltà, anche attraverso sopralluoghi, di accertare la validità e la rispondenza della documentazione, come pure il rispetto delle prescrizioni contenute nella presente normativa.

Il Servizio Tecnico Centrale provvede ad aggiornare l'elenco della documentazione necessaria ad ottenere la qualificazione, in base ai progressi tecnici ed agli aggiornamenti normativi che dovessero successivamente intervenire.

### **11.7.4.1 Qualificazione dello stabilimento**

Il riconoscimento dello stabilimento è il presupposto per ogni successivo riconoscimento di tipologie produttive.

La qualificazione del sistema organizzativo dello stabilimento e del processo produttivo deve essere dimostrata attraverso la presentazione di idonea documentazione, relativa alla struttura organizzativa della produzione ed al sistema di controllo in stabilimento.

Nel caso in cui gli elementi costruttivi siano prodotti in più stabilimenti, la qualificazione deve essere riferita a ciascun centro di produzione.

#### **11.7.4.2 Qualificazione della produzione in serie dichiarata**

Tutte le ditte che procedono in stabilimento alla costruzione di manufatti prefabbricati in serie dichiarata, prima dell'inizio di una nuova produzione devono presentare apposita domanda alla Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici – Servizio Tecnico Centrale.

Tale domanda deve essere corredata da idonea documentazione, ai sensi dell'art. 58 del DPR n.380/2001 e di quanto indicato al punto 11.7.4.1.

Sulla base della documentazione tecnica presentata il STC rilascerà apposito attestato di qualificazione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'attestato è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati relativi all'attività svolta ed ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### **11.7.4.3 Qualificazione della produzione in serie controllata**

Oltre a quanto specificato per produzione in serie dichiarata, la documentazione necessaria per la qualificazione della produzione in serie controllata dovrà comprendere la documentazione relativa alle prove a rottura su prototipo ed una relazione interpretativa dei risultati delle prove stesse.

Sulla base della documentazione tecnica presentata il Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici, rilascerà apposita autorizzazione alla produzione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'autorizzazione è rinnovabile su richiesta previa presentazione di idonei elaborati, relativi all'attività svolta ed ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### **11.7.4.4 Sospensioni e revoche**

È prevista la sospensione o, nei casi più gravi o di recidiva, la revoca degli attestati di qualificazione in serie dichiarata o controllata, ove il Servizio Tecnico Centrale accerti, in qualsiasi momento, difformità tra i documenti depositati e la produzione effettiva, ovvero la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica.

I provvedimenti di sospensione e di revoca vengono adottati dal Servizio Tecnico Centrale sentito il parere del Consiglio Superiore dei lavori pubblici e sono atti definitivi.

#### **11.7.5. DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO**

Ogni fornitura in cantiere di manufatti prefabbricati prodotti in serie dovrà essere accompagnata dalla seguente documentazione, da conservare a cura del Direttore dei lavori dell'opera in cui detti manufatti vengono inseriti:

- apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art.58 del DPR

n.380/2001.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera;
- apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare l'indicazione degli estremi dell'attestato di qualificazione, nonché il nominativo del progettista;
- attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e copia della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo di produzione in fabbrica;
- documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art.59 del DPR n.380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei lavori di cui all'art.65 del DPR n.380/2001;

Il Direttore dei lavori non può accettare in cantiere elementi prefabbricati in serie, che non siano accompagnati da tutti i documenti predetti.

Inoltre, prima di procedere all'accettazione dei manufatti stessi, il Direttore dei lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal punto 11.7.3.4

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- a) destinazione del prodotto;
- b) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- c) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- d) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- e) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

### 11.8. DISPOSITIVI ANTISISMICI

Per dispositivi antisismici si intendono gli elementi che contribuiscono a modificare la risposta sismica di una struttura, ad esempio incrementando il periodo fondamentale della struttura, modificando la forma dei modi di vibrare fondamentali, incrementando la dissipazione di energia, limitando la forza trasmessa alla struttura e/o introducendo vincoli permanenti o temporanei che migliorano la risposta sismica.

Tutti i dispositivi devono avere una vita di servizio maggiore di 10 anni. Devono essere previsti piani di manutenzione e di sostituzione allo scadere della vita di servizio, senza significativi effetti sull'uso delle strutture in cui sono installati.

Ai fini della robustezza dei componenti strutturali in oggetto deve essere certificato che trattamenti termici, in un campo di temperatura di riferimento  $-15^{\circ}\text{C}$  -  $+45^{\circ}\text{C}$  non modifichino significativamente le prestazioni del dispositivo. Per opere particolari, per le quali le temperature prevedibili non rientrano in tale intervallo, la sperimentazione verrà condotta per campi di temperatura diversi da quelli di riferimento.

Se l'effetto delle azioni variabili ne fanno modificare, con processo ciclico, i regimi tensionali, deve esserne verificato il decadimento delle caratteristiche meccaniche per effetto della fatica.

In generale, ai fini della presente norma, si possono individuare le seguenti tipologie di dispositivi:

*Dispositivi "Lineari" (LD):* dispositivi caratterizzati da un legame forza-spostamento praticamente lineare, fino ad un dato livello di spostamento, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità; nella fase di scarico non devono mostrare spostamenti residui significativi.

*Dispositivi "Non Lineari" (NLD):* dispositivi caratterizzati da un legame forza-spostamento non lineare, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità.

*Dispositivi "Viscosi" :* dispositivi in cui la forza dipende soltanto dalla velocità o da velocità e spostamento contemporaneamente; il loro funzionamento è basato sulle forze di reazione causate dal flusso di un fluido viscoso attraverso orifizi o sistemi di valvole.

*Isolatori Elastomerici:* sono dispositivi costituiti da strati alternati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) e di acciaio, quest'ultimo con funzione di confinamento dell'elastomero; questi dispositivi risultano fortemente deformabili per carichi paralleli alla giacitura degli strati (carichi orizzontali).

Se i dispositivi antisismici svolgono anche il ruolo di appoggi strutturali nelle situazioni non sismiche, questi devono soddisfare le prescrizioni riportate nella parte 11.5 della presente norma.

I dispositivi antisismici devono essere sottoposti a procedure di qualificazione, con verifica della conformità ai requisiti funzionali dichiarati. Tali procedure hanno lo scopo di dimostrare che il dispositivo è in grado di mantenere la propria funzionalità nelle condizioni d'uso previste durante tutta la vita di progetto e devono includere almeno i punti seguenti:

- Dichiarazione della vita di servizio;
- Dichiarazione della conservazione delle prestazioni del dispositivo durante la vita di servizio;
- Dichiarazione delle caratteristiche meccaniche dei componenti del dispositivo;
- Descrizione del comportamento sotto azione sismica;
- Determinazione dei legami costitutivi del dispositivo mediante prove sperimentali;
- Un modello costitutivo che descriva il comportamento del dispositivo in differenti condizioni di uso, incluse tutte le combinazioni di azioni previste nella presente norma, che rappresenti correttamente i fenomeni fisici attesi nel funzionamento del dispositivo, in particolare sotto le azioni sismiche;
- Prove di qualificazione.

In particolare, le caratteristiche tecniche da misurare e dichiarare sono indicate nella seguente Tabella 11.8.I, a seconda del tipo di dispositivo.

**Tabella 11.8.I**

CARATTERISTICA	D. Lineare	D. Non lineare	D. Viscoso	Isolatore in elastomero
Capacità portante	si	si	-	si
Resistenza ad azioni sismiche	si	si	Si	-
Modulo di taglio	si	si	Si	si
Capacità di rotazione	si	si	Si	si
Coefficiente di attrito	si	si	-	-
Capacità di distorsione orizzontale	-	-	Si	si
Durabilità	si	si	Si	si

Per quanto riguarda la definizione delle suddette caratteristiche, le norme di prova di qualificazione ed accettazione dei dispositivi, si farà riferimento, ove possibile, alle norme europee applicabili ovvero, in assenza delle stesse, agli allegati all'O.P.C.M. del 20 marzo 2003 n.3274.

Le caratteristiche dei dispositivi, di cui alla Tabella 11.8.I, devono essere accertate mediante opportune prove sui materiali e sui dispositivi, eseguite e certificate da laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, dotati di adeguata competenza, attrezzatura ed organizzazione. Tali laboratori devono essere incaricati dal produttore previo nulla osta rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale.

In assenza di un attestato di conformità CE, i dispositivi antisismici devono essere dotati di un Benestare Tecnico rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP..

La documentazione da inviare al Servizio Tecnico Centrale, per il rilascio del Benestare Tecnico, deve includere almeno:

- a) denominazione e caratteristiche del dispositivo che si intende qualificare;
- b) disegni con la esatta indicazione delle dimensioni, dei materiali impiegati, e della loro qualificazione, delle tolleranze ammesse e di ogni altra caratteristica utile alla loro valutazione;
- c) documentazione tecnica con la dichiarazione delle caratteristiche tecniche individuate nella Tabella 11.8.I;
- d) certificati delle prove svolte dal laboratorio di prova prescelto;
- e) il manuale di installazione e posa in opera, con l'individuazione, tra gli altri, di tutte le specifiche tecniche delle attrezzature e dei prodotti da utilizzare nelle operazioni di posa in opera.

I dispositivi devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità alla documentazione depositata.

Allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera, tutti i dispositivi devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

L'elenco dei prodotti qualificati sarà disponibile presso il Servizio Tecnico Centrale.

Il dispositivo può essere utilizzato nelle opere se in possesso di Benestare Tecnico. Il Benestare ha validità 5 (cinque) anni.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi del Benestare Tecnico, della certificazione del processo di produzione, dei rapporti di prova e le caratteristiche dichiarate dal produttore.

All'atto della posa in opera dei dispositivi il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia oggetto di Benestare Tecnico presso il Servizio Tecnico Centrale e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore del sistema stesso. Dovrà inoltre rifiutare le eventuali forniture non conformi ed effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché eventualmente la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche di cui alla Tabella 11.8.I.

## 11.9. MURATURA PORTANTE

### 11.9.1. ELEMENTI PER MURATURA

Gli elementi per muratura portante devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa norma europea armonizzata della serie EN 771, ai sensi del DPR n. 246/93, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella:

**Tabella 11.9.I**

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata. UNI EN 771-1-2-3-4-5	CATEGORIA 1	2+
	CATEGORIA 2	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del DPR n. 246/93.

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria 1 e 2 è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza ammissibile, del corrispondente coefficiente di sicurezza  $\gamma_m$  riportato nel relativo paragrafo 5.4.

Il produttore degli elementi per muratura portante dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui alla Tabella 11.9.II, in conformità all'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea della serie EN 771.

**Tabella 11.9.II**

Parametro	Norma UNI EN di riferimento
Dimensioni e tolleranze dimensionali	UNI EN 772-16
Configurazione (in disegno o tabella da allegare)	UNI EN 772-3, 772-9, 772-16
Categoria (I o II)	UNI EN 771-1
Densità apparente	UNI EN 772-13
Resistenza caratteristica a compressione (direzione dei carichi verticali)	UNI EN 772-1
Resistenza caratteristica a compressione media in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura	UNI EN 772-1

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al punto ZA.3 della relativa norma europea.

In particolare, per quanto riguarda la resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali, la resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e in direzione ortogonale ai carichi verticali e le specifiche sulle malte per murature, si specifica quanto riportato nei paragrafi seguenti.

### 11.9.2. RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE NELLA DIREZIONE DEI CARICHI VERTICALI

La resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali degli elementi è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

Nel caso venga utilizzato un numero di campioni pari a 30, la resistenza caratteristica viene ricavata mediante la seguente formula:

$$f_{bk} = f_{bm} - 1,64 s$$

nella quale è:

$f_{bm}$  = la media aritmetica delle resistenze unitarie dei campioni;

$s$  = lo scarto quadratico medio.

Nel caso in cui il numero  $n$  dei campioni sia compreso tra 10 e 29 il coefficiente moltiplicatore di  $s$  assume convenzionalmente i valori  $k$  di cui alla seguente Tabella 11.9.III.

**Tabella 11.9.III**

n	10	12	16	20	25
k	2,13	2,06	1,98	1,93	1,88

In entrambi i casi sopra riportati e qualora il valore  $s$  calcolato risultasse inferiore a  $0,08 f_{bm}$  si deve introdurre nella formula questo ultimo valore. Qualora il valore di  $s/f_{bm}$  risultasse superiore a  $0,2$  il valore della resistenza  $f_{bk}$  deve essere considerato non accettabile.

Nel caso infine in cui la prova venga effettuata su un numero di campioni compreso fra 6 e 9 la resistenza caratteristica viene assunta pari al minimo dei seguenti due valori:

a)  $0,7 f_{bm}$  (N/mm<sup>2</sup>);

b) il valore minimo della resistenza unitaria del singolo campione.

Le formule sopra riportate si applicano alle prove effettuate annualmente; non si applicano alle prove di autocontrollo effettuate dal produttore, per le quali valgono le indicazioni riportate nella relativa UNI EN 771, sia per quanto riguarda la quantità di campioni che la periodicità delle prove.



### 11.9.3. RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE NEL PIANO DELLA MURATURA E NELLA DIREZIONE ORTOGONALE AI CARICHI VERTICALI

La determinazione della resistenza caratteristica a compressione nella direzione ortogonale a quella dei carichi verticali nel piano della muratura  $\bar{f}_{bk}$  è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

La resistenza caratteristica è dedotta da quella media  $\bar{f}_{bm}$  dei 6 campioni mediante la relazione  $\bar{f}_{bk} = 0,7 \bar{f}_{bm}$ .

### 11.9.4. MALTE PER MURATURA

La malta da muratura deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere dotata di attestato di conformità all'annesso ZA della norma europea EN 998-2 (Marcatura CE).

Il fabbricante di malta dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 a) dell'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea EN 998-2.

Il sistema di attestazione della conformità delle malte, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella seguente Tabella 11.9.IV.

Tabella 11.9.IV

Specifiche Tecniche Europee di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+
	Uso non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n.246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del DPR n.246/93

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (regii decreti 16 novembre 1939, n. 2231 e n. 2230; legge 26 maggio 1965, n. 595, decreto ministeriale 14 gennaio 1966, decreto ministeriale 3 giugno 1968, decreto ministeriale 31 agosto 1972 e successive integrazioni o modificazioni).

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$ . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza  $f_m$  espressa in N/mm<sup>2</sup> secondo la Tabella 11.9.V. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza  $f_m \leq 1$  N/mm<sup>2</sup>.

**Tabella 11.9.V - Classi di malte**

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup>	2.5	5	10	15	20	d

d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm<sup>2</sup> dichiarata dal produttore

## 11.9.5. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI DELLA MURATURA

### 11.9.5.1 Resistenza a compressione

#### DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su  $n$  muretti ( $n \geq 6$ ), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate qui di seguito.

I provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e ognuno di essi deve essere costituito almeno da tre corsi di elementi resistenti e deve rispettare le seguenti limitazioni:

- lunghezza ( $b$ ) pari ad almeno due lunghezze di blocco;
- rapporto altezza/spessore ( $l/t$ ) variabile tra 2.4 e 5.

La confezione è eseguita su di un letto di malta alla base e la faccia superiore è finita con uno strato di malta. Dopo una stagionatura di 28 giorni a 20 °C, 70% di umidità relativa, prima di effettuare la prova, la faccia superiore di ogni provino viene eventualmente livellata con gesso; il muretto può anche essere contenuto fra due piastre metalliche rettificata, utili per gli spostamenti ed il suo posizionamento nella pressa.

Il provino viene posto fra i piatti della macchina di prova (uno dei quali articolato) e si effettua quindi la centratura del carico. In proposito è consigliabile procedere anche ad un controllo estensimetrico. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0.5 MPa ogni 20 secondi.

La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k s$$

dove:

$f_m$  = resistenza media;

$s$  = stima dello scarto;

$k$  = coefficiente riportato nella tabella seguente:

$n$	6	8	10	12	20
$k$	2.33	2.19	2.1	2.05	1.93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta: n. 3 provini prismatici 40 x 40 x 160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo EN 998-2;

- elementi resistenti: n. 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

#### STIMA DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di  $f_k$  può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la Tabella 11.9.VI.

La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm.

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

**Tabella 11.9.VI** - Valori di  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	--

Nel caso di murature costituite da elementi naturali si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento  $f_{bk}$  pari a:

$$f_{bk} = 0.75 f_{bm}$$

dove  $f_{bm}$  rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata.

Il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura  $f_k$  può essere dedotto dalla resistenza caratteristica a compressione degli elementi  $f_{bk}$  e dalla classe di appartenenza della malta tramite la seguente Tabella 11.9.VII.

**Tabella 11.9.VII-** Valori di  $f_k$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
$\geq 40.0$	14.3	12.0	10.4	--

Anche in questo caso, per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

### 11.9.5.2 Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA RESISTENZA A TAGLIO

La determinazione della resistenza al taglio in assenza di tensioni normali,  $f_{vk0}$ , deve essere effettuata mediante prove di compressione diagonale su muretti. Le prove devono essere effettuate su almeno 6 provini.

La resistenza caratteristica  $f_{vk0}$  sarà dedotta dalla resistenza media  $f_{vm}$ , ottenuta dai risultati delle prove, mediante la relazione:

$$f_{vk0} = 0.7 f_{vm}$$

STIMA DELLA RESISTENZA A TAGLIO

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di  $f_{vk0}$  può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi tramite le Tabelle 11.9.VIII e 11.9.IX.

La validità di tali tabelle è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

**Tabella 11.9.VIII -** Valori di  $f_{vk0}$  per murature in elementi artificiali di laterizio pieni e semipieni (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta	$f_{vk0}$
$\leq 15$	$\leq M15$	0.2
$> 15$	$\leq M15$	0.3

**Tabella 11.9.IX** - Valori di  $f_{vk0}$  per murature in elementi artificiali di calcestruzzo pieni e semipieni (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta	$f_{vk0}$
$\leq 3$	M15, M10, M5	0.1
	M2.5	0.1
$> 3$	M15, M10, M5	0.2
	M2.5	0.1

La Tabella 11.9.X indica i valori di  $f_{vk0}$  che possono essere usati nel caso di murature con elementi naturali di pietra squadrata.

**Tabella 11.9.X** - Valori di  $f_{vk0}$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta	$f_{vk0}$
$\leq 3$	M15, M10, M5	0.1
	M2.5	0.1
$> 3$	M15, M10, M5	0.2
	M2.5	0.1

### 11.9.5.3 Resistenza caratteristica a taglio

In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura,  $f_{vk}$ , è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n$$

dove:

$f_{vk0}$ : resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;

$\sigma_n$ : tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Per elementi resistenti artificiali semipieni o forati deve risultare soddisfatta la relazione

$$f_{vk} \leq f_{vk,lim} = 1.4 \bar{f}_{bk}$$

con

$f_{vk,lim}$ : valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo;

$\bar{f}_{bk}$ : valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro, da ricavare secondo le modalità descritte nella relativa norma della serie EN 771 .

**11.9.5.4 Moduli di elasticità secanti**

Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato, in presenza di dati sperimentali, facendo riferimento all'intervallo:

$$0.1 f_k \div 0.4 f_k$$

In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante  $E = 1000 f_k$
- modulo di elasticità tangenziale secante  $G = 0.4 E$

COPIA TRATTA DA GURITEL — GAZZETTA UFFICIALE ON-LINE

## 12. REFERENZE TECNICHE ESSENZIALI

### 12.1. CODICI INTERNAZIONALI

- Eurocodici approvati dal Comitato Europeo di Normazione in forma di Euro Norma (EN)
- Manuale dell'American Concrete Institut "ACI Manual of Concrete Practice"
- Manuali dell'American Society of Civil Engineers (ASCE)
- Altri codici di riconosciuto livello internazionale

### 12.2. LETTERATURA TECNICA CONSOLIDATA

- Commenti del Consiglio Superiore dei LL.PP. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
- Istruzioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.)

- 12.3. **O.P.C.M. 20-3-2003, N. 3274** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni ed integrazioni.

05A08982

AUGUSTA IANNINI, *direttore*

FRANCESCO NOCITA, *redattore*

(G503132/1) Roma, 2005 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. - S.