



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

**LINEA GUIDA PER
L'IDENTIFICAZIONE, LA QUALIFICAZIONE E L'ACCETTAZIONE
DI BARRE E STAFFE IN COMPOSITO FIBRORINFORZATO PER USO
STRUTTURALE**

Dicembre 2021

INDICE

SIMBOLOGIA	3
1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	5
2. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI AI FINI DELLA QUALIFICAZIONE	5
2.1 Caratteristiche fisico-morfologiche e meccaniche	5
3. QUALIFICAZIONE DELLE BARRE PER IL RILASCIO DEL CVT	9
3.1 Qualificazione del Fabbrikante e del prodotto	10
3.2 Prove di tipo	10
3.2.1 Temperatura di transizione vetrosa, T_g	12
3.2.2 Massima temperatura di servizio	12
3.2.3 Resistenza di staffe e di barre con ancoraggio	12
3.2.4 Resistenza al pull-out	13
3.2.5 Resistenza al pull-out ad alte temperature	14
3.2.6 Durabilità ambientale: cicli di gelo-disgelo	14
3.2.7 Durabilità ambientale: esposizione ad ambienti alcalini, salini ed umidi	15
3.2.8 Comportamento al fuoco	16
3.2.9 Resistenza a Fatica	16
3.2.10 Fatica statica	17
3.3 Scheda tecnica di prodotto	17
3.4 Prove per il controllo permanente di produzione in stabilimento (FPC)	18
4. PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE	20
4.1 Documenti da allegare all'istanza	20
4.2 Istruttoria del Servizio Tecnico Centrale	21
4.4 Sospensione e revoca del Certificato di Valutazione Tecnica	22
4.5 Prodotti provenienti dall'estero	23
4.6 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati	23
5. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	24
5.1 Prelievo	25
5.2 Prove da eseguirsi	25
5.3 Valutazione dei risultati	26
6. RIFERIMENTI NORMATIVI	28
ALLEGATO 1	29
ALLEGATO 2	31
ALLEGATO 3	33

SIMBOLOGIA

Si riporta di seguito il significato dei principali simboli utilizzati nel documento.

A	Area nominale
D	Diametro nominale, anche denominato diametro equivalente (barre circolari)
b	Larghezza (barre rettangolari)
V_{fib}	Frazione volumetrica delle fibre
$\alpha_{sp,L}$	Coefficiente di dilatazione termica longitudinale
$\alpha_{sp,T}$	Coefficiente di dilatazione termica trasversale
T_g	Temperatura di transizione vetrosa
T_{max}	Massima temperatura di servizio
f_{k0}	Resistenza di barre rettilinee
f_{ub}	Resistenza di staffe e di barre con ancoraggio
E_f	Modulo elastico longitudinale a trazione
ϵ_u	Deformazione ultima
f_c	Resistenza
E_c	Modulo elastico longitudinale a compressione
τ_s	Resistenza trasversale†
τ_i	Resistenza interlaminare†
τ	Resistenza al <i>pull-out</i> (barra centrata)
τ_{cb}	Resistenza al <i>pull-out</i> (barra in posizione marginale)
τ_{80}	Resistenza al <i>pull-out</i> ad alte temperature †
Δf_{FTt}	Perdita di resistenza a trazione (gelo e disgelo)
$R_{\Delta m}$	Tasso di perdita di massa (ambienti alcalini)
R_{At}	Tasso di perdita di resistenza a trazione (ambienti alcalini)
Δf_{At}	Perdita di resistenza a trazione (ambienti alcalini)
Δf_{St}	Perdita di resistenza a trazione (ambienti salini)
Δf_{Mt}	Perdita di resistenza a trazione (ambienti umidi)
f_b	Resistenza a trazione per flessione
f_f	Resistenza a trazione per fatica
Y_{10}	Tasso di rilassamento a 10 ore
Y_{120}	Tasso di rilassamento a 120 ore
Y_{1000}	Tasso di rilassamento a 1000 ore
$Y_{million}$	Tasso di rilassamento a un milione di ore
f_{fk100a}	Resistenza a trazione per fatica statica

Nell'ambito di questa Linea Guida valgono le seguenti due definizioni:

- **Fabbricante:** quella contenuta all'art. 2, lettera 19, del Regolamento UE 305/2011;
- **Laboratorio incaricato:** Laboratorio ufficiale o autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001;
- **Lotto di produzione:** è la quantità di prodotto realizzata in una unica soluzione temporale, senza variare tipo di materie impiegate e la modalità del processo produttivo;
- **Lotto di spedizione:** è la quantità di prodotto trasferita in una unica soluzione dalla fabbrica all'utilizzatore.
- **Tipi differenti di prodotti:** prodotti che differiscono anche solo per uno dei seguenti aspetti:

- processo produttivo, includendo in quest'ultimo il tipo di finitura superficiale,
- dimensioni nominali,
- natura della matrice e/o delle fibre,
- frazione volumetrica delle fibre.

Viene specificato che la differenza tra matrici può consistere anche solo per una diversa natura degli additivi e/o per una diversa frazione volumetrica di questi ultimi.

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 (nel seguito NTC 2018) prescrivono, al § 11.1, che tutti i materiali e prodotti da costruzione, quando impiegati per uso strutturale, debbano essere identificabili, in possesso di specifica qualificazione all'uso previsto e debbano altresì essere oggetto di controllo in fase di accettazione da parte del Direttore dei lavori.

A tal fine le norme predette prevedono che i materiali e i prodotti da costruzione per uso strutturale, quando non marcati CE ai sensi del Regolamento (UE) n.305/2011 (nel seguito Regolamento), debbano essere in possesso di un Certificato di Valutazione Tecnica (nel seguito CVT) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (nel seguito STC), anche sulla base di linee guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La presente Linea Guida fornisce le procedure per l'identificazione, la qualificazione ed il controllo di barre di FRP (*Fiber Reinforced Polymer*), rettilinee o sagomate a forma di staffe, o di barre con ancoraggio terminale, che presentino una frazione volumetrica di fibre non inferiore al 50% e siano realizzate con resine termoindurenti.

Le suddette barre devono essere utilizzate come armatura lenta di getti di nuove strutture di conglomerato cementizio, anche se tali getti integrano strutture già esistenti. Per altre applicazioni particolari, e per applicazioni che comportino il pretensionamento delle barre, dovranno essere richieste procedure di qualificazione aggiuntive rispetto a quelle della presente Linea Guida.

Le barre di cui alla presente Linea Guida sono costituite da fibre continue di vetro, basalto o carbonio. Per applicazioni che utilizzino altri tipi di fibre possono essere richieste procedure di qualificazione aggiuntive rispetto a quelle della presente Linea Guida.

Il processo produttivo delle barre rettilinee è tipicamente la pultrusione, anche se non sono esclusi differenti processi produttivi. Nella definizione del processo produttivo è incluso il tipo di finitura superficiale della barra, previsto dal Fabbrikante per migliorarne l'aderenza.

Le sezioni trasversali delle barre e delle staffe possono essere pressoché circolari o di forma rettangolare. Il diametro nominale delle sezioni circolari, appresso definito, deve variare nell'intervallo tra 5 mm e 32 mm, comprendendo gli estremi dell'intervallo. La larghezza, *b*, delle sezioni rettangolari, coincidente con la massima dimensione della sezione, non deve essere superiore a 40 mm.

2. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI AI FINI DELLA QUALIFICAZIONE

Le proprietà meccaniche delle barre di FRP dipendono principalmente dalla forma e dalle dimensioni della sezione trasversale, dal tipo di matrice e di eventuali additivi in essa presenti in definite quantità, dalla natura delle fibre e dalla frazione volumetrica di queste ultime.

2.1 Caratteristiche fisico-morfologiche e meccaniche

Le barre e le staffe di FRP, oggetto della presente Linea Guida (LG), sono qualificate sulla base delle caratteristiche di cui alle Tabelle 1, 2 e 3. Le caratteristiche sono distinte in caratteristiche fisico-morfologiche (Tabella 1), caratteristiche meccaniche la cui valutazione è obbligatoria

(Tabella 2), caratteristiche meccaniche la cui valutazione è lasciata alla facoltà del singolo Fabbricante (Tabella 3).

In ciascuna Tabella è riportato il simbolo che denota la caratteristica, nonché il corrispondente standard da utilizzare e la numerosità delle prove. Dove necessario, insieme con l'indicazione dello standard, sono indicati il paragrafo della presente Linea Guida (§) e/o la regola dello standard (c, *clause*) ai quali fare riferimento. La numerosità delle prove, indicata nelle Tabelle 1, 2 e 3, è riferita alla dimensione nominale della barra o della staffa a parità di tutte le altre caratteristiche del prodotto. I campioni da sottoporre a prova sono prelevati da un prefissato numero di lotti di produzione, indicato nelle stesse Tabelle.

Delle caratteristiche contrassegnate con il simbolo (†) devono essere valutati i valori caratteristici (frattile 5%); delle altre i valori medi. In taluni casi, accanto al valore caratteristico è richiesto anche il valore medio: ciò è chiarito nel paragrafo dedicato alla prova specifica. Il valore caratteristico è calcolato sottraendo dal valore medio la corrispondente deviazione standard per il coefficiente k_n riportato nella Tabella D1 dell'annesso D della EN 1990.

Tabella 1 – Caratteristiche fisico-morfologiche

N.	Caratteristica	Simbolo	Metodo di prova	Numerosità delle prove
1	Geometria della sezione trasversale: - Area nominale - Diametro nominale (barre circolari) \pm tolleranze (*) - Larghezza (barre rettangolari/quadrate) \pm tolleranze (*)	A [mm ²] D [mm] b [mm]	ISO 10406-1 (c5) ISO 10406-1 (c5) ISO 527-1 (c9.2)	per ogni dimensione: 15 (5 da 3 lotti diversi di produzione)
2	Frazione volumetrica delle fibre	V_{fib} [%]	ISO 11667:1997 oppure EN ISO 14127:2008 oppure EN ISO 1172:2001	per ogni dimensione: 15 (5 da 3 lotti diversi di produzione)
3	Coefficiente di dilatazione termica longitudinale	$\alpha_{sp,L}$ [°C ⁻¹]	ISO 10406-1 (c15)	per ogni dimensione: 3 (3 da un lotto a scelta)
4	Coefficiente di dilatazione termica trasversale	$\alpha_{sp,T}$ [°C ⁻¹]	ISO 10406-1 (c15)	per ogni dimensione: 3 (3 da un lotto a scelta)
5	Temperatura di transizione vetrosa	T_g [°C]	ISO 11357-2 Questa LG (§3.2.1)	per ogni tipo di resina: 3 (3 da un lotto a scelta)
6	Massima temperatura di servizio	T_{max} [°C]	Questa LG (§3.2.2)	per ogni dimensione: 5 (5 da un lotto a scelta)

(*) tolleranza % sulla massa nominale per metro, pari a \pm 6% per le barre a sezione tonda o a sezione quadrata

Tabella 2 – Caratteristiche meccaniche (valutazione obbligatoria)

N.	Caratteristica	Simbolo	Metodo di prova	Numerosità delle prove
Comportamento a trazione				
1	Resistenza di barre rettilinee*†	f_{k0} [MPa]	ISO 10406-1 (c6)	per ogni dimensione: 25 (5 da 5 lotti diversi di produzione), individuate sulla base delle sezioni effettive di cui al punto 1 della tabella 1
2	Modulo elastico longitudinale*	E_f [GPa]	ISO 10406-1 (c6)	
3	Deformazione ultima*†	ϵ_u [mm/mm]	ISO 10406-1 (c6)	
4	Resistenza di staffe e di barre con ancoraggio*†	f_{ub} [MPa]	Questa LG (§3.2.3 e Allegato 3)	per ogni tipologia: 5 (5 da un lotto a scelta)
Comportamento a compressione				
5	Resistenza*†	f_c [MPa]	ASTM D695	per ogni dimensione: 15 (3 da 5 lotti diversi di produzione)
6	Modulo elastico longitudinale*	E_c [GPa]		
Comportamento a taglio				
7	Resistenza trasversale†	τ_s [MPa]	ISO 10406-1 (c13)	per ogni dimensione: 25 (5 da 5 lotti diversi di produzione)
8	Resistenza interlaminare† oppure resistenza apparente al taglio orizzontale	τ_i [MPa]	ASTM D4475 (per barre con sezione trasversale circolare; i provini devono avere lunghezza pari a 7 volte il diametro nominale) ISO 14130 (per barre con sezione trasversale rettangolare; i provini devono avere lunghezza pari a 10 volte lo spessore)	per ogni dimensione: 25 (5 da 5 lotti diversi di produzione)
Comportamento nei confronti dell'aderenza (in getti di calcestruzzo)				
9	- Resistenza al <i>pull-out</i> (barra centrata) † con indicazione della modalità di rottura	τ [MPa]	ISO 10406-1 (c7) Questa LG (§ 3.2.4)	Calcestruzzo C20/25 Almeno per la dimensione minima, media e massima: 5 per dimensione (5 da un lotto a scelta) Calcestruzzo C50/60 Almeno per la dimensione massima: 5 (5 da un lotto a scelta)

	- Resistenza al <i>pull-out</i> (<i>barra in posizione marginale</i>) † con indicazione della modalità di rottura	τ_{cb} [MPa]	Questa LG (§ 3.2.4)	Calcestruzzo C20/25 Almeno per la dimensione minima, media e massima: 5 per dimensione e per ogni copriferro c_b indicato dal Fabbricante (5 da un lotto a scelta)
10	Resistenza al <i>pull-out</i> ad alte temperature †	τ_{80} [MPa]	ISO 10406-1 (c7) Questa LG (§3.2.5)	Calcestruzzo C20/25 Almeno per la dimensione minima, media e massima: 5 per dimensione (5 da un lotto a scelta)
Durabilità ambientale				
11	Invecchiamento artificiale (ambienti alcalini): - Tasso di perdita di massa - Tasso di perdita di resistenza a trazione - Perdita di resistenza a trazione	$R_{\Delta m}$ [%] R_{At} [%] Δf_{At} [%]	ISO 10406-1 (c11) modificata come al §3.2.7 Questa LG (§3.2.7)	per la dimensione minima, media e massima: 10 per dimensione (5 da 2 lotti diversi di produzione)
Comportamento al fuoco				
12	Reazione al fuoco	Classe	EN 13501-1 Questa LG (§3.2.8)	per la dimensione minima, media e massima (e per ogni resina e finitura superficiale): 3 per dimensione (3 da un lotto a scelta)

*Per sezioni rettangolari si considera la larghezza invece del diametro nominale.

Tabella 3 – Caratteristiche meccaniche (valutazione facoltativa)

N.	Caratteristica	Simbolo	Metodo di prova	Numerosità delle prove
Comportamento meccanico				
1	- Resistenza a trazione per flessione † con indicazione della modalità di rottura	f_b [MPa]	ISO 10406-1 (c14)	Almeno per la dimensione minima, media e massima: 9 per dimensione (3 da 3 lotti diversi di produzione; una terna per ognuna delle 3 condizioni di carico previste dal Fabbricante)
Comportamento viscoso				
2	Fatica a trazione*†	Curva S-N f_f [MPa]	ISO 10406-1 (c10) Questa LG (§3.2.9)	Almeno per la dimensione minima, media e massima:

				6 per dimensione (18 da un lotto a scelta; 6 campioni per ognuno dei tre diversi cicli pulsanti di cui al §3.2.9)
3	Rilassamento*: - Tasso di rilassamento a 10, 120 o 1000 ore - Curva di rilassamento medio - Tasso di rilassamento (a un milione di ore)	$Y_{10}, Y_{120}, Y_{1000}$ [%] $Y_{million}$ [%]	ISO 10406-1 (c9)	Almeno per la dimensione minima, media e massima: 5 per dimensione (5 da un lotto a scelta)
4	Fatica statica*†: - Curva media del livello di carico in funzione del lasso di tempo prima della rottura		ISO 10406-1 (c12) Questa LG (§3.2.10)	Almeno per la dimensione minima, media e massima: 15 per dimensione (15 da un lotto a scelta; una terna per ognuno dei 5 livelli di carico previsti dal Fabbricante)
	- Resistenza alla fatica statica ad un milione di ore	f_{Rk100a} [MPa]		
Durabilità ambientale				
5	Cicli di gelo e disgelo: - Alterazione superficiale - Perdita di resistenza a trazione	Δf_{FTt} [%]	Questa LG (§3.2.6)	per la dimensione minima, media e massima: 10 per dimensione (5 campioni condizionati e 5 non condizionati)
6	Invecchiamento artificiale (ambienti salini): - Perdita di resistenza a trazione	Δf_{St} [%]	Questa LG (§3.2.7)	per la dimensione minima, media e massima: 10 per dimensione (5 campioni condizionati e 5 non condizionati)
7	Invecchiamento artificiale (ambienti umidi): - Perdita di resistenza a trazione	Δf_{Mt} [%]	Questa LG (§3.2.7)	per la dimensione minima, media e massima: 10 per dimensione (5 campioni condizionati e 5 non condizionati)

*Per sezioni rettangolari si adoperava la larghezza invece del diametro nominale.

3. QUALIFICAZIONE DELLE BARRE PER IL RILASCIO DEL CVT

Ai fini della qualificazione di barre e/o di staffe di FRP sono richieste:

- la qualificazione del processo di produzione nello stabilimento del Fabbricante, in termini di organizzazione e qualità, assicurata da opportune prove di controllo della produzione (FPC, *Factory Production Control*);
- la qualificazione delle barre in termini di caratteristiche fisico-morfologiche e meccaniche, mediante idonee prove di tipo (TT, *Type Testing*).

3.1 Qualificazione del Fabbricante e del prodotto

Le barre e/o le staffe di FRP - e quindi le relative fasi costituenti - devono essere prodotte con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento e di gestione della qualità, in coerenza con le norme UNI EN 9001. Tale sistema permanente di controllo interno, che deve essere attivato secondo quanto previsto nei Piani dei controlli interni di cui al § 3.4, deve assicurare il mantenimento del livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito nel suo complesso, nonché l'affidabilità delle relative prestazioni, indipendentemente dal lotto di produzione.

Sia durante il processo di produzione in stabilimento, sia ai fini della qualificazione del prodotto mediante il rilascio del Certificato di Valutazione Tecnica (CVT), devono essere eseguite le prove descritte nei successivi paragrafi, con le modalità ivi precisate.

Le prove devono essere ripetute per ogni prodotto per il quale si richiede la qualificazione.

Si intendono prodotti diversi barre diritte, barre con ancoraggio, e staffe; in ogni caso si intendono come tali prodotti che differiscano anche solo per uno dei seguenti aspetti:

- processo produttivo, includendo in quest'ultimo il tipo di finitura superficiale;
- dimensioni nominali, tranne nei casi esplicitamente indicati nelle Tabelle 2 e 3 nei quali le dimensioni trasversali dei provini possono essere almeno la minima, la media e la massima tra quelle comprese nella produzione sottoposta al processo di qualificazione; nel caso in cui il processo di qualificazione comprenda barre con meno di tre dimensioni trasversali differenti, le prove devono essere eseguite su provini con le dimensioni trasversali presenti nella produzione;
- natura della matrice e/o delle fibre;
- frazione volumetrica delle fibre.

Si specifica che la differenza tra matrici può consistere anche solo per una diversa natura degli additivi e/o per una diversa frazione volumetrica di questi ultimi.

3.2 Prove di tipo

Ai fini del rilascio del CVT devono essere eseguite le seguenti prove di qualificazione, correntemente denominate prove di tipo, per determinare i valori delle caratteristiche fisico-morfologiche e meccaniche indicate nel § 2.1.

Le prove di tipo devono essere effettuate presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza nello specifico settore delle prove da eseguire e dotato di strumentazione adeguata. Un laboratorio con i predetti requisiti viene nel seguito denominato "Laboratorio incaricato", previa acquisizione di nulla osta da parte del STC.

Le prove devono essere condotte da personale qualificato con comprovata esperienza nella caratterizzazione dei materiali compositi e devono essere eseguite utilizzando attrezzature di prova idonee ed opportunamente tarate.

Per ogni tipo di prodotto deve essere redatto un *Registro delle prove di tipo*, dove devono essere riportati, per le elaborazioni statistiche, i risultati delle prove effettuate sui singoli campioni e ogni

altra informazione significativa. I certificati di prova rilasciati dai Laboratori incaricati devono contenere almeno:

- a) l'identificazione del Fabbricante;
- b) l'identificazione del laboratorio;
- c) una identificazione univoca del certificato, la data di emissione; le pagine devono essere numerate e univocamente associate al numero di certificato;
- d) la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- e) le dimensioni del provino e le procedure di confezionamento, nonché la data di preparazione dei campioni;
- f) la data di ricevimento del campione e la data di esecuzione della prova;
- g) il luogo di effettuazione e le condizioni ambientali (temperatura e umidità) delle prove;
- h) il tipo di prova, con l'indicazione delle relative norme di riferimento, l'identificazione della specifica di prova o la descrizione del metodo o della procedura seguita;
- i) la descrizione, se necessario, della procedura di campionamento;
- j) tutte le variazioni, le aggiunte o le esclusioni rispetto alla specifica di prova;
- k) l'identificazione di tutti i metodi o le procedure non normalizzate che siano state utilizzate;
- l) le misure, gli esami e i loro risultati corredati, se del caso, di tabelle, grafici, disegni e fotografie;
- m) le eventuali anomalie riscontrate;
- n) la firma e il titolo o un contrassegno equivalente delle persone che hanno assunto la responsabilità tecnica delle prove, tipo di strumentazione impiegata e la relativa taratura;
- o) i risultati delle prove eseguite con l'indicazione dei valori e dei parametri ottenuti in riferimento alla presente Linea Guida, corredata di adeguata documentazione fotografica.

I valori delle caratteristiche sottoposte a valutazione devono essere riportati dal Fabbricante nella richiesta di CVT compilando la scheda tecnica allegata (Allegato 1) sulla base degli standard e della numerosità di prove indicati nelle Tabelle 1, 2, 3.

Nel caso di prove eseguite solo su alcune delle dimensioni delle sezioni trasversali delle barre e/o staffe sottoposte a qualificazione, il Fabbricante deve esporre i risultati di tali prove solo nella scheda tecnica del prodotto con quelle dimensioni. Le schede tecniche dei prodotti con dimensioni differenti possono segnalare in Nota la disponibilità dei valori ottenuti per alcune specifiche dimensioni, selezionate dal Fabbricante nella richiesta di CVT e comprendenti almeno la minima, la media e la massima tra quelle presenti in catalogo, rinviando alla consultazione delle competenti schede tecniche.

Nei paragrafi successivi (dal 3.2.1 al 3.2.10) sono descritte le modalità di esecuzione delle prove, previste nella presente Linea Guida, di cui alle Tabelle 1, 2, 3, non riconducibili a standard già esistenti, ovvero prescrizioni integrative a standard citati.

3.2.1 Temperatura di transizione vetrosa, T_g

Il Fabbricante deve eseguire, presso il Laboratorio incaricato, almeno tre prove per ciascun tipo di barra prodotto, differente per tipo di resina, finalizzate alla determinazione della Temperatura di transizione vetrosa (nel seguito T_g) della matrice impiegata nella fabbricazione delle barre.

Il metodo di prova da utilizzarsi è quello denominato DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) di cui alla ISO 11357-2. Il metodo è illustrato schematicamente nell'Allegato 2.

La prova deve essere eseguita su campioni – in forma di scaglie o frammenti - prelevati dalle barre mediante taglio o asportazione meccanica, prestando attenzione a non surriscaldare il materiale durante l'operazione. La massa dei campioni deve essere il più possibile prossima a 20 mg. Prima di eseguire le prove, i campioni devono essere conservati in un essiccatore alla temperatura di $23 \pm 2^\circ\text{C}$ fino al raggiungimento di una massa costante.

Si considera come T_g della resina il valore medio di quelli risultanti dalle tre prove prescritte.

Le indicazioni relative all'esecuzione della prova e all'elaborazione dei risultati sono riportate nell'Allegato 2.

3.2.2 Massima temperatura di servizio

Le caratteristiche prestazionali delle barre di FRP, in particolare quelle meccaniche, possono essere fortemente condizionate dalle sollecitazioni termiche.

Tale circostanza, che deve essere tenuta in debito conto dal progettista, deve essere chiaramente evidenziata dal Fabbricante nella documentazione illustrativa dei prodotti, come ad esempio nella scheda tecnica ed in quella di accompagnamento alla fornitura degli stessi.

Il Fabbricante è tenuto ad indicare nella scheda tecnica la temperatura massima di esercizio alla quale sono garantite le caratteristiche prestazionali del prodotto, sulla base delle seguenti prove.

Il Laboratorio incaricato preleva presso lo stabilimento di produzione, per ogni tipo diverso di barra e/o di staffa, una serie di 5 campioni, ricavati da uno stesso lotto di produzione. Ogni campione deve essere ricavato da una diversa barra.

Sui 5 campioni devono essere eseguite prove di trazione alla temperatura massima di esercizio indicata dal Fabbricante. Va verificato che i valori medi di resistenza e di modulo elastico così ottenuti, non si discostino più del 15% da quelli misurati alla temperatura di $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

3.2.3 Resistenza di staffe e di barre con ancoraggio

Se il CVT è richiesto anche per staffe o barre con ancoraggio, il Fabbricante, è tenuto ad indicare le dimensioni della sezione trasversale della staffa o della barra con ancoraggio e relativo raggio di curvatura, la natura e provenienza della resina, la temperatura di transizione vetrosa, la presenza di eventuali additivi e loro natura, la natura e provenienza delle fibre, la frazione volumetrica di queste ultime, la finitura superficiale, il processo produttivo.

Nel caso in cui tutte le caratteristiche sopra riportate siano le stesse di quelle di barre rettilinee,

per le quali è anche richiesta la qualificazione, il Fabbricante, a fronte di una sua dichiarazione in cui attesti quanto sopra nella richiesta al STC, è tenuto unicamente ad effettuare prove ulteriori finalizzate alla valutazione della resistenza a trazione in presenza delle sagomature, come indicato nell'Allegato 3, su staffe o barre con ancoraggio con raggi di curvatura minimi. Diversamente, il Fabbricante è tenuto a sottoporre le staffe o le barre con ancoraggio all'intera procedura di qualificazione, come prevista per le barre rettilinee ed integrata dalle prove specifiche di trazione descritte nell'Allegato 3. In quest'ultimo caso è richiesta una scheda tecnica specifica per le staffe o le barre con ancoraggio.

Il Laboratorio incaricato preleva presso lo stabilimento di produzione, per ogni tipo diverso di staffa o barra con ancoraggio prodotto, una serie di 15 campioni, ricavati da 3 diversi lotti di produzione: 5 per ogni lotto di produzione.

A cura del Laboratorio incaricato, sui campioni è determinato il valore caratteristico della tensione di rottura, f_{ub} , nella direzione longitudinale della staffa o della barra con ancoraggio.

3.2.4 Resistenza al pull-out

La resistenza al *pull-out* deve essere determinata secondo il metodo indicato nella norma ISO 10406-1 (c7), con le seguenti variazioni:

- la lunghezza aderente della barra FRP deve essere cinque volte il diametro nominale o la larghezza nominale della barra FRP;
- devono essere considerate due classi di resistenza per il calcestruzzo: "calcestruzzo a bassa resistenza C20/25" e "calcestruzzo ad alta resistenza C50/60" secondo la EN 206;
- i blocchi di calcestruzzo devono essere progettati in modo tale da scongiurare la crisi per *splitting* del calcestruzzo, ed avere una dimensione minima di lato pari a 200 mm; per barre con sezione trasversale rettangolare, il sistema di afferraggio deve essere conforme alle disposizioni indicate nella norma EN ISO 527-1 c5.

Devono essere eseguite anche prove di resistenza al *pull-out* con barre in posizione marginale rispetto al getto, utilizzando blocchi di calcestruzzo a bassa resistenza C20/25 non confinati e utilizzando i valori del copriferro c_b indicati dal Fabbricante.

Per il calcestruzzo a bassa resistenza C20/25, almeno per la dimensione minima, media e massima della barra, devono essere condotte 5 prove su campioni estratti da un lotto di produzione a scelta; per il calcestruzzo ad alta resistenza C50/60 devono essere condotte 5 prove su campioni estratti da un lotto di produzione, a scelta, della barra di area nominale massima.

Per la valutazione della prova deve essere fornita una descrizione della modalità di rottura.

Il valore medio (media aritmetica) e il valore caratteristico della tensione di aderenza devono essere determinati e riportati nel rapporto di prova insieme alla classe di resistenza a compressione del blocco di calcestruzzo. Quest'ultima deve essere verificata seguendo la procedura riportata nelle NTC 2018 per il controllo di tipo A applicato all'impasto utilizzato per realizzare il suddetto blocco. Il valore caratteristico della tensione di aderenza è calcolato sottraendo dal valore medio la corrispondente deviazione standard moltiplicata per il coefficiente k_n riportato nella Tabella D1

dell'annesso D della EN 1990.

3.2.5 Resistenza al pull-out ad alte temperature

La resistenza al pull-out ad alta temperatura deve essere determinata in maniera analoga al §3.2.4. Almeno per la dimensione minima, media e massima della barra, devono essere condotte 5 prove su campioni estratti da un lotto a scelta.

La prova deve essere eseguita con blocchi di calcestruzzo non fessurato di classe C20/25, evitandone la crisi per *splitting*. Non deve verificarsi fessurazione del calcestruzzo durante il riscaldamento.

Le prove devono essere eseguite riscaldando i provini fino alla temperatura di $80\pm 2^{\circ}\text{C}$ e quindi eseguendo il test di pull-out con una velocità di scorrimento costante conformemente al §3.2.4. Per riscaldare il campione è possibile utilizzare un apposito dispositivo di riscaldamento con un gradiente termico di circa $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

È consentita l'esecuzione di ulteriori prove di tipo facoltativo a temperature superiori stabilite dal Fabbricante, in relazione alle caratteristiche del prodotto che intende qualificare.

Il valore medio (media aritmetica) e il valore caratteristico della tensione di aderenza devono essere determinati e riportati nel rapporto di prova insieme alla classe di resistenza a compressione del blocco di calcestruzzo. Quest'ultima deve essere verificata seguendo la procedura riportata nelle NTC18 per il controllo di tipo A applicato all'impasto utilizzato per realizzare il suddetto blocco. Il valore caratteristico della tensione di aderenza è calcolato sottraendo dal valore medio la corrispondente deviazione standard moltiplicata per il coefficiente k_n riportato nella Tabella D1 dell'annesso D della EN 1990.

3.2.6 Durabilità ambientale: cicli di gelo-disgelo

Il Laboratorio incaricato preleva presso lo stabilimento di produzione, per la dimensione minima, media e massima di ogni prodotto per cui è richiesto il CVT, 5 coppie di campioni per ognuna delle tre dimensioni, da uno dei 5 lotti utilizzati per le prove di trazione. I campioni di una stessa coppia devono essere prelevati dalla medesima barra.

Uno dei campioni di ciascuna coppia (totale 5 campioni) è sottoposto a cicli di gelo-disgelo mediante la seguente procedura.

Il campione è condizionato in una camera umida per una settimana, ad una umidità relativa non inferiore al 90% e ad una temperatura di $38\pm 2^{\circ}\text{C}$; successivamente è sottoposto a 20 cicli di gelo-disgelo. Ciascun ciclo consiste di almeno 4 ore a $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$, seguite da 12 ore in una camera umida (umidità relativa non inferiore al 90%, $38\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Sia il campione soggetto a cicli di gelo-disgelo (totale 5 campioni), che quello non soggetto (totale 5 campioni) sono quindi sottoposti a prova di trazione.

Nel rapporto di prova il Laboratorio incaricato riporta le percentuali di riduzione dei valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico dei campioni assoggettati a cicli di gelo-disgelo

rispetto ai corrispondenti valori medi calcolati sui campioni non condizionati. Inoltre, riporta se, a seguito di ispezione visiva, sui campioni condizionati sono state rilevate alterazioni superficiali (con ingrandimento 5x).

3.2.7 Durabilità ambientale: esposizione ad ambienti alcalini, salini ed umidi

Con le modalità già descritte al punto precedente, il Laboratorio incaricato preleva, per ognuna delle prove indicate in tabella, per la dimensione minima, media e massima, 5 coppie di campioni (totale 10 campioni per ogni dimensione), da uno dei 5 lotti utilizzati per le prove di trazione. I campioni di una stessa coppia devono essere prelevati dalla medesima barra.

Uno dei campioni di ciascuna coppia è invecchiato artificialmente come indicato in Tabella 4.

Tabella 4 – Prove di invecchiamento artificiale

Tipo di prova	Norma di riferimento	Condizioni di prova	Durata della prova (ore)
Resistenza all'umidità	ASTM D 2247-11 ASTM E 104-02	umidità relativa: non inferiore al 90% temperatura: 38 ± 2 °C	1000 e 3000
Resistenza agli ambienti salini	ASTM D 1141-98 ASTM C 581-03	immersione a 23 ± 2 °C	
Resistenza agli ambienti alcalini	ISO 10406-1 (c11)	immersione in soluzione con pH= 12,5; temperatura: 60 ± 3 °C	

Alla fine del processo di invecchiamento, sia il campione invecchiato che quello non invecchiato sono quindi sottoposti a prova di trazione.

Nel rapporto di prova, il Laboratorio incaricato riporta le percentuali di riduzione dei valori medi della tensione di rottura e del modulo elastico dei campioni invecchiati rispetto ai corrispondenti valori medi calcolati sui campioni non invecchiati. Inoltre deve riportare se, a seguito di ispezione visiva, sui campioni invecchiati sono state rilevate oppure no alterazioni superficiali (con ingrandimento 5x).

Per quanto riguarda le prove in ambiente alcalino la qualifica deve essere condotta seguendo lo standard ISO 10406-1 (c11), e come meglio specificato di seguito.

La resistenza deve essere valutata sia per la trazione che per il taglio interlaminare. Ad integrazione di quanto previsto nel suddetto standard, durante l'intero periodo di condizionamento i campioni devono essere assoggettati ad uno sforzo di trazione che induca una deformazione di

3000 microstrain ($1 \mu\epsilon = 1 \times 10^{-6}$). I campioni condizionati vengono quindi soggetti a prove di trazione secondo la ISO 10406-1, c11.4 e al taglio interlaminare con la medesima procedura dei provini non condizionati.

I campioni condizionati vengono esaminati visivamente prima del test (con ingrandimento 5x) per descrivere eventuali cambiamenti superficiali, come erosione, fessurazione, cavillatura e sfarinamento.

Il tasso di perdita di massa percentuale $R_{\Delta m}$ [%] e il tasso di mantenimento della capacità di trazione e di taglio interlaminare [%] devono essere determinati e riportati nel rapporto di prova insieme con l'indicazione delle condizioni di esposizione.

3.2.8 Comportamento al fuoco

Le barre in FRP di carbonio, vetro e basalto devono essere sottoposte a prove di determinazione della reazione a fuoco secondo la norma EN 13501-1, utilizzando il metodo o i metodi di prova attinenti alla corrispondente classe di reazione al fuoco, in modo da essere classificati secondo il regolamento delegato della Commissione (EU) 2016/364.

Deve essere riportata la classe di prestazione ottenuta dai test.

Si forniscono le seguenti indicazioni per l'esecuzione delle prove:

- EN ISO 11925-2 (test a fiamma singola)

Per le classi attinenti, la prova con sorgente a fiamma singola deve essere eseguita considerando le seguenti indicazioni per la preparazione del provino. Le barre devono essere tagliate alla lunghezza desiderata (250 ± 2 mm) e posizionate verticalmente l'una vicina all'altra fissandole, ove necessario, attraverso un filo di acciaio non rivestito per mantenerle in posizione durante la fase di installazione.

- EN 13823 (test SBI)

Per le classi attinenti, il test SBI (*Single Burning Item*) deve essere eseguito considerando le seguenti indicazioni per la preparazione del provino. Le barre devono essere posizionate verticalmente l'una vicina all'altra su un pannello di silicato di calcio fissandole, ove necessario, attraverso un filo di acciaio non rivestito per mantenerle in posizione verticale durante la fase di installazione.

Per quanto attiene la resistenza al fuoco delle barre in FRP di carbonio, vetro e basalto, il Fabbricante non è tenuto ad eseguire specifiche prove di qualificazione.

Qualora il Fabbricante intenda qualificare i prodotti anche in relazione al comportamento al fuoco, il Servizio Tecnico Centrale effettuerà l'istruttoria di concerto, per la valutazione di tale specifico aspetto, con la Direzione Centrale per la prevenzione e sicurezza tecnica del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

3.2.9 Resistenza a Fatica

La resistenza a fatica delle barre deve essere determinata secondo il metodo indicato nella norma

ISO 10406-1, c10. I campioni da testare sono in numero di 6 per ogni dimensione, minima, media e massima di barra (totale 18 campioni) e sono estratti da un lotto a scelta. A gruppi di sei, i campioni sono testati per ciascuno dei livelli di carico previsti.

Sono previsti tre diversi cicli pulsanti, realizzati con una frequenza costante, scelta tra 1 Hz e 10 Hz. Per il primo ciclo si consiglia che la tensione di trazione oscilli da un valore pari a 0,1 della resistenza media a trazione delle barre fino a 0,5 o 0,7 di quest'ultima. Negli altri due cicli il valore massimo della tensione deve essere definito opportunamente in relazione alle prestazioni conseguite nel primo ciclo.

È richiesta la resistenza a fatica a 2×10^6 cicli. In via facoltativa, è possibile il prolungamento dei test fino a 4×10^6 cicli. All'interno dei rapporti di prova dovrà essere descritto il tipo di crisi.

3.2.10 Fatica statica

La resistenza alla fatica statica (fenomeni di viscosità) delle barre deve essere determinata secondo il metodo indicato nella norma ISO 10406-1, c12 integrato dalle indicazioni fornite in questa Linea Guida per le barre a sezione rettangolare.

Le prove devono essere condotte per un lasso di tempo compreso tra 40 ed almeno 4000 ore per i diversi livelli di carico, in una soluzione alcalina con $\text{pH} = 13,7$ a 40 ± 2 °C.

L'extrapolazione a 100 anni è consentita se una seconda serie di prove condotta a 60 °C mostra linearità nello stesso periodo di riferimento nella curva bilogarithmica tensione-tempo.

Il numero di campioni da testare è 15 per ogni dimensione di barra e sono estratti da un lotto a scelta; a terne, i campioni sono testati per ciascuno dei 5 livelli di carico previsti dalla normativa di cui sopra.

Il livello di sforzo, f_{fk100a} , corrispondente alla crisi dopo 1 milione di ore (circa 114 anni), è determinato dalla curva della fatica statica (norma ISO 10406-1 c12.6.3). Deve essere descritto il tipo di crisi.

Il riferimento al milione di ore non deve essere inteso come un riferimento alla vita utile, ma solo come un modo convenzionale per valutare la fatica statica.

3.3 Scheda tecnica di prodotto

Al completamento delle prove iniziali di tipo, il Fabbricante è tenuto a predisporre apposite schede tecniche relative a tutti i prodotti che intende commercializzare.

Nell'Allegato 1 è riportata la struttura di una scheda tecnica tipo contenente le informazioni obbligatorie da fornire.

Le schede tecniche possono includere anche altre informazioni esplicative di ulteriori caratteristiche prestazionali, ritenute utili dal Fabbricante, per esempio scelte tra le caratteristiche meccaniche a valutazione facoltativa, di cui alla Tabella 3.

3.4 Prove per il controllo permanente di produzione in stabilimento (FPC)

I risultati del controllo della produzione in fabbrica devono essere acquisiti e valutati dal Fabbricante, conformemente alle disposizioni dei predetti Piani dei controlli interni e delle relative Istruzioni operative, e riportati all'interno del Registro del Fabbricante. Le registrazioni devono includere le seguenti informazioni:

- denominazione del prodotto (barra o staffa o barra con ancoraggio), e dei relativi materiali e additivi;
- indicazione delle dimensioni nominali del prodotto;
- indicazione della finitura superficiale del prodotto;
- tipo di controllo e metodo di prova utilizzato;
- data di produzione e data del controllo del prodotto e dei relativi materiali e additivi;
- risultati dei controlli e delle prove eseguite e raffronto con i requisiti richiesti;
- data e firma della persona responsabile del controllo della produzione in fabbrica.

Le registrazioni vanno conservate per almeno dieci anni e, su richiesta, devono essere presentate al Servizio Tecnico Centrale.

Il sistema di controllo interno permanente del processo di produzione in fabbrica, di cui al § 3.1, deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione e nell'impiego dei singoli materiali e degli additivi, nonché la conformità del prodotto finale ai requisiti richiesti.

Il controllo della produzione in fabbrica deve essere effettuato conformemente ai Piani dei controlli trasmessi dal Fabbricante al Servizio Tecnico Centrale.

Ai fini del controllo permanente della produzione in stabilimento, il Fabbricante, nel proprio laboratorio o presso un laboratorio incaricato, deve effettuare le prove di cui alla Tabella 5.

Tabella 5 – Piano di Controllo della produzione in fabbrica.

N.	Oggetto / tipo di controllo (prodotto, materiale grezzo / componente, componente - indica la caratteristica interessata)	Metodo di prova o controllo	Modalità	Numero minimo di campioni	Frequenza minima di controllo
Controllo della produzione in fabbrica (FPC) [compresi i test sui campioni prelevati in fabbrica in conformità ad un piano di prova prescritto]					
1	Materiale in arrivo	Controllo del fornitore	Piano di controllo	-	Lotto al 100%
2	Area della sezione trasversale	Tabella 1	Piano di controllo	3	Lotto al 100%
3	Dimensioni esterne massime e minime della sezione trasversale della barra	Controllo con calibro	Piano di controllo	3	Lotto al 100%
4	Resistenza alla trazione media	Tabella 2	Piano di controllo	5	Ogni lotto / 60.000 m

N.	Oggetto / tipo di controllo (prodotto, materiale grezzo / componente, componente - indica la caratteristica interessata)	Metodo di prova o controllo	Modalità	Numero minimo di campioni	Frequenza minima di controllo
5	Modulo di elasticità medio	Tabella 2	Piano di controllo	5	Ogni lotto / 60.000 m
6	Frazione volumetrica delle fibre	Tabella 1	Piano di controllo	3	Ogni sei mesi
7	Temperatura di transizione vetrosa della matrice polimerica	Tabella 1	Piano di controllo	3	Ogni sei mesi
8	Rapporto di polimerizzazione della matrice polimerica	EN ISO 11357-5	Piano di controllo	3	Ogni sei mesi
9	Resistenza al pull-out (barra centrata)	Questa LG (§ 3.2.4) C20/25	Piano di controllo	3	Diam. min, medio e max. Ogni anno

Qualora i risultati dei controlli fossero negativi, il lotto da cui sono stati prelevati i campioni non potrà essere commercializzato. Il Fabbricante dovrà ovviare alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente e quindi far ripetere i controlli.

In caso di esito del controllo non conforme ai requisiti della presente Linea Guida, devono essere riportate nel Registro del Fabbricante le misure correttive adottate per rettificare la non conformità (ad es. ulteriori prove effettuate, modifica del processo di fabbricazione, smaltimento del prodotto).

Esclusivamente per l'esecuzione delle prove per il controllo permanente di produzione in stabilimento, il Fabbricante può dotarsi di un laboratorio interno di controllo che disponga di tutte le attrezzature appropriate per la verifica dei prodotti e dei relativi materiali e additivi, secondo le procedure del controllo interno permanente del processo di produzione in stabilimento; in tal caso, come precisato al § 4.1, deve dichiarare al Servizio Tecnico Centrale gli strumenti di prova utilizzati ed il personale dedicato a tale attività di prova.

Il Servizio Tecnico Centrale, previa eventuale visita al laboratorio stesso, deve espressamente autorizzare tale modalità esecutiva delle prove, che è esclusivamente riferita al controllo permanente di produzione in fabbrica e non alle Prove di tipo.

Nel caso in cui le prove sul prodotto e sui relativi materiali e additivi siano eseguite presso un laboratorio esterno anche nella fase del controllo permanente di produzione in stabilimento, il Fabbricante deve conferire l'incarico ad uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, previa comunicazione del nominativo al Servizio Tecnico Centrale, che deve rilasciare apposito nulla-osta (cfr. § 4).

È responsabilità del Fabbricante tenere inoltre un fascicolo contenente le informazioni sui singoli prodotti o lotti di prodotti fabbricati, compresi i relativi dettagli e le caratteristiche di fabbricazione, e le informazioni necessarie a tracciare i materiali a seguito di vendita e spedizione. I singoli prodotti o lotti di prodotti e i relativi dettagli di fabbricazione devono essere completamente identificabili e rintracciabili. Il fascicolo deve essere custodito all'interno dello stabilimento di produzione e deve essere reso disponibile in occasione di eventuali controlli da parte del STC.

Qualsiasi modifica che il Fabbricante intenda apportare, al prodotto qualificato, ai materiali componenti e agli eventuali additivi, deve essere preventivamente autorizzata dal Servizio Tecnico Centrale.

Il Fabbricante è responsabile della conformità del prodotto al Certificato di Valutazione Tecnica (CVT) rilasciato.

4. PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE

4.1 Documenti da allegare all'istanza

Il Fabbricante di barre e/o di staffe di FRP è tenuto ad inoltrare al STC richiesta di Certificato di Valutazione Tecnica, ai sensi del § 11.1, lettera C, delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, debitamente firmata in modalità digitale dal legale rappresentante, allegando i seguenti documenti, anch'essi firmati in modalità digitale:

1. Richiesta di Valutazione Tecnica al STC contenente l'elenco dettagliato dei prodotti per i quali si richiede la certificazione, univocamente identificati dal loro nome commerciale, e dichiarando lo stabilimento (o gli stabilimenti) di produzione;
2. *Relazione illustrativa/descrittiva* concernente il/i prodotto/i (barra rettilinea, staffa, barra con ancoraggio) di FRP oggetto dell'istanza, che specifichi i materiali e i componenti di base utilizzati, la loro provenienza, nonché le proprietà geometriche, fisiche e meccaniche dichiarate, e la gamma delle dimensioni nominali di barre dritte, staffe e barre con ancoraggio, oggetto della richiesta di CVT; a tal fine devono essere esplicitamente indicate le fonti di approvvigionamento di tutti i componenti, allegando le eventuali certificazioni possedute dagli stessi;
3. La modalità di marchiatura del prodotto (etichettatura, documento di accompagnamento, o altro);
4. Indicazione del Laboratorio proposto presso il quale il Fabbricante intende eseguire le prove di qualificazione; per il Laboratorio proposto, che è ricompreso fra quelli di cui all'art. 59 del DPR 380/200, dovrà essere rilasciato apposito nulla-osta del STC;
5. Copia conforme della certificazione del sistema di gestione per la qualità del sito produttivo ai sensi della UNI EN ISO 9001, rilasciata da apposito Organismo accreditato, relativamente alle tipologie di cui si richiede la qualificazione;
6. Relazione descrittiva del processo di produzione, con l'indicazione delle eventuali attività svolte in outsourcing. In detta Relazione, il Fabbricante deve altresì descrivere come sono organizzate le procedure di controllo adottate in fabbrica, dall'approvvigionamento al prodotto finito.

Il STC, esaminata la documentazione presentata, in caso di esito positivo dell'istruttoria, rilascia apposito nulla osta all'esecuzione delle Prove di tipo.

Terminate le Prove di tipo, il Fabbricante invia apposita comunicazione al STC, debitamente firmata in modalità digitale dal legale rappresentante, contenente tutta la documentazione a completamento di quella già presentata in fase di presentazione dell'istanza, anch'essa firmata digitalmente dal legale rappresentante.

Tale documentazione deve contenere almeno:

8. Piani dei controlli interni, dall'approvvigionamento al prodotto finito, comprese le relative procedure e/o Istruzioni operative adottate, nonché la modulistica utilizzata, comprese le procedure relative alla rintracciabilità del prodotto;
9. Modello di Registro del Fabbricante che deve contenere i risultati del controllo della produzione in fabbrica;
10. Certificati o rapporti di prova relativi alle prove iniziali di tipo, previste per la qualificazione;
11. Scheda tecnica di prodotto relativa a tutti i prodotti oggetto dell'istanza ed ai materiali e componenti impiegati (non devono essere inseriti riferimenti ad altri prodotti che non sono oggetto dell'istanza stessa);
12. Manuale di installazione dei prodotti, dove sono riportate le istruzioni operative e le precauzioni da adottarsi per la corretta posa in opera dei prodotti, nonché le misure di prevenzione da adottarsi nell'utilizzo, movimentazione e lavorazione dei prodotti;
13. Dichiarazione del Fabbricante riguardo alla presenza di eventuali materiali pericolosi o nocivi contenuti nei prodotti.

All'istanza potrà essere allegata ogni altra documentazione ritenuta dal Fabbricante pertinente ed utile ai fini dell'istruttoria del Servizio, purché strettamente attinente al prodotto per cui si richiede il rilascio del Certificato di Valutazione Tecnica.

Infine, qualora il Fabbricante non sia stabilito sul territorio dell'Unione Europea, deve essere altresì trasmessa copia della nomina, mediante mandato scritto, di un Mandatario stabilmente collocato sul territorio italiano.

4.2 Istruttoria del Servizio Tecnico Centrale

Il STC, nell'ambito delle proprie competenze, effettua l'istruttoria dell'istanza presentata, verificando:

- la completezza e congruità della documentazione presentata, in conformità con quanto indicato al paragrafo precedente;
- l'idoneità del Laboratorio incaricato;
- lo svolgimento e l'esito delle prove di qualificazione;
- il possesso, da parte del Fabbricante, di tutti i requisiti richiesti;
- la regolarità da parte del Fabbricante, che inoltra l'istanza per il rilascio del CVT, dei versamenti, ai sensi del Decreto Ministeriale in vigore, della quota prevista, per l'istruttoria ed il successivo rilascio del certificato stesso.

Nel caso in cui dall'istruttoria emergano criticità sia in ordine agli aspetti tecnici che in ordine agli aspetti organizzativi, il STC provvede a richiedere alla ditta le opportune integrazioni al fine della risoluzione delle predette criticità, sospendendo il procedimento. Nel caso in cui non si ritiene che particolari criticità possano essere risolte con le integrazioni, o anche quando si riscontrino aspetti tecnici che richiedano opportuni approfondimenti, il STC può comunque richiedere il parere

del Consiglio Superiore, al fine di ottenere le necessarie indicazioni sul prosieguo della procedura di qualificazione.

Ottenuto il parere del Consiglio Superiore, il STC completa la procedura di rilascio del CVT in caso di parere favorevole, ovvero provvede a richiedere le necessarie integrazioni in caso di parere interlocutorio, ovvero respinge l'istanza in caso di parere non favorevole.

Il CVT, anche sulla base di eventuali indicazioni fornite dalla competente Sezione del Consiglio Superiore, conterrà tutte le prescrizioni, raccomandazioni ed osservazioni utili ai fini di una corretta commercializzazione e applicazione del prodotto

4.3 Durata e rinnovo del Certificato di Valutazione Tecnica

Il CVT ha una durata di 5 anni dalla data del rilascio e può essere rinnovato su richiesta del Fabbricante, il quale entro 6 mesi dalla scadenza deve presentare al STC apposita istanza di rinnovo firmata digitalmente dal legale rappresentante, corredata dalla seguente documentazione anch'essa firmata digitalmente dal legale rappresentante:

- dichiarazione di permanenza delle condizioni generali del processo produttivo, ovvero dichiarazione dei cambiamenti intervenuti;
- breve relazione sull'attività svolta negli anni di validità del CVT;
- esito di tutte le prove di mantenimento annuale effettuate negli anni di validità del CVT;
- eventuali ulteriori documenti ritenuti necessari dal STC.

Alla ricezione della domanda di rinnovo del CVT, il STC provvede ad un riesame di tutta la documentazione prodotta dal Fabbricante unitamente a quello delle dichiarazioni annuali presentate e procede ad eventuali ispezioni al Fabbricante.

In caso di positiva valutazione, ed a seguito di eventuale visita di controllo, il STC provvede a rinnovare il CVT al Fabbricante.

4.4 Sospensione e revoca del Certificato di Valutazione Tecnica

La mancata applicazione, anche solo di una delle condizioni poste a base del rilascio, è titolo per la sospensione del CVT.

In particolare, sono motivo di sospensione, salvo che non siano formalmente approvate dal STC:

- la modifica della composizione del prodotto e/o del sistema di produzione;
- l'adozione di un diverso sistema di marchiatura;
- l'esternalizzazione di una fase della produzione senza la preventiva positiva valutazione del STC.

Il verificarsi, nell'anno, di prove non soddisfacenti relativamente alle proprietà meccaniche del prodotto, documentate da prove di accettazione in cantiere, dovranno essere comunicati al Servizio Tecnico Centrale e valutati dal Servizio stesso. Per i casi più gravi il STC può procedere alla revoca del CVT.

4.5 Prodotti provenienti dall'estero

Gli adempimenti di cui alle presenti Linee Guida si applicano anche a Fabbrikanti esteri e alle barre di FRP realizzabili con fibre e matrici da loro prodotte e commercializzate.

Nel caso in cui tali Fabbrikanti siano provvisti di un'analogia qualificazione rilasciata dalle rispettive Autorità estere competenti, il Fabbrikante può inoltrare al STC domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine, trasmettendo contestualmente la competente documentazione relativa ai prodotti che intende commercializzare sul territorio italiano ed il corrispondente marchio. Tale equivalenza, previa valutazione positiva del STC, è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentita la competente Sezione.

Devono comunque essere eseguiti i controlli di accettazione in cantiere di cui al § 5.

E' consentito al Fabbrikante impiegare, nella produzione delle barre di FRP, un componente proveniente dall'estero a condizione che tale componente sia preventivamente qualificato secondo la normativa applicabile e sotto la sua esclusiva responsabilità.

4.6 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione attraverso la marchiatura depositata presso il STC, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento al Fabbrikante, allo stabilimento di produzione, e al lotto di produzione.

Le nervature a aderenza migliorata, ove presenti, dovranno essere ottenute attraverso deformazione superficiale imposta, saranno accettate modalità di realizzazione delle nervature tramite sabbiatura nella quale la tecnologia consiste nel depositare la sabbia sulla superficie delle barre di armature. Al fine di verificare la corretta realizzazione delle due tipologie di nervature (attraverso deformazione superficiale imposta e tramite sabbiatura) è necessario che vengano eseguiti dei controlli sulla produzione sul prodotto finito con delle prove di pull-out con barra centrata e calcestruzzo di classe C 20/25 con frequenza pari a 1 volta/anno e per dimensioni delle barre minima media e massima (Tab. 5 p.to 9).

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche, ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso Fabbrikante. La marchiatura, ove possibile, deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. La marchiatura dovrà essere apposta direttamente sui prodotti mediante impressione, stampa tramite getto d'inchiostro, o altra modalità.

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

Il Fabbricante deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al STC e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

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

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso eventuali rivenditori intermedi, per motivazioni diverse, l'unità marchiata perda, in parte o totalmente, l'originale marchiatura, è responsabilità sia degli utilizzatori, sia dei rivenditori, documentarne la provenienza mediante i documenti di accompagnamento e gli estremi del deposito del marchio presso il STC. 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, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

I Fabbricanti e gli eventuali Distributori devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali, garantendone la disponibilità per almeno dieci anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'Appaltatore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento ed alle eventuali annotazioni trasmesse dal Direttore dei lavori, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

Tutti i certificati o rapporti di prova relativi alle prove eseguite, sia in stabilimento che in cantiere, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato quando possibile 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 STC, ed in assenza della già menzionata certificazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non sono valide per i fini per cui sono state richieste e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il STC.

5. PROCEDURE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere sulle barre:

- sono obbligatori e di competenza del Direttore dei lavori;
- devono essere effettuati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione e devono riguardare tutti i tipi di prodotti oggetto di fornitura;
- devono essere eseguiti su provini prelevati in cantiere.

Tutte le prove devono essere effettuate da un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, con comprovata esperienza e dotato di strumentazione adeguata all'esecuzione delle prove su materiali compositi, in tempo ritenuto utile dal Direttore dei Lavori ai fini dell'accertamento della qualità e della conformità alle specifiche di progetto dei prodotti oggetto di fornitura e comunque non oltre 30 giorni dalla consegna del lotto di spedizione di cui fanno parte i suddetti prodotti.

La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere almeno:

- Indicazione univoca del nome commerciale del prodotto;
- indicazione del cantiere e luogo di installazione del prodotto;
- lotto del materiale fornito e la data della posa in opera;
- indicazione del CVT di riferimento.

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 fini del presente documento e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Ferme restando le responsabilità del Fabbrikante, il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare che tutti i prodotti oggetto della fornitura risultino perfettamente identificati e riconoscibili, e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Non è consentita la possibilità di eseguire alcuna lavorazione in cantiere, di qualsivoglia tipo (taglio, piegatura, ecc...), finalizzata a trasformare i prodotti preformati consegnati dal fabbricante.

5.1 Prelievo

Il campionamento deve essere effettuato dal Direttore dei Lavori o da tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante idonee sigle, etichettature indelebili, la rintracciabilità dei campioni in ordine alla fornitura ed alla ubicazione e all'uso previsto in cantiere.

Devono essere prelevati, da uno o più prodotti (barre rettilinee, staffe, barre con ancoraggio) di FRP, n. 3 campioni in riferimento ad ogni lotto di spedizione, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento ne dimostrino la provenienza da uno stesso stabilimento.

In caso contrario, i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Devono essere condotte almeno le prove di tipo geometrico consistenti nella determinazione della sezione trasversale delle barre e della curvatura delle barre piegate, e prove di tipo meccanico consistenti in prove di trazione. La richiesta di prove al Laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove e/o di omessa indicazione della destinazione del prodotto da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai fini dell'accettazione e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso, i predetti certificati non potranno essere utilizzati dal Collaudatore per le operazioni di collaudo.

5.2 Prove da eseguirsi

Sui campioni prelevati secondo le modalità e nel numero precedentemente descritti devono essere eseguite prove di tipo geometrico, consistenti nella determinazione della sezione trasversale

delle barre e curvatura delle barre piegate, e prove di tipo meccanico, consistenti in prove di trazione.

La prova si ritiene superata se, per ciascuno dei provini, non si registrano valori delle resistenze meccaniche inferiori al 95% dei valori caratteristici di qualificazione. La media dei risultati dei tre provini deve avere una resistenza uguale o superiore al valore caratteristico. Per quanto riguarda il modulo elastico, il valore medio ottenuto dai tre provini non deve risultare inferiore al 95% del valore medio di qualificazione.

5.3 Valutazione dei risultati

Se la prova viene superata, il lotto consegnato può essere considerato conforme.

Qualora la verifica di cui al precedente comma non dovesse essere soddisfatta, anche solo per una delle grandezze misurate, essa deve essere ripetuta prelevando e conducendo prove su 3 ulteriori campioni provenienti da prodotti del lotto in esame.

Se, per uno solo dei campioni, il valore di una delle caratteristiche meccaniche risulta minore del corrispondente valore di qualificazione, sia il provino che il metodo di prova devono essere attentamente analizzati.

Se si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa può essere ignorato. In questo caso, occorre prelevare un ulteriore (singolo) campione ed accertare il soddisfacimento dei requisiti di accettazione.

In tutti gli altri casi, il risultato negativo va comunicato al STC e il Direttore dei lavori deve assumere le opportune determinazioni.

L'intero lotto di spedizione è da considerarsi non conforme e come tale non deve essere utilizzato.

5.4 Certificazione dei risultati delle prove di accettazione

I certificati emessi dai laboratori devono contenere almeno le seguenti indicazioni:

- identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- identificazione del Committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- nominativo del Direttore dei Lavori che richiede le prove
- descrizione e identificazione dei campioni da provare con indicazione della relativa marcatura ove non reperibile sui campioni;
- estremi del verbale di prelievo sottoscritto dal Direttore dei lavori, nonché le indicazioni dallo stesso dichiarate in sede di richiesta delle prove al laboratorio;
- data di ricevimento dei campioni;
- data di esecuzione delle prove;

- la notizia dell'eventuale presenza, al momento del confezionamento dei provini e dell'esecuzione delle prove, del Direttore dei Lavori e del Fabbrikante o di loro rappresentanti formalmente delegati;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione della norma di riferimento per l'esecuzione della stessa.
- dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- valori delle grandezze misurate.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato dal Laboratorio incaricato sui campioni da sottoporre a prove ovvero di quello riportato dal Direttore dei Lavori nella richiesta di prove qualora i campioni fossero sprovvisti di tale marchio.

Qualora il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il STC, le certificazioni emesse dal Laboratorio non possono assumere valenza ai fini dell'accettazione e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

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

Nel caso di prodotti (barre rettilinee, staffe, barre con ancoraggio) di FRP destinati all'impiego in elementi prefabbricati, le procedure di accettazione devono essere eseguite nello stabilimento di prefabbricazione, ferma restando la possibilità per il Direttore dei lavori di seguirle direttamente e, per il Direttore dei lavori e per il Collaudatore, di eseguire prove e controlli aggiuntivi sui prodotti e sui conci prefabbricati.

6. RIFERIMENTI NORMATIVI

- EN 206 Concrete - specification, performance, production and conformity.
- EN 1990 Eurocode - Basis of structural design
- EN 13501-1 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests
- EN ISO 527-1 Plastics – Determination of tensile properties – General principles
- EN ISO 11357-2 Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 2: Determination of glass transition temperature and glass transition step height
- EN ISO 11357-3 Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization
- EN ISO 14130 Fibre-reinforced plastic composites - Determination of apparent interlaminar shear strength by short-beam method
- ISO 10406-1 Fiber-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete – Test method. Part 1: FRP bars and grids
- ASTM D695 Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics
- ASTM D4475 Standard Test Method for Apparent Horizontal Shear Strength of Pultruded Reinforced Plastic Rods By the Short-Beam Method
- ASTM D7914 Strength of Fiber Reinforced Polymer (FRP) Bent Bars in Bend Locations

SCHEDA TECNICA: Barra di FRP

Descrizione

Nome commerciale, processo produttivo, tipo di fibra, tipo di resina ed eventuali additivi, geometria della sezione della barra, finitura superficiale della barra,

Caratteristiche fisico-morfologiche

Caratteristica	Valori espressi nelle unità di misura indicate	Metodo di prova normativa di riferimento
Area nominale	A [mm ²]	ISO 10406-1 (c5)
Diametro nominale (barre circolari)	D [mm]	ISO 10406-1 (c5)
Larghezza (barre rettangolari)	b [mm]	ISO 527-1 (c9.2)
Frazione volumetrica delle fibre	V _{fib} [%]	ISO 11667:1997
Coefficiente di dilatazione termica longitudinale	α _{sp,L} [°C ⁻¹]	ISO 10406-1 (c15)
Coefficiente di dilatazione termica trasversale	α _{sp,T} [°C ⁻¹]	ISO 10406-1 (c15)
Temperatura di transizione vetrosa	T _g [°C]	ISO 11357-2 Questa LG (§3.2.1)
Massima temperatura di servizio	T _{max} [°C]	Questa LG (§3.2.2)

Caratteristiche meccaniche

Caratteristica	Valori espressi nelle unità di misura indicate	Metodo di prova normativa di riferimento
Resistenza a trazione	f _{k0} [MPa]	ISO 10406-1 (c6)
Resistenza a trazione (della barra sagomata a modo di staffa o con ancoraggio) **	f _{ub} [MPa]	Questa LG (§3.2.3)
Modulo elastico longitudinale a trazione	E _f [GPa]	ISO 10406-1 (c6)
Deformazione ultima a trazione	ε _u [mm/mm]	ISO 10406-1 (c6)
Resistenza a compressione	f _{k0} [MPa]	ISO 10406-1 (c6)
Modulo di elastico longitudinale a compressione	f _{ub} [MPa]	Questa LG (§3.2.3)

Resistenza trasversale	τ_s [MPa]	ISO 10406-1 (c13)
Resistenza interlaminare	τ_i [MPa]	ASTM D4475 (per barre con sezione trasversale circolare) ISO 14130 (per barre con sezione trasversale rettangolare)
Resistenza al pull-out (barra centrata) con indicazione della modalità di rottura	τ [MPa]	ISO 10406-1 (c7) Questa LG
Resistenza al pull-out (barra in posizione marginale) con indicazione della modalità di rottura	τ_{cb} [MPa]	Questa LG
Resistenza al pull-out ad alte temperature	τ_{80} [MPa]	ISO 10406-1 (c7) Questa LG
Invecchiamento artificiale (ambienti alcalini): - Tasso di perdita di massa - Tasso di perdita di resistenza a trazione - Perdita di resistenza a trazione	$R_{\Delta m}$ [%] R_{At} [%] Δf_{At} [%]	ISO 10406-1 (c11) Questa LG
Reazione al fuoco	Classe	EN 13501-1 Questa LG

Nota: Per prodotti con sezione rettangolare si adoperava la larghezza invece del diametro nominale.

Caratteristiche meccaniche facoltative

Eventuali altre proprietà meccaniche scelte tra quelle facoltative (Tabella 3) o altre ritenute utili dal fabbricante

Condizioni di Stoccaggio

Descrizione

Precauzioni d'uso e sicurezza

Descrizione

Indicazioni sull'utilizzo del prodotto

Descrizione

**** Nota Bene:** se le dimensioni della sezione trasversale della staffa o della barra con ancoraggio, la natura e provenienza della resina, la presenza di eventuali additivi e loro natura e provenienza, la temperatura di transizione vetrosa, la finitura superficiale, la natura e provenienza delle fibre, nonché la frazione volumetrica di queste ultime, non sono le stesse delle barre rettilinee, il Fabbricante è tenuto a sottoporre le staffe o le barre con ancoraggio all'intera procedura di qualificazione, come prevista per le barre rettilinee ed integrata dalle prove specifiche di trazione per le staffe o barre con ancoraggi (§3.2.3 e Allegato 3). In tal caso il Fabbricante deve predisporre una distinta scheda tecnica per la staffa o per la barra con ancoraggio.

DETERMINAZIONE DELLA TEMPERATURA DI TRANSIZIONE VETROSA

Il Fabbricante deve eseguire, presso il Laboratorio incaricato, idonee prove finalizzate alla determinazione della Temperatura di transizione vetrosa (nel seguito T_g) della resina polimerica utilizzata come matrice dei materiali compositi.

Il metodo di prova da utilizzarsi è quello denominato DSC (Differential Scanning Calorimetry) di cui alla ISO 11537-2:2013.

La prova deve essere eseguita su provini di sola resina e non sul composito; il provino da sottoporre alla prova DSC deve essere allo stato solido.

La preparazione dei provini e le successive prove devono essere condotte secondo la procedura seguente:

1. si realizza un campione colando la resina – entro 5 minuti dalla miscelazione con l'agente reticolante ed ogni altro componente utilizzato dal sistema - in un contenitore cilindrico di diametro 80 ± 20 mm fino ad un'altezza pari ad 8 ± 2 mm;

2. il campione così ottenuto, ancora dentro il contenitore, viene sottoposto ad un primo ciclo di condizionamento, della durata di 48 ore in condizioni atmosferiche standard (23 ± 2 °C e $50 \pm 5\%$ UR);

3. dal contenitore si preleva un provino cilindrico di idonee dimensioni, per asportazione meccanica in prossimità del centro della superficie libera, quella cioè non a contatto con le pareti del contenitore;

4. sul provino così ottenuto, viene effettuato un primo ciclo di riscaldamento utilizzando una velocità di riscaldamento pari a $10^\circ\text{C}/\text{min}$ e applicando preferibilmente il metodo delle aree equivalenti in accordo con la ISO/DIS 11357-2:2019(E), come illustrato in Figura 1. Si determina così un primo valore della Temperatura di transizione vetrosa T_g di 1° ciclo;

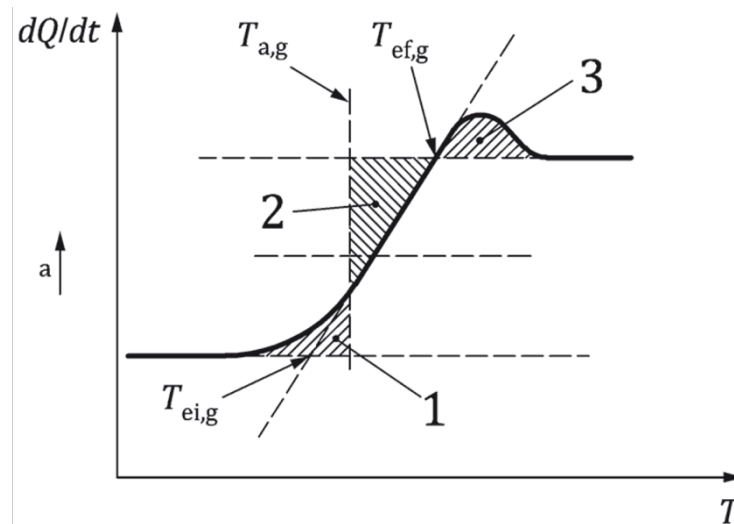


Figura 1: la T_g viene determinata tracciando una linea verticale ($T_{a,g}$) tale per cui le aree comprese tra il termogramma DSC e le linee di base sopra e sotto il termogramma stesso – identificate rispettivamente da $T_{ef,g}$ e $T_{ei,g}$ – siano tra loro uguali (cioè Area 1+Area 3 = Area 2).

5. il medesimo provino viene quindi sottoposto ad un secondo ciclo di condizionamento - di durata pari a 24 ore – alla temperatura di 45 ± 2 °C;

6. dopo il secondo ciclo di condizionamento, sul provino viene effettuato un secondo ciclo di riscaldamento utilizzando sempre una velocità di riscaldamento pari a 10°C/min e applicando preferibilmente il metodo delle aree equivalenti in accordo con la ISO/DIS 11357-2:2019(E), come illustrato in Figura 1, determinando così un secondo valore della Temperatura di transizione vetrosa Tg di 2° ciclo o “di riferimento”.

Il certificato o rapporto di prova dovrà citare in modo esplicito il rispetto della procedura sopra indicata.

Nella Scheda tecnica del prodotto andranno indicati i due valori di Tg, quello ottenuto dai campioni sottoposti al primo ciclo di riscaldamento e quello “di riferimento” ottenuto dal secondo ciclo di riscaldamento, come meglio specificato sopra.

PROVE SULLE STAFFE O BARRE CON ANCORAGGIO

Viene di seguito descritta, nelle sue linee essenziali, la prova di identificazione delle proprietà meccaniche di trazione di una staffa o di una barra con ancoraggio, per valutare la riduzione della resistenza a trazione per effetto della sagomatura.

I parametri rilevanti ai fini della prova sono la dimensione della barra (diametro o larghezza nominale), d_b , il raggio di sagomatura, r_t , minimo indicato dal Fabbricante per ogni dimensione, nonché il prolungamento della barra di là della sagomatura, L_t .

Per l'esecuzione di questa prova sono previste condizioni ambientali standard di laboratorio: temperatura di 23 ± 2 °C e umidità relativa del $50 \pm 10\%$.

Dovranno essere eseguite 5 prove di trazione in presenza delle sagomature; il confezionamento dei provini deve essere eseguito come illustrato in Figura 2, con calcestruzzo di resistenza a 28 giorni di 30 ± 3 MPa (C30/37 secondo EN 2016), inerte di dimensione massima 20-25mm e slump S3 (EN 206).

Le dimensioni dei blocchi di calcestruzzo devono essere adeguate a ospitare le porzioni di barra sagomate, e le porzioni rettilinee di barra libere tra i due blocchi devono essere di almeno 200 mm con una dimensione consigliata di 400 mm. I blocchi di calcestruzzo devono essere armati con staffe per prevenire la rottura prematura per *splitting*. Nel caso si verifichi questa modalità di crisi prematura, la prova dovrà essere invalidata e ripetuta.

Un'altra modalità di crisi da evitare è lo sfilamento della barra che evidenzia che il raggio di sagomatura o la lunghezza L_t sono inadeguati. Tale lunghezza al di là della sagomatura deve essere inferiore a 150 mm per la barra con ancoraggio mentre per la staffa deve essere non inferiore alla larghezza, B_s , della staffa stessa. In tale ultimo caso i tratti di lunghezza L_t saranno in semplice sovrapposizione.

I manicotti per impedire l'aderenza della barra nella porzione rettilinea di là della sagomatura devono essere protetti per evitare l'ingresso di calcestruzzo o altri materiali che ne compromettano la funzione.

I requisiti richiesti per l'attuatore per la corretta esecuzione della prova sono una capacità superiore alla resistenza del provino con controllo del gradiente di applicazione del carico per tutta la durata del test e di entità tale da garantirne l'espletamento in un intervallo di tempo compreso tra 1 e 10 minuti. L'accuratezza della cella di carico deve essere superiore allo 1%.

L'attuatore deve indurre uno spostamento relativo tra i blocchi e la cella deve misurare la forza corrispondente, opportunamente distribuita sulle superfici di contatto con l'attuatore.

La riduzione di resistenza per effetto della sagomatura è calcolata per confronto con la resistenza della barra rettilinea misurata in precedenza.

La resistenza della staffa o della barra con ancoraggio è valutata calcolando la tensione indotta nella sezione trasversale delle due barre rettilinee tra i blocchi, dividendo la forza del martinetto per la somma delle aree nominali dei bracci longitudinali delle barre tra i blocchi.

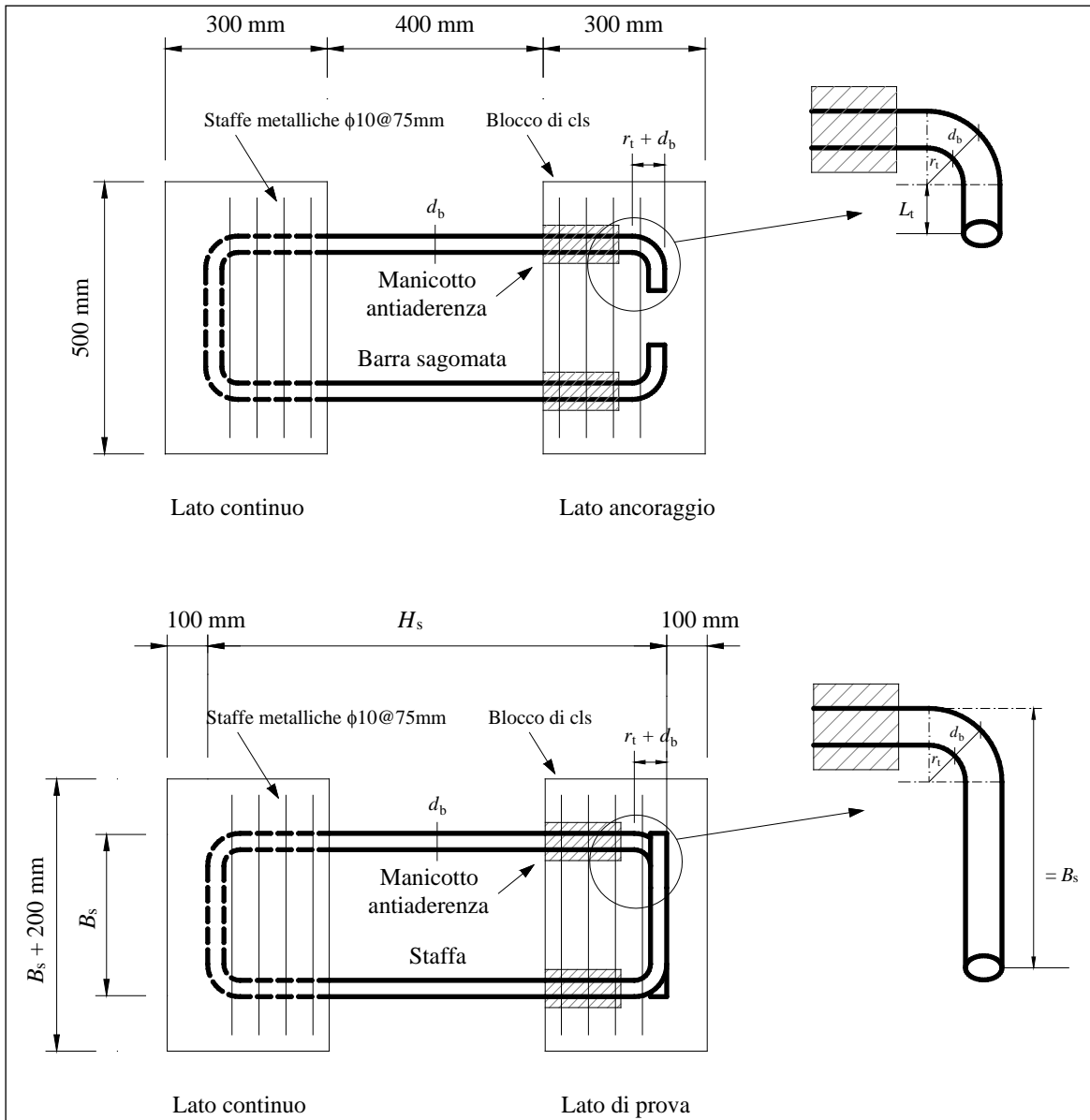


Figura 2 – Geometria del provino per la prova sulla barra sagomata.