



IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO 24.092,64 kW/p **COMUNE DI BONDENO (FE)** **RELAZIONE SUI MATERIALI DELLE OPERE CIVILI**


28/02/2025	00	Emissione Finale	SGS srl	Luca Marabeti	Federico Boni Castagnetti
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale			ID Documento Committente		
			H_054_FV_00007_BCR		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale			ID Documento Appaltatore		
			H_054_FV_00007_BCR		

File name: H_054_FV_00007_BCR_RELAZIONE SUI MATERIALI DELLE OPERE CIVILI


	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 2 / 26
		Numero Revisione
		00

Sommario

1	Premessa.....	4
1.1	Ubicazione e dati dell'intervento	5
1.2	Descrizione tecnica dell'intervento.....	6
1.3	Quadro normativo di riferimento adottato	8
2	Calcestruzzo	10
2.1	Classi adottate	10
2.2	Diagrammi costitutivi	10
2.3	Norme di riferimento per le materie prime	11
2.3.1	Acqua di impasto	11
2.3.2	Aggregati.....	13
2.3.3	Attestazione della conformità	13
2.3.4	Marcatura CE	14
2.3.5	Verifiche sulla qualità	15
2.3.6	Aggiunte.....	15
2.3.7	Additivi	16
2.3.8	Prodotti disarmanti.....	16
2.4	Tondini di acciaio.....	16
2.4.1	Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati.....	17
2.4.2	Controlli e documentazione di accompagnamento	18
2.4.3	Acciaio per c.a. laminato a caldo	19
2.4.4	Accertamento delle proprietà meccaniche	20
2.4.5	Caratteristiche dimensionali.....	20
2.4.6	Barre e rotoli	20
2.4.7	Acciaio per cemento armato reti e tralicci e.s.	20
2.5	Controllo sui calcestruzzi in opera.....	21
2.5.1	Controllo di tipo a	21
2.5.2	Controllo di tipo b.....	21
2.6	Controllo sull'acciaio in opera	21
3	Esecuzione delle opere in c.a.	22
3.1	Descrizione generale delle opere	22
3.2	Fasi generali delle opere	22
3.3	Getto del calcestruzzo	22


	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 3 / 26
		Numero Revisione
		00

3.3.1	Getto fresco su fresco.....	22
3.3.2	Vibrazione, costipamento e finitura	22
3.4	Maturazione	23
4	Acciaio carpenteria	24
4.1	Controlli sui prodotti laminati.....	24
4.1.1	Forniture e documentazione di accompagnamento.....	24
4.1.2	Controllo della documentazione	24
4.1.3	Controllo di accettazione	25
4.2	Deposito e conservazione in cantiere.....	25
4.3	Caratteristiche dell'acciaio per carpenteria.....	25
4.4	Caratteristiche di bulloni e viti:.....	26
4.5	Caratteristiche delle saldature	26

	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 4 / 26
		Numero Revisione
		00

1 Premessa

La presente relazione descrive le specifiche tecniche dei materiali da utilizzare per le opere civili del progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato sito nel Comune di Bondeno (FE), che ha come obiettivo sia la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, sia la valorizzazione del paesaggio e l'inserimento al meglio del progetto all'interno del contesto paesaggistico in cui si trova.

	ID Documento Committente	Pagina 5 / 26
	H_054_FV_ 00007_BCR	Numero Revisione
		00

1.1 Ubicazione e dati dell'intervento

Il sito interessato dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico avanzato denominato "Bondeno" ricade nel Catasto Terreni del Comune di Bondeno (FE), al Fg. 49, P.lle 2, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 29, 31, 33, 35, 44.

L'area oggetto di realizzazione del parco agrivoltaico avanzato ha una superficie di impianto di circa 34,18 ettari (di cui 9,86 ettari sono occupati dai soli pannelli). L'area si trova ad un'altitudine media di m 8 m s.l.m. e le coordinate geografiche, nel sistema Geografico-WGS84 sono: Latitudine: 44°55'1.2"N, Longitudine: 11°15'14.4"E.


La STMG (Codice Pratica: 202302528) prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV su un futuro ampliamento/adeguamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV denominata "Massa Finalese", previo:

- potenziamento/rifacimento delle linee RTN a 132 kV "Massa Finalese – Mirandola CP" e "Finale Emilia - Massa Finalese" ed il superamento di eventuali elementi limitanti nelle CP interessate;
- realizzazione degli interventi 318-P e 350-P del Piano di Sviluppo Terna.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto a 132 kV per il collegamento in antenna dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 132 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.



Figura 1 - Inquadramento su ortofoto del cavidotto MT

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 6 / 26
		Numero Revisione
		00


1.2 Descrizione tecnica dell'intervento

Come da STMG di Terna (Codice Pratica: 202302528), l'impianto sarà allacciato alla RTN tramite collegamento in antenna ad uno stallo di una nuova Sottostazione Elettrica SSEU (collegata a sua volta alla Stazione Elettrica, denominata "Massa Finalese") situata a circa 8 km dall'impianto e nella quale è installato il Punto di Consegna (c.d. 'POD'), mediante una linea MT interrata che percorrerà prevalentemente strada pubblica.

L'impianto presenterà i seguenti componenti:


- N° 36.504 moduli fotovoltaici in silicio HJT (potenza nominale di 660 Wp), installati su inseguitori assiali in configurazione 'portrait' (in verticale), saranno orientati ('azimuth') a Sud (20°) e avranno un'inclinazione variabile in base al percorso del sole durante il giorno con angolo variabile rispetto all'orizzontale ('tilt') di -50°/+50°.
- I moduli impiegati saranno suddivisi in 3 aree secondo la planimetria inserita nel presente progetto definitivo e secondo le quantità indicate in seguito:

Tabella 1 – Superfici impianto

	Area	Superficie Catastale [mq]	Superficie di impianto [mq]
	Area 1	73.700	21.004
	Area 2	157.012	45.121
	Area 3	111.146	32.479
	TOT	341.858	98.604

- Le strutture di supporto saranno di tipo trackers, ovvero inseguitori monoassiali con caratteristiche di orientamento ed inclinazione definite al punto precedente; i trackers saranno dotati di tecnologia di backtracking al fine di ridurre i possibili ombreggiamenti reciproci tra le file.
- N. 9 Cabine di campo ('CU' o 'Conversion Unit'), collocate in posizione baricentrica rispetto alle varie aree dell'impianto, con la duplice funzione di collegare gli inverter presenti in campo e di elevare la tensione da BT a MT. Le stesse risultano già preassemblate ed equipaggiate da:
 - un quadro BT per la protezione delle linee degli inverter;
 - un trasformatore elevatore 0,8/30 kV;
 - un quadro MT;
 - dispositivi di comunicazione e controllo.

Le linee MT in uscita da ciascuna CU saranno collegate tra loro in serie mediante un collegamento in entra-esci fino alla Cabina di Raccolta secondo la sequenza: linea 1 in partenza dalla Cabina di Raccolta che collegherà CU1-CU2-CU3; linea 2 in partenza dalla Cabina di Raccolta che collegherà CU4-CU5-CU6; linea 3 in partenza dalla Cabina di Raccolta che collegherà CU7-CU8-CU9.

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 7 / 26
		Numero Revisione
		00

- N. 1 Cabina di Raccolta, suddivisa in 3 locali separati:
 - Locale MT in cui sarà presente il quadro MT dotato dei seguenti scomparti:
 - risalita cavi;
 - arrivo linea MT da Sottostazione Elettrica;
 - cella misure;
 - partenza linea L1;
 - partenza linea L2;
 - partenza linea L3;
 - protezione trafo ausiliari di cabina;
 - locale quadro BT ausiliari di cabina, UPS e rack dati;
 - locale trasformatore ausiliari di cabina.

Inoltre, l'impianto sarà equipaggiato con tutte le apparecchiature elettriche necessarie alla protezione delle linee interne e all'immissione dell'energia prodotta in Rete.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con i principali dati di progetto:

Tabella 2 – Sommario dei principali dati di progetto

Impianto	Agrivoltaico avanzato Bondeno
Comune (Provincia)	Bondeno (FE)
Coordinate (WGS84)	Latitudine: 44°55'1.2"N Longitudine: 11°15'14.4"E
Superficie di impianto¹	9,86 ha
Potenza di picco	24.092,64 kW _p
Tensione di sistema (CC)	1.500 V
Punto di connessione ('POD')	Stallo AT presso la SE di Terna
Tensione al POD	132 kV
Tipologia di impianto	Trackers monoassiali in configurazione 1P, con inclinazione est-ovest e tecnologia di backtracking
Moduli	N. 36.504 bifacciali dual glass in silicio cristallino da 660 W _p
Inverter	N. 85 da 330 kVA, di tipo distribuito e multistringa per installazione indoor/outdoor
Tilt	+50°/-50° circa
Azimuth	20°
Cabine	N. 9 nuove cabine di campo (Conversion Unit, 'CU') preassemblate da 3.300 kVA ciascuna. N. 1 nuova Cabina di Raccolta. N. 1 nuova Control Room.

Si riporta di seguito il layout di progetto:

¹ Dato riferito alla sola superficie occupata dai moduli fotovoltaici



Figura 2 - Inquadramento dell'area impianto su ortofoto


1.3 Quadro normativo di riferimento adottato

Le seguenti normative italiane saranno applicate:


- D.M. 17 Gennaio 2018 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP- “Istruzione per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 31 Luglio 2012 “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici”
- Legge 05.11.1971, n.1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge 02.02.1974 N. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- D.M. 16-02-2007 “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione”
- D.M. 09-03-2007 “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei vigili del fuoco”.
- UNI EN 1990 “EUROCODICE 0 – Criteri generali di progettazione strutturale”
- UNI EN 1991 “EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture”
- UNI EN 1992 “EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 1997 “EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica”
- UNI EN 1998 “EUROCODICE 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

Cemento armato:

- UNI EN 206 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”

	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 9 / 26
		Numero Revisione
		00

- UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206”
- UNI 11417 “Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 12350 “Prova sul calcestruzzo fresco”
- UNI EN 12390 “Prove sul calcestruzzo indurito”
- UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 197 “Cemento”
- UNI EN 480 “Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova”
- UNI EN 932 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”
- UNI EN 933 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati”
- UNI EN 1008 “Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo”
- UNI EN 1097 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati”
- UNI EN 1744 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati”
- UNI CEN/TS 1992 “Progettazione di attacchi da utilizzare nel calcestruzzo”
- UNI EN 10080 “Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità”
- UNI EN 13055 “Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione”

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 10 / 26
		Numero Revisione
		00

2 Calcestruzzo

2.1 Classi adottate

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

- a) Caratteristiche del calcestruzzo utilizzato per il magrone:

Tabella 3 – Calcestruzzo C12/15

Classe di resistenza	C 12/15
Resistenza caratteristica cilindrica f_{ck}	12 MPa
Resistenza caratteristica cubica R_{ck}	15 MPa
Resistenza caratteristica a trazione f_{ctk}	1,27 MPa
Modulo di Young E_{cm}	28000 MPa
Coefficiente di Poisson	0,2
Densità ρ	25 kN/mc

- b) Caratteristiche del calcestruzzo utilizzato per le fondazioni:

Tabella 4 – Calcestruzzo C25/30

Classe di resistenza	C 25/30
Classe di esposizione	C 25/30 per classe di esposizione XC2 in accordo a Prospetto F.1 della UNI EN 206 e UNI 11104
Copriferro minimo	30 mm
Resistenza caratteristica cilindrica f_{ck}	25 MPa
Resistenza caratteristica cubica R_{ck}	30 MPa
Resistenza caratteristica a trazione f_{ctk}	1,80 MPa

2.2 Diagrammi costitutivi

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018.

In particolare viene utilizzato il diagramma parabola-rettangolo riportato in figura.

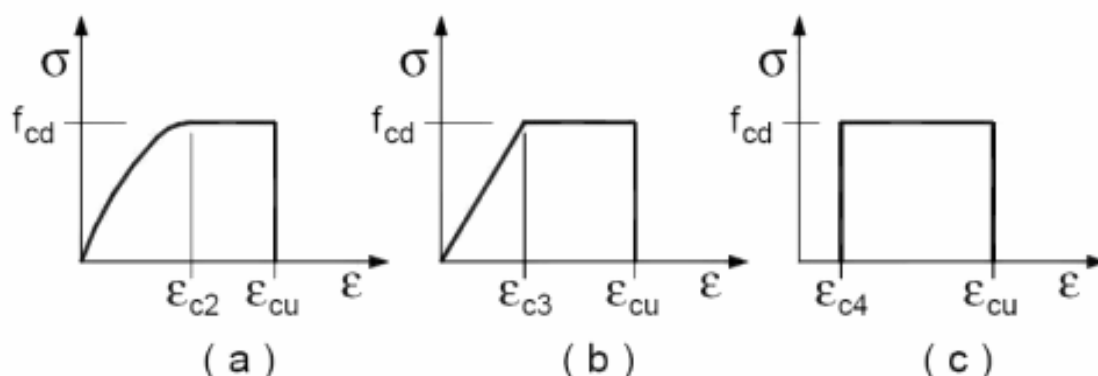


Figura 3 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo

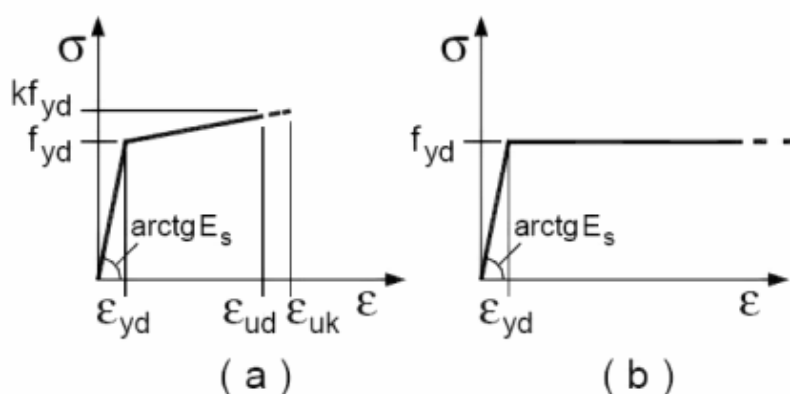


Figura 4 - Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio per calcestruzzo

La resistenza di calcolo è data da f_y / γ_f . Il coefficiente di sicurezza è γ_f .

2.3 Norme di riferimento per le materie prime

I materiali componenti non devono contenere sostanze nocive in qualità tali che possano compromettere la durabilità del calcestruzzo o causare corrosione dell'armatura e devono essere idonei all'impiego previsto nel calcestruzzo. Le materie prime da utilizzarsi nel confezionamento del calcestruzzo devono seguire le seguenti prescrizioni:

2.3.1 Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose, priva di materie terrose e non aggressiva. L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o uso, potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto. È vietato l'impiego di acqua di mare. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008 come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 17 gennaio 2018.


	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 12 / 26
		Numero Revisione
		00

Tabella 20.7 – Acqua di impasto

Caratteristica	Prova	Limiti di accettabilità
Ph	Analisi chimica	da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati		SO ₄ ⁻ minore 800 mg/litro
Contenuto cloruri		Cl minore 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico		minore 50 mg/litro
Contenuto totale di sali minerali		minore 3.000 mg/litro
Contenuto di sostanze organiche		minore 100 mg/litro
Contenuto di sostanze solidese spese		minore 2.000 mg/litro

Figura 5 - Caratteristiche acqua da impasto

Non potranno essere impiegate: a) le acque eccessivamente dure o aventi alto tenore di solfati o di cloruri, gessose e salmastre; b) le acque di rifiuto, anche se limpide, provenienti da fabbriche chimiche in genere, da aziende di prodotti alimentari, da aziende agricole, da concerie o altre aziende industriali; c) le acque contenenti argille, humus e limi; d) le acque contenenti residui grassi, oleosi e zuccherini; e) le acque piovane prive di carbonati e bicarbonati che potrebbero favorire la solubilità della calce e quindi impoverire l'impasto.


2.3.1.1 Quantita' di Acqua Di Impasto

Fermo restando quanto disposto con il D.M. 30 maggio 1974 e ritenuto che l'eccesso d'acqua costituisce causa fondamentale della riduzione di resistenza del conglomerato, nella determinazione della quantità d'acqua per l'impasto sarà tenuto conto anche di quella eventualmente contenuta negli inerti. La consistenza del conglomerato, nel caso gli elementi non superino i 30 mm ed il rapporto acqua-cemento sia superiore a 0,5, sarà determinata in cantiere con il metodo del cono di Abrams.

2.3.1.2 Leganti

Nelle opere strutturali oggetto delle Norme tecniche approvate dal D.M. 17 gennaio 2018 devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26 maggio 1965, n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197, dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2. È escluso l'impiego di cementi alluminosi. L'impiego dei cementi di tipo C, richiamati nella legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta. In caso di ambienti chimicamente aggressivi si deve far riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce). I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e la loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa dovrà disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termoigrometriche. L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente il loro marchio o i marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 13 / 26
		Numero Revisione
		00

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

2.3.2 Aggregati

Sono idonei alla produzione di conglomerato cementizio gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620. Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.

2.3.2.1 Sabbia

La sabbia sarà prelevata esclusivamente da fiumi e da fossi; sarà costituita da elementi prevalentemente silicei, di forma angolosa e di grossezza assortita; sarà aspra al tatto senza lasciare traccia di sporco; sarà esente da cloruri e scevra di materiali terrosi, argillosi, limacciosi o polverulenti; non conterrà fibre organiche, sostanze friabili o comunque eterogenee. Saranno soltanto tollerate materie finissime o argillose fino al 2% del peso dell'aggregato oltre a quanto stabilito dal D.M. 30 maggio 1974; la corrispondenza granulometrica della sabbia potrà essere quella eventualmente migliore che risulterà da dirette esperienze sui materiali impiegati.

2.3.2.2 Ghiaia

La ghiaia sarà formata da elementi resistenti, inalterabili all'aria, all'acqua e al gelo; gli elementi saranno pulitissimi, esenti da materiali polverulenti; saranno esclusi elementi a forma di ago o di piastrelle. Oltre a rispondere ai requisiti richiesti dal D.M. 30 maggio 1974, la composizione dell'aggregato ghiaia sabbia potrà essere anche quella eventualmente migliore che risulterà da esperienza diretta sui materiali impiegati. Ad ogni modo la dimensione massima della ghiaia sarà commisurata, per l'assestamento del getto, ai vuoti tra le armature e tra i casseri e le armature, tenendo presente che il diametro massimo dell'inerte non supererà 0.6-0.7 cm della distanza minima tra due ferri contigui e sarà sempre inferiore ad $\frac{1}{4}$ della dimensione minima della struttura.

2.3.2.3 Pietrisco – Graniglia

Il pietrisco e la graniglia proverranno dalla frantumazione di rocce silicee basaltiche, porfidiche, granitiche o calcaree rispondenti, in generale, ai requisiti prescritti per le pietre naturali nonché a quelli prescritti per la ghiaia. Sarà escluso il pietrisco proveniente dalla frantumazione di scaglie di residui di cave.


2.3.3 Attestazione della conformità

I sistemi di attestazione della conformità degli aggregati, infatti, prevedono due livelli:

- livello di conformità 4, che prevede lo svolgimento del Controllo di Produzione da parte del produttore;
- livello di conformità 2+, che comporta l'intervento di un Organismo notificato certificante il Controllo svolto dal produttore. Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, è indicato nella Figura 6.

Specifiche tecniche europee di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione della conformità
Aggregati per calcestruzzo	Calcestruzzo strutturale	2+
UNI EN 12620-13055	Uso non strutturale	4

Figura 6 - Caratteristiche acqua da impasto

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 14 / 26
		Numero Revisione
		00

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensivo della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica. Il sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993. È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 2 a condizione che la miscela di conglomerato cementizio confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica, di cui ai prospetti HI, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Tabella 2 – Limiti dell'utilizzo del materiale da riciclo

Origine del materiale da riciclo	R_{ck} del calcestruzzo [N/mm ²]	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	<15	fino al 100%
Demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤ 35	≤ 30 %
	≤ 25	fino al 60 %
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	≤ 55	fino al 5%

Figura 7 - Limiti dell'utilizzo del materiale da riciclo

Per quanto riguarda gli aggregati leggeri, questi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 13055; il sistema di attestazione della conformità è quello riportato nella Figura 6.

2.3.4 Marcatura CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura CE sono riportati nel seguente prospetto:


	Norme di riferimento
Aggregati per calcestruzzo	EN 12620
Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate	EN 13043
Aggregati leggeri - Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiacca	EN 13055-1
Aggregati grossi per opere idrauliche (<i>armourstone</i>) - Parte 1	EN 13383-1
Aggregati per malte	EN 13139
Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	EN 13242
Aggregati per massicciate ferroviarie	EN 13450

Figura 8 - Norme di riferimento aggregati

La produzione dei prodotti sopraelencati deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un Organismo notificato.

2.3.4.1 Controlli d'accettazione

Gli eventuali controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del direttore dei lavori, come stabilito dalle norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018, devono essere finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Figura 7, insieme ai relativi metodi di prova.

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 15 / 26
		Numero Revisione
		00

Caratteristiche tecniche	Metodo di prova
Descrizione petrografica semplificata	EN 932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	EN 933-1
Indice di appiattimento	EN 933-3
Dimensione per il filler	EN 933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	EN 933-4
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$)	EN 1097-2

Figura 9 - Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

2.3.5 Verifiche sulla qualità

La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia, dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultano da certificato emesso in seguito a esami eseguiti da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori. Il prelevamento dei campioni di sabbia normalmente deve avvenire dai cumuli sul luogo di impiego, diversamente può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai silos. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale e in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

2.3.6 Aggiunte


È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio. Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma EN 450 e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla UNI EN 206-1 e dalla UNI 11104. I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

2.3.6.1 Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, ecc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento. Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche che devono soddisfare i requisiti delle UNI EN 450 del settembre 1995. Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto A/C. Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

2.3.6.2 Microsilice Silice

attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO_2 con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco. La silice fume può essere fornita allo stato naturale ottenendola dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 16 / 26
		Numero Revisione
		00

come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa. Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisicochimiche. Il dosaggio della silica fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto a/c. Se si utilizzano cementi di tipo I potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto a/c una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento. Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silica fume.

2.3.7 Additivi

L'impiego di additivi, come quello di ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata. Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea EN 934-2. L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività. Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- devono essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non devono contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non devono provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non devono interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo; in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.


Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego. Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

2.3.8 Prodotti disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti. Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito, specie se a faccia vista.

2.4 Tondini di acciaio


Gli acciai per strutture in cemento armato devono rispettare le prescrizioni delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con il D.M. 17 gennaio 2018. L'appaltatore non deve porre in opera armature

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 17 / 26
		Numero Revisione
		00

ossidate, corrosive, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o che siano ricoperte da sostanze che riducono sensibilmente l'aderenza al conglomerato cementizio. Particolare attenzione va posta alla lavorazione delle armature: il diametro del mandrino, su cui avviene la piegatura, deve essere maggiore di 6 volte il diametro della barra. Occorre garantire un adeguato interfero tra le barre, con un minimo di 2,5 cm, qualora se ne ravvisi la necessità, il direttore dei lavori ordinerà il raggruppamento delle barre a coppie garantendo un interfero minimo di 4 cm, oppure si disporranno più registri. Il copriferro minimo non deve essere inferiore a 2 cm per travi e pilastri e 0,8 cm per solette e setti. Tutti gli acciai oggetto delle Norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 17 gennaio 2018, siano essi destinati a utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o a utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche, devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee disponibili EN 10080, EN 10138, EN 10025, EN 10210, EN 10219. Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 di recepimento della direttiva 89/106/CE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata. Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti del paragrafo 11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate. Il Servizio tecnico centrale della Presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra. La procedura di qualificazione del prodotto prevede: esecuzione delle prove di qualificazione a cura del laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 incaricato dal Servizio tecnico centrale su proposta del produttore; invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio tecnico centrale da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 incaricato; in caso di giudizio positivo il Servizio tecnico centrale provvede al rilascio dell'Attestato di qualificazione al produttore e inserisce il produttore nel Catalogo ufficiale dei prodotti qualificati che sarà reso disponibile sul sito internet; in caso di giudizio negativo, il produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio tecnico centrale che al laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione. Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di qualificazione. La qualificazione ha validità cinque anni.

2.4.1 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e deve costantemente essere riconducibile allo stabilimento di produzione tramite la marcatura indelebile depositata presso il Servizio tecnico centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità. Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 18 / 26
		Numero Revisione
		00


differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato. Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, diversi possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo; ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione. Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio tecnico centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile. Qualora, sia presso gli utilizzatori sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto, è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio tecnico centrale. In tal caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori. I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o le etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto. Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio tecnico centrale. Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato e il laboratorio incaricato informa di ciò il Servizio tecnico centrale.

2.4.2 Controlli e documentazione di accompagnamento

La vigente normativa prevede le seguenti forme di controllo obbligatorie:

- controlli di produzione in stabilimento;
- controlli di accettazione nei centri di trasformazione e in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione. I controlli di accettazione eseguiti in cantiere, o nei centri di trasformazione, sono riferiti a lotti di spedizione.

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 19 / 26
		Numero Revisione
		00

A tale riguardo si definiscono:

- lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito o del fascio di barre). Un lotto di produzione è compreso tra 30 e 100 tonnellate;
- lotti di spedizione: sono lotti formati da un massimo di 30 t, spediti in cantiere o nei centri di trasformazione. Tutti i lotti di spedizione di acciaio, anche se parte di un'unica fornitura, devono essere accompagnati dall'attestato di qualificazione del produttore rilasciato dal Servizio tecnico centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto del produttore. Tutti i lotti di spedizione effettuati da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnati dalla copia dell'attestato di qualificazione del produttore, sul quale deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto fino al commerciante o al trasformatore intermedio. I controlli in cantiere, eseguiti su ciascun lotto di spedizione, possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da un centro di trasformazione; in quest'ultimo caso la certificazione delle prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve riportare gli elementi identificativi del produttore, le caratteristiche commerciali, le quantità fornite, il cantiere di destinazione. Nel caso in cui il centro di trasformazione proceda a eseguire i controlli di cui sopra, ha l'obbligo di nominare un direttore tecnico che, in possesso dei requisiti definiti per norma per il direttore dei lavori, assume la responsabilità del controllo dei materiali. Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni. I controlli sono effettuati secondo le modalità indicate al punto 11.3 del D.M. 17 gennaio 2018. Il direttore dei lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

2.4.3 Acciaio per c.a. laminato a caldo

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo, denominato B450C, deve essere caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$f_{v\ nom}$	450 N/mm ²
$f_{t\ nom}$	540 N/mm ²

Figura 10 - Caratteristiche di snervamento e rottura

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella 21.1:

Tabella 21.1 – L'acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C

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


	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 20 / 26
		Numero Revisione
		00

Figura 11 - Requisiti acciaio laminato a caldo

2.4.4 Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2. Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche devono essere determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente. La prova di piegamento e raddrizzamento deve essere eseguita alla temperatura di $20 + 5$ °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 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.

2.4.5 Caratteristiche dimensionali

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni. Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati o preassemblati in appositi centri di trasformazione, a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera, quali: - elementi presagomati (staffe, ferri piegati, ecc); - elementi preassemblati (gabbie di armatura, ecc.). Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio. Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti vale quanto indicato al punto 11.3. delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018 . Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.3. delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018 .

2.4.6 Barre e rotoli

Le barre sono caratterizzate dal diametro Ø della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. Il diametro Ø delle barre deve essere compreso tra 6 e 50 mm. Per barre con diametri superiori a 40 mm la struttura va considerata composta e valgono le regole delle strutture composte acciaio-conglomerato cementizio. L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a $\varnothing \leq 16$. Nel luogo di lavorazione, dove avviene il raddrizzamento, per tenere in conto del danneggiamento della superficie del tondo ai fini dell'aderenza opportune prove dovranno essere condotte così come indicato al punto 11.3 delle Norme tecniche di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Quando il raddrizzamento avviene a caldo, bisogna verificare che siano mantenute le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.

2.4.7 Acciaio per cemento armato reti e tralicci e.s.

L'acciaio per cemento armato da utilizzarsi (sia in barre, sia composto in reti e tralicci elettrosaldati) deve essere del B450C secondo quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018 ;

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


Tensione nominale di snervamento:

$$f_{ynom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Tensione nominale di rottura:

$$f_{tnom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

e deve rispettare i requisiti indicate nella tabella 11.3.Ib riportata al cap.11 del D.M. 17/01/2018

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 21 / 26
		Numero Revisione
		00

Le barre di armatura da porre in opera non devono mostrare segni di corrosione e/o ossidazione che ne menomino la resistenza; inoltre non si devono porre in opera barre di armatura ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

Tutti gli ancoraggi di staffe e tirantini devono essere risvoltati verso l'interno dell'elemento strutturale di 135° con lunghezze pari a 10 ϕ .

2.5 Controllo sui calcestruzzi in opera

Secondo il paragrafo 11.2.5 del D.M. 17 gennaio 2018, valgono le seguenti prescrizioni.

2.5.1 Controllo di tipo a

Il 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 massimi 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 tre prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.


2.5.2 Controllo di tipo b

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m³ di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 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 R_l dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%. Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s / R_m) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al par. 11.2.6. Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

2.6 Controllo sull'acciaio in opera

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, 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.

Al paragrafo 11.3.1.1 del D.M. 17 gennaio 2018 si definisce lotto di spedizione il lotto formato da massimo 30 t, spedito in un'unica volta, costituito da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 22 / 26
		Numero Revisione
		00

3 Esecuzione delle opere in c.a.

3.1 Descrizione generale delle opere

La struttura è in calcestruzzo armato ordinario costituita da:

- Fondazione in C.A.O. costituita da platee o da zavorre.

3.2 Fasi generali delle opere

- Allestimento del cantiere;
- Trasporto macchinari in cantiere;
- Scavi di sbancamento generale;
- Scavi a sezione obbligata;
- Lavorazione e posa ferri di armatura per strutture di fondazione;
- Getto calcestruzzo per strutture di fondazione.

3.3 Getto del calcestruzzo

L'operatore garantisce che i getti risultano perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme avviene con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non è mai superiore a 100 cm. Per getti massivi, il calcestruzzo è steso in strati orizzontali di spessore (misurato dopo la vibrazione) non maggiore a 50 cm.

Per getti in pendenza saranno predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

Di norma i getti sono eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Nel caso ciò non fosse possibile, ad esempio per elementi con dimensioni rilevanti, il getto sarà sospeso e successivamente ripreso, generando in questo modo una ripresa di getto.

Per eseguire riprese di getto "monolitiche", che assicurino continuità tra le parti di uno stesso elemento strutturale realizzate in tempi differenti, si procedere secondo uno dei seguenti modi:

3.3.1 Getto fresco su fresco

Questo tipo di getto è previsto in funzione della velocità di ricoprimento del getto precedente e della velocità di perdita di lavorabilità e del tempo di presa del calcestruzzo già realizzato.


Poiché queste ultime proprietà dipendono dalla composizione della miscela di calcestruzzo, si procederà preventivamente alla qualifica di miscele specifiche da impiegarsi come calcestruzzi per riprese di getto.

All'atto del getto dello strato successivo, la classe di consistenza dello strato del getto precedente è tale che la vibrazione lo penetri per uno spessore di qualche centimetro.

Per ottenere questi risultati si fa uso di particolari miscele contenenti specifici additivi ritardanti tali che possano essere eseguite riprese di getto "monolitiche" con interruzioni no maggiori di 36 ore.

3.3.2 Vibrazione, costipamento e finitura

Il calcestruzzo è posto in opera vibrato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie


	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 23 / 26
		Numero Revisione
		00

o chiazze. A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo è vibrato da un numero di vibratori a immersione o a parete sufficienti, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori, e alla dimensione del getto stesso; la durata della vibrazione è determinata dal tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiacca, ovvero per vibratori a parete fino all'affioramento in superficie della boiacca. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori ad immersione penetreranno per almeno 5 cm nello strato inferiore. È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e stenderlo con l'impiego del vibratore. Le attrezzature non funzionanti sono immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti.

3.4 Maturazione

I metodi di stagionatura e la loro durata sono tali da garantire per il calcestruzzo indurito:

- La prescritta resistenza e durabilità;
- La assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

	ID Documento Committente H_054_FV_ 00007_BCR	Pagina 24 / 26
		Numero Revisione
		00

4 Acciaio carpenteria

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si utilizzano acciai conformi alle norme UNI EN 10025 (acciai laminati) e devono essere fornite con Marcatura CE secondo UNI 1090. L'acciaio laminato di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per strutture composte comprende:

- 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.

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14/01/2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità.

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali, di cui si riportano nell'ordine le proprietà meccaniche adottate nel calcolo elastico e le resistenze di calcolo per le verifiche di sicurezza (11.3.4 del DM 17/01/2018):

4.1 Controlli sui prodotti laminati

Controlli sui laminati vengono eseguiti secondo le prescrizioni di cui al punto 11.3.4.11 del DM 17/01/2018.

4.1.1 Forniture e documentazione di accompagnamento


Tutte le forniture devono essere accompagnate da "CERTIFICATO DI CONFORMITA' – CE" con la specifica dell'immissione sul mercato, della fabbrica di produzione e del controllo della produzione di fabbrica da parte del Produttore. Per le forniture ove non sussista l'obbligo della Marcatura CE, esse devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Serv. Tec. Centrale

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno 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; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza della marcatura riportata con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

4.1.2 Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai laminati a caldo, qualificati secondo le procedure indicate nella normativa vigente.

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 25 / 26
		Numero Revisione
		00

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dalla normativa vigente.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

4.1.3 Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nella normativa vigente.

Come indicato al paragrafo 11.3.4.11.3 del DM 17/01/2018, "I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al par. 11.3.3.5.3, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t."

4.2 Deposito e conservazione in cantiere


Alla consegna in cantiere, l'Impresa appaltatrice avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, i vari profilati dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

4.3 Caratteristiche dell'acciaio per carpenteria

Tabella 5 – Acciaio S235 JR

Classe di resistenza	S235
Resistenza caratteristica a snervamento f_{yk}	235 MPa
Resistenza caratteristica a rottura f_{tk}	360 MPa
Modulo Elastico Es	210000 MPa
Coefficiente di Poisson	0.3
Densità ρ	78,5 kN/mc

Tutte le strutture metalliche devono essere zincate a caldo e verniciate con vernice acrilica poliuretanica. Gli acciai strutturali dovranno essere fornite con Marcatura CE secondo la UNI 1090 e dovranno essere conformi ai requisiti della norma EN10025/EN10210 e UNI EN 10219-1 e appartenere alle seguenti classi di seguito elencate.

	ID Documento Committente H_054_FV_00007_BCR	Pagina 26 / 26
		Numero Revisione
		00

4.4 Caratteristiche di bulloni e viti:

Tutti i bulloni saranno galvanizzati a caldo.

Tutte le unioni dovranno essere non precaricate con l'utilizzo di bulloni "non a serraggio controllato" (UNI EN 15048-1). Bulloni, dadi e rosette nelle connessioni "non precaricate" dovranno essere in accordo alla norma UNI EN 15048-1:2007 "Bulloneria Strutturale non a serraggio controllato".

Gli accoppiamenti vite-dado-rondella consentiti sono riportati in tabella sottostante.

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8	100 HV min. oppure 300 HV min.	
8.8	8 oppure 10		
10.9	10 oppure 12		

Figura 12 - Accoppiamenti vite-dado-rondella

I bulloni possono essere in accordo alle UNI EN ISO 4014 e 4016 (gambo parzialmente filettato). Non sono ammessi bulloni con gambo interamente filettato. I bulloni non precaricati devono avere un tratto non filettato di lunghezza tale che le sezioni di taglio (tra un elemento collegato e l'altro) rientrino in tale tratto.

Si prevede l'utilizzo di bulloni in acciaio classe 8.8 - UNI EN ISO 898-1

- $f_yk=640$ MPa tensione caratteristica a snervamento
- $f_{tk}=800$ MPa tensione caratteristica a rottura

Si prevede l'utilizzo di dadi in acciaio:

- classe 8 – UNI EN ISO 898-2

Si prevede l'utilizzo di rosette in acciaio:

- durezza 100 HV min.

4.5 Caratteristiche delle saldature

Tutte le saldature previste da progetto andranno eseguite in ambiente controllato in officina.

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063.