COMUNE DI MONTERONI D'ARBIA (SI)

Realizzazione della nuova scuola materna di Ponte d'Arbia

LA miA scuolA respirA



PROGETTO ESECUTIVO

MontDA_E Stru 004

Il Responsabile del Procedimento: **Arch. Anna Calocchi**

Concorrente

CONSORZIO NAZIONALE COOPERATIVE DI PRODUZIONE E LAVORO "CIRO MENOTTI" S.C.p.A.
Via Traversari 63
48121 - RAVENNA

R.T.P. di progettazione

Settanta7 Studio Associato
Arch. Daniele Rangone

Settanta7 Studio Associato
Arch. Elena Rionda

ANSALDI
STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI
Ing. Alessandro Ansaldi

ANSALDI
STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI
Ing.Riccardo Ansaldi

Arch. Rossi Fioravanti Tommaso

Ing. Luca Lussorio

Ing. Paoletti Francesco

Arch. Marina Castrovillari

RELAZIONE SUI MATERIALI - CAP.11/NTC 2008

Novembre 2015

Questo elaborato è di proprietà del R.T.P. sopra citato. Qualsiasi divulgazione o riproduzione anche parziale deve essere espressamente autorizzata.

ANSALDI
STUDIO
INGEGNERI
ASSOCIATI

RELAZIONE GEOTECNICA

0. INDICE

0.	INDICE	1
1.	PREMESSA	3
2.	PROGRAMMA ESECUTIVO DEI LAVORI	3
3.	ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI	3
4.	PROVVISTA DEI MATERIALI	4
5.	SOSTITUZIONE DEI LUOGHI DI PROVENIENZA DEI MATERIALI	4
6.	NORME DI RIFERIMENTO PER L'ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	4
7.	MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE	5
8.	CALCESTRUZZO	6
9.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	37
10.	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E COMPOSTE	44
11.	APPOGGI STRUTTURALI	50
12.	MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO	50

INDICE

1. PREMESSA

La presente integra tutte le specifiche tecniche dichiarate nelle relazioni di calcolo che trattano l'analisi della struttura.

2. PROGRAMMA ESECUTIVO DEI LAVORI

Entro trenta (30) giorni dalla consegna, l'appaltatore deve predisporre e consegnare alla direzione lavori un programma esecutivo dei lavori, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa.
Tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla direzione dei lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dalla data di ricevimento. Trascorso il predetto termine senza che la direzione dei lavori si sia pronunciata, il programma si intenderà accettato, fatte salve palesi illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

3. ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del capitolato speciale ed essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del direttore dei lavori; in caso di contestazioni, si procederà come previsto della normativa in vigore.
L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque momento i materiali ed i componenti deperiti dopo l'introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.
Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.
Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo.
L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.
Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le de-

terminazioni definitive dell'organo di collaudo.
Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.
La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'appaltatore.

4. PROVVISTA DEI MATERIALI

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'appaltatore è libero di scegliere il luogo da cui prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri, né all'incremento dei prezzi pattuiti.
Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee e ripristino dei luoghi.
A richiesta della stazione appaltante, l'appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, nel caso in cui per contratto le espropriazioni siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati.

5. SOSTITUZIONE DEI LUOGHI DI PROVENIENZA DEI MATERIALI

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il direttore dei lavori può prescriverne uno diverso, per ragioni di necessità o convenienza.
Nel caso di cui al comma 1, se il cambiamento importa una differenza in più o in meno del quinto del prezzo contrattuale del materiale, si fa luogo alla determinazione del nuovo prezzo così come previsto dalla norma in atto.
Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del direttore dei lavori, che riporti l'espressa approvazione del responsabile del procedimento.

6. NORME DI RIFERIMENTO PER L'ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto

esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto. In assenza di nuove ed aggiornate norme, il direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della direzione lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

L'appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove scritte dal presente capitolato speciale d'appalto o dalla direzione dei lavori, sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che realizzati in opera e sulle forniture in generale. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme regolamentari ed UNI vigenti, verrà effettuato in contraddittorio con l'impresa sulla base della redazione di verbale di prelievo.

7. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della Marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n.246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499;
- materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

- materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel presente capitolo e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN armonizzate, di cui alla Dir. 89/106/CEE ed al DPR 246/93, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato. Il richiamo alle specifiche tecniche volontarie EN, UNI e ISO deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata.

8. CALCESTRUZZO

8.1 SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di resistenza, la classe di consistenza, l'esposizione ambientale ed il diametro massimo dell'aggregato. La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubica Rck e cilindrica fck a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm. Al fine delle verifiche sperimentali i provini prismatici di base 150x150 mm e di altezza 300 mm sono equiparati ai cilindri di cui sopra.

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, si dovranno dare indicazioni in merito alla composizione, ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla norma UNI ENV 13670-1:2001 ed alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche

meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nonché dare indicazioni in merito alla composizione della miscela, compresi gli eventuali additivi, tenuto conto anche delle previste classi di esposizione ambientale (di cui, ad esempio, alla norma UNI EN 206-1: 2006) e del requisito di durabilità delle opere.
La resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. Nel presente documento la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini come sopra descritti, confezionati e stagionati come specificato al paragrafo 11.2.4 del DM 14 gennaio 2008, eseguite a 28 giorni di maturazione. Si dovrà tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione. In tal caso potranno essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza ed il corrispondente valore caratteristico.
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.

8.2 CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo va prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite 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 calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.
- Controllo di produzione: riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.
- Controllo di accettazione: riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.
- Prove complementari: sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

8.3 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.
Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al paragrafo 11.2.5 del DM 14 gennaio 2008.
Queste prove sono finalizzate ad ottenere il calcestruzzo più rispondente sia alle caratteristiche prescritte dal progettista sia alle esigenze costruttive, in termini di clase di resistenza, classe di consistenza, tempi di maturazione, ecc. In genere lo studio della miscela viene condotto presso il produttore di calcestruzzo, sotto il controllo di un laboratorio autorizzato, ovvero presso il laboratorio stesso.

8.4 PRELIEVO DEI CAMPIONI

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera 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 calcestruzzo.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo 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 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2002.

8.5 CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A:

è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m3.

Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m3 di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m3 massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m3 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.

- controllo di tipo B:

riferito alla realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m3 di miscela omogenea.

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m3 di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m3.

Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei 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 valor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). In questo caso la resistenza minima di prelievo R1 dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.
Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s / Rm) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al paragrafo 11.2.6 del DM 14 gennaio 2008.
Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

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

CONTROLLO DI TIPO A	CONTROLLO DI TIPO B
R1≥Rck-3.5	
Rm≥Rck+3.5 (N° prelievi: 3)	Rm≥Rck+1.4s (N° prelievi ≥15)

dove:

- Rm: resistenza media dei prelievi (N/mm2);
- R1: minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm2);
- s: scarto quadratico medio.

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 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.
Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.
I certificati di prova emessi dai laboratori devono 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, 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.

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 costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel successivo paragrafo 11.2.6 del DM 14 gennaio 2008. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà
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".

8.6 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 una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.
Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto. Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005,

UNI EN 12504-4:2005 nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

8.7 PROVE COMPLEMENTARI

Sono prove che eventualmente si eseguono al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo in corrispondenza 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.
I risultati di tali prove potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera qualora non sia rispettato il "controllo di accettazione".

8.8 COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO

Per quanto riguarda le caratteristiche dei componenti del calcestruzzo si rimanda al paragrafo 11.2.9 del DM 14 gennaio 2008 e s.m.i..

8.9 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

Le caratteristiche del calcestruzzo possono essere desunte, in sede di progettazione, dalle formulazioni indicate nei successivi punti. Per quanto non previsto si potrà fare utile riferimento alla Sez. 3 di UNI EN 1992-1-1.

8.9.1 RESISTENZA A COMPRESSIONE

In sede di progetto si farà riferimento alla resistenza caratteristica a compressione su cubi Rck.
Dalla resistenza cubica si passerà a quella cilindrica da utilizzare nelle verifiche mediante l'espressione:
$fck = 0,83 \times Rck$
Sempre in sede di previsioni progettuali, è possibile passare dal valore caratteristico al valor medio della resistenza cilindrica mediante l'espressione:
$fcm = fck + 8$ [N/mm2]

8.9.2 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 UNI EN 12390-2:2002, per mezzo delle prove di seguito indicate:

- prove di trazione diretta;
- prove di trazione indiretta: (secondo UNI EN 12390-6:2002 o metodo dimostrato equivalente);
- prove di trazione per flessione: (secondo UNI EN 12390-5:2002 o metodo dimostrato equivalente).

In sede di progettazione si può assumere come resistenza media a trazione semplice (assiale) del calcestruzzo il valore (in N/mm2):

- fctm = 0,30×fck2/3 per classi ≤ C50/60;
- fctm = 2,12×ln[1+fcm/10] per classi > C50/60.
-

I valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% sono assunti, rispettivamente, pari a 0,7 fctm, ed 1,3 fctm.
Il valore medio della resistenza a trazione per flessione è assunto, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a:

- fcfm =1, 2fctm

8.9.3 MODULO ELASTICO

Per modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla e 0,40 fcm, determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI 6556:1976.
In sede di progettazione si può assumere il valore:
Ecm = 22.000×[fcm/10]0,3 [N/mm2]
Tale formula non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore. Essa non è da considerarsi vincolante nell'interpretazione dei controlli sperimentali delle strutture.

8.9.4 COEFFICIENTE DI POISSON

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

8.9.5 COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA

Il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può essere determinato a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI EN 1770:2000.
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 x 10-6°C-1, fermo restando che tale quantità dipende significativamente dal tipo di calcestruzzo considerato (rapporto inerti/legante, tipi di inerti, ecc.) e può assumere valori anche sensibilmente
diversi da quello indicato.

8.9.6 RITIRO

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 può esprimere come:
εcs = εcd + εca
dove:
εcs è la deformazione totale per ritiro
εcd è la deformazione per ritiro da essiccamento
εca è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento
εcd,∞ = kh εc0
può essere valutato mediante i valori delle seguenti tabelle in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro h0:
VALORI εc0:

fck	DEFORMAZIONE DA RITIRO PER ESSICAMENTO (IN ‰) UNIDITÀ RELATIVA (IN %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0.62	-0.58	-0.49	-0.30	-0.17	+0.00
40	-0.48	-0.46	-0.38	-0.24	-0.13	+0.00
60	-0.38	-0.36	-0.30	-0.19	-0.10	+0.00
80	-0.30	-0.28	-0.24	-0.15	-0.07	+0.00

VALORI DI kh

h0 (mm)	kh
100	1.0
200	0.85
300	0.75
≥ 500	0.70

Per valori intermedi dei parametri indicati è consentita l'interpolazione lineare. Lo sviluppo nel tempo della deformazione ecd può essere valutato come:
εcd(t)=βds(t-Ts)xεcd,∞
dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma
βds(t-ts)=(t-ts)/[(t-ts)+0.04h03/2]
in cui

- t è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni);
- ts è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine della maturazione, espresso in giorni);
- h0 è la dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto 2Ac / u essendo
- Ac è l'area della sezione in calcestruzzo
- u è il perimetro della sezione in calcestruzzo esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno εca,∞ può essere valutato mediante l'espressione:

εca,∞=-2.5x(fck-10)x10-6 con fck in N/mm2

8.9.7 VISCOSITÀ

In sede di progettazione, se lo stato tensionale del calcestruzzo, al tempo t0 = j di messa in carico, non è superiore a 0,45×fckj, il coefficiente di viscosità φ(∞, t0), a tempo infinito, a meno di valutazioni più precise (per es. paragrafo 3.1.4 di UNI EN

1992-1-1), può essere dedotto dalle seguenti tabelle dove h0 è la dimensione fittizia definita nel paragrafo 11.2.10.6 del DM 14 gennaio 2008:

VALORI DI φ (∞,t0). Atmosfera con umidità relativa di circa il 75%

t0	h0≤75mm	h0=150	h0=300	h0≥600
3 giorni	3.5	3.2	3.0	2.8
7 giorni	2.9	2.7	2.5	2.3
15 giorni	2.6	2.4	2.2	2.1
30 giorni	2.3	2.1	1.9	1.8
≥60 giorni	2.0	1.8	1.7	1.6

VALORI DI φ (∞,t0). Atmosfera con umidità relativa di circa il 55%

t0	h0≤75mm	h0=150	h0=300	h0≥600
3 giorni	4.5	4.0	3.6	3.3
7 giorni	3.7	3.3	3.0	2.8
15 giorni	3.3	3.0	2.7	2.5
30 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 = ∞ del coefficiente di viscosità questo potrà essere valutato secondo modelli tratti da documenti di comprovata validità.

8.9.8 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 e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine in fase di progetto la prescrizione, 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, nella formulazione delle prescrizioni sul calcestruzzo, si potranno prescrivere anche prove per la verifica della resistenza alla penetrazione agli agenti aggressivi, ad esempio si può tener conto del grado di impermeabilità del calcestruzzo.

A tal fine 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 norma UNI EN 12390-8:2002.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei

Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

8.10 TRASPORTO, MESSA IN OPERA E COMPATTAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Dopo la miscelazione il calcestruzzo è trasportato a piè d'opera, gettato nelle casseforme, compattato e sottoposto a finitura. La facilità con cui si possono eseguire queste operazioni dipende dalla lavorabilità dell'impasto. Il termine "lavorabilità" è indicativo di molte proprietà che, per semplicità, sono generalmente riconducibili a consistenza e coesione.

La consistenza è un indice della facilità con cui il calcestruzzo può essere fatto scorrere, mentre la coesione è rappresentativa della stabilità dell'impasto nei riguardi della segregazione e dell'essudamento. La consistenza dell'impasto deve essere tale da permettere il trasporto e la messa in opera del calcestruzzo con sufficiente facilità, senza che si verifichino fenomeni di segregazione.

La classe di consistenza ottimale dipende dal tipo di getto e dai mezzi disponibili per la compattazione e si valuta seguendo le procedure descritte nelle seguenti norme:

- Prove sul calcestruzzo fresco-cedimento al cono (UNI EN 12350-2)
- Prove sul calcestruzzo fresco-spandimento (UNI EN 12350-3)
- Prove sul calcestruzzo fresco-compattabilità (UNI EN 12350-4)
- Prove sul calcestruzzo fresco-tempo d'assestamento (UNI EN 12350-5).

Il calcestruzzo può essere considerato una sospensione di particelle solide con dimensioni variabili dal µm ai cm. Sotto l'azione delle forze gravitazionali i solidi sospesi si assestano in relazione alla massa volumica e dimensione.

L'essudazione è il fenomeno che riguarda la formazione di un velo d'acqua o di boiacca acquosa sulla superficie del calcestruzzo che appare dopo il getto e la compattazione. La boiacca affiora con i calcestruzzi magri o troppo fluidi dando luogo, ad indurimento avvenuto, ad una superficie incoerente e polverosa. Tali superfici sono il punto di innesco del degrado provocato dagli agenti atmosferici e dalle sostanze aggressive che possono penetrare attraverso i pori della matrice legante.

I metodi più comuni per ridurre gli effetti dell'essudazione sono: l'aggiunta di fini (sabbia e/o cemento), di materiali pozzolanici e/o l'inglobamento di aria.

Entro 2 ÷ 4 ore dopo la compattazione, si possono manifestare fessurazioni da assestamento plastico o da ritiro plastico. Entrambi i fenomeni sono associati all'acqua di essudazione.

Fessure da assestamento plastico possono comparire tutte le volte che si creano situazioni di sedimentazione differenziale, della quale le cause più frequenti sono: la presenza nel getto di elementi fissi (rinforzi, staffe, bordi delle casseforme disallineate), l'interferenza dimensionale dell'aggregato grosso che dà origine ad essudazione interna, la presenza di piani inclinati, l'effetto parete e brusche variazioni di sezione.

La fessurazione da assestamento plastico può essere eliminata quando è possibile effettuare una rivibrazione entro 30 ÷ 60 minuti dal getto.

8.10.1 TRASPORTO DEL CALCESTRUZZO FRESCO

Il trasporto del calcestruzzo, dal sito di confezione al luogo d'impiego, deve essere effettuato con mezzi adeguati ad evitare la segregazione o il danneggiamento del con-

glomerato.
Terminata la miscelazione e durante la movimentazione, si può osservare una graduale diminuzione, nel tempo, della lavorabilità provocata: dall'assorbimento dell'acqua d'impasto da parte degli aggregati, dall'inizio delle reazioni d'idratazione del cemento e dalla perdita d'acqua per evaporazione. L'entità della perdita di lavorabilità dipende dai costituenti il calcestruzzo (cemento, additivi, acqua, aggregati), dalla temperatura e dalla velocità di evaporazione dell'acqua di impasto.
I sistemi più utilizzati per il trasporto del calcestruzzo sono: l'autobetoniera, la benna, l'autocarro cassonato e il nastro trasportatore.
L'autobetoniera è idonea a trasportare quasi tutti i tipi di calcestruzzo e permette di mantenere per un periodo abbastanza lungo (2-3 ore) il calcestruzzo miscelato e non segregato, a condizione che l'impasto sia mantenuto in continua agitazione.
L'autocarro cassonato e il nastro trasportatore possono trasportare calcestruzzi a bassa consistenza, con cedimento al cono < 30 mm, quali, ad esempio, quelli destinati alle casseforme scorrevoli e quelli destinati a getti massivi. Il cassone e il nastro trasportatore devono essere protetti per evitare l'evaporazione dell'acqua o il dilavamento in caso di pioggia.
Per ogni carico di calcestruzzo si predispone un documento che, nel caso di calcestruzzo preconfezionato, deve contenere:

- la data e l'ora di confezione e i tempi d'inizio e fine getto (è opportuno, inoltre, che siano registrate le ore d'arrivo in cantiere, d'inizio e di fine scarico);
- la classe d'esposizione ambientale;
- la classe di resistenza caratteristica;
- il tipo, la classe del cemento, ove specificato nell'ordine di fornitura;
- il rapporto a/c, se prescritto;
- la dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi trasportati.

L'impresa costruttrice conserva la documentazione nella quale è specificata la struttura a cui il carico di calcestruzzo è stato destinato.
Tale documento deve formare oggetto di controllo e registrazione da parte di chi riceve il calcestruzzo.

8.10.2 CALCESTRUZZO FRESCO A PIÈ D'OPERA

Al ricevimento del calcestruzzo a piè d'opera è opportuno verificare:

- che nel corso del trasporto siano state applicate le precauzioni atte a ridurre la perdita di lavorabilità e ad evitare la segregazione;
- la corrispondenza tra i requisiti ed i dati riportati nei documenti d'accompagnamento;
- l'aspetto del conglomerato fresco.

Nel caso di dubbio sulla conformità è opportuno effettuare i necessari controlli. Possono essere rilevate direttamente (a piè d'opera) alcune difformità legate all'aspetto

del calcestruzzo quali: colore, composizione degli aggregati, diametro massimo dell'aggregato. Tali differenze devono essere segnalate al responsabile della produzione del calcestruzzo e, se del caso, danno origine al rifiuto.
In conformità alle disposizioni vigenti, i controlli sulle caratteristiche del calcestruzzo fresco devono essere effettuati con prelievi a piè d'opera e, nel caso del calcestruzzo preconfezionato, i controlli devono essere eseguiti al momento dello scarico in contraddittorio tra le parti interessate alla fornitura.
A tale scopo vengono generalmente eseguite, su un unico campione rappresentativo ottenuto secondo le procedure descritte nella UNI EN 12350-1, le seguenti prove: misura della consistenza, confezione dei provini per prove di resistenza, determinazione della massa volumica, verifica del contenuto d'aria, controllo del rapporto acqua/cemento.
Il calcestruzzo autocompattante richiede uno specifico controllo delle sue proprietà alla consegna che riguarda la verifica del valore di scorrimento (libero e vincolato) e quella dell'omogeneità dell'impasto secondo le procedure indicate nella UNI 11040 (Calcestruzzo autocompattante: specifiche, caratteristiche e controlli).
La tabella seguente riporta lo schema dei possibili controlli da svolgere sul calcestruzzo fresco, alcuni dei quali sono specificati nella UNI EN 206-1.

	PROCEDURA	REQUISITI	FREQUENZA
Documento di produzione o bolla di accompagnamento	Verifica visiva	Conformità alle specifiche	Ogni partita (consegna)
Consistenza (lavorabilità) del calcestruzzo	Verifica visiva e controllo secondo il metodo di riferimento	Conformità alla classe di consistenza	Quando opportuno, nel corso dei prelievi per la valutazione della resistenza
Omogeneità del calcestruzzo	Verifica visiva e/o confronto tra le proprietà di differenti partite (consegne)	Aspetto uniforme, e di sottocampioni omogenei	In caso di dubbio
Massa volumica del calcestruzzo fresco	UNI EN 12350-6	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Dosaggio in cemento	Controllo della quantità pesata dei costituenti nella preparazione dell'impasto	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Dosaggio in acqua e rapporto acqua/cemento	Controllo della quantità dosata nell'impasto o secondo metodologia da concordarsi tra le parti	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Prelievo di campioni per verifica della resistenza a compressione	Secondo le procedure previste dalla norma	Verifica Rck alla scadenza ordinaria e se necessario alle brevi stagionature	Secondo le vigenti norme tecniche e/o secondo le specifiche progettuali, se più restrittive
Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7	Conformità alle specifiche	Se richiesto dalla classe di esposizione e nelle specifiche progettuali
Altre caratteristiche: ora di consegna, ora di messa in opera, temperatura calcestruzzo fresco	Registrazione		Secondo richiesta
Rilavorazione	Registrazione. La rilavorazione deve essere vietata se comporta una riduzione inaccettabile delle prestazioni del calcestruzzo	Dosaggio e tipo di additivo aggiunto	Ogni qual volta è effettuata

8.10.3 CONTROLLO DELLA RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE

Il controllo di base, per l'accettazione del calcestruzzo in cantiere, deve soddisfare le prescrizioni di cui allo specifico paragrafo "Controlli di accettazione" riportato nelle vigenti Norme Tecniche emanate dal Ministero delle Infrastrutture. Le prove da effettuare ai fini dell'accettazione devono essere eseguite in conformità alle norme UNI EN 12350-1 per quanto attiene il campionamento, ed alle norme UNI EN 12390, nelle varie parti, per quanto attiene il confezionamento e la stagionatura dei provini, nonché le relative prove di resistenza a compressione.

8.10.4 MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO

La messa in opera del calcestruzzo comprende le operazioni di movimentazione e getto del materiale nelle apposite casseforme.
Per assicurare la migliore riuscita del getto, la messa in opera del calcestruzzo richiede una serie di verifiche preventive che riguardano, oltre che le casseforme e i ferri d'armatura, anche l'organizzazione e l'esecuzione delle operazioni di getto, di protezione e di stagionatura del calcestruzzo.

8.10.4.1 MOVIMENTAZIONE DEL CALCESTRUZZO

La movimentazione del calcestruzzo dal mezzo di trasporto al punto di messa in opera può essere effettuata mediante uno dei seguenti dispositivi: canaletta, benna, nastro trasportatore, pompa. Il mezzo deve essere scelto tenendo in considerazione le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco, la distanza tra il punto d'arrivo del mezzo e quello di getto, le condizioni climatiche, la conformazione delle casseforme e del cantiere, le attrezzature di compattazione disponibili e la velocità d'avanzamento prevista.

- Movimentazione mediante canaletta

Al fine di ottenere una corretta messa in opera, la canaletta deve avere pendenza e lunghezza compatibili con la classe di consistenza del calcestruzzo. Generalmente le autobetoniere sono attrezzate con canalette che consentono la distribuzione diretta del calcestruzzo entro il raggio d'alcuni metri. E' opportuno che, per proteggere il calcestruzzo dal rapido essiccamento, la canaletta sia protetta dal vento e dal sole. Per evitare la segregazione del calcestruzzo, all'atto dello scarico e nell'eventuale passaggio da una canaletta all'altra, si predispone una tramoggia che accompagna la discesa del calcestruzzo in direzione verticale. La segregazione è infatti provocata non tanto dalla lunghezza della canaletta quanto dalla caduta libera del calcestruzzo alla sua estremità.
La canaletta deve essere accuratamente ripulita al termine di ogni operazione di scarico.
Per motivi di sicurezza, le canalette delle autobetoniere devono essere opportunamente vincolate in modo da evitare gli spostamenti laterali, i sostegni della canaletta di cantiere devono essere idonee a sopportare il carico statico e dinamico del calcestruzzo.

- Movimentazione con benna

La benna permette di movimentare quantità ridotte di calcestruzzo in punti dislocati

in modo disperso nella struttura in costruzione. Questa soluzione è preferibile nei casi in cui si operi a quote elevate rispetto al piano di consegna del calcestruzzo e sia installata una gru. La gru permette di distribuire in modo efficace il calcestruzzo entro un ampio raggio d'azione in virtù della capacità dei movimenti traslatori orizzontali, verticali e rotazionali. I limiti di questo sistema di movimentazione sono la portata ed i vincoli della gru. Si deve tener presente che, all'aumentare dello sbraccio, la gru riduce
la propria capacità di sollevamento.
Le specifiche del calcestruzzo idoneo ad essere movimentato mediante benna riguardano solo la consistenza, che deve essere tale da far defluire il calcestruzzo dalla bocca senza segregare.
Per accompagnare il calcestruzzo entro le casseforme delle strutture verticali, evitando la caduta libera che provoca la segregazione, è consigliabile l'impiego di un tubo getto che, immerso nella superficie del calcestruzzo fresco, ne permetta l'immissione dal basso o, in alternativa, l'applicazione alla bocca di scarico della benna di un tubo di gomma flessibile, avente diametro di 15 – 20 cm e lunghezza tale da ridurre la caduta libera del calcestruzzo a meno di 50 cm. Tale accorgimento è particolarmente importante per i calcestruzzi fluidi (consistenza ≥ S4 secondo la norma UNI EN 206-1) e per quelli autocompattanti.

- Movimentazione con nastri trasportatori

Il trasporto mediante nastro è condizionato dalle proprietà del calcestruzzo che non deve segregare, non deve essiccare in modo rilevante e non deve "aderire" al nastro. Il nastro di ritorno, ripulito mediante gli specifici raschia-nastro, deve rimanere liberato dalla malta o pasta cementizia. Per evitare la segregazione allo scarico è opportuno predisporre, all'estremità del nastro, una tramoggia che permetta lo scarico verticale.
Nel caso in cui sia necessario utilizzare più di un nastro, per evitare la segregazione, è opportuno inserire una tramoggia per trasferire il calcestruzzo da un nastro all'altro. Per salvaguardare l'omogeneità del calcestruzzo è necessario stabilire ed ottimizzare la velocità di traslazione e la pendenza del nastro.
Questo tipo di movimentazione è idoneo per calcestruzzi di consistenza plastica (S3) o più rigidi, senza limitazioni per la dimensione massima dell'aggregato.

- Movimentazione mediante pompa

Le prestazioni operative delle pompe sono espresse in termini di potenza, portata e pressione massima d'esercizio, che condizionano la possibile distanza e prevalenza (altezza) di pompaggio del calcestruzzo.
Le caratteristiche della pompa: (portata, distanza ed altezza di pompaggio) devono essere prese in considerazione nell'organizzazione del cantiere in modo che il mezzo sia appropriato alle esigenze del getto.
Le pompe per calcestruzzo, in base alle loro caratteristiche, possono essere così classificate:

- pompe su autocarro, od autocarrate. Rappresentano il tipo di pompa più comune, sono usate nei cantieri in cui il braccio idraulico ha suffi-

ciente spazio per muoversi ed il punto di posa del calcestruzzo dista 30-40 metri dalla pompa;

- pompe su autobetoniera, o auto-beton-pompe hanno capacità ridotta sia in termini di portata sia di distanza di trasporto, il loro impiego è dedicato ai cantieri di medio impegno. Spesso pompano il solo calcestruzzo trasportato dalla betoniera stessa, ma il loro impiego non comporta l'impegno di una macchina dedicata;
- pompe carrellate. Sono usate in postazioni fisse, in grossi cantieri che richiedono frequenti pompaggi di consistenti quantitativi di calcestruzzo. Alla pompa sono collegati elementi di tubazione fissi ed, in alcuni casi (grattacieli, alte pile di ponti, …), alla loro estremità è collegato un braccio idraulico di distribuzione. Le pompe carrellate trovano impiego anche nei piccoli cantieri ove non c'è spazio sufficiente (es.: nei centri storici) per posizionare una pompa autocarrata e la benna della gru non è in grado di raggiungere i punti di getto.

All'estremità della tubazione metallica di pompaggio generalmente è inserito un tubo flessibile che facilita la distribuzione del calcestruzzo entro le casseforme, ma che, di contro, induce una maggiore perdita di carico rispetto a quello metallico. Per motivi di sicurezza si deve evitare di sottoporre la tubazione flessibile a curve strette, ponendo attenzione ai possibili repentini scuotimenti dovuti ad aumenti della pressione di pompaggio.

Le tubazioni fisse devono essere disposte secondo un tracciato il più lineare possibile, evitando la formazione di curve strette. Per evitare pericolose espulsioni di calcestruzzo dovute a cedimenti delle tubazioni in pressione, è necessario verificare sistematicamente lo stato delle tubazioni e, in modo particolare, il loro stato di usura, nonché il corretto fissaggio degli elementi di congiunzione.

Nella stagione estiva è bene proteggere le tubazioni dall'esposizione diretta ai raggi solari in modo da limitarne il riscaldamento.

Prima di iniziare il pompaggio, la superficie interna della tubazione deve essere lubrificata con boiacca cementizia o apposito additivo compatibile con il calcestruzzo. Una volta iniziato il flusso, il calcestruzzo stesso mantiene la superficie di contatto rivestita di boiacca. La boiacca cementizia di lubrificazione non può essere miscelata con il calcestruzzo ed immessa nei casseri.

Affinché l'operazione di pompaggio possa procedere in modo soddisfacente, è necessario che l'impasto sia alimentato in modo continuo, risulti uniforme, di buona qualità, omogeneamente mescolato e correttamente dosato, con aggregati di adeguato assortimento granulometrico. E' buona norma prevedere un diametro massimo dell'aggregato non eccedente un quarto del diametro della tubazione e non maggiore di 32 mm. Il calcestruzzo, spinto dal movimento alterno dei pistoni, deve poter fluire nelle tubazioni senza contraccolpi, in modo continuo. Nel caso in cui, a seguito delle esigenze di posa in opera, sia necessario interrompere il pompaggio, per impedirne l'intasamento, l'operatore della pompa opera brevi ed alterni movimenti di spinta ed aspirazione del calcestruzzo. Dopo 10 ¸ 20 minuti d'interruzione, in relazione alla temperatura dell'ambiente, è necessario effettuare la pulizia del sistema.

É opportuno che, a lato dell'ordine (nelle specifiche) sia segnalata la previsione di pompare il calcestruzzo.
La consistenza ideale del calcestruzzo pompabile è compresa tra S3 – S5; i calcestruzzi più rigidi possono essere egualmente pompati senza problemi a condizione che abbiano una buona coesione. Nel caso del pompaggio verso il basso, è importante che sia corretta la composizione del calcestruzzo, giacché la depressione che si forma nel tubo può produrre il risucchio dell'acqua con conseguente problema d'intasamento.
La pompa deve essere disposta, specialmente in condizioni di clima caldo, il più possibile prossima al sito di messa in opera. Prima d'ogni utilizzo è necessario verificare il funzionamento e l'efficienza di tutte le parti della pompa stessa.
La messa in opera mediante pompa del calcestruzzo alleggerito preparato con argilla espansa richiede particolari avvertenze. L'aggregato leggero deve essere pre-saturato con acqua prima della miscelazione con gli altri costituenti. Se l'aggregato non è saturo d'acqua, la pressione elevata che si stabilisce nella pompa e nelle tubazioni costringe l'acqua a migrare all'interno dei granuli con conseguenti problemi di bloccaggio.
A parità di portata, per il pompaggio dei calcestruzzi autocompattanti, si deve prevedere una maggiore pressione di quella necessaria al pompaggio dei calcestruzzi ordinari; per non sovraccaricare la pompa è opportuno ridurre la velocità di flusso aumentando la sezione dei tubi.

8.10.4.2 OPERAZIONI DI GETTO

Considerata l'importanza delle operazioni di getto, che riguardano la posa in opera del calcestruzzo e tutte le fasi relative, è necessario stabilire un programma di verifiche comprendenti:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera;
- l'istruzione/coordinamento con i fornitori e subappaltatori, per la consegna del calcestruzzo delle caratteristiche prescritte;
- nel caso di calcestruzzo preconfezionato, le istruzioni/ordini circa le prestazioni, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con relative caratteristiche;
- l'istruzione agli operatori per organizzare la messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e vibrazione del materiale, della protezione e stagionatura della struttura, delle condizioni climatiche, nonché delle eventuali superfici di contatto.

L'impresa esecutrice é tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando:

- il luogo di getto;
- la struttura interessata dal getto;
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovrebbero avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori ha verificato:

- la preparazione e rettifica dei piani di posa;
- la pulizia delle casseforme;
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;
- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.);
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Nel caso di getti contro terra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento.

8.10.4.3 SCARICO DEL CALCESTRUZZO ORDINARIO

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.
È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.
Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione. Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, è opportuno utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.
Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti ad evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.
Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:

- adottare gli accorgimenti atti ad impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate ed autorizzate dal Direttore dei Lavori;
- utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua ed il calcestruzzo fresco in movimento.

8.10.4.4 SCARICO DEL CALCESTRUZZO AUTOCOMPATTANTE (SCC)

Il calcestruzzo autocompattante deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile

può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una tramoggia o se si fa uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma; per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.
Nel caso di getti verticali ed impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie.
L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa.
Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

8.10.4.5 RIPRESE DI GETTO

Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che, mediante vibrazione, si ottenga la monoliticità del calcestruzzo. Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa, sia lasciata quanto più possibile corrugata, alternativamente la superficie deve essere scalfita (e pulita dai detriti), in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine), o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo d'additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.
Anche se le soluzioni sopraindicate mirano ad ottenere il monolitismo tra i getti successivi, per assicurare la continuità strutturale, le riprese di getto devono essere orientate su piani quanto più possibili ortogonali alla direzione dei flussi di compressione che si destano poi nella struttura in servizio, in modo da garantire un'imposta efficace per tali compressioni.
Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è ad esempio, il caso delle travi gettate in più riprese sulla loro altezza).
Tra le riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore.
Nel caso di getti di calcestruzzo a vista, le disposizioni, progettuali o di capitolato, devono contenere indicazioni e specifiche riguardanti la posizione e le modalità esecutive delle riprese di getto.
Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di

costruzione con accorgimenti, (da indicare nel progetto e nelle prescrizioni di capitolato) quali: la prescrizione di miscele impermeabili, l'interposizione di giunti waterstop, la continuità del getto.

8.10.5 COMPATTAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusa tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 ed 20 %, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma.
Se il calcestruzzo indurisse in questa condizione risulterebbe disomogeneo, poroso, poco resistente e scarsamente aderente alle barre d'armatura. Per raggiungere le proprietà desiderate, il calcestruzzo deve essere compattato.
La compattazione è il processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti. Tale processo può essere effettuato mediante: vibrazione, centrifugazione,battitura, assestamento.
I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.
La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua, non può essere migliorata aggiungendo acqua. Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera.
Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o, talvolta, superfluidificanti.
Nel predisporre il sistema di compattazione si deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto.

8.10.5.1 COMPATTAZIONE MEDIANTE VIBRAZIONE

La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto.
I vibratori possono essere: interni ed esterni.
I vibratori interni, detti anche ad immersione o ad ago, sono i più usati nei cantieri, essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.
Per effettuare la compattazione l'ago vibrante è introdotto verticalmente, è spostato

da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza da 5 a 30 sec. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la richiusura del foro da esso lasciato. L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un "giunto freddo" tra due strati di getti sovrapposti.

I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratori mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi.

La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se: l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore ed a condizione che, non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico così da evitare i "giunti freddi".

I vibratori esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione; possono comunque essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore ad immersione.

I vibratori superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto, in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti.

8.10.6 FESSURAZIONE DEL CALCESTRUZZO IN FASE PLASTICA

Nel calcestruzzo fresco in opera, nel periodo compreso tra la compattazione e l'inizio della presa - durante il quale per tempi variabili dell'ordine di alcune ore l'impasto rimane plastico - possono manifestarsi fenomeni fessurativi riconducibili:

- all'assestamento differenziale delle particelle solide che sedimentano sotto l'azione del campo gravitazionale;
- al ritiro plastico che si manifesta quando la velocità di evaporazione dell'acqua dalla superficie esposta dell'impasto è maggiore della velocità alla quale l'acqua essuda.

Il ritiro plastico è tipico degli elementi strutturali piani (lastre, solette, pavimentazioni). Non rappresenta invece alcun problema per i getti in forma chiusa nei quali la perdita di acqua per evaporazione è di poco conto.

L'assestamento in fase plastica dei solidi particellari e il ritiro plastico sono collegati, ma in diverso modo, all'essudazione (affioramento o accumulo) dell'acqua sulla superficie orizzontale dei getti.

L'essudazione di acqua (fenomeno noto anche con il nome di bleeding) può essere ri-

guardata come:

- segregazione di acqua dal resto dell'impasto;
- drenaggio di acqua al di fuori dell'impasto;
- conseguenza della sedimentazione dei solidi particellari, incapaci di trattenere tutta l'acqua usata per l'impasto.

L'affioramento può avvenire in modo uniforme, interessando l'intera superficie esposta o può essere localizzato in un certo numero di canalicoli. In quest'ultimo caso, l'‘acqua trascina le particelle più fini di cemento che si depositano intorno alla bocca dei canalicoli formando piccoli crateri.

L'essudazione localizzata è tipica degli impasti poco coesivi, quindi degli impasti magri e/o ricchi di acqua.

Sia l'essudazione localizzata che il trascinamento di notevoli quantità di particelle di cemento sono di pregiudizio per le proprietà della cosiddetta "pelle" del calcestruzzo. Nel caso di pelle facilmente polverizzabile, è raccomandato di eliminare lo strato pulverulento mediante spazzolatura.

Generalmente l'acqua di essudazione che si forma sulla superficie del calcestruzzo è dannosa, può essere utile in alcune situazioni. E' di vantaggio nella finitura di una pavimentazione quando lubrifica gli utensili e per impedire che si crei una situazione d'incipiente fessurazione per ritiro plastico. Tuttavia se l'essudazione è eccessiva, il trattamento di finitura può provocare il richiamo in superficie di una sospensione finissima di cemento con conseguenze negative per le proprietà degli strati superficiali del calcestruzzo indurito.

L'essudazione di acqua del calcestruzzo fresco, può essere ridotta ricorrendo a uno o più dei seguenti accorgimenti:

- usando un cemento di maggiore superficie specifica;
- sostituendo parte del cemento con una o più aggiunte minerali;
- inglobando aria mediante aggiunta di un additivo aerante (le piccole bolle si comportano come aggregato fine elastico e perciò l'impasto si comporta come se contenesse un eccesso di sabbia fine);
- aumentando la velocità di idratazione del legante mediante aggiunta di un additivo accelerante. Così facendo aumenta la quantità di acqua che durante la fase plastica viene impegnata nelle reazioni di idratazione e, nel contempo, si riduce rapidamente l'"acqua libera" dell'impasto;
- diminuendo il rapporto a/c;
- aumentando il dosaggio di cemento e/o delle sole componenti fini (tendenzialmente sotto 0.5 mm) dell'aggregato.

Il fenomeno dell'essudazione è caratterizzato dalla velocità intesa come volume d'acqua che affiora nell'unità di tempo e di superficie (cm3/cm2/sec) e dalla quantità, assestamento totale per unità di altezza del calcestruzzo. I due parametri possono essere determinati in cantiere (UNI 7122 Calcestruzzo fresco – determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata, UNI EN 12350 – 4 Prova sul calcestruzzo fresco – Indice di compattabilità).

8.10.6.1 ASSESTAMENTO PLASTICO

La velocità di assestamento del calcestruzzo è dell'ordine di alcune decine di milionesimi di centimetri al secondo e poiché la durata del processo è anche breve, il fenomeno sarebbe difficilmente osservabile se sulla superficie dell'impasto non apparisse un velo di acqua.
In pratica l'andamento della sedimentazione è modificato in senso differenziale dalla presenza:

- di elementi fissi rappresentati dall'armatura orizzontale, staffe ed eventualmente dai bordi creati dai pannelli delle casseforme non perfettamente montati gli uni sugli altri;
- dalle variazioni brusche di sezione;
- dalla presenza di superfici inclinate;
- dalla interferenza dimensionale dell'aggregato grosso;
- dall'effetto parete.

Per questi motivi possono formarsi fessure o microfessure che seguono la direzione dei ferri sulla sommità di travi profonde e di lastre di grande spessore, nelle quali il rinforzo è tenuto rigidamente orizzontale, sulle superfici laterali dei pilastri in corrispondenza delle staffe e dei bordi di disallineamento in corrispondenza delle casseforme.
Nei pilastri di sezione ristretta, il calcestruzzo della sezione di testa tende ad autosostenersi in corrispondenza delle staffe e ciò può creare fessurazione ed inarcamento.
La fessurazione orizzontale spesso accompagnata da inarcamento e delaminazione della parte superiore del copriferro, può manifestarsi nelle lastre di superficie estesa quando l'armatura è costituita da ferri molto ravvicinati. La probabilità di inarcamento e delaminazione aumenta al diminuire dello spacing (distanza) tra i ferri. Quando la lastra è soggetta a cicli di gelo/disgelo o a corrosione dell'armatura, processi entrambi di natura espansiva, è lecito ipotizzare un distacco inaspettato di gran parte del copriferro.
La fessurazione da assestamento plastico può collegarsi a brusche variazioni di sezione come nel caso dell'allargamento di sezione della testa di un pilastro ove l'inarcamento è provocato dal rallentamento sui piani inclinati della
velocità di sedimentazione.
Nelle lastre nervate la fessurazione è provocata dall'assestamento differenziale dell'impasto della soletta e delle nervature.
L'assestamento della soletta, essendo questa di spessore modesto, termina
prima dell'assestamento dell'impasto in corrispondenza delle nervature.
Nel getto di una trave a T è buona regola gettare dapprima la sezione 1-2 e quindi attendere che l'acqua affiori prima di completare il getto.
La presenza di piani inclinati dà luogo a maggiori gradienti di densità, alla formazione di microfessure e spesso a vuoti e cavità.
In un calcestruzzo l'aggregato grosso all'inizio si assesta senza vincoli, ma la caduta, a causa dell'interferenza dimensionale, si arresta prima che la sedimentazione delle particelle di cemento abbia avuto termine.

Solitamente, la sedimentazione degli strati sottili di sospensione di particelle di cemento - rimasti intrappolati tra e al di sotto dei granuli di aggregato grosso - procede fino al tempo dell'inizio presa cosicché, al di sotto degli elementi lapidei si raccoglie un velo d'acqua che può dare origine ad una microfessura o ad indebolimento del giunto pasta/aggregato.
L'andamento del processo di assestamento è influenzato, a causa dell'effetto parete, anche dall'ampiezza della sezione trasversale del calcestruzzo.
I solidi particellari a contatto con le pareti della cassaforma incontrano nel loro movimento maggiore resistenza rispetto ai solidi interni che sono separati da strati molto sottili d'acqua. L'effetto decelerante dovuto alla presenza della parete è trasmesso alle particelle contigue e via via a quelle più interne e nel tempo le differenze di velocità dovrebbero annullarsi. Tuttavia, è prevedibile che all'aumentare dell'ampiezza della sezione o al diminuire dell'altezza dello strato di impasto, il materiale della zona centrale sedimenti prima di essere raggiunto dall'effetto decelerante delle pareti.
L'effetto parete è operante anche nei pilastri e muri profondi; in questi casi il processo di assestamento può essere governato più dalla larghezza che dall'altezza del manufatto.
I vincoli che causano fessurazione e microfessurazione da assestamento plastico differenziale non possono, per la gran parte, essere evitati perché intrinseci alla costruzione. Pertanto, il danno fessurativo può essere minimizzato o annullato migliorando la coesione dell'impasto o, in alternativa, rivibrando l'impasto dopo che ha avuto luogo l'assestamento iniziale, cioè dopo 30'–60' dalla prima vibrazione.

8.10.6.2 RITIRO PLASTICO

Si manifesta entro le prime ore (2-4) quando la velocità di evaporazione dell'acqua sulla superficie del getto è maggiore della velocità alla quale l'acqua essuda. Il pericolo di fessurazione incombe dal momento in cui, con la scomparsa del velo liquido, la superficie del getto appare opaca.
Il ritiro plastico è quasi sempre accompagnato dalla formazione di fessure in quanto raramente la contrazione avviene in modo uniforme e d'altra parte entro le prime ore l'impasto è praticamente privo di estensibilità essendo la sua resistenza a trazione ancora troppo bassa.
Comunemente si formano fessure lineari corte – da alcuni centimetri a circa trenta – piuttosto larghe (2-3 mm), ma poco penetranti. Alla loro distribuzione contribuiscono la presenza del rinforzo e dei granuli di aggregato grosso in vicinanza della superficie, la dispersione non uniforme dell'aggregato grosso e ogni eventuale impedimento alla contrazione.
Le fessure possono essere distribuite casualmente a mappa, ma nelle lastre possono anche formarsi fessure parallele, con angolo di 45° circa rispetto agli spigoli, distanziati tra loro da 0.2 ad 1 metro.
Quando il processo di essudazione è governato dalla velocità di evaporazione dell'acqua e la superficie del calcestruzzo diventa opaca, si forma una serie complessa di menischi con la concavità rivolta verso l'alto, cioè esposta all'aria. Al di sotto del lato convesso si generano pressioni capillari negative che conducono alla

formazione di una zona corticale addensata. Quando le
forze capillari non sono più scaricate dal flusso plastico della pasta, l'impasto risulterà soggetto a compressione laterale, si contrae e, se la contrazione è impedita, si ha fessurazione.
Considerata la causa del fenomeno e la geometria degli elementi strutturali coinvolti, il rischio di fessurazione da ritiro plastico è particolarmente elevato se l'operazione di getto avviene in ambiente secco, ventoso e con la temperatura dell'impasto piuttosto alta.
Le precauzioni da prendere per evitare un rapido essiccamento della superficie di una lastra possono essere necessarie anche in una giornata ventosa invernale ricordando che l'aumento della velocità dl vento di soli 10 km/h ha, un effetto essiccante quasi equivalente ad un aumento di temperatura di 10°C.
Frequentemente l'essudazione è anche ridotta dall'assorbimento d'acqua da parte del letto di posa, da parte degli aggregati e/o delle casseforme.
Per evitare la fessurazione da ritiro plastico occorre prevenire o ridurre l'evaporazione dell'acqua entro i primi 30' – 60' dopo il getto prendendo uno o più dei seguenti provvedimenti:

- saturare gli aggregati, bagnare adeguatamente casseforme e terreno di posa;
- nella stagione estiva mantenere bassa la temperatura dell'impasto;
- ridurre l'intervallo di tempo tra la fine del getto e l'inizio delle procedure di stagionatura;
- erigere barriere frangivento;
- proteggere dall'insolazione (in condizioni critiche è opportuno programmare i tempi di lavoro in modo che il getto possa effettuarsi nel tardo pomeriggio o di sera);
- assicurarsi che la superficie del getto resti bagnata dopo la finitura fino a che non diventano applicabili le procedure di stagionatura (è raccomandato l'uso di teli bagnati, di fogli di plastica o di acqua nebulizzata).

8.11 STAGIONATURA E PROTEZIONE DEL CALCESTRUZZO

Dopo la messa in opera e la compattazione, il calcestruzzo deve essere stagionato e protetto dall'essiccamento in modo da:

- evitare l'interruzione dell'idratazione;
- ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1¸ 7gg);
- far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura;
- ottenere un'adeguata compattezza e durabilità della superficie;
- migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione);
- evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.

La stagionatura comprende i processi durante i quali il calcestruzzo fresco sviluppa

gradualmente le sue proprietà per effetto della progressiva idratazione del cemento. La velocità di idratazione dipende dalle condizioni climatiche d'esposizione e dalle modalità di scambio d'umidità e calore tra il calcestruzzo e l'ambiente.
Si definisce "ordinaria" la stagionatura del calcestruzzo che avviene a temperatura ambiente (5 ¸ 35°C) con esclusione d'ogni intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento. Per contro, si definisce stagionatura "accelerata" quella che si effettua con sistemi di maturazione ad alta temperatura e/o in particolari condizioni d'umidità e pressione. La stagionatura accelerata è utilizzata prevalentemente nella prefabbricazione, permette di ottenere rapidamente le resistenze operative necessarie a movimentare o installare i manufatti.
La presa e l'indurimento del calcestruzzo richiedono la disponibilità di un'idonea quantità d'acqua. L'acqua che è presente nel calcestruzzo fresco, all'atto del getto, deve rimanere disponibile fino a quando il volume iniziale dell'acqua e del cemento non è sostituito dai prodotti d'idratazione. L'idratazione del cemento progredisce solamente se la tensione di vapore dell'acqua contenuta nei pori è prossima al valore di saturazione (UR ³ 90%). Gli impasti preparati con un basso contenuto in acqua, possono richiedere, nel corso della maturazione, un apporto esterno d'acqua.
La sensibilità del calcestruzzo nei riguardi della stagionatura dipende:

- dalla composizione: rapporto a/c, tipo e classe di cemento, qualità e quantità delle aggiunte e degli additivi; si ricordi che gli impasti preparati con cementi ad indurimento lento richiedono tempi di stagionatura umida più lunghi;
- dalla temperatura del calcestruzzo: la velocità d'indurimento a 35° C è doppia di quella che si sviluppa a 20° C che, a sua volta, è doppia di quella che si ha a 10° C;
- dalle condizioni ambientali esterne: umidità relativa, temperatura e velocità del vento.

La temperatura elevata del calcestruzzo e dell'ambiente, favorisce, la perdita d'acqua dei getti per evaporazione ma aumenta la velocità di reazione e quindi il grado d'idratazione nel tempo del cemento.
La temperatura elevata richiede una corretta stagionatura umida del getto,
anche se i tempi necessari per raggiungere le resistenze prescritte sono più brevi. La temperatura di stagionatura elevata incrementa la resistenza meccanica a breve termine ma può penalizzare quella finale (a lungo termine), a causa di un'idratazione meno completa del cemento.
In condizioni di bassa temperatura lo sviluppo dell'indurimento è più lento e
si richiedono quindi tempi di maturazione più lunghi.
Per ridurre gli effetti negativi causati dalla temperatura esterna o dagli eccessivi aumenti di temperatura dovuti alla reazione d'idratazione del cemento si può modificare la temperatura del calcestruzzo fresco, riscaldando o raffreddando i costituenti.

8.11.1 GETTI IN CLIMA FREDDO

Si definisce "clima freddo" una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C;
- la temperatura dell'aria non supera 10°C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura ≥+5°C. La neve ed il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo.
I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è ≤0°C; tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori (es. riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, etc…).
Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di
preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.
Si consiglia di coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta; in fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti antievaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.
Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura.
Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm2), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.
II valore limite (5 N/mm2) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.
Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.
Nella tabella seguente sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

DIMENSIONE MINIMA DELLA SEZIONE (mm2)			
<300	300-900	900-1800	>1800
TEMPERATURA MINIMA DEL CALCESTRUZZO AL MOMENTO DELLA MESSA IN OPERA			
13°C	10°C	7°C	5°C
MASSIMA VELOCITÀ DI RAFFREDDAMENTO PER LE SUPERFICI DEL CALCESTRUZZO AL TERMINE DEL PERIODO DI PROTEZIONE			
1.15°C/h	0.90°C/h	0.70°C/h	0.45°C/h

Durante il "periodo freddo" la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati in tabella. In relazione alla temperatura ambiente ed ai tempi di attesa e di trasporto si deve prevedere

un raffreddamento di 2 – 5°C tra il termine della misc elazione e la messa in opera.
Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme: ad esempio, quelle metalliche offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.
Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna, La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

8.11.2 GETTI IN CLIMA CALDO

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco, che di quello indurito. Infatti provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto ed una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata;
- bassa umidità relativa;
- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda);
- forte irraggiamento solare;
- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- aumento del fabbisogno d'acquam;
- veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera;
- riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi;
- tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico;
- difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.
-

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua, sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo;
- maggior ritiro per perdita di acqua;
- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno);
- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione;
- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione;
- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35°C; ta-

le limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni.
Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua molto fredda o di ghiaccio in sostituzione di parte dell' acqua d'impasto. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo si possono aggiungere additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

8.11.3 SVILUPPO DI CALORE: GETTI DI MASSA

La reazione d'idratazione del cemento è esotermica, conseguentemente la temperatura, specialmente nei getti di grosse dimensioni, nei quali il calore non si disperde rapidamente (condizioni quasi adiabatiche), può raggiungere valori elevati.
Prima l'innalzamento, poi la successiva diminuzione della temperatura, per effetto delle variazioni dimensionali impedite inducono tensioni di trazione e di compressione tra parti interne ed esterne dei getti
Nel periodo iniziale, l'innalzamento termico provocato dall'idratazione, non produce tensioni elevate all'interno del calcestruzzo giacché il modulo elastico è ancora basso e le sollecitazioni sono compensate dalle deformazioni plastiche.
La velocità e l'intensità dello sviluppo di calore del calcestruzzo dipendono dal tipo, classe e dosaggio (kg/m3) del cemento e dalla presenza di aggiunte attive (es.: ceneri, fumi di silice, loppa), dal dosaggio e natura degli altri costituenti e dalla temperatura iniziale dei materiali. L'innalzamento termico, a sua volta, dipende dalla possibilità di scambio termico del getto e dalle sue caratteristiche geometriche.
La temperatura del calcestruzzo all'interno di un getto non dovrebbe superare 70°C; temperature superiori possono essere ammesse a condizione che siano verificati gli eventuali effetti collaterali sulle altre proprietà del calcestruzzo.
Per limitare le tensioni d'origine termica occorre:

- controllare gli innalzamenti termici delle diverse parti della struttura, ponendo attenzione alla differenza di temperatura tra le diverse parti stesse;
- evitare/ridurre i vincoli esterni che impediscono le deformazioni.

È opportuno rispettare i seguenti limiti:

- temperatura massima del calcestruzzo ≤ 70°C:
- ΔT max ≤ 20°C fra le varie parti della struttura;
- ΔT max ≤ 15°C in prossimità dei giunti di costruzione o nel le sezioni di dimensioni molto variabili.

Per limitare il rischio delle fessure superficiali, dovute agli effetti termici, è opportuno proteggere adeguatamente la struttura in modo da ridurre il ΔT fra l'interno e l'esterno.
Particolare attenzione deve essere posta ai getti di grosse dimensioni, in cui l'inerzia termica della parte interna ed il rapido raffreddamento di quella esterna, può provocare stati di coazione. Il progettista e/o la Direzione Lavori possono prescrivere la verifica degli innalzamenti termici e dei gradienti termici in diversi punti di una sezione di calcestruzzo, facendo predisporre termocoppie all'interno delle casse-

forme ed opportuni interventi di coibentazione della struttura o di variazione della composizione del calcestruzzo.

8.11.4 PROTEZIONE TERMICA DURANTE LA STAGIONATURA

Di seguito sono descritti i più comuni sistemi di protezione termica adottabili nei getti di cantiere:

- Cassaforma isolante:
- Il $\Delta T \leq 20^{\circ}C$ può essere rispettato se si usa una cassaform a isolante, es. legno compensato con spessore ≥2 cm, o se il getto si trova contro terra;
- Sabbia e foglio di polietilene:
- la parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia. Il foglio di polietilene ha anche la funzione di mantenere la superficie pulita e satura d'umidità;
- Immersione in leggero strato d'acqua:
- la corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua.
- Occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione;
- Coibentazione con teli flessibili:
- sono ideali nelle condizioni invernali, in quanto permettono di trattenere il calore nel getto, evitando la dispersione naturale; si deve tener conto, tuttavia, che, nella movimentazione, le coperte possono essere facilmente danneggiate.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione dellecondizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, occorre prevedere ed eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

8.11.5 DURATA DELLA STAGIONATURA

Con il termine "durata di stagionatura" s'intende il periodo che intercorre tra la messa in opera ed il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Per l'intera durata della stagionatura il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura deve essere prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il "tempo di presa" sia inferiore a 5 ore e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5°C.

Se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1 la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.
L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria ad ottenere la durabilità ed impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme ed i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale.
Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3 ¸ 7 gg);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dalla essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua;
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione "curing" non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della Direzione Lavori.
Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo si può utilizzare la sabbiatura o l'idropulitura con acqua in pressione. La colorazione del prodotto di "curing" serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.
Nel caso in cui siano richieste particolari caratteristiche per la superficie del calcestruzzo, quali la resistenza all'abrasione o durabilità, è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione.

8.11.6 PRESCRIZIONI PER UNA CORRETTA STAGIONATURA

Per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:

- Prima della messa in opera:
  - si dovrà saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;
  - la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere ≤ 30°C, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.
- Durante della messa in opera:
  - erigere temporanee barriere frangivento per ridurne la velocità sulla superficie del calcestruzzo;

- erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole;
- proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura;
- ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.

- Dopo della messa in opera:
  - Minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;
  - La massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di 70°C;
  - La differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di 20°C;
  - La massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15°C .

E' compito della Direzione Lavori specificare le modalità di ispezione e di controllo.

8.11.7 DISARMO

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate;
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate ;
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti.
I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.
La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. La procedura di puntellatura e di rimozione dei puntelli è bene sia oggetto di un'apposita nota progettuale (di Capitolato o della Direzione Lavori) in cui dovrà essere specificato come procedere al fine di ridurre ogni rischio per l'incolumità di persone e cose ed ottenere le prestazioni attese. Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari ad evitare brusche sollecitazioni ed azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, ad una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo ad impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.
Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata rag-

giunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.
Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

8.11.8 CONTROLLO DEL CALCESTRUZZO IN OPERA

Le "Nuove Norme tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14.01.2008) prevedono esplicitamente (p.11.2.5) l'effettuazione di un controllo di accettazione del calcestruzzo in relazione alla resistenza caratteristica a compressione prescritta. Qualora i valori di resistenza a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, o qualora sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo, è facoltà del Direttore dei Lavori richiedere l'effettuazione di prove direttamente sulle strutture. In questi casi si dovrà tenere nel debito conto gli effetti che sui prelievi in opera hanno avuto la posa in opera e la stagionatura del calcestruzzo, per tale ragione la verifica od il prelievo del calcestruzzo indurito non può essere sostitutivo dei controlli d'accettazione da eseguirsi su provini prelevati e stagionati in conformità alle relative norme UNI.
La conformità della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera, analogamente la non conformità della resistenza valutata in una posizione non implica la non conformità di tutto il calcestruzzo messo in opera.

9. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al paragrafo 11.3.1.2 del DM 14gennaio 2008 e controllati con le modalità riportate nel paragrafo 11.3.2.11 del DM 14 gennaio 2008..

9.1 ACCIAO PER CEMENTO ARMATO B450C

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

fynom	450 N/mm2
ftnom	540 N/mm2

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento fyk	≥fynom	5.0
Tensione caratteristica di rottura ftk	≥ftnom	5.0
(ft/fy)k	≥1.15 <1.35	10.0
(fy/fynom)k	≤1.25	10.0
Allungamento (Agt)k	≥7.5%	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
φ<12mm	4φ	
12≤φ≤16mm	5φ	
per 16≤φ≤25mm	8φ	
per 25≤φ≤40mm	10φ	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al paragrafo 11.3.2.3 del DM 14 gennaio 2008.

9.2 ACCIAO PER CEMENTO ARMATO B450A

L'acciaio per cemento armato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento fyk	≥fynom	5.0
Tensione caratteristica di rottura ftk	≥ftnom	5.0
(ft/fy)k	≥1.05	10.0
(fy/fynom)k	≤1.25	10.0
Allungamento (Agt)k	≥2.5%	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
φ<10mm	4φ	

Il Decreto Interministeriale del 15/11/2011 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n°270 del 19/11/2011 sostituisce il contenuto del paragrafo 7.4.2.2 del DM 14 gennaio 2008 come segue: "Si consente l'utilizzo di acciai di tipo B450A, con diametri compresi tra 5 e 10 mm, per le reti e i tralicci nonché per le staffe per strutture in CD "B"; negli altri casi se ne consente l'uso per l'armatura trasversale unicamente se è rispettata almeno una delle seguenti condizioni: elementi in cui è impedita la plasticizzazione mediante il rispetto del criterio di gerarchia delle resistenze, elementi secondari di cui al § 7.2.3, strutture poco dissipative con fattore di struttura q ≤ 1,5.".

9.3 ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1: 2004.

Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce fy con f(0,2).

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di 20 ± 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a 100 ± 10 °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

9.4 CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E DI IMPIEGO

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 (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.
La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al paragrafo 11.3.1.7 del DM 14 gennaio 2008.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.
Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti vale quanto indicato al paragrafo 11.3.1.4 del DM 14 gennaio 2008.
Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al paragrafo 11.3.1.5 del DM 14 gennaio 2008.
Le barre sono caratterizzate dal diametro φ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm3.
Gli acciai B450C, di cui al paragrafo 11.3.2.1 del DM 14 gennaio 2008, possono essere impiegati in barre di diametro φ compreso tra 6 e 40 mm.
Per gli acciai B450A, di cui al paragrafo 11.3.2.2 del DM 14 gennaio 2008 il diametro φ delle barre deve essere compreso tra 5 e 10 mm.
L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a $\varphi \leq 16$ mm per B450C e fino a $\varphi \leq 10$ mm per B450A.

9.5 RETI E TRALICCI ELETTROSALDATI

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili.
L'interasse delle barre non deve superare 330mm.
I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature.
Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio del tipo B450C gli elementi base devono avere diamentro φ che rispetta la limitazione : $6mm \leq \varphi \leq 16mm$.
Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio del tipo B450A gli elementi base devono avere diametro φ che rispetta la limitazione : $5mm \leq \varphi \leq 10mm$.
Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere:
$\varphi min/\varphi max \geq 0.6$
I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2:2004 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm2. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate.
In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.

La produzione di reti e tralicci 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 tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti:
a) da acciai provvisti di specifica qualificazione;
b) da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.
In ogni caso il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio, secondo le procedure di cui al punto 11.3.2.11 del DM 14 gennaio 2008.
Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.
La marchiatura 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 marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.
Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere deve verificare la presenza della predetta etichettatura.
Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

9.6 SALDABILITÀ

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella seguente tabella, dove il calcolo del carbonio equivalente Ceq è effettuato con la seguente formula:

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

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

		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	0.014	0.012
CARBONIO EQUIVALENTE	Ceq	0.52	0.50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0.03% in massa, a patto che il valore del Ceq venga ridotto dello 0.02% in massa.
Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

9.7 TOLLERANZE DIMENSIONALI

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato dalla seguente tabella.

DIAMETRO NOMINALE	$5 \leq \varphi \leq 8$	$8 < \varphi \leq 40$
TOLLERANZA IN % SULLA SEZIONE AMMESSA PER L'IMPIEGO	±6	±4.5

9.8 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.1.2 del DM 14 gennaio 2008, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, 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 ai lotti provenienti da altri stabilimenti.
I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il punto 11.3.2.3 del DM 14 gennaio 2008, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICA	VALORE LIMITE	NOTE
fy minimo	425 N/mm2	(450-25) N/mm2
fy massimo	572 N/mm2	[450x(1.25+0.02)] N/mm2
Agt minimo	≥6.0%	per acciai B450C
Agt minimo	≥2.0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	1.13≤ft/fy≤1.37	per acciai B450C
Rottura/snervamento	ft/fy≥1.03	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	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 non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.
Se un risultato è minore del valore, 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 di accettazione, 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 e il risultato segnalato 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.
Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al paragrafo 11.3.1.7 del DM 14 gennaio 2008, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.
La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere 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 DM 14 gennaio 2008 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 delle grandezze misurate 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 delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

9.9 PROVE DI ADERENZA

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza conformemente al metodo Beam-test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, con le modalità specificate nella norma UNI EN 10080:2005.

Le tensioni di aderenza ricavate devono soddisfare le seguenti relazioni:

- $\tau m \geq 0.098\ (80-1.2\varphi)$
-
- $\tau r \geq 0.098\ (130-1.9\varphi)$

essendo:

- φ il diametro della barra in mm;
- τm il valor medio della tensione di aderenza in Mpa calcolata in corrispondenza di uno scorrimento pari a 0.01, 0.1 ed 1 mm:
- τr la tensione di aderenza massima al collasso.

Le prove devono essere estese ad alemeno tre diametri, come segue:

- uno nell'intervallo $5 \leq \varphi \leq 10$mm;
- uno nell'intervallo $12 \leq \varphi \leq 18$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.

Con riferimento sia all'acciaio nervato che all'acciaio dentellato, per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si valuteranno per un numero significativo di barre, conformemente alle procedure riportate nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004,

- il valore dell'area relativa di nervatura fr, per l'acciaio nervato;
- il valore dell'area relativa di dentellatura fp, per l'acciaio dentellato.

Il valore minimo di tali parametri, valutati come indicato, deve risultare compreso entro i limiti di seguito riportati:

- per $5 \leq \varphi \leq 6$mm fr ovvero fp ≥ 0.035;
- per $6 < \varphi \leq 12$mm fr ovvero fp ≥ 0.035;
- per $\varphi > 12$mm fr ovvero fp ≥ 0.056.

Nel certificato di prova, oltre agli esiti delle verifiche di cui sopra, devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature ovvero dentellature.

10. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E COMPOSTE

10.1 GENERALITÀ

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento fyk e di rottura ftk da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali fy= ReH e ft = Rm riportati nelle relative norme di prodotto.

Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008 e si applica la procedura di cui al paragrafo 11.3.4.11 del DM 14 gennaio 2008.

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 devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992.

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

- modulo elastico: $E=210000$ N/mm2
- modulo di elasticità trasversale: $G=E/[2(1+\nu)]$ N/mm2
- coefficiente di Poisson: $\nu=0.3$
- coefficiente di espansione termica lineare
- (per temperature fino a 100°): $\alpha=12x10-6$ per °C-1
- densità: $\rho=7850$ Kg/m3

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento fyk e di rottura ftk riportati nelle tabelle seguenti.

Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm^2]	f_{tk} [N/mm^2]	f_{yk} [N/mm^2]	f_{tk} [N/mm^2]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq$ 80 mm	
	f_{yk} [N/mm^2]	f_{tk} [N/mm^2]	f_{yk} [N/mm^2]	f_{tk} [N/mm^2]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

10.2 ACCIAI LAMINATI

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

- PRODOTTI LUNGHI
  - laminati mercantili (angolari, L,T, piatti e altri prodotti di forma);
  - travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
  - laminati ad U.

- PRODOTTI PIANI
  - lamiere e piatti;
  - nastri.
- PROFILATI CAVI
  - tubi prodotti a caldo.
- PRODOTTI DERIVATI
  - travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
  - profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
  - tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
  - lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo).
  -

10.3 CONTROLLI SUI PRODOTTI LAMINATI

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni del DM 14 gennaio 2008 al paragrafo 11.3.4.10.

10.4 ACCIAIO PER STRUTTURE SALDATE

10.4.1 COMPOSIZIONE CHIMICA DEGLI ACCIAI

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate al paragrafo 11.3.4.1 del DM 14 gennaio 2008, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al punto 11.3.4.1. DM 14 gennaio 2008.

10.4.2 PROCESSO DI SALDATURA

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. 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 la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.
Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.
Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.
Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2001; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.
Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.
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 rispettate le norme UNI EN

1011:2005 parti 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 norma UNI EN ISO 9692-1:2005.
Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione..
In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica.
L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.
Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004.
Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello.
Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al paragrafo 11.3.1.7 del DM 14 gennaio 2008, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti.
In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nella tabella di seguito riportata.
La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Tipo di azione sulle strutture	**Strutture soggette a fatica in modo non significativo**			**Strutture soggette a fatica in modo significativo**
Riferimento	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, s ≤ 30mm S275, s ≤ 30mm	S355, s ≤ 30mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, s ≤ 30mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo.

10.5 BULLONI E CHIODI

10.5.1 BULLONI

Gli elementi di collegamento impiegati nelle unioni a taglio devono soddisfare i requisiti di cui alla norma armonizzata UNI EN 15048-1:2007 "Bulloneria strutturale non a serraggio controllato" e recare la relativa marcatura CE, con le specificazioni di cui al punto A del paragrafo 11.1 del DM14 gennaio 2008.
I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 - devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella successiva tabella.

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

Le tensioni di snervamento fyb e di rottura ftb delle viti appartenuti alle classi indicate nella precedente tabella sono riportate nella seguente tabella.

Classe	**4.6**	**5.6**	**6.8**	**8.8**	**10.9**
f_{yb} (N/mm^2)	240	300	480	649	900
f_{tb} (N/mm^2)	400	500	600	800	1000

10.5.2 BULLONI PER GIUNZIONI AD ATTRITO

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella seguente e devono essere associati come indicato nella tabella precedente.
Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1, e recare la relativa marcatura CE, con le specificazioni di cui al punto A del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008.

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 : 2001	UNI EN 14399 :2005 parti 3 e 4
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2 :1994	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI EN 14399 :2005 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	

10.6 ACCIAI INOSSIDABILI

Nell'ambito delle indicazioni generali di cui al secondo comma del paragrafo 11.3.4.1 del DM 14 gennaio 2008, 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 ed al controllo.

10.7 SPECIFICHE PER ACCIAI DA CARPENTERIA IN ZONA SISMICA

L'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio.

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole addizionali:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura ftk(nominale) e la tensione di snervamento fyk (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima fy,max deve risultare fy,max ≤1,2 fyk;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

10.8 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medsimi indicazioni di cui al paragrafo 11.3.3.5.3 del DM 14 gennaio 2008, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al paragrafo 11.3.1.7 del DM 14 gennaio 2008, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laborato-

rio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.
Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al paragrafo 11.3.3.5.3 del DM 14 gennaio 2008.

11. APPOGGI STRUTTURALI

Gli appoggi strutturali sono dispositivi di vincolo utilizati nelle strutture, nei ponti e negli edifci, allo scopo di trasmettere puntualmente carichi e vincolare determinati gradi di libertà di spostamento.
Gli appoggi strutturali, per i quali si applica quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008, devono essere conformi alle norme europee normalizzate della serie UNI EN 1337 e recare la marchiatura CE.
Si applica il Sistema di Attestazione della Conformità 1.
In aggiunta a quanto previsto al punto a del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008, ogni fornitura deve essere accompagnata da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera.
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 verifica geometrica e delle toleranze dimensionali, nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti, al fine di verificare la conformità degli appoggi a quanto richiesto per lo specifico progetto.

12. MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

12.1 GENERALITÀ

Le prescrizioni contenute in questo paragrafo si applicano al legno massiccio ed ai prodotti a base di legno per usi strutturali.
A seconda dei tipi di prodotti, ai materiali e prodotti a base di legno per uso strutturale si applicano, i punti punto A oppure C del paragrafo 11.1del DM 14 gennaio 2008.
Negli altri casi si applicano, al produttore e al fornitore per quanto di sua competenza, le prescrizioni di cui al paragrafo 11.7.10 del DM 14 gennaio 2008.
I produttori di sistemi strutturali con struttura in legno, per i quali siano già disponibili Linee Guida ETAG, dovranno adeguarsi a quanto prescritto al punto C del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008.
La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti di legno e 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 distribuzione dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti e/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera.
Oltre che dalla documentazione indicata al pertinente punto del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008, ovvero nel paragrafo 11.7.10 sempre del DM 14 gennaio 2008, ogni fornitura deve essere accompagnata, a cura del produttore, da un manuale contenente le

specifiche tecniche per la posa in opera. Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto sopra prescritto.
Il progettista sarà tenuto ad indicare nel progetto le caratteristiche dei materiali secondo le indicazioni di cui al presente capitolo.
Tali caratteristiche devono essere garantite dai fornitori e/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni applicabili di cui alla marcatura CE ovvero di cui al paragrafo 11.7.10 del DM 14 gennaio 2008.
Il Direttore dei Lavori potrà inoltre far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nel DM 14 gennaio 2008.
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 e gli organismi di prova abilitati ai sensi del DPR n. 246/93 in materia di prove e controlli sul legno.

12.2 PROPRIETÀ DEI MATERIALI

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 ±2°C ed umidità relativa dell'aria del 65 ± 5 %.
Per il modulo elastico, si fa riferimento sia ai valori caratteristici di modulo elastico corrispondenti al frattile 5% 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 misurati in condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di 20 ±2°C ed umidità relativa dell'aria del 65 ± 5 %.
Il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio, lamellare o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, richiedono la conoscenza dei valori di resistenza, modulo elastico e massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve almeno comprendere:

- PROPRIETÀ DI RESISTENZA
  - Flessione (fm,k);
  - Trazione parallela (ft,0,k);
  - Trazione perpendicolare (ft,90,k);
  - Compressione parallela (fc,0,k);
  - Compressione perpendicolare (fc,90,k);
  - Taglio (fv,k);
- PROPRIETÀ DI MODULO ELASTICO
  - Modulo elastico parallelo medio (E0,mean);
  - Modulo elastico parallelo caratteristico (E0,05);
  - Modulo elastico perpendicolare medio (E90,mean);
  - Modulo elastico tangenziale medio (Gmean);
  -
- MASSA VOLUMICA
  - Massa volumica caratteristica (ρk);

- Massa volumica media (ρmean).

I valori indicati nei profili resistenti possono essere introdotti nei calcoli come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Per il legno massiccio, i valori caratteristici di resistenza, desunti da indagini sperimentali, sono riferiti a dimensioni standardizzate secondo le norme pertinenti. In particolare, per la determinazione della resistenza a flessione l'altezza della sezione trasversale del campione di prova è pari a 150 mm, mentre per la determinazione della resistenza a trazione parallela alla fibratura, il lato maggiore della sezione trasversale del campione di prova è pari a 150 mm.

Pertanto, per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm, i valori caratteristici fm,k e ft,0,k , indicati nei profili resistenti, possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo kh, così definito:

kh = min {(150/h)0.2 ; 1.3}

essendo h, in millimetri, l'altezza della sezione trasversale dell'elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

Per il legno lamellare incollato i valori caratteristici di resistenza, desunti da indagini sperimentali, sono riferiti a dimensioni standardizzate del campione di prova secondo le norme pertinenti. In particolare, per la determinazione della resistenza a flessione l'altezza della sezione trasversale del campione di prova è pari a 600 mm, mentre per la determinazione della resistenza a trazione parallela alla fibratura, il lato maggiore della sezione trasversale del provino è pari a 600 mm.

Di conseguenza, per elementi di legno lamellare sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 600 mm, i valori caratteristici fm,k e ft,0,k , indicati nei profili resistenti, possono essere

incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo kh, così definito:

kh = min {(600/h)0.1 ; 1.1}

essendo h, in millimetri, l'altezza della sezione trasversale dell'elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

12.3 LEGNO MASSICCIO

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14081 e, secondo quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008, recare la Marcatura CE.

Qualora non sia applicabile la marcatura CE, i produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale, secondo quanto specificato al punto B del paragrafo 11.1 del DM 14 gennaio 2008, devono essere qualificati così come

specificato al paragrafo 11.7.10 del DM 14 gennaio 2008.

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale, selezionato e classificato in dimensioni d'uso secondo la resistenza, elemento per elemento, sulla base delle normative applicabili.

I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate, senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche, definendone il profilo resistente, che raggruppa le proprietà fisico-meccaniche,

necessarie per la progettazione strutturale.
La classificazione può avvenire assegnando all'elemento una Categoria, definita in relazione alla qualità dell'elemento stesso con riferimento alla specie legnosa e alla provenienza geografica, sulla base di specifiche prescrizioni normative. Al legname appartenente a una determinata categoria, specie e provenienza, può essere assegnato uno specifico profilo resistente, utilizzando le regole di classificazione previste base nelle normative applicabili.
La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338:2004 ed UNI EN 1912:2005, per legno di provenienza estera, ed UNI 11035:2003 parti 1 e 2 per legno di provenienza italiana.
Ad ogni tipo di legno può essere assegnata una classe di resistenza se i suoi valori caratteristici di resistenza, valori di modulo elastico e valore caratteristico di massa volumica, risultano non inferiori ai valori corrispondenti a quella classe.
In generale è possibile definire il profilo resistente di un elemento strutturale anche sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali, in conformità a quanto disposto nella UNI EN 384:2005. Le prove sperimentali per la determinazione di, resistenza a flessione e modulo elastico devono essere eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà presumibilmente soggetto nella struttura.
Per tipi di legno non inclusi in normative vigenti (emanate da CEN o da UNI), e per i quali sono disponibili dati ricavati su campioni "piccoli e netti", è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose incluse in normative di dimostrata validità.

12.4 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 norma UNI EN 385:2003, e laddove pertinente alla norma UNI EN 387:2003.
Nel caso di giunti a dita a tutta sezione il produttore dovrà comprovare la piena efficienza e durabilità del giunto stesso. La determinazione delle caratteristiche di resistenza del giunto a dita dovrà basarsi sui risultati di prove eseguite in maniera da produrre gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il giunto sarà soggetto per gli impieghi previsti nella struttura.
Elementi in legno strutturale massiccio congiunti a dita non possono essere usati per opere in classe di servizio 3.

12.5 LEGNO LAMELLARE INCOLLATO

12.5.1 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.

12.5.2 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLE PROPRIETÀ DELLE LAMELLE

Le singole lamelle vanno tutte individualmente classificate dal produttore come previsto al paragrafo 11.7.2 del DM 14 gennaio 2008.
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 nella norma UNI EN 1194:2000.
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.

12.5.3 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 1194:2000, 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 norma europea armonizzata UNI EN 14080.

12.6 PANNELLI IN FIBRA DI LEGNO - PANNELLI OSB

Con il termine OSB (Oriented Strand Board) si indica un materiale a base legno costituito da diversi strati, a loro volta composti da trucioli di legno
prevalentemente lunghi e stretti (strand) assemblati con un legante (colla). Gli strand degli strati esterni sono paralleli al lato longitudinale o trasversale del pannello. Un rapporto lunghezza/larghezza degli strand di 10:1 contribuisce a migliorare le proprietà di resistenza a flessione nella direzione dell'orientamento degli strati esterni. Gli strand dello strato interno possono essere orientati in maniera casuale oppure, di norma, in direzione perpendicolare agli strand degli strati esterni.
Per impieghi strutturali con funzione portante di OSB/2 e OSB/3 secondo le condizioni della classe di servizio 1, si applicano i valori caratteristici delle proprietà meccaniche e la massa volumica riportate in Tab. 1. Questi valori devono essere modificati secondo la UNI EN 1995-1-1 in base alla durata di applicazione del carico (kmod, kdef).
Per impieghi strutturali con funzione portante di OSB/3 secondo le condizioni della classe di servizio 2, i valori caratteristici delle proprietà meccaniche e la massa volumica riportati in Tab. 1 devono essere modificati secondo la UNI EN 1995-1-1 in base alla classe di servizio e alla durata di applicazione del carico (kmod, kdef). Come valore caratteristico del 5% della rigidezza deve essere preso l'85% del valore medio riportato in Tab. 1 della norma.

prospetto 2 **Valori caratteristici di pannelli conformi alla EN 300: OSB/2: Pannelli portanti per uso in ambiente secco e OSB/3: Pannelli portanti per uso in ambiente umido**

Spessore, mm	Valori caratteristici di massa volumica (kg/m^3) e resistenza (N/mm^2)								
	Massa volumica	Flessione		Trazione		Compressione		Taglio pannello	Taglio planare
t_{nom}	ϱ	f_m		f_t		f_c		f_v	f_r
		0	90	0	90	0	90		
>6 a 10	550	18,0	9,0	9,9	7,2	15,9	12,9	6,8	1,0
>10 a 18	550	16,4	8,2	9,4	7,0	15,4	12,7	6,8	1,0
>18 a 25	550	14,8	7,4	9,0	6,8	14,8	12,4	6,8	1,0

Spessore, mm	Valori medi di rigidezza, N/mm^2							
	Flessione		Trazione		Compressione		Taglio pannello	Taglio planare
t_{nom}	E_m		E_t		E_c		G_v	G_r
	0	90	0	90	0	90		
>6 a 10	4 930	1 980	3 800	3 000	3 800	3 000	1 080	50
>10 a 18	4 930	1 980	3 800	3 000	3 800	3 000	1 080	50
>18 a 25	4 930	1 980	3 800	3 000	3 800	3 000	1 080	50

12.7 ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO

Per tutti gli elementi metallici che fanno parte di particolari di collegamento (metallici e non metallici, quali spinotti, chiodi, viti, piastre, ecc...) le caratteristiche specifiche verranno verificate con riferimento alle specifiche normative applicabili per la categoria di appartenenza.

12.8 DURABILITÀ DEL LEGNO E DERIVATI

12.8.1 GENERALITÀ

La durabilità delle opere realizzate con prodotti in legno strutturali è ottenibile mediante un'accurata progettazione dei dettagli esecutivi.

Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:

- La destinazione d'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.

12.8.2 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 norma UNI EN 350:1996 parti 1 e 2, mentre una guida ai requisiti di durabilità naturale per legno da utilizzare nelle classi di rischio è contenuta nella norma UNI EN 460:1996.
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 norme UNI EN 335-1: 2006, UNI EN 335-2: 2006 e UNI EN 335-3: 1998.
La classificazione di penetrazione e ritenzione dei preservanti è contenuta nelle norme UNI EN 351:1998 (Parte 1 e 2).
Le specifiche relative alle prestazioni dei preservanti per legno ed alla loro classificazione ed etichettatura sono indicate nelle UNI EN 599-1:1999 e UNI EN 599-2:1998.

12.8.3 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.

12.9 PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE ED ACCETTAZIONE

12.9.1 FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO

Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate da una copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.
L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo, finché permane la validità della qualificazione e sono rispettate le prescrizioni periodiche di cui al paragrafo 11.7.10.1 del DM 14 gennaio 2008.
Sulla copia dell'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.