

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PARTE PRIMA E PARTE SECONDA

NORME GENERALI E NORME TECNICHE

INDICE

Art. 1 Lavorazioni previste	5
1.1 Montaggio barriere antirumore	5
1.2 Montaggio barriera integrata	5
Art. 2 Acciaio per strutture metalliche e per strutture composte acciaio calcestruzzo	6
2.1 Campo di applicazione	6
2.2 Normativa di riferimento	6
2.3 Criteri di accettazione per la produzione, qualifica e trasformazione degli acciai	7
2.3.1 Generalità sulla conformità degli acciai	7
2.3.1.1 Acciaio inossidabile	8
2.3.1.2 Acciaio per strutture saldate	8
2.3.2 Obblighi per i centri di trasformazione e centri di produzione di elementi in acciaio	8
2.3.3 Classe di esecuzione della struttura	9
2.4 Criteri di accettazione per gli acciai	12
2.4.1.1 Requisiti di qualità degli acciai laminati	12
2.4.1.2 Requisiti generali e caratteristiche dimensionali	14
2.4.1.3 Unioni bullonate	15
2.4.1.4 Unioni con chiodi	17
2.4.1.5 Connettori a piolo	18
2.4.1.6 Tirafondi	18
2.4.1.7 Processo di saldatura di cui al § 11.3.4.5 NTC2018	19
2.5 Prequalifica "Q1" per l'approvvigionamento delle forniture	20
2.5.1 Prequalifica dei produttori, centri di trasformazione e centri di produzione degli acciai.	20
2.5.2 Progetto costruttivo delle strutture metalliche	21
2.6 Prequalifica "Q2" per l'inizio delle lavorazioni nei centri di trasformazione e/o di produzione	22
2.6.1 Approvazione delle saldature del progetto costruttivo da Ente terzo	22
2.6.2 Piano generale di fabbricazione e controlli	22
2.6.3 Piano di utilizzo e rintracciabilità dei materiali	23
2.7 Modalità esecutive delle lavorazioni nei centri di trasformazione e produzione	23
2.8 Controlli e prove presso il centro di trasformazione e produzione prima della spedizione in cantiere delle carpenterie	24
2.8.1 Controlli delle saldature	24
2.8.2 Controlli degli acciai di cui al § 11.3.4.11.3 delle NTC2018	25
2.9 Controlli dei documenti di accompagnamento delle forniture in cantiere	28
2.10 Montaggio e controlli delle carpenterie a piè d'opera in cantiere (eventuale)	28
2.10.1 Controlli delle saldature	29
2.10.2 Controlli delle carpenterie in cantiere	29
2.10.3 Controlli del serraggio dei bulloni	29
2.11 Prequalifica "Q3" delle operazioni di varo	30
2.12 Modalità esecutive del varo e controlli	31
2.13 Tolleranze di esecuzione e non conformità	32
Art. 1bis Protezioni delle carpenterie metalliche contro la corrosione	33
2.1 bis Descrizione e campo di applicazione	33
2.2 bis Normativa di riferimento	33
2.3 bis Classificazione dei requisiti in materia di protezione contro la corrosione	33
2.4 bis Criteri di accettazione delle protezioni contro la corrosione	35
2.4.1 bis Sistemi di verniciatura	35
2.4.1.1 bis Controlli interni di qualità da eseguirsi sulla verniciatura	37

2.4.1.2	bis Prove di conformità del sistema di verniciatura per le nuove forniture in acciaio	38
2.4.1.3	bis Riparazione dei difetti	39
2.4.2	bis Zincatura per immersione a caldo	40
2.4.2.1	bis Controlli interni di qualità da eseguirsi sulla verniciatura	40
2.4.2.2	bis Prove di conformità della zincatura delle forniture in acciaio	41
2.4.2.3	bis Interventi di ripristino per danneggiamenti localizzati	41
2.4.3	bis Sistemi protettivi duplex	41
2.4.4	bis Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente	42
2.5	bis Prequalifica della protezione contro la corrosione	42
2.6	bis Controllo delle forniture in cantiere a cura della Direzione Lavori, tolleranze e non conformità	43
2.6.1	bis Documentazione di accompagnamento delle forniture	43
2.6.2	bis Controlli sulle verniciatura per le nuove forniture in acciaio	43
2.6.2.1	bis Controlli di ripristini di verniciatura di opere esistenti	43
2.6.3	bis Controlli sulle zincature per immersione a caldo di nuove forniture in acciaio	44
2.6.4	bis Tolleranze e penali	44

Art. 3 Sistemi antirumore 45

3.1	Prequalifica del sistema antirumore	45
3.1.1	Modalità di esecuzione delle prove acustiche e classificazione dei sistemi	47
3.1.2	Criteri di accettazione (acustici e non acustici)	49
3.1.2.1	Assorbimento acustico	51
3.1.2.2	Isolamento acustico	51
3.1.2.3	Diffrazione del bordo superiore	52
3.1.3	Caratteristiche non acustiche	52
3.1.3.1	Premessa	52
3.1.3.2	Requisiti meccanici	53
3.1.3.3	Prove	53
3.1.4	Requisiti di sicurezza nell'esercizio e compatibilità ambientale dei materiali impiegati.	54
3.1.4.1	Sistemi anticaduta e Pericolo di caduta di frammenti	54
3.1.4.2	Comportamento in presenza di fuoco	54
3.1.4.3	Riflessione della luce	55
3.1.4.4	Trasparenza statica e dinamica	55
3.1.4.5	Accessi di servizio a scopo manutentivo	56
3.1.4.6	Compatibilità ambientale	56
3.1.5	Requisiti di durabilità e criteri di manutenzione	56
3.2	Caratteristiche dei pannelli e dei materiali costituenti le barriere	57
3.2.1	Pannelli metallici	57
3.2.1.1	Pannelli in acciaio (al carbonio ed inox)	57
3.2.1.2	Pannelli in alluminio	59
3.2.1.3	Caratteristiche del guscio in alluminio	59
3.2.1.4	Pannelli misti	61
3.2.1.5	Pannelli in acciaio Cor-Ten	61
3.2.2	Materiale fonoassorbente	61
3.2.3	Pannelli in legno	62
3.2.3.1	Caratteristiche della struttura scatolare in legno	62
3.2.4	Pannelli trasparenti	64
3.2.4.1	Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA)	64
3.2.4.2	Pannelli trasparenti con lastre in policarbonato protetto a UV	66
3.2.4.3	Pannelli trasparenti con lastre in vetro stratificato	66
3.2.4.4	Mitigazioni ambientali per l'avifauna	67
3.2.4.5	Pannelli in materiale plastico	68
3.2.5	Pannelli in calcestruzzo	68
3.2.5.1	Strato in cls armato	68

3.2.5.2	Strato fonoassorbente in argilla espansa o pomice	70
3.2.6	Rivestimenti muri e gallerie	72
3.2.6.1	Pannelli in laterizio	72
3.2.7	Barriere integrate rumore e sicurezza	72
3.2.8	Sistemi di copertura a “baffles”	72
3.2.9	Diffrattori di sommità per barriere	73
3.2.10	Biomuri in calcestruzzo armato vibrato	73
3.2.10.1	Biomuri in calcestruzzo armato vibrato a basso ingombro trasversale	75
3.2.11	Pannelli realizzati con altri materiali	76
3.2.12	Carpenteria metallica portante	76
3.2.13	Accessori	76
3.2.14	Particolarità costruttive della barriera	76
3.2.15	Protezione ambientale	77
3.2.16	Conformità di produzione	77
3.2.17	Resistenza al fuoco	77
3.2.18	Colorazioni	78
3.2.19	Tenuta acustica	78
3.2.20	Resistenza agli agenti atmosferici	78
3.2.21	Sistemi di fissaggio per prevenire l’asportazione dei pannelli	78
3.2.22	Sistemi antigraffiti	78
3.2.23	Montaggio	78
3.2.24	Porta di servizio	81
3.2.25	Cancello antirumore, scorrevole motorizzato	81
3.3	Collaudo acustico della barriera antirumore	82

Art. 1 Lavorazioni previste

L'elencazione sottoriportata ha carattere esemplificativo e non esclude le altre lavorazioni che, se anche non elencate, sono contenute nelle tavole grafiche e negli elaborati di progetto o, comunque, necessarie per una completa e buona esecuzione dell'oggetto dell'appalto.

Tutte le opere dovranno essere eseguite a perfetta regola d'arte conformemente al progetto rispettando le prescrizioni del contratto e del Capitolato Speciale d'Appalto.

1.1 Montaggio barriere antirumore

La lavorazione comprende:

- La fornitura ed installazione dei montanti metallici della serie HE/IPE in acciaio S275JR zincati a caldo e verniciati a tre mani oppure in acciaio COR-TEN come descritto negli elaborati di progetto; compreso l'ancoraggio alle strutture portanti mediante tirafondi già posizionati nei cordoli e/o plinti di fondazione.
- La fornitura e posa in opera di tutti i pannelli fonoassorbenti e fonoisolanti, che costituiscono la protezione acustica;
- il serraggio di tutti gli elementi;
- La fornitura e posa in opera di tutti gli eventuali pezzi speciali (porte per uscite di sicurezza, elementi di raccordo, ecc.), come descritti negli elaborati di progetto.

1.2 Montaggio barriera integrata

La lavorazione comprende e compensa:

- La fornitura ed installazione della barriera integrata, sicurezza/rumore, come da allegati tecnici;
- l'ancoraggio alle strutture portanti mediante formazione dei fori ed inghisaggio con resina dei tirafondi nei cordoli e/o plinti di fondazione esistenti;
- il serraggio di tutti gli elementi;
- La fornitura e posa in opera di tutti gli eventuali pezzi speciali (porte per uscite di sicurezza, elementi di raccordo, ecc.), come descritti negli elaborati di progetto.

Si rimanda alle prescrizioni del documento BARRIERA INTEGRATA PER SICUREZZA E ANTIRUMORE DA BORDO PONTE O DA BORDO LATERALE CLASSE H4 – modello: "Integautos 2.0" - Manuale di utilizzo e installazione (vedi allegato "02_INTEGAUTOS_2.0_MI_rev.1.pdf").

Art. 2 Acciaio per strutture metalliche e per strutture composte acciaio calcestruzzo

2.1 Campo di applicazione

Questo articolo di capitolato si applica a tutte le carpenterie metalliche avente funzione strutturale ed utilizzate per la realizzazione di impalcati stradali, gallerie foniche, passerelle barriere acustiche e integrate (per quanto non in contrasto con quello prescritto al § 36.2.9 e 36.2.10 e ad esclusione della parte afferente le barriere di sicurezza), pensiline di stazione, pali e portali di segnaletica, portali a messaggio variabile (PMV), torri faro, tettoie, edifici, centine e centinini per gallerie ed in generale qualsiasi elemento strutturale con processo di assemblaggio in stabilimento.

Le strutture metalliche dovranno sempre prevedere una protezione contro la corrosione che sarà individuata negli elaborati progettuali e potrà essere realizzata direttamente con l'utilizzo di un acciaio autoprotetto o tramite verniciatura o zincatura nelle modalità previste nell'art. 25bis.

2.2 Normativa di riferimento

- NTC 2018 § 11.3.1 Generalità comuni a tutte le tipologie di acciaio
§ 11.3.4 Acciaio per strutture metalliche e per strutture composte

Norme per la valutazione della conformità e delle condizioni di fornitura

- UNI EN 1090-1: Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali
- UNI EN 1090-2: Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio
- UNI EN 10025-1: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
- UNI EN 10025-2: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
- UNI EN 10025-3: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato
- UNI EN 10025-4: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai saldabili a grano fine per impieghi strutturali ottenuti mediante laminazione termomeccanica
- UNI EN 10025-5: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica per impieghi strutturali
- UNI EN 10210-1: Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN 10219-1: Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura
- UNI EN 10088-4: Acciai inossidabili - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura dei fogli, delle lamiere e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi nelle costruzioni
- UNI EN 10088-5: Acciai inossidabili - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura delle barre, vergelle, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi nelle costruzioni

- UNI EN 14399-1: Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 1: Requisiti generali per assiemi strutturali di viti, dadi e rondelle ad alta resistenza adatti ad un precarico determinato
- UNI EN 14399-3: Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 3: Sistema HR - Assiemi vite e dado esagonali
- UNI EN 14399-4: Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 4: Sistema HV - Assiemi vite e dado esagonali
- UNI EN 14399-10: Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 10: Sistema HRC - Assiemi vite e dado con serraggio calibrato

Prove per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche e chimiche

- UNI EN ISO 377: Acciaio e prodotti di acciaio - Prelievo e preparazione dei campioni e dei provini per prove meccaniche
- UNI EN ISO 6892-1: Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente
- UNI EN ISO 148-1: Materiali metallici - Prova di resilienza Charpy - Parte 1: Metodo di prova
- UNI EN 10315: Metodi di routine per l'analisi di acciai alto legati per spettrometria di fluorescenza ai raggi X mediante un metodo di correzione
- UNI EN ISO 15350 Acciai e ghise - Determinazione del contenuto totale di carbonio e di zolfo - Metodo di assorbimento nell'infrarosso dopo combustione in un forno a induzione (metodo di routine)
- CR 10320: Optical emission analysis of low alloy steels (routine method) - Method for determination of C, Si, S, P, Mn, Cr, Ni and Cu
- UNI EN 14399-2: Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 2: Idoneità al precarico
- UNI EN ISO 898-1: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine
- UNI EN ISO 898-2: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine
- UNI EN ISO 6507-1: Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 1: Metodo di prova
- UNI EN ISO 6508-1: Materiali metallici - Prova di durezza Rockwell - Parte 1: metodo di prova

2.3 Criteri di accettazione per la produzione, qualifica e trasformazione degli acciai

2.3.1 Generalità sulla conformità degli acciai

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte oggetto della presente voce di capitolato si dovranno utilizzare esclusivamente acciai dotati di marcatura CE in conformità alla seguenti norme europee armonizzate:

- UNI EN 10025-1 per i prodotti laminati a caldo con sistema di attestazione della conformità di tipo 2+;
- UNI EN 10210-1 per i tubi senza saldatura formati a caldo con sistema di attestazione della conformità di tipo 2+;
- UNI EN 10219-1 per i profilati cavi saldati formati a freddo con sistema di attestazione della conformità di tipo 2+.

Solo per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE si rimanda a quanto specificato al punto B del § 11.1 e in tal caso i produttori di nastri e lamiere in acciaio devono:

- organizzare la produzione con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione ed essere in possesso del Certificato UNI EN ISO 9001 del sistema di gestione qualità e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1;
- essere in possesso dell'Attestato di qualificazione, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in conformità al § 11.3.1.2 delle NTC2018. L'Attestato di qualificazione ha validità di cinque anni tuttavia, i produttori con cadenza annuale, devono procedere al mantenimento di detto Attestato nei modi indicati al § 11.3.1.3 e all'esecuzione di tutti i controlli e prove di laboratorio sugli acciai di cui al § 11.3.4.11 delle NTC2018;
- garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità (§ 11.3.1.4 NTC2018). Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi sia da quelli di prodotti fabbricati nello stesso stabilimento ma aventi differenti caratteristiche, sia da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso fabbricante. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per la conformità di eventuali elementi di carpenteria non riferibili ad una norma armonizzata di marcatura CE, occorre riferirsi a quanto indicato al § 24.3 valido per gli acciai in c.a. e c.a.p. conformemente a quanto specificato al punto B del § 11.1 delle NTC2018 con l'applicazione della procedura di cui ai § 11.3.1.2 e § 11.3.4.11.1.

2.3.1.1 Acciaio inossidabile

E' consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche e composte. Si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10088-4 e UNI EN 10088-5, recanti la Marcatura CE e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1 delle NTC2018.

2.3.1.2 Acciaio per strutture saldate

Gli acciai per strutture saldate devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al § 25.3.1.

2.3.2 Obblighi per i centri di trasformazione e centri di produzione di elementi in acciaio

Nell'ambito degli acciai per carpenteria metallica, per i prodotti e/o componenti strutturali per cui non sia applicabile la marcatura CE, si definiscono: *centri di trasformazione per carpenteria metallica* e *centri di produzione di elementi in acciaio*.

Nel caso in cui gli elementi base di acciaio (prodotti lunghi e/o piani di lamiere grecate e profilati formati a freddo, prodotti base per bulloni e chiodi, elementi strutturali di serie) vengano spediti dal produttore (detto appunto di elementi base in acciaio) a dei centri esterni alla fabbrica, per realizzare elementi singoli prelaborati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di produzione di carpenteria metallica (per realizzare a loro volta strutture complesse nell'ambito delle costruzioni), tali luoghi sono definiti *centri di trasformazione per carpenteria metallica*. Tali luoghi si suddividono in *centri di prelaborazione o di servizio* o *officine di produzione di carpenterie metalliche*.

I centri di trasformazione *per carpenteria metallica* devono:

- dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di garantire che le lavorazioni effettuate assicurino il mantenimento della conformità delle caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti alle presenti norme. Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1;
- dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività nelle modalità definite nel § 11.3.1.7 delle NTC2018 ed ottenere dallo stesso Servizio Tecnico Centrale l'Attestato di denuncia dell'Attività di centro di trasformazione. I centri di trasformazione sono tenuti a comunicare ogni variazione rispetto a quanto dichiarato in sede di presentazione della denuncia di attività;
- mantenere l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità. Qualora, l'unità marchiata (pezzo singolo o confezione) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità del centro di trasformazione documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale;
- far eseguire da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 le prove indicate negli specifici paragrafi relativi a ciascun prodotto in acciaio (§11.3.4.11.2 delle NTC2018) e devono comunicare al Servizio Tecnico Centrale le eventuali variazioni apportate al processo di produzione depositato;

I centri di produzione di elementi in acciaio sono:

- *centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiera grecate*: tutti quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio nastri o lamiera e realizzano profilati formati a freddo, lamiera grecate e pannelli composti profilati, ivi compresi quelli saldati che però non siano sottoposti a successive modifiche o trattamenti termici. Per quanto riguarda i materiali soggetti a lavorazione, può farsi utile riferimento, oltre a quanto richiamato in precedenza, anche alle norme UNI EN 10346, UNI EN 10268 ed UNI EN 10149 (parti 1, 2 e 3);
- *le officine per la produzione di bulloni e chiodi*: tutti quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio prodotti base e realizzano bulloni e chiodi di cui al § 11.3.4.6 delle NTC2018;
- *le officine di produzione di elementi strutturali*: tutti quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio prodotti base qualificati e realizzano elementi strutturali in serie per l'impiego nelle costruzioni non ricadenti nelle precedenti categorie.

Per i centri di produzione di elementi in acciaio, oltre agli obblighi validi per i centri di trasformazione sopra elencati, si applicano anche gli obblighi del produttore di elementi base di cui al precedente § 25.3.1.

2.3.3 Classe di esecuzione della struttura

Il progetto definisce il livello di qualità di realizzazione dell'opera richiesto individuando la classe di esecuzione dell'opera tra quelle previste al §4.1.2 della norma UNI EN 1090-2 come richiesto al § 4.2 delle NTC2018. Le classi possibili vanno da 1 a 4 con livello crescente: EXC1, EXC2, EXC3, EXC4 e sono attribuite in funzione delle conseguenze, in termini di perdita di vite umane e danni economici, di un collasso o di un malfunzionamento delle opere, in funzione della severità delle azioni ambientali alle quali le opere sono soggette e in funzione della tipologia costruttiva adottata. Una struttura può avere anche diverse EXC per diverse sue parti.

L'Appaltatore è tenuto ad applicare alle strutture fornite le prescrizioni stabilite dalla UNI EN 1090-2 per la classe di esecuzione assegnata.

I requisiti specifici per ciascuna delle classi di esecuzione sono indicati al prospetto A.3 della norma UNI EN 1090-2

di carpenteria metallica oggetto del presente articolo di capitolato:

prospetto A.3 **Requisiti per ciascuna classe di esecuzione**

Punti	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
4 - Specifiche e documentazione				
4.2 Documentazione del costruttore				
4.2.1 Documentazione sulla qualità [PC]	Nr	Si	Si	Si
5 - Prodotti costituenti				
5.2 Identificazione, documenti di ispezione e rintracciabilità				
Rintracciabilità [PC]	Nr	Si (per marcatura)	Si (dal ricevimento al passaggio di consegne)	Si (dal ricevimento al passaggio di consegne)
Marcatura [PC]	Nr	Si	Si	Si
6 - Preparazione e assemblaggio				
6.4 Taglio				
6.4.3 Taglio termico [PC]	Vedere prospetto 9	Vedere prospetto 9	Vedere prospetto 9	Vedere prospetto 9
7 - Saldatura				
7.1 Generalità				
7.1 Generalità [PC]	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
7.4 Qualificazione delle procedure di saldatura e del personale addetto alla saldatura				
7.4.1 Qualificazione delle procedure di saldatura				
7.4.1.1 Generalità [PC]	Istruzioni di lavoro appropriate (se specificate per l'utilizzo)	Vedere EN ISO 3834-3	Vedere EN ISO 3834-2	Vedere EN ISO 3834-2
7.4.1.2 Qualificazione delle procedure di saldatura [PC]	Nr	Vedere prospetto 12	Vedere prospetto 12	Vedere prospetto 12
7.4.2.1 Saldatori e operatori di saldatura [PC]	Frequenza di riconvalida specificata	Vedere EN ISO 3834-3	Vedere EN ISO 3834-2	Vedere EN ISO 3834-2
7.4.3 Coordinamento delle attività di saldatura [PC]	Supervisione sufficiente	Conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 o 15	Conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 o 15	Conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 o 15
7.5 Preparazione ed esecuzione della saldatura				
7.5.1 Preparazione del giunto				
7.5.1.1 Generalità [PC]	Nr	Primer di prefabbricazione non ammessi se non sottoposti a prova	Primer di prefabbricazione non ammessi se non sottoposti a prova	Primer di prefabbricazione non ammessi se non sottoposti a prova
7.5.6 Attacchi temporanei [PS]	Nr	Nr	Possono essere specificate restrizioni sull'utilizzo	Possono essere specificate restrizioni sull'utilizzo
7.5.7 Saldature di puntatura [PC]	Nr	Procedura di saldatura qualificata	Procedura di saldatura qualificata	Procedura di saldatura qualificata

Punti	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
7.5.9 Saldature di testa				
7.5.9.1 Generalità [PC]	Nr	Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione (se specificato) Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale (se specificato)	Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale (se specificato)	Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale (se specificato)
7.5.9.2 Saldature su un solo lato [PC]	Nr	Nr	Sostegno permanente continuo	Sostegno permanente continuo
7.6 Criteri di accettazione				
7.6.1 Requisiti ordinari [PC] [PS per EXC4]	EN ISO 5817 Generalmente livello di qualità D	EN ISO 5817 Generalmente livello di qualità C	EN ISO 5817 Livello di qualità B	EN ISO 5817, EXC3 come minimo con criteri specifici per saldature identificate
7.6.2 Requisiti di fatica [PC]	Non applicabile	EN ISO 5817:2014, appendice C (se il suo utilizzo è specificato)	EN ISO 5817:2014, appendice C (se il suo utilizzo è specificato)	EN ISO 5817:2014, appendice C (se il suo utilizzo è specificato)
9 - Costruzione				
9.6 Costruzione e lavoro in cantiere				
9.6.3 Manipolazione e immagazzinamento in cantiere [PC]	Nr	Procedura di ripristino documentata	Procedura di ripristino documentata	Procedura di ripristino documentata
12 - Ispezione, prove e riparazione				
12.4 Saldatura				
12.4.2 Ispezione dopo la saldatura				
12.4.2.3 Ispezione ordinaria [PC]	NDT: vedere prospetto 24	NDT: vedere prospetto 24	NDT: vedere prospetto 24	NDT: EXC3 secondo il prospetto 24 come minimo
12.4.2.4 Ispezione specifica di progetto [PS]	Vedere prospetto A.2	Vedere prospetto A.2	Vedere prospetto A.2	Giunti identificati per l'ispezione insieme con l'entità delle prove
12.4.2.7 Correzione delle saldature [PC]	Nr	Secondo la WPS	Secondo la WPS	Secondo la WPS
12.5 Elementi di collegamento meccanici				
12.5.2 Ispezione e prova di collegamenti imbullonati precaricati				
12.5.2.3 Prima del serraggio [PC]	Nr	Controllo della procedura di serraggio	Controllo della procedura di serraggio	Controllo della procedura di serraggio
12.5.2.4 Durante e dopo il serraggio [PC]	Nr	5% della seconda fase di serraggio utilizzando il tipo sequenziale A (se non diversamente specificato)	5% della prima fase di serraggio e 10% della seconda fase di serraggio utilizzando il tipo sequenziale A (se non diversamente specificato)	5% della prima fase di serraggio e 10% della seconda fase di serraggio utilizzando il tipo sequenziale B (se non diversamente specificato)
12.5.2.5 Metodo della coppia [PC]	Nr	Vedere prospetto 25	Vedere prospetto 25	Vedere prospetto 25
12.5.2.6 Metodo combinato [PC]	Nr per il controllo della prima fase di serraggio	Nr per il controllo della prima fase di serraggio	Controllo della prima fase di serraggio prima della marcatura	Controllo della prima fase di serraggio prima della marcatura

Punti	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
12.5.2.7 Metodo HRC [PC]	Nr	Ispezione della prima fase di serraggio	Ispezione della prima fase di serraggio	Ispezione della prima fase di serraggio
12.5.3.1 Ispezione, prova e riparazione di rivetti solidi per rivettatura a caldo [PC]	Nr	Prova del suono Tipo sequenziale A	Prova del suono Tipo sequenziale A	Prova del suono Tipo sequenziale B
12.7 Costruzione				
12.7.3.1 Indagine della posizione geometrica dei nodi di collegamento [PC]	Nr	Nr	Registrazione dell'esame	Registrazione dell'esame

Se non diversamente specificato al progetto tutte le carpenterie metalliche oggetto di questo articolo di capitolato hanno classe di esecuzione EXC3.

Fanno eccezione i tratti di barriere acustiche ed integrate in rilevato o su cordolo con altezza fino a 5 metri senza sbraccio se non sovrappassanti linee di comunicazione interferenti, i pali e monopali di segnaletica e le torri faro per cui è richiesta la classe EXC2.

2.4 Criteri di accettazione per gli acciai

2.4.1.1 Requisiti di qualità degli acciai laminati

Gli acciai laminati a caldo per uso strutturale vengono denominati in base al prospetto 1 di cui alla norma UNI EN 10027-1 di cui si riepiloga lo schema sintetico di designazione:

- Simbolo principale per l'impiego specifico:
 - S: acciaio per impiego strutturale (per impieghi di questo articolo di capitolato)
 - B: acciaio per cemento armato (per impieghi di cui all'art 25 del capitolato)
 - Y: acciaio per cemento armato precompresso (per impieghi di cui all'art 25 del capitolato)
 - altri impieghi non ammessi in questo articolo di capitolato
- Simbolo principale per l'individuazione delle caratteristiche meccaniche afferenti il valore del carico di snervamento minimo in MPa per la gamma di spessore più ridotto:
 - 215 (non ammesso) 235, 255, 275, 335, 355, 390, 420, 430, 440, 460
- Simbolo addizionale per l'indicazione relativa alla resilienza in Joule:
 - J = 27J
 - K = 40J
 - L = 60 J
- Simbolo addizionale per l'indicazione relativa alla temperatura di prova di resilienza:
 - R = 20 °C
 - 0 = 0 °C
 - 2 = -20 °C
 - 3 = -30 °C
 - 4 = -40 °C
 - 5 = -50 °C
 - 6 = -60 °C
- Simbolo addizionale alfanumerico per la definizione delle condizioni di fornitura che per l'uso strutturale possono assumere i seguenti valori:
 - H = profili cavi
 - L = basse temperature
 - N= normalizzazione o laminazione di normalizzazione
 - M = laminazione termomeccanica
 - Q = Bonifica

- W = resistente alla corrosione atmosferica (CORTEN);
- altri impieghi non ammessi in questo articolo di capitolato

I valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} dei laminati a caldo assunti dal progettista nei calcoli, sono indicati nelle seguenti tabelle 4.2.I e 4.2.II delle NTC2018 riportati di seguito per comodità di consultazione.

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

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

Per le applicazioni nelle zone dissipative delle costruzioni (non comuni tra quelle oggetto di questo articolo di capitolato) soggette ad azioni sismiche devono essere specificati negli elaborati progettuali i seguenti ulteriori requisiti specificati nel § 11.3.4.9 delle NTC2018:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} e la tensione di snervamento f_{yk} deve essere maggiore di 1,15¹ e l'allungamento a rottura A_5 , misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento media $f_{y,media}$ deve risultare inferiore ad 1,20 $f_{y,k}$ per acciaio S235 e S275, oppure ad 1,10 $f_{y,k}$ per acciai S355 S420 ed S460;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

Il valore del rapporto snervamento/snervamento nominale ($f_y/f_{y,nom}$) risulti sempre non minore di 0,94 ($f_{y,min} \geq 425 \text{ N/mm}^2$) e non maggiore di 1,27 ($f_{y,max} \leq 572 \text{ N/mm}^2$)².

La rispondenza a tali eventuali ulteriori requisiti devono essere verificati a cura del Direttore dei Lavori nella fase di controlli di accettazione di cui al § 25.8.2.

2.4.1.2 Requisiti generali e caratteristiche dimensionali

¹ Ai sensi del § C11.3.2.12 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018, tale valore è incrementato a 1,15 da 1,10. Il maggiore limite di 1,15 deve essere preso come nuovo riferimento.

² Ai sensi del § C11.3.2.12 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

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

- Prodotti lunghi
 - laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma)
 - travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN
 - laminati ad U
- Prodotti piani
 - lamiere e piatti
 - nastri
 - nastri zincati di spessore ≤ 4 mm
- Profilati cavi
 - tubi prodotti a caldo
- Prodotti derivati
 - travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo)
 - profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo)
 - tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo)
 - lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo)

2.4.1.3 Unioni bullonate

2.4.1.3.1 Impieghi ammessi e generalità sulla conformità

L'elemento di unione è composto da: vite, dado e rondella. Esso è definito "assieme". Le unioni realizzate con bulloni si distinguono in "non precaricate" (non a serraggio controllato) e "precaricate" (a serraggio controllato) e sono utilizzabili entrambi con riferimento agli elaborati progettuali.

Sono ammesse unioni bullonate dotate di marcatura CE in conformità alla norme europea armonizzata UNI EN 14399-1 con sistema di attestazione della conformità di tipo 2+ idonea anche all'uso in giunzioni non precaricate.

Non sono ammesse assiami con marcatura CE ai sensi della UNI EN 15048-1.

I sistemi di unione devono essere prescelti fra quelli indicati dalla norma EN 14399-3 (sistema HR) o dalla norma EN 14399-4 (sistema HV - elementi di unione precaricati o "a serraggio controllato"). E' ammesso anche l'uso di bulloni HRC a serraggio controllato meccanicamente (con rottura del codolo) secondo quanto previsto dalle norme armonizzate EN 14399-10.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come nelle seguenti tabelle 11.3.XIII.a (per gli assiami non a serraggio controllato per giunzioni non precaricate) e 11.3.XIV (per gli assiami a serraggio controllato per giunzioni precaricate) delle NTC2018.

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	
8.8	8 oppure 10	100 HV min oppure 300 HV min.	UNI EN 14399-1
10.9	10 oppure 12		

Tab. 11.3.XIV

Sistema	Viti		Dadi		Rondelle	
	Classe di resistenza	Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
HV	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

Nelle unioni con bulloni ad alta resistenza delle classi 8.8 e 10.9, precaricati con serraggio controllato, per giunzioni ad attrito, le viti, i dadi e le rondelle devono essere forniti dal medesimo produttore.

Per quanto riguarda il materiale base costituente i bulloni e la protezione contro la corrosione valgono le seguenti prescrizioni:

- Per le strutture di carpenteria protette contro la corrosione tramite zincatura a caldo o verniciatura sono da utilizzare bulloni con materiali di base conforme al prospetto 2 della norma UNI EN ISO 898-1 per le viti e al prospetto 3 della norma UNI EN ISO 892-2 per i dadi, zincati per immersione a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 10684 con trattamento di centrifuga e tempra per uno spessore non inferiore a 100 µm. Per prevenire fenomeni di infragilimento nei bulloni di classe 10.9 si prescrive di deidrogenizzare gli elementi prima della zincatura. Lo spessore del rivestimento di zinco sulla filettatura deve essere tale da consentire l'avvitamento occorre perciò aumentare il diametro del dado o ridurre quello della vite rispetto alla dimensione non rivestita di circa un 400 µm (4 volte lo spessore della zincatura per filettature a 60° e 4,33 volte per le filettature a 55°);
- Per le strutture in acciaio inossidabile si utilizzano bulloni realizzati in acciaio inossidabile conformemente alle prescrizioni di cui alla UNI EN ISO 3506-1 (Viti e viti prigioniere), UNI EN ISO 3506-2 (Dadi), UNI EN ISO 3506-3 (Viti senza testa e particolari simili non soggetti a trazione), UNI EN ISO 3506-4 (Viti autofilettanti). Per il materiale base si applica quanto previsto nella norma UNI EN 10088-4-5;
- Per le strutture in acciaio corten si utilizzano bulloni neri con trattamento di brunitura (bagno di cloruro ferrico)

E' necessario che le forniture dei bulloni siano accompagnate da:

- dal documento di trasporto DDT con riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto.
- dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione DoP conformemente alle specifiche di cui sopra.

2.4.1.3.2 Diametri delle viti, sistemi e coppie di serraggio per i bulloni 8.8 e 10.9

Il tipo di bullone e la coppia di serraggio sono generalmente indicate dal progettista negli elaborati progettuali conformemente alle tabelle 4.2.XVI e 4.2.XVII delle NTC2018 di seguito riportate:

Tabella 4.2.XVI – Coppie di serraggio per i bulloni 8.8

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	A_{res} [mm ²]
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

Tabella 4.2.XVII Coppie di serraggio per bulloni 10.9

Viti 10.9 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	A_{res} [mm ²]
M12	70.8	85.0	99.1	113	59.0	84.3
M14	113	135	158	180	80.5	115
M16	176	211	246	281	110	157
M18	242	290	339	387	134	192
M20	343	412	480	549	172	245
M22	467	560	653	747	212	303
M24	593	712	830	949	247	353
M27	868	1041	1215	1388	321	459
M30	1178	1414	1649	1885	393	561
M36	2059	2471	2882	3294	572	817

Il fattore k descrive la relazione lineare tra la coppia di serraggio M e la forza di precarico F, per il corrispondente diametro d della vite. Gli assiemi possono essere forniti secondo le classi k funzionali K0, K1 e K2 che si differenziano per le modalità di serraggio e per altre caratteristiche funzionali secondo la seguente tabella 4.2.XV tratta dalle NTC2018.

Tabella 4.2.XV - Classi funzionali per i bulloni

K0	Nessun requisito sul fattore k
K1	Campo di variabilità del fattore k_i del singolo elemento tra minimo e massimo dichiarati sulla confezione
K2	Valore medio k_m del fattore e suo coefficiente di variazione V_k dichiarati sulla confezione

E' ammesso solo l'utilizzo di serraggio con classe funzionale K2. La coppia deve essere applicata mediante serraggio che deve avvenire in accordo alle modalità di cui alla norma UNI EN 1090-2.

2.4.1.4 Unioni con chiodi

Salvo diversa indicazione contenuta negli elaborati progettuali non sono ammesse unioni con chiodi. Le unioni realizzate con chiodi si considerano sempre “non precaricate”. Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla pertinente parte della norma UNI EN 10263.

2.4.1.5 Connettori a piolo

Nel caso si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere qualificato ed idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi.

Salvo diverse indicazioni progettuali è ammesso solo l'utilizzo di pioli elettrosaldati tipo Nelson secondo norme UNI EN ISO 13918 in acciaio S235J2G3+C450 con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento percentuale a rottura (valutato su base $L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$, dove A_0 è l'area della sezione trasversale del saggio) ≥ 12 ;
- rapporto $f_t / f_y \geq 1,2$.

I connettori, uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali senza metallo d'apporto, devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

$C \leq 0,18\%$, $Mn \leq 0,9\%$, $S \leq 0,04\%$, $P \leq 0,05\%$

Per le officine per la produzione di elementi strutturali in serie si applicano gli obblighi di cui al precedente § 25.3.2.

2.4.1.6 Tirafondi

I tirafondi sono barre filettate in acciaio per uso strutturale e, in attesa di una normativa univoca per la conformità di questi elementi e in mancanza di un riferimento preciso nel § 11.3.4 delle NTC2018, si possono escludere dall'obbligo di applicazione della norma UNI EN 1090-1.

Il riferimento normativo da utilizzare per i tirafondi è costituito dalla norma per la bulloneria strutturale UNI EN ISO 898-1. Sono ammessi tirafondi con classe di resistenza, se non diversamente specificato negli elaborati progettuali, pari a 8.8 (secondo il prospetto 2 della norma UNI EN ISO 898-1) con filetto metrico ISO a passo grosso.

I limiti per la composizione chimica dell'acciaio del tirafondo devono essere riferiti alla prospetto 2 della UNI EN ISO 898-1 che, per la classe 8.8, prevede sempre il trattamento termico di bonifica.

I dadi, se non diversamente specificato nei documenti di progetto, saranno di classe di resistenza di classe di resistenza pari a 8 (secondo la norma UNI EN 898-2) mentre le rosette metalliche devono essere in acciaio C50 UNI EN 10083-2/UNI 5714 temprato e rinvenuto (HRC 32÷40).

In riferimento all'Eurocodice 3 parte 1-8 §3.3, sono ammessi anche tirafondi ricavati da acciaio laminato a caldo secondo UNI EN 10025-2 e B450C secondo la norma UNI EN 10080 e NTC2018 purchè aventi caratteristiche pari o superiori a quelle dei tirafondi di cui alla norma UNI EN ISO 898-1 indicati al capoverso precedente e siano forniti con le opportune certificazioni in funzione delle specifiche norme di riferimento.

I tirafondi e la bulloneria devono essere zincati a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 10684 con trattamento di centrifuga e tempra per uno spessore non inferiore a 100 µm.

I tirafondi devono sempre essere posti in opera annegati nel getto di calcestruzzo. E' vietato applicare tirafondi in fori realizzati con carotatrice o sistema equivalente e poi inghisati con resine. Nel caso in cui si renda necessario inghisare tirafondi per la risoluzione di non conformità, l'Appaltatore è tenuto a presentare una relazione di calcolo per lo specifico materiale utilizzato e

occorre prevedere delle prove di pull-out al limite di esercizio sul 100% dei tirafondi inghisati e a rottura sul 10% del totale in aggiunta a quelli precedenti.

In merito ai tirafondi è necessario che la fornitura sia accompagnata da:

- dal documento di trasporto DDT con riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto.
- dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204;

2.4.1.7 Processo di saldatura di cui al § 11.3.4.5 NTC2018

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

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1 da parte di un Ente terzo. Ad integrazione di quanto richiesto in tale norma, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati mediante WPQR (qualifica di procedimento di saldatura) secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal Centro di trasformazione o di produzione secondo criteri di competenza e di indipendenza.

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

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011-19 ed UNI EN 1011-2 per gli acciai ferritici ed UNI EN 1011-3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, a cura del Collaudatore e del Direttore dei Lavori sono definiti nel § 25.8.1; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712 almeno di secondo livello.

Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al precedente § 25.3.2, il Centro di trasformazione o di produzione, in relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, deve

essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 parti 2, 3 e 4. I requisiti sono riassunti nella Tab. 11.3.XII delle NTC2018 di seguito riportata.

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal Centro di trasformazione o di produzione secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Tab. 11.3.XII

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	D
Riferimento				
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30$ mm S275, $s \leq 30$ mm	S355, $s \leq 30$ mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s \leq 30$ mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare UNI EN ISO 3834-4	Medio UNI EN ISO 3834-3	Medio UNI EN ISO 3834-3	Completo UNI EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN ISO 14731:2007	Di base	Specifico	Completo	Completo

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

Nel caso dei portali di segnaletica è necessario per le saldature dei fazzoletti delle flange che il produttore qualifichi preventivamente alla produzione una modalità di esecuzione di dette saldature onde evitare fenomeni di ritiro dovuti alla promiscuità con altre unioni bullonate. A tal fine l'Appaltatore dovrà predisporre una relazione sulle modalità esecutive e realizzare un prototipo in officina che dovrà essere sottoposto a prove in contraddittorio con la Direzione Lavori per gli aspetti tecnici ed approvato dall'IIS o da ente di fiducia della Direzione Lavori per la parte saldature.

2.5 Prequalifica "Q1" per l'approvvigionamento delle forniture

L'Appaltatore, con 20 giorni di anticipo rispetto al momento in cui intende approvvigionare l'acciaio da impiegare per le strutture metalliche, deve presentare al Direttore dei Lavori per sua approvazione, la documentazione di qualifica "Q1" di cui ai seguenti § 25.5.1 e 25.5.2.

2.5.1 Prequalifica dei produttori, centri di trasformazione e centri di produzione degli acciai.

L'Appaltatore, prima di approvvigionare gli acciai, deve qualificare il produttore da cui intende rivolgersi o i centri di trasformazione per carpenteria metallica e i centri di produzione di elementi in acciaio di cui al § 25.3.2 nel caso siano quest'ultimi ad affettuare l'ordine o a prelaborare, realizzare strutture complesse, produrre laminati formati a freddo, bulloni, chiodi o produrre elementi strutturali in serie, presentando la seguente documentazione:

- Certificato UNI EN ISO 9001 del sistema di gestione qualità;
- Attestato di qualificazione, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in conformità al § 11.3.1.2 delle NTC2018. L'Attestato di qualificazione ha validità di cinque anni tuttavia, i produttori con cadenza annuale, devono procedere al mantenimento di detto Attestato nei modi indicati al § 11.3.1.3 e all'esecuzione di tutti i controlli e prove di laboratorio sugli acciai di cui al § 11.3.4.11 delle NTC2018;
- Attestato di denuncia dell'Attività di centro di trasformazione di cui al § 11.3.1.7 delle NTC2018, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

- Certificato UNI EN ISO 3834 parti 2, 3 e 4 del centro di trasformazione o di produzione degli acciai nel caso di esecuzione di operazioni di saldatura di cui al § 11.3.4.5 delle NTC2018;
- Certificato di produzione in fabbrica FPC del centro di trasformazione o di produzione degli acciai per la classe di esecuzione EXC di riferimento del progetto in conformità alla norma UNI EN 1090-2;
- Eventuale dichiarazione di prodotto EPD da parte del produttore di acciaio qualora disponibile

2.5.2 Progetto costruttivo delle strutture metalliche

Prima dell'approvvigionamento dei materiali, l'Appaltatore dovrà presentare al Direttore dei Lavori una copia cartacea e in formato pdf dei disegni di fabbricazione firmati digitalmente dal redattore (officina di produzione o Appaltatore stesso) del progetto costruttivo redatto in conformità:

- a tutti gli elaborati del Progetto esecutivo della struttura o delle strutture metalliche di riferimento
- a tutte le seguenti indicazioni costruttive e di dettaglio che dovranno essere contenute nel progetto stesso:
 - diametri e classi dei bulloni impiegati secondo quanto prescritto nel § 25.4.1.3
 - il sistema delle unioni bullonate HR, HV, HRC secondo quanto prescritto nel § 25.4.1.3
 - diametri dei fori in funzione dei bulloni e della tipologia di collegamento
 - coppie di serraggio secondo quanto prescritto nel § 25.4.1.3
 - elementi di posizionamento dei pioli di collegamento travi/soletta, con particolare attenzione ad evitare possibili interferenze con i tralicci delle coppelle, soprattutto per gli impalcati in curva
 - principi di esecuzione delle coppelle e distribuzione dei relativi tralicci di armatura
 - indicazione dei giunti d'officina e dei giunti in opera
 - controfrecce d'officina
 - schemi e fasi di montaggio con indicazione completa delle eventuali opere provvisorie necessarie
 - dettagli delle saldature da eseguire in conformità al § 25.4.1.6 con indicazione delle dimensioni, nel caso dei cordoni d'angolo e di parziali penetrazioni
 - eventuali fori di drenaggio per le zincature dovranno avere una distanza sufficiente per non interferire con le saldature e comunque non inferiore a 10 cm
 - le predisposizioni per i sistemi di aggancio di qualsiasi elemento che deve essere collegato con l'opera in carpenteria anche se forniti dalla stazione appaltante (es. pannelli PMV, cartelli di segnaletica, telecamere o impianti in genere, carter, ecc.)

L'Appaltatore dovrà altresì consegnare al Direttore dei Lavori la distinta dei materiali afferente il progetto costruttivo di cui sopra contenente:

- il codice identificativo dell'elemento
- la descrizione breve dell'elemento
- la quantità
- la designazione del materiale di cui al § 25.4.1.1
- le dimensioni nominali degli elementi del progetto costruttivo: spessore, larghezza, lunghezza e relativa massa nominale determinata utilizzando una massa volumica di 7.850 kg/m^3

- riferimento del disegno o dei disegni ove l'elemento è rappresentato

L'Appaltatore dovrà infine consegnare una relazione di calcolo contenente la verifica dell'idoneità degli eventuali dettagli modificati proposti o aggiuntivi, le indicazioni in merito alla fattibilità del montaggio e varo. Tale relazione di calcolo dovrà essere firmata da un tecnico abilitato all'esercizio della professione. In presenza di tale relazione il tempo di cui al § 25.5 è elevato da 20 a 30 giorni.

2.6 Prequalifica "Q2" per l'inizio delle lavorazioni nei centri di trasformazione e/o di produzione

Dopo l'approvazione da parte del Direttore dei Lavori dei documenti qualifica "Q1" di cui al § 25.5 ed emesso l'ordine di approvvigionamento del materiale, l'Appaltatore, deve:

- presentare al Direttore dei Lavori, per sua approvazione, la documentazione tecnica di cui ai seguenti §§ 25.6.1, 25.6.2;
- avvertire immediatamente la Direzione Lavori dell'arrivo nella sua officina dei materiali che saranno impiegati nella costruzione e presentare la documentazione di cui al § 25.6.3;

Dopo l'approvazione dei documenti di cui sopra entro 10 giorni dalla loro ricezione, l'Appaltatore dovrà concordare con la Direzione Lavori, almeno 5 giorni lavorativi di anticipo rispetto al momento in cui intende iniziare le lavorazioni nei centri di trasformazione o centri di produzione, la data per l'esecuzione dei controlli di cui al § 25.8.2. e la qualifica "Q2" potrà ritenersi conclusa e potranno iniziarsi le lavorazioni in officina.

2.6.1 Approvazione delle saldature del progetto costruttivo da Ente terzo

L'Appaltatore deve, a propria cura e spese, sottoporre all'approvazione dell'I.I.S. (o di altro Ente terzo Accreditato da Accredia per la certificazione dei processi di saldatura e dei saldatori, da sottoporre preventivamente all'approvazione della Direzione Lavori) le modalità esecutive afferenti le saldature contenute nel progetto costruttivo di cui al § 25.5.2 unitamente alle seguenti indicazioni aggiuntive:

- piano di saldatura di cui al § 7.2 della norma UNI EN 1090-2
- la certificazione delle procedure di saldatura e del personale addetto alla saldatura conformemente al § 7.4 della norma UNI EN 1090-2 per la classe di esecuzione EXC definita a progetto, contenente il quaderno di saldatura, in accordo alle NTC2018 e comprensivo di:
 - specifiche di procedimento di saldatura (WPS) e relative qualifiche (WPAR);
 - qualifica dei saldatori e operatori di saldatura

Nel caso l'I.I.S. (o altro Ente Terzo accreditato come sopra descritto) richiedesse di aggiornare o revisionare i contenuti del progetto costruttivo in merito alle saldature, l'Appaltatore è tenuto ad apportare tali modifiche nel più breve tempo possibile e ad ottenere l'approvazione definitiva da parte dell'Ente. Il progetto approvato deve essere trasmesso al Direttore dei Lavori prima dell'inizio delle operazioni di trasformazione. Eventuali richieste di modifica dell'Ente non potranno dare diritto al riconoscimento di alcun compenso, indennizzo o extracosto, di qualsivoglia natura, né diretto (costo della lavorazione, progettazione, proe e collaudi, etc...), né indiretto (ritardo nella realizzazione dell'opera, etc...).

2.6.2 Piano generale di fabbricazione e controlli

L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori il piano generale di fabbricazione e controlli del centro di trasformazione e/o di produzione con l'indicazione delle

tecnologie, metodologie e sistemi di controllo utilizzati in officina (PCQ riferito alla struttura o alle strutture metalliche oggetto di qualifica) ed eventualmente in cantiere per garantire la qualità attesa con preciso riferimento ai controlli sulle saldature a cura del Committente di cui al successivo § 25.8.1. Tale piano deve essere redatto in conformità alla norma UNI EN 1090-2 e deve altresì contenere il collaudo delle lamiere all'arrivo in officina prima dell'inizio delle lavorazioni. Particolare attenzione verrà posta nei controlli di assenza di sfogliature ed inclusioni con riferimento a dettagli costruttivi che contemplino azioni ortogonali al piano di laminazione.

2.6.3 Piano di utilizzo e rintracciabilità dei materiali

Dopo l'approvvigionamento del materiale, l'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori il piano di utilizzo e rintracciabilità dei materiali approvvigionati, con riferimento:

- alla distinta dei materiali afferente il progetto costruttivo di cui al § 25.5.2 implementata:
 - dal controllo delle dimensioni effettive degli elementi approvvigionati: spessore, larghezza, lunghezza e relativo peso nominale
 - dalla data di consegna dell'elemento
 - dal nome del produttore
 - dal n. del DDT di provenienza dal produttore (da allegare in copia)
 - dal n. del certificato di collaudo del produttore (da allegare in copia)
 - dalla data del certificato di collaudo del produttore
 - dal n. della colata
 - dal peso riportato nel certificato del produttore
 - dal riferimento della marcatura CE in riferimento ai contenuti dei § 25.3.1 e 25.4.1.3.1 che dovrà risultare leggibile

Qualora il centro di trasformazione e/o di produzione impieghi materiale giacente a magazzino ne dovrà fornire la documentazione d'origine del Produttore necessaria alla compilazione del piano di utilizzo di cui sopra.

2.7 Modalità esecutive delle lavorazioni nei centri di trasformazione e produzione

Le lavorazioni di officina saranno effettuate secondo quanto previsto nell'apposito Piano di fabbricazione.

Per quanto riguarda le tolleranze esecutive si fa riferimento alla norma UNI EN 1090, parti 1 e 2, se non diversamente indicato a Progetto. Per ciascuna opera singola o per prototipi di ciascuna serie di opere è prescritto il premontaggio in officina. Eventuali deroghe adeguatamente motivate, dovranno essere esplicitamente approvate dalla Direzione Lavori. Deroghe non esplicitamente autorizzate non saranno accettate.

Alla Direzione Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli collaudati, che le strutture siano conformi ai disegni di Progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

In particolare l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione.
- possono essere usati i riscaldamenti locali (caldo), secondo le indicazioni della UNI EN 1090-2, purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti. I trattamenti termici non sono ammessi, in generale, per acciai termomeccanici;
- la saldatura in zone formate a freddo deve rispettare quanto indicato in UNI EN 1993-1-8

- è ammesso il taglio a ossigeno purché regolare;
- i tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice;
- i fori per bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza), le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;
- l'uso di punzonatrici deve essere esplicitamente ammesso a Progetto. Ne è consentito l'uso in forature ridotte di almeno 2 mm e successivamente alesate a diametro definitivo
- i bulloni ad alta resistenza, nel caso di collegamenti a taglio, non dovranno avere il gambo filettato per l'intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;

Non sono ammesse unioni a taglio per gli elementi soggetti a vibrazioni e/o inversione di sforzo. Nelle unioni ad attrito le superfici dovranno presentarsi pulite, prive cioè di olio, grasso, calamina, vernice.

Per coefficienti di attrito superiori a 0.3 si dovranno presentare adeguati test a comprova del coefficiente proposto, ed in ogni caso per superfici verniciate. Al riguardo si fa riferimento ai codici UNI EN 1993-1-1, UNI EN 1993-1-8, UNI EN 1090-1.

2.8 Controlli e prove presso il centro di trasformazione e produzione prima della spedizione in cantiere delle carpenterie

Le carpenterie, o parti di esse, potranno essere spedite dal centro di trasformazione o produzione al cantiere solamente quando:

- saranno concluse con esito positivo tutte le operazioni previste nel piano di fabbricazione e controlli di cui al § 25.6.2;
- saranno state verificate con esito positivo tutte le saldature effettuate in officina nelle modalità di cui al § 25.8.1;
- saranno ultimati gli invii dei prelievi al laboratorio incaricato dalla Committente per i controlli di accettazione di cui al § 25.8.2.

2.8.1 Controlli delle saldature

In riferimento all'entità e al tipo dei controlli distruttivi e non distruttivi delle saldature da definire dal Direttore dei Lavori e dal Collaudatore di cui al § 11.3.4.5 delle NTC2018 e al § 25.4.1.7 di questo articolo di capitolato, si stabilisce che l'Istituto Italiano della Saldatura (o da altro Ente terzo) su incarico diretto della Committente eseguirà presso il centro di trasformazione e/o di produzione i seguenti controlli previsti all'interno della UNI EN 1090 parte 2 in conformità alla serie della UNI EN ISO 3834 (Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici):

- controllo visivo secondo EN 970 al 100% di tutte le saldature;
- controllo magnetoscopico secondo EN ISO 17638 al 20% di tutte le saldature (le zone del controllo saranno scelte in base all'esito dell'esame visivo);
- controllo ultrasonoro al 100% secondo UNI EN ISO 17640 dei giunti a piena penetrazione trasversali e dei giunti tecnici;
- controllo ultrasonoro al 50% UNI EN ISO 17640 dei restanti giunti a piena penetrazione.
- controllo visivo 100 % saldature pioli; prova di piegamento a 30°: 5% dei pioli (a colpi di mazza). Eventuali discontinuità risultanti dall'esame visivo saranno ripristinate con elettrodi rivestiti. Non è ammessa la presenza di cricche nelle saldature dei pioli. In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli testati, tutti i pioli della stessa membratura saranno sottoposti alla medesima prova.

Tale elenco potrà essere implementato tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza, del Collaudatore e del Direttore dei Lavori a loro insindacabile giudizio senza che ciò possa dare diritto a richieste od al riconoscimento di alcun compenso, indennizzo o extracosto, di qualsivoglia natura, né diretto, né indiretto.

Si precisa che questi controlli verranno eseguiti solamente dopo l'esecuzione dei controlli sulle saldature previsti nel piano generale di prefabbricazione e controlli di cui al § 25.6.2 ad onere del Direttore Tecnico dell'officina in ottemperanza alle NTC2018 e solo dopo che il report di detti controlli verrà trasmesso alla Direzione Lavori e all'Istituto Italiano della Saldatura (o altro Ente terzo).

Qualora l'Istituto Italiano della Saldatura (o altro Ente terzo) riscontrasse delle non conformità tali per cui si debba procedere ad un perfezionamento o al rifacimento dell'originaria saldatura, queste verranno ricontrollate a campione sempre dall'Ente di fiducia del Committente con onere a carico dell'Appaltatore senza che ciò possa dare diritto a richieste od al riconoscimento di alcun compenso, indennizzo o extracosto, di qualsivoglia natura, né diretto, né indiretto.

Il tipo e il numero dei controlli a cura del Centro di Trasformazione e della Direzione Lavori per ciascuna opera, dovranno essere indicati nel piano di fabbricazione e controllo emesso dal Costruttore per approvazione. Dovrà essere indicato altresì un criterio di estensione dei controlli in caso di difetti.

2.8.2 Controlli degli acciai di cui al § 11.3.4.11.3 delle NTC2018

Qualora la fornitura di elementi lavorati provenga da un centro di trasformazione, di produzione o da un fabbricante di elementi marcati CE, personale della Direzione Lavori con frequenza a discrezione del Direttore dei Lavori si recherà presso detto luogo di lavorazione delle carpenterie per effettuare tutti i controlli di accettazione di sua competenza di cui al § 11.3.4.11.3 delle NTC2018.

Il prelievo dei campioni sarà effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione o del fabbricante secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato, con spedizione a cura del Direttore di Stabilimento, siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della Committente per l'esecuzione delle prove.

A seconda delle tipologie di materiali da spedire in cantiere il Direttore dei Lavori deve effettuare i seguenti prelievi:

- *Elementi di Carpenteria Metallica*: 3 prove ogni 90 tonnellate; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di quantità di acciaio da carpenteria non superiore a 2 tonnellate, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori, che terrà conto anche della complessità della struttura.
- *Lamiere grecate e profili formati a freddo*: 3 prove ogni 15 tonnellate; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera,, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di lamiere grecate o profili formati a freddo non superiore a 0.5 tonnellate, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.
- *Bulloni e chiodi*: 3 campioni ogni 1500 pezzi impiegati; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di pezzi non superiore a 100, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.

- *Giunzioni meccaniche*: 3 campioni ogni 100 pezzi impiegati; il numero di campioni, prelevati e provati nell'ambito di una stessa opera, non può comunque essere inferiore a tre. Per opere per la cui realizzazione è previsto l'impiego di una quantità di pezzi non superiore a 10, il numero di campioni da prelevare è individuato dal Direttore dei Lavori.

Le prove da eseguire sui prelievi di cui sopra a cura della Direzione Lavori per gli elementi di carpenteria lamiera e profili sono le seguenti:

- Prove dimensionali di spessore, lunghezza, larghezza e massa:
 - o secondo la UNI EN 10029 per acciai di cui alle UNI EN 10025-2-3-4-5: si riterranno conformi le lamiere con tolleranza sullo spessore pari alla classe B o D di cui ai limiti della tabella 1 del § 6.1 della UNI EN 10029, mentre per lunghezza e larghezza si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti delle tabelle 3 e 2 dei §§ 6.3 e 6.2 della UNI EN 10029;
 - o secondo la UNI EN 10210-2 per acciai di cui alla UNI EN 10210-1: si riterranno conformi le lamiere con tolleranza di cui ai prospetti 2, 3 e 4 della UNI EN 10210-2;
 - o secondo la UNI EN 10219-2 per acciai di cui alla UNI EN 10219-1: si riterranno conformi le lamiere con tolleranza di ai prospetti 2, 3 e 4 della UNI EN 10219-2;
 - o per bulloni e chiodi non sono previste prove dimensionali salvo specifiche richieste del Collaudatore o del Direttore dei Lavori.
- Prove di trazione (snervamento f_y , rottura f_t , allungamento): per impieghi strutturali a temperatura ambiente secondo la norma UNI EN ISO 6892-1. Si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti:
 - o del prospetto 6 della norma UNI EN 10025-2 per acciai laminati a caldo non legati;
 - o del prospetto 4 della norma UNI EN 10025-3 per acciai laminati a caldo a grano fine saldabili;
 - o del prospetto 4 della norma UNI EN 10025-4 per acciai laminati a caldo saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica
 - o del prospetto 4 della norma UNI EN 10025-5 per acciai laminati a caldo con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;
 - o del prospetto A.3 o B.3 della norma UNI EN 10210-1 per profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine;
 - o del prospetto A.3, B.4 o B.5 della norma UNI EN 10219-1 per profilati cavi saldati formati a freddo.

Determinati i valori di cui snervamento f_y , rottura f_t per gli acciai di cui al presente capoverso inerente le prove di trazione occorre verificare che rapporti f_t/f_y , e $f_y/f_{y_{nom}}$ siano ricompresi nei limiti di cui al §25.4.1.1 nel caso di applicazioni nelle zone dissipative delle costruzioni (non comuni tra quelle oggetto di questo articolo di capitolato) soggette ad azioni sismiche.

- Prove di resilienza su provetta Charpy secondo la norma UNI EN ISO 148-1. Si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti:
 - o del prospetto 8 della norma UNI EN 10025-2 per acciai laminati a caldo non legati;
 - o del prospetto 5 della norma UNI EN 10025-3 per acciai laminati a caldo a grano fine saldabili;
 - o del prospetto 5 della norma UNI EN 10025-4 per acciai laminati a caldo saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica
 - o del prospetto 5 della norma UNI EN 10025-5 per acciai laminati a caldo con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;

- del prospetto A.3 o B.3 della norma UNI EN 10210-1 per profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine;
- del prospetto A.3, B.4 o B.5 della norma UNI EN 102019-1 per profilati cavi saldati formati a freddo.
- Analisi chimica secondo UNI EN 10315, UNI EN ISO 15350 o al CR 10320:
 - del prospetto 3 della norma UNI EN 10025-2 per acciai laminati a caldo non legati;
 - del prospetto 2 della norma UNI EN 10025-3 per acciai laminati a caldo a grano fine saldabili;
 - del prospetto 2 della norma UNI EN 10025-4 per acciai laminati a caldo saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica
 - del prospetto 3 della norma UNI EN 10025-5 per acciai laminati a caldo con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;
 - del prospetto 1 della norma UNI EN 10210-1 per profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine;
 - del prospetto 1 della norma UNI EN 10219-1 per profilati cavi saldati formati a freddo

Le prove da eseguire sui prelievi di cui sopra a cura della Direzione Lavori sui bulloni, chiodi e tirafondi sono le seguenti:

- di resistenza allo snervamento viti (R_{eL}) secondo il § 9.7 della UNI EN ISO 898-1: si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti: del prospetto 3 della stessa norma 898-1;
- di resistenza alla trazione viti (R_m) secondo il § 9.7 della UNI EN ISO 898-1 e si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti del prospetto 3 della stessa norma 898-1;
- di allungamento viti (A) secondo il § 9.7 della UNI EN ISO 898-1: si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti del prospetto 3 della stessa norma 898-1;
- di resilienza viti secondo il § 9.14 della UNI EN ISO 898-1: si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti del prospetto 3 della stessa norma 898-1;
- di durezza viti secondo il § 9.9 della UNI EN ISO 898-1 e si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti del prospetto 3 della stessa norma 898-1;
- di durezza dadi secondo il § 9.2 della UNI EN ISO 898-2 e si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti del prospetto 7 della stessa norma 898-2;
- di durezza rondelle secondo la UNI EN ISO 6507-1 o UNI EN ISO 6508-1 e si riterranno conformi elementi rispondenti ai limiti delle citate norme;
- di valutazione fattore k per assieme di bulloneria secondo la UNI EN 14399-2 (classificazione) su un campione da valutare a discrezione del Direttore Lavori;
- di spessore locale del rivestimento della zincatura a caldo secondo la UNI EN ISO 2178 nei limiti di cui ai §§ 25.4.1.3 e 25.4.1.6;
- di uniformità del rivestimento di zincatura a caldo secondo la norma UNI 11406.

Le prove di trazione, resilienza e chimiche da eseguire sugli elementi di carpenteria in acciaio inossidabile sono da eseguirsi in conformità alle indicazioni del § 7.4 della UNI EN 10088-4 e § 7.4 della UNI EN 10088-5. L'acciaio inox sarà sottoposto anche alla prova di resistenza alla corrosione intergranulare in conformità alla UNI EN ISO 3651-2.

Se un risultato è non conforme, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino. Se i tutti risultati validi della prova sono maggiori o uguali del previsto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, un ulteriore campionamento, di numerosità doppia rispetto a quanto precedentemente previsto in relazione alle varie tipologie di prodotto, deve essere effettuato da prodotti diversi del lotto in presenza del fabbricante o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se i singoli risultati ottenuti sugli ulteriori provini è maggiore del valore di accettazione. In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale senza che ciò possa dare diritto a richieste od al riconoscimento di alcun compenso, indennizzo o extracosto, di qualsivoglia natura, né diretto, né indiretto.

In aggiunta a quanto sopra occorre eseguire le prove per la verifica della protezione alla corrosione adottata di cui all'art. 25bis.

2.9 Controlli dei documenti di accompagnamento delle forniture in cantiere

In accordo al § 11.3.1.5 delle NTC2018, tutte le forniture di acciaio in arrivo in cantiere, per le quali sussiste l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate da:

- Copia del Documento di trasporto DDT
- Copia della Marcatura CE e DOP
- Certificato di controllo interno 3.1. di cui alla norma UNI EN 10204

Si prescrive anche l'obbligo di mantenere compilato ed aggiornato un registro di tutte le carpenterie che man mano giungono in cantiere in modo da garantire sempre la rintracciabilità di tutti i componenti. Detto registro deve implementare i contenuti indicati al § 25.6.3 con l'elenco dei documenti di cui sopra.

L'Appaltatore deve sempre verificare la rispondenza tra i documenti di cui sopra e le forniture in arrivo in cantiere e consegnare settimanalmente copia di detti documenti unitamente al registro della rintracciabilità dei materiali alla Direzione Lavori.

2.10 Montaggio e controlli delle carpenterie a piè d'opera in cantiere (eventuale)

L'Appaltatore è tenuto a completare il montaggio delle carpenterie in officina tenendo conto della fattibilità del trasporto alle aree di cantiere delle varie parti assemblate.

Laddove, per esclusive esigenze dimensionali degli elementi si renda necessario eseguire in cantiere dei montaggi, l'Appaltatore è tenuto ad attrezzare un'area in maniera idonea anche dal punto di vista ambientale della protezione del suolo da eventuali contaminazioni derivanti dalle lavorazioni previste in tale area e comunque secondo le previsioni progettuali o, laddove queste non siano ritenute sufficienti, a sua cura e spese senza che ciò possa dare diritto a richieste od al riconoscimento di alcun compenso, indennizzo o extracosto, di qualsivoglia natura, né diretto, né indiretto.

Gli elementi di carpenteria non devono per alcun motivo essere appoggiati direttamente sul terreno per evitare che si sporchino, al riguardo occorre posizionare un adeguato telo di separazione oppure utilizzare appositi distanziatori rispetto al piano di appoggio.

Anche tutti gli accessori da utilizzare per il montaggio delle carpenterie come ad esempio i bulloni, i tirafondi, ecc. devono essere preservati dal contatto con il suolo e da contatti accidentali con attrezzi o mezzi operativi che possono comprometterne la funzionalità e sono da conservare in luoghi chiusi idoneamente predisposti fino al momento del loro utilizzo.

L'Appaltatore è responsabile della manutenzione delle aree di stoccaggio al fine di mantenerle in piena efficienza per tutta la durata del cantiere.

Ogni lavorazione in cantiere deve rispettare i contenuti di cui al § 25.7 e degli specifici contenuti di cui al §25.6.2.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in Progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dalle norme in vigore, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore previa approvazione del progettista.

2.10.1 Controlli delle saldature

Sono ammesse in cantiere esclusivamente operazioni di saldatura che per loro natura non possono essere eseguite in officina.

Per queste, oltre ai controlli interni di qualità in capo al Direttore Tecnico dello stabilimento, occorre procedere ai controlli di cui al § 25.8.1.

2.10.2 Controlli delle carpenterie in cantiere

Prima del posizionamento in opera degli impalcati e in generale di carpenterie che hanno necessitato di un assemblaggio a piè d'opera, indipendentemente dal metodo di varo, l'Appaltatore dovrà controllare e dare evidenza alla Direzione Lavori di tali controlli in merito a:

- geometria di assemblaggio di ogni singolo concio
- accoppiamento tra conci contigui
- geometria di controventi e diaframmi, con verifica delle tolleranze foro/bullone
- controllo a spot degli spessori impiegati
- acquisizione dei certificati di approvazione da parte di Ente terzo di eventuali giunti saldati di cantiere e relative specifiche di saldatura
- controlli di serraggio e relative superfici di accoppiamento per eventuali giunti bullonati eseguiti a piè d'opera
- topograficamente le quote planaltimetriche dei punti di contatto della struttura di appoggio con la carpenteria metallica da varare

2.10.3 Controlli del serraggio dei bulloni

Al termine del montaggio a piè d'opera della carpenteria metallica e del completamento del serraggio di tutti i bulloni a cura dell'Appaltatore risulta necessario procedere alla verifica del serraggio nella seguente modalità in ordine cronologico:

1. verifica a cura dell'Appaltatore almeno sul 20% del totale delle unioni bullonate ed in ogni caso su non meno di quattro con evidenza del controllo da trasmettere in un report alla Direzione Lavori;
2. verifica a cura della Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore almeno sul 10% del totale delle unioni bullonate a mezzo di certificato di laboratorio.

Per il controllo del serraggio si procederà nel modo seguente:

- Marcatura con pennarello indelebile di dado, vite e lamiera per identificarne la posizione relativa;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo che l'angolo di rotazione tra vite e dado non risulti > di +15°.

Se il bullone risulta sotto serrato dovrà essere riportato al corretto serraggio e dovranno essere verificati tutti i bulloni del giunto.

E' prescritta inoltre prevista la verifica del sovra serraggio sul 5% dei bulloni da eseguire in contraddittorio tra Appaltatore e Direttore dei Lavori con la seguente modalità:

- Allentamento del dado con una rotazione almeno pari a 60° prestando attenzione che non ruoti la vite nel qual caso occorre tenere ferma la testa dalla parte opposta;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo del ritorno alla posizione originaria.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> -15^\circ$ il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni sovra serrati dovranno essere sostituiti ed il controllo verrà esteso a tutti i bulloni del giunto.

Relativamente alle modalità di montaggio ed al controllo dei bulloni si farà riferimento alla norma EN 1090-2.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave idraulica purché questo sia controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio Ufficiale in data non anteriore a dodici mesi.

2.11 Prequalifica “Q3” delle operazioni di varo

L'Appaltatore sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare (qualifica “Q3”), ferma restando la piena responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto potrà essere in alternativa a quello previsto a Progetto purché ne rispetti i livelli di sicurezza e sia idoneo a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel Progetto esecutivo ed in accordo ai tempi contrattuali.

La relazione di varo dovrà essere redatta in coerenza con il POS da sottoporre per approvazione al Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione e deve contenere una descrizione dei seguenti aspetti:

- *Cronoprogramma esecutivo della sequenza di montaggio*: descrizione delle varie fasi di lavoro in funzione e nel rispetto rigoroso, ove applicabile, dei tempi di parzializzazione o chiusura delle corsie stradali e/o autostradali. Tale sequenza deve essere realizzata su scala oraria e riportare tutte le squadre e i mezzi impegnati nelle singole lavorazioni;
- *Verifica della stabilità dei mezzi di sollevamento*: indicare in una o più planimetrie e sezioni la posizione, il tipo di mezzo di sollevamento, la portata, il raggio d'azione in funzione della massima dimensione e peso dei pezzi da movimentare, di eventuali azioni orizzontali (anche massima velocità del vento ammissibile) in tutte le fasi di lavoro provvisorie. Occorre altresì verificare l'idoneità dei piani di appoggio nei punti di scarico a terra delle grù e degli apprestamenti provvisori a mezzo di opportune prove di piastra da eseguirsi a onere dell'Appaltatore. Eventuali adeguamenti dei piani di appoggio restano un onere a carico dell'Appaltatore;
- *Schema di sollevamento*: indicare la modalità di aggancio e imbracatura della carpenteria ai mezzi di sollevamento;
- *Schema di trasporto della carpenteria dall'area di assemblaggio all'area di varo*: indicare i mezzi utilizzati e lo schema di fissaggio della carpenteria trasportata con la valutazione dell'accessibilità ai luoghi e dell'assenza di ostacoli rispetto alla sagoma complessiva del carico (cartelli di segnaletica, cordoli, barriere di sicurezza, reti aeree interferenti, ecc.) che dovranno essere smontati e riposizionati a cura ed onere dell'Appaltatore. Resta altresì onere dell'Appaltatore quello di richiedere le opportune eventuali autorizzazioni per il trasporto eccezionale ai gestori proprietari delle viabilità;
- *Assistenza tecnica*: indicare il nome della ditta, recapito telefonico con reperibilità h 24 dell'assistenza tecnica in caso di guasto dei macchinari (autogrù, carrelloni, ecc) e tempo di intervento. Si precisa che è facoltà insindacabile del Direttore dei Lavori richiedere che

l'assistenza tecnica sia presente in cantiere durante le fasi di varo con onere a carico dell'Appaltatore;

- *Verifica delle controfrecce* intermedie per i vari realizzati per fasi e/o spinta compresa l'indicazione dei valori da monitorate e di eventuali controventature e/o pile provvisorie che si rendono necessarie;
- *L'indicazione della configurazione di bloccaggio / scorrimento di eventuali appoggi e ritegni* ove verranno poste le carpenterie e del momento in cui questi verranno definitivamente posti nella configurazione definitiva con la struttura;
- *Modalità di smontaggio delle eventuali strutture provvisorie.*
- *La previsione di opportune protezioni delle parti di carpenteria* che possono entrare in contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento;
- *Le modalità di serraggio* delle unioni bullonate in conformità alla norma UNI EN 1090-2 e ai contenuti del § 24.4.1.3.

In ragione dell'alto contenuto di natura strutturale, la relazione di varo dovrà essere firmata da un tecnico abilitato all'esercizio della professione e come visto dal Direttore Tecnico dell'Appaltatore.

Il DL e il CSE, in funzione della particolare natura del varo da eseguire, potranno a loro insindacabile giudizio implementare i contenuti della relazione di varo rispetto all'elenco di cui sopra.

Nell'impiego delle attrezzature di varo, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, e tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

2.12 Modalità esecutive del varo e controlli

Durante tutte le fasi di varo l'Appaltatore dovrà attenersi alle indicazioni di cui alla relazione di varo approvata dal Direttore dei Lavori con la massima cura per evitare, ritardi e che le strutture vengano deformate o soprasollecitate.

Per quelle operazioni di varo soggette a chiusure o parzializzazioni autostradali, l'Appaltatore deve monitorare continuamente la rispondenza del cronoprogramma esecutivo di cui al § 25.11 al reale avanzamento delle attività di cantiere ed avvisare immediatamente la Direzione Lavori e la Direzione di Tronco di competenza eventuali ritardi che possano compromettere la riuscita del varo nei tempi previsti. Laddove tali ritardi possano comportare un ritardo nella riapertura delle carreggiate autostradali rispetto ai tempi concessi, il Direttore dei Lavori, in qualsiasi momento, potrà sospendere in tutto o in parte le operazioni di varo. Ogni maggiore costo per il fermo delle macchine, degli operai e per la riprogrammazione ed esecuzione di un nuovo varo restano ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di Progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di Progetto, rispettando le tolleranze previste, con particolare riferimento alle norme UNI EN 1090, parti 1 e 2. La Direzione Lavori dovrà verificare l'efficacia delle prime operazioni di serraggio eseguite dall'Appaltatore rispetto alle indicazioni riportate nella qualifica Q3.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Le superfici di contatto al montaggio nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza, sono in genere sabbiati e devono presentarsi pulite, prive di olio, scaglie di laminazione, macchie di grasso. Eventuali vernici saranno ammesse soltanto se previste a Progetto ed in conformità ai relativi test per la verifica del coefficiente di attrito.

Dopo il varo è necessario procedere al controllo del serraggio dei bulloni che sono stati serrati durante tali operazioni con la modalità indicata al § 25.10.3 eseguendo solo il controllo in contraddittorio tra Appaltatore e Direzione Lavori.

A fine posa in opera degli impalcati e prima di dar corso alle fasi di getto delle solette in c.a. nelle modalità definite in progetto o concordate con il Direttore dei Lavori, l'Appaltatore dovrà controllare quanto segue e fornire idoneo report alla Direzione Lavori:

- corrispondenza tra irrigidenti d'anima e asse appoggi
- contromonte residue
- verifica delle reazioni con martinetti idraulici

2.13 Tolleranze di esecuzione e non conformità

Limiti di accettazione e tolleranze esecutive sono già indicati nel § 25.8.2 per i controlli degli acciai e nel § 25.10.1 per i controlli delle saldature. L'Appaltatore è tenuto altresì al rigoroso rispetto dei contenuti delle qualifiche Q1, Q2 e Q3.

In aggiunta a quanto sopra, nel caso in cui l'Appaltatore durante le operazioni di varo, non rispetti per qualsiasi motivo i tempi concessi dal gestore dell'infrastruttura autostradale per la riapertura al traffico delle corsie, è tenuto al pagamento di una penale con la seguente modalità.

Per tutte le tratte di viabilità autostradali la penale sarà pari a 1.000 €/h fino ad un massimo di 10.000 € nel caso in cui il ritardo della riapertura totale o parziale delle corsie, provochi una coda maggiore di 2 km o nel caso il gestore della viabilità sia costretto a deviare il traffico verso altri percorsi.

Art. 2bis Protezioni delle carpenterie metalliche contro la corrosione

2.1 bis Descrizione e campo di applicazione

Tutte le carpenterie in acciaio, comprese quelle di cui al § 25, devono sempre prevedere una protezione contro la corrosione che, laddove non sia intrinseca nel materiale (acciaio inossidabile o corten), deve essere eseguita seguendo le indicazioni fornite nell'appendice F della norma UNI EN 1090-2 mediante la preparazione delle superfici e l'applicazione di sistemi di verniciatura, zincatura per immersione a caldo o duplex (zincatura e successiva verniciatura).

Il tipo di protezione alla corrosione e il colore di finitura superficiale è definito negli elaborati di progetto. Laddove non siano presenti indicazioni specifiche, la zincatura per immersione a caldo è sempre da preferire ai sistemi di verniciatura compatibilmente con le dimensioni degli elementi rispetto a quelle delle vasche di zincatura e questo in ottica di durabilità, ridotta manutenzione e maggior facilità di riutilizzo a favore di un'economia circolare e maggiormente sostenibile.

2.2 bis Normativa di riferimento

- UNI EN 1090-2: Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio
- UNI EN ISO 1461: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- UNI EN ISO 14713-1: Rivestimenti di zinco – Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi – Parte 1: Principi generali di progettazione e di resistenza alla corrosione
- UNI EN ISO 14713-2: Rivestimenti di zinco - Linee guida e raccomandazioni per la protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Parte 2: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo
- UNI EN ISO 12944-1: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 1: Introduzione generale
- UNI EN ISO 12944-2: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 2: Classificazione degli ambienti
- UNI EN ISO 12944-3: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 3: Considerazioni sulla progettazione
- UNI EN ISO 12944-4: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 4: Tipi di superficie e loro preparazione
- UNI EN ISO 12944-5: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 5: Sistemi di verniciatura protettiva
- UNI EN ISO 12944-6: Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 6: Prove di laboratorio per le prestazioni
- UNI EN ISO 12944-7: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 7: Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura
- UNI EN ISO 12944-8: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 8: Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione
- UNI EN ISO 2063-2: Spruzzatura termica - Zinco, alluminio e loro leghe - Parte 2: Esecuzione dei sistemi di protezione contro la corrosione

2.3 bis Classificazione dei requisiti in materia di protezione contro la corrosione

Il tasso di corrosione di una protezione contro la corrosione è influenzato dal tempo durante il quale questa protezione è esposta all'umidità, all'inquinamento atmosferico e alla contaminazione della

superficie. Questo capitolato specifica i requisiti che devono possedere le protezioni contro la corrosione che sono funzione:

- **della classe di durabilità:** la durata prevista della protezione contro la corrosione deve tendere il più possibile alla vita nominale di progetto dell'opera che, salvo diversa indicazione riportata negli elaborati progettuali, è assunta pari a 50 anni in conformità al § 2.4 delle NTC2018. Pertanto la classe di durabilità della protezione contro la corrosione, sia per i sistemi di verniciatura secondo il § 5.5 della UNI EN ISO 12944-1, sia per la zincatura per immersione a caldo secondo il prospetto 2 UNI EN ISO 14713-1, è da considerarsi del tipo VH molto elevata (very high);
- **della categoria di corrosività:**
 - per le **strutture in atmosfera**, il tasso di corrosione e quindi la categoria di corrosività, è individuato dal prospetto 1 della norma UNI EN ISO 14713-1 per zincatura e dal § 5.1.1 della norma UNI EN ISO 12944-2 per i sistemi di verniciatura, che convergono tra loro classificando l'ambiente atmosferico in sei categorie di corrosione secondo la seguente tabella tratta dal citato prospetto 1 della ISO 12944-2:

Categoria di corrosività C Tasso di corrosione per lo zinco (in base a esposizioni di un anno), r_{corr} [$\mu\text{m}/\text{anno}$] e livello di corrosione	Ambienti interni (esempi)	Ambienti esterni (esempi)
C1 $r_{corr} \leq 0,1$ Molto bassa	Ambienti riscaldati con bassa umidità relativa e inquinamento insignificante, per esempio uffici, scuole, musei	Zona secca o fredda, ambiente atmosferico con inquinamento e periodo di umidità molto ridotti, per esempio alcuni deserti, Artico/Antartico centrale
C2 $0,1 < r_{corr} \leq 0,7$ Bassa	Spazi non riscaldati con temperature e umidità relativa variabili. Bassa frequenza di condensa e ridotto inquinamento, per esempio magazzini, palestre	Zona temperata, ambiente atmosferico con inquinamento ridotto ($\text{SO}_2 < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), per esempio aree rurali, piccole città. Zona secca o fredda, ambiente atmosferico con breve periodo di umidità, per esempio deserti, aree subartiche
C3 $0,7 < r_{corr} \leq 2,1$ Media	Spazi con moderata frequenza di condensa e inquinamento moderato dovuto a processi produttivi, per esempio impianti di lavorazione di generi alimentari, lavanderie, fabbriche di birra, caseifici	Zona temperata, ambiente atmosferico con inquinamento medio ($\text{SO}_2: 5 + 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) o un certo effetto di cloruri, per esempio aree urbane, aree costiere con bassa deposizione di cloruri. Zone subtropicali e tropicali con atmosfera con ridotto inquinamento
C4 $2,1 < r_{corr} \leq 4,2$ Alta	Spazi con elevate frequenza di condensa ed elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio impianti di lavorazione industriali, piscine	Zona temperata, ambiente atmosferico con elevato inquinamento ($\text{SO}_2: 30 + 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) o un certo effetto di cloruri, per esempio aree urbane inquinate, aree industriali, aree costiere non esposte a nebbia salina, esposizione a forte effetto di Sali antighiaccio. Zone subtropicali e tropicali con atmosfere con inquinamento medio
C5 $4,2 < r_{corr} \leq 8,4$ Molto alta	Spazi con elevatissima frequenza di condensa e/o elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio miniere, caveau per scopi industriali, capanne non ventilate in zone subtropicali e tropicali	Zone temperate e subtropicali, ambiente atmosferico con inquinamento molto elevato ($\text{SO}_2: 90 + 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e/o importante effetto di cloruri, per esempio aree industriali, aree costiere, posizioni riparate sulla fascia costiera
CX $8,4 < r_{corr} \leq 25$ Estrema	Spazi con condensa quasi permanente o lunghi periodi di esposizione agli effetti di umidità estrema e/o con elevato inquinamento dovuto a processi produttivi, per esempio capanne non ventilate in zone tropicali umide con penetrazione dell'inquinamento esterno, compresi cloruri dispersi nell'aria e materiale particolato stimolante la corrosione	Zone subtropicali e tropicali (periodo di umidità molto elevato), ambiente atmosferico con inquinamento molto elevato ($\text{SO}_2 > 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$), compreso inquinamento dovuto a fattori produttivi e/o forte effetto di cloruri, per esempio aree estremamente industriali, fascia costiera e aree in mare aperto con contatto occasionale con nebbia salina

Se non diversamente specificato negli elaborati progettuali, si considera un'unica categoria di corrosività pari a C4 valida per tutti i lavori oggetto del presente articolo di capitolato.

- per le **strutture interrato o immerse in acqua**, il tasso di corrosione dipende dal tenore e dalla natura dei minerali del terreno, dalla presenza di sostanze organiche, dal tenore in acqua e in ossigeno. La corrosività del terreno è fortemente influenzata dal grado di aerazione. In acqua il tasso di corrosione dipende dal tipo di acqua - dolce, salmastra o salata ha una grande influenza sulla corrosione dell'acciaio. La corrosività è influenzata anche dal tenore di ossigeno dell'acqua, dal tipo e dalla quantità delle sostanze disciolte e dalla temperatura dell'acqua. Per definire le classi ambientali di strutture interrato e immerse in acqua torna utile il riferimento alla tabella 2 della UNI EN ISO 12944-2:

Classe	Ambiente	Esempi di ambiente e strutture
Im1	Acqua dolce	Installazioni fluviali, centrali idroelettriche
Im2	Acqua Salmastra o di mare	Zone portuali con strutture come chiuse, conche, pontili, strutture offshore
Im3	Terreno	Serbatoi interrati, pali di acciaio, tubi di acciaio
Im4	Acqua Salmastra o di mare	Strutture immerse con protezione catodica (per esempio strutture offshore)
Nota: per le categorie Im1 e Im3 può essere utilizzata una protezione catodica con un sistema di verniciatura idoneo		

2.4 bis Criteri di accettazione delle protezioni contro la corrosione

Come detto, il tipo di applicazione per la protezione contro la corrosione è indicato negli elaborati progettuali e potrà essere per verniciatura, zincatura per immersione a caldo o duplex (zincatura e successiva verniciatura).

Ogni sistema dovrà essere applicato dopo la piegatura o dopo altre forme di fabbricazione e lavorazione degli acciai di cui al § 25.7 di questo capitolato.

Come indicato in Appendice F della UNI EN 1090-2 si stabilisce che i requisiti per la protezione contro la corrosione delle carpenterie sono indicati in termini di specifica delle prestazioni come indicato al § F.1.2. Pertanto la protezione contro la corrosione dei sistemi di protezione deve essere determinata in funzione della:

- classe di durabilità secondo i contenuti del § 25.3 e pari, se non diversamente specificato negli elaborati progettuali, al valore VH (salvo diversa indicazione negli elaborati progettuali);
- categoria di corrosività secondo i contenuti del § 25.3 e pari, se non diversamente specificato negli elaborati progettuali, al valore C4 (salvo diversa indicazione negli elaborati progettuali).

2.4.1 bis Sistemi di verniciatura

Nel rispetto della prestazione richiesta (classe di durabilità VH e categoria di corrosività C4), l'Appaltatore dovrà indicare in apposita relazione, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori, redatta conformemente alla UNI EN 1090-2 e alla norma di riferimento della UNI EN ISO 12944-8 le seguenti indicazioni applicabili laddove non in contrasto con la prestazione richiesto per lo specifico sistema di verniciatura proposto:

- il tipo del substrato (materiale base da proteggere: acciaio, acciaio zincato a caldo, acciaio verniciato ecc.);
- il grado di preparazione delle saldature dei bordi e delle altre imperfezioni che, secondo la UNI EN ISO 12944-3, per la classe di durabilità e per la categoria di corrosività specificata deve essere pari a P3;
- il tipo di pretattamento superficiale delle strutture in acciaio che, secondo la UNI EN ISO 8501-1, per la classe di durabilità e per la categoria di corrosività specificata deve essere di tipo meccanico (sabbiatura) al grado minimo Sa2½. Per attività in cantiere di manutenzione di verniciature esistenti la preparazione meccanica deve essere effettuata tramite

attrezzature elettriche e/o pneumatiche (spazzole rotanti, scalpelli, ecc.), il grado di pulizia da raggiungere sarà St 3 della norma EN ISO 8501-1 ;

- la pulizia della superficie sabbiata. Tra la fine delle attività di sabbiatura e l'inizio delle attività di verniciatura non potranno trascorrere più di 8 ore;
- il sistema di verniciatura utilizzato secondo la UNI EN ISO 12944-5, numero di strati di vernice (tipo di primer o vernice di base e mani successive), spessore minimo di ciascuno strato, schede tecniche, marcatura CE e DOP dei prodotti utilizzati per il primer e per i vari strati anche in considerazione dell'esposizione alla luce solare del manufatto da proteggere. In generale, a parità di caratteristiche tecniche, si dovrà preferire prodotti ad elevate prestazioni ambientali (ad es. utilizzo di vernici biocompatibili, a basso impatto ambientale). Nei lavori di manutenzione di opere esistenti, l'Appaltatore dovrà utilizzare un ciclo di verniciatura di tipo manutentivo, che abbia come ulteriore requisito la compatibilità con quello impiegato precedentemente per la verniciatura dell'opera. A tal proposito, qualora non sia noto il ciclo impiegato in precedenza, dovranno essere effettuate, a cura e spese dell'Appaltatore, prove fisiche di aderenza e compatibilità applicativa del ciclo scelto per la manutenzione rispetto all'esistente. L'esame di compatibilità dovrà accertare l'assenza di difetti superficiali sul ciclo manutentivo, quali ad esempio screpolature, raggrinzimento e punte di spillo. Si riporta di seguito la tabella C.4 della ISO 12944-5 per la scelta del ciclo di verniciatura per categoria di corrosività C4;

Table C.4 — Paint systems for carbon steel for corrosivity category C4											
System No.	Priming coat				Subsequent coat(s)	Paint system		Durability			
	Binder type	Type of primer	No. of coats	NDFT in μm	Binder type	Total no. of coats	NDFT in μm	l	m	h	vh
C4.01	AK, AY	Misc.	1	60 to 160	AK, AY	1 to 2	160	X			
C4.02	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2 to 3	200	X	X		
C4.03	AK, AY	Misc.	1	60 to 80	AK, AY	2 to 4	260	X	X	X	
C4.04	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 120	EP, PUR, AY	1 to 2	120	X			
C4.05	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2	180	X	X		
C4.06	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 160	EP, PUR, AY	2 to 3	240	X	X	X	
C4.07	EP, PUR, ESI	Misc.	1	80 to 240	EP, PUR, AY	2 to 4	300	X	X	X	X
C4.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X			
C4.09	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2	160	X	X		
C4.10	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	2 to 3	200	X	X	X	
C4.11	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60 to 80	EP, PUR, AY	3 to 4	260	X	X	X	X
In addition to polyurethane technology, other coating technologies may be suitable, e.g. polysiloxanes, polyaspartic and fluoropolymer [fluoroethylene/vinyl ether co-polymer (FEVE)].											
NOTE For abbreviations see Table A.1.											

Si riporta altresì la tabella A.1 della stessa ISO 12944-5 per la descrizione delle abbreviazioni:

Table A.1 — Abbreviated terms and descriptions

	Abbreviated term	Description			
Type of primer	Zn (R)	Zinc-rich primer, see 7.1.2 for further details. The usual nominal dry film thickness varies from 40 µm up to 80 µm.			
	Misc.	All other categories of primers			
Binder base for primers and subsequent coats		Main binder	Type	Water-borne possible	Additional remarks
	AK	Alkyd	single pack	X	
	AY	Acrylic	single pack	X	Usually water-borne
	EP	Epoxy	two pack	X	Poor UV-resistance
	PUR	Polyurethane	single or two pack	X	Only aliphatic types for topcoats
	ESI	Ethyl silicate	single or two pack		It is recommended to use a tie coat compatible with the next subsequent coat
	C2 to C5	Corrosivity categories, see ISO 12944-2.			
	Im1 to Im3	Immersion categories, see ISO 12944-2.			
	NDFT	Nominal dry film thickness. See 7.3 for further details.			
	MNOC	Minimum number of coats. Depending on the coating material, the application method and the design of the parts, it may be necessary to apply a higher number of coats.			

- il metodo di applicazione (pennello, spruzzo, airless conformemente con le schede tecniche dei prodotti), di esecuzione e di sorveglianza di ogni strato in riferimento alla norma UNI EN ISO 12944-7 e al successivo § 25.4.1.1. Nel caso di verniciatura in prossimità dei giunti saldati di cantiere il metallo dovrà essere lasciato non rivestito per una lunghezza circa di 150 mm dall'estremità. L'Appaltatore dovrà adeguatamente proteggere le estremità delle lamiere e le cianfrinature dovranno rimanere perfettamente pulite ed esenti da ogni traccia di rivestimento. Al termine dell'applicazione di officina alle estremità delle lamiere dovrà essere applicato un materiale protettivo temporaneo facilmente rimovibile mediante spazzolatura. Nei casi di applicazione di cicli con prodotti diversi, i bordi dei diversi rivestimenti dovranno essere adeguatamente visibili per permettere la sovrapposizione del ciclo per i giunti di saldatura di cantiere ("cut back"). Con riferimento alle giunzioni bullonate ad attrito, a seguito della preparazione superficiale in accordo alla normativa EN ISO 12944-3, ovvero una sabbiatura Sa2½ secondo norma EN ISO 8501-1, le superfici rimarranno grezze. Eventualmente, per proteggere le superfici fino al momento del montaggio, potrà essere applicato un prodotto verniciante specifico che comunque garantisca il fattore di attrito richiesto dal giunto (si veda anche EN 1090-2 par. 8.4) e compatibile con il ciclo di verniciatura previsto;
- l'esecuzione dei controlli interni i cui contenuti minimi dovranno essere quelli di cui al successivo § 25.4.1.1 e le prove di verifica delle conformità i cui contenuti minimi dovranno essere quelli di cui al successivo § 25.4.1.2 da eseguire durante le varie fasi di lavorazione.
- la modalità di eventuali ripristini laddove si riscontrassero delle difettosità ad opera finita in accordo al successivo § 25.4.1.3;

2.4.1.1 bis Controlli interni di qualità da eseguirsi sulla verniciatura

Durante lo svolgimento delle attività di verniciatura sia di nuove opere che di manutenzione di opere esistenti, l'Appaltatore dovrà eseguire tutte le verifiche ed i controlli previsti nella relazione di verniciatura e dalle norme in essa richiamate, al fine di garantire il più alto livello di qualità possibile. L'Appaltatore dovrà anche registrare giornalmente (su appositi moduli o piani controllo qualità) tutte

le attività ed i controlli eseguiti; tale documentazione dovrà essere costantemente aggiornata e disponibile in cantiere per eventuali verifiche da parte del Committente o di suoi Rappresentanti. Questi controlli dovranno ricomprendere:

- l'integrità e la buona conservazione delle pitture all'apertura delle confezioni;
- la corretta miscelazione dei prodotti (in peso o in volume) secondo le indicazioni riportate sulle schede tecniche;
- la corretta diluizione delle pitture (se prevista) con i prodotti e le percentuali indicate sulle schede tecniche;
- le condizioni ambientali di ogni fase e le temperature che dovranno essere verificate almeno tre volte al giorno (inizio, metà, fine lavori o cambio turno) mediante l'uso di appositi strumenti termo-igrometrici e registrati in appositi verbali giornalieri e dovranno sempre essere conformi alle specifiche contenute nelle schede tecniche dei prodotti utilizzati e nelle norme della serie UNI EN 12944;
- il rispetto dei tempi di induzione e del "pot life" delle pitture dopo la miscelazione, in funzione della temperatura ambiente;
- il corretto spessore umido applicato, che dovrà essere controllato con gli appositi spessimetri secondo quanto previsto dalla norma EN ISO 2808;
- il rispetto dei tempi di sovraverniciatura ed essiccazione delle pitture, in funzione della temperatura ambiente. Non è possibile stabilire, in senso generale, i minimi tempi che devono intercorrere fra una mano e l'altra in quanto sono dipendenti dai tipi di prodotto applicato e dalle temperature di applicazione. In presenza di alta umidità atmosferica, di basse temperature oppure di essiccazione in ambienti ristretti con poca circolazione d'aria, in genere il tempo di essiccazione sarà più lungo. Il raggiungimento della massima durezza delle vernici nei casi in cui l'essiccazione avvenga per ossidazione aumenta notevolmente con l'aumentare del numero degli strati. In ogni caso attenersi a quanto indicato dalle schede tecniche dei prodotti;
- ogni strato di prodotto dovrà essere di colore diverso in modo da produrre un contrasto che assicuri la completa copertura di quello precedente. Solo per particolari colori che hanno scarso potere coprente, gli strati finali potranno essere dello stesso colore previa approvazione del Committente;
- controllo visivo dell'aspetto della verniciatura di ogni lotto di spedizione mediante la verifica dell'assenza di colature, screpolature, blistering, buccia d'arancia, vaiolature, inclusioni di sostanze estranee e di ogni difetto che possa ridurre la durata della protezione anticorrosiva delle vernici.

2.4.1.2 bis Prove di conformità del sistema di verniciatura per le nuove forniture in acciaio

La conformità ai requisiti richiesti (classe di durabilità VH e categoria di corrosività C4) e al sistema di verniciatura proposto dovrà essere certificata ad onere dell'Appaltatore mediante le prove eseguite da un laboratorio esterno accreditato previste dalla norma UNI EN ISO 12944-6 con frequenza in n. di 5 prove ogni 30 tonnellate di acciaio trattato e per ogni ciclo di verniciatura omogeneo:

- rugosità superficiale (Ra) compresa tra $50 \div 100 \mu\text{m}$ secondo: la norma EN ISO 8503-4, con "Replica Tape" (metodo dell'impronta su nastro adesivo secondo EN ISO 8503-5), o con comparatori visotattili (procedimento di confronto secondo EN ISO 8503-2); in quest'ultimo caso, la rugosità superficiale dovrà corrispondere al grado "Medium" del comparatore tipo "G" - ISO 8503-1;

- l'assenza di polvere sulle superfici secondo la norma EN ISO 8502-3 (metodo del nastro adesivo); il grado di polverosità massimo consentito dovrà essere: dust quantity rating = 2 / dust size class = 2;
- Verifica dello spessore di ogni strato della vernice/primer secondo quanto indicato nella norma ISO 19840 nel rispetto degli spessori proposti secondo le tolleranze definite in detta norma;
- Valutazione del grado di formazione di bolle (blistering) secondo la UNI EN ISO 4628-2 con requisito di accettazione 0 (S0);
- Valutazione del grado di ruggine (rusting) secondo la norma UNI EN ISO 4628-3 con requisito di accettazione Ri 0;
- Valutazione del grado di screpolatura (cracking) secondo la norma UNI EN ISO 4628-4 con requisito di accettazione 0 (S0)
- Valutazione del grado di sfogliamento (flaking) secondo la norma UNI EN ISO 4628-5 con requisito di accettazione 0 (S0).

In aggiunta a quanto sopra occorre eseguire le seguenti ulteriori prove per ogni tipo di sistema di verniciatura proposto indipendentemente dalla quantità di acciaio totale trattato:

- Verifica dell'adesione di tutte gli strati di vernice mediante prova di trazione (Pull-Off Test) secondo EN ISO 4624. L'adesione minima richiesta è pari a 5 MPa; non sono comunque accettabili distacchi di tipo "A/B" (distacco del primer dal substrato metallico). Se è prevista applicazione di prodotto intumescente il criterio di accettabilità dovrà essere applicato in base alle specifiche del Produttore in accordo con il Committente. La prova di adesione deve essere eseguita su piastre campione in materiale analogo a quello delle lamiere opportunamente preparate, sabbiare e verniciare contemporaneamente alle attività di preparazione superficiale e verniciatura dell'opera. Con riferimento all'estensione, si raccomanda di effettuare almeno 6 test come descritto dalla normativa EN ISO 4624;
- Corrosione in nebbia salina neutra secondo la norma ISO 9277 con resistenza 720 h per la classe di corrosività C4;
- Test di invecchiamento ciclico secondo l'Allegato B della norma UNI EN ISO 12944-6 per 1680 h per la classe di corrosività C4

L'esito positivo delle prove di cui sopra costituirà garanzia di rispondenza alle prestazioni richieste.

2.4.1.3 bis Riparazione dei difetti

Tutti i difetti e i danneggiamenti riscontrati sui rivestimenti applicati, sia durante le attività, sia al termine della verniciatura, dovranno essere riparati a regola d'arte, avendo cura di preparare correttamente i bordi dell'area da riparare mediante dischi lamellari. In particolare, dovranno essere seguite tutte le indicazioni in merito riportate sulle schede tecniche delle pitture applicate e dovranno essere impiegati prodotti idonei forniti dallo stesso produttore delle pitture del ciclo prescelto. In mancanza di precise indicazioni, si adotteranno tutte le prescrizioni riportate nella presente specifica tecnica.

Tutti i difetti rilevati dopo l'applicazione di una mano di pittura dovranno essere riparati prima dell'applicazione della mano successiva.

Per la preparazione superficiale di piccole aree da riparare sarà consentita la pulizia meccanica tramite attrezzature elettriche e/o pneumatiche (spazzole rotanti, scalpelli, ecc.); in tal caso il grado di pulizia da ottenere dovrà essere sempre conforme al grado St3 della norma EN ISO 8501-1.

Riparazioni dovute a gravi errori e/o omissioni (ad esempio: incorretta miscelazione dei componenti, evidenza di pulizia superficiale non eseguita in modo adeguato, mancato rispetto dei tempi di sovraverniciatura, ecc.) e riparazioni che interessino vaste superfici (indicativamente maggiori di 0,5

m²) dovranno essere effettuate unicamente dopo formale accettazione delle modalità di riparazione da parte del Committente o di un suo Rappresentante.

Tali modalità di riparazione dovranno essere indicate e descritte in modo chiaro e completo dall'Appaltatore in una apposita specifica di riparazione. In ogni caso, qualora i difetti rilevati siano di particolare gravità e/o particolarmente estesi (complessivamente più del 20% dell'intera superficie da pitturare) il Committente potrà richiedere la completa sabbiatura e la riverniciatura di tutte le superfici di cui è prevista la pitturazione.

2.4.2 bis Zincatura per immersione a caldo

Nel rispetto della prestazione richiesta (classe di durabilità VH e categoria di corrosività C4), l'Appaltatore dovrà eseguire la zincatura per immersione a caldo in conformità alla norma UNI EN ISO 1461 e nel rispetto di tutte le condizioni per la preparazione delle superfici e per il processo di zincatura contenute nella norma UNI EN 14713-2.

In considerazione di ciò lo spessore minimo del rivestimento di zinco delle carpenterie metalliche deve essere pari a 200 µm in conformità al prospetto 2 della UNI EN ISO 14713-1 di seguito richiamato per praticità di consultazione.

prospetto 2 Durata fino alla prima manutenzione per una selezione di sistemi di rivestimento di zinco in una gamma di categorie di corrosività										
Sistema	Campione di riferimento	Spessore minimo µm	Categoria di corrosività selezionata (ISO 9223) durata minimo/massimo (anni) e classe di durabilità (VL, L, M, H, VH)							
			C3		C4		C5		CX	
Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo	ISO 1461	85	40/>100	VH	20/40	VH	10/20	H	3/10	M
		140	67/>100	VH	33/67	VH	17/33	VH	6/17	H
		200	95/>100	VH	48/95	VH	24/48	VH	8/24	H
Lamiera zincata per immersione a caldo	EN 10346	20	10/29	H	5/10	M	2/5	L	1/2	VL
		42	20/60	VH	10/20	H	5/10	M	2/5	L
Tubo zincato per immersione a caldo	EN 10240	55	26/79	VH	13/26	H	7/13	H	2/7	L

A garanzia di rispondenza alle prestazioni richieste e in accordo al § 7 della UNI EN ISO 1461 lo zincatore, a prestazione ultimata e per ogni fornitura, dovrà fornire un attestato che il lavoro è stato eseguito secondo la citata norma ISO 1461 secondo un appropriato schema di controllo della qualità per esempio ISO 9001.

Tale attestazione è ritenuta sufficiente in luogo di una relazione dettagliata in analogia a quanto previsto per i sistemi di verniciatura di cui al § 25.4.1.

Quando possibile è sempre da evitare la saldatura dopo la zincatura. Se proprio ci fosse la necessità di saldare pezzi zincati, occorre proteggere preventivamente i lembi sottoposti alla saldatura per qualche centimetro, in modo che su di essi non avvenga la zincatura (per esempio attraverso protezione con vernici adatte), oppure rimuovere da essi il rivestimento di zincatura prima di procedere alla saldatura. In questo modo la saldatura non verrà influenzata dalla presenza dello zinco. La protezione delle parti saldate dovrà successivamente essere ripristinata mediante le modalità indicate al § 25.4.2.1.

2.4.2.1 bis Controlli interni di qualità da eseguirsi sulla verniciatura

Durante e dopo lo svolgimento delle attività di zincatura, l'Applicatore dovrà eseguire tutte le ispezioni e controlli di cui al § F.7.2 e § F.7.4 indicati nella norma UNI EN 1090-2 compresi quelli statistici dei parametri significativi come lo spessore del rivestimento di cui alla norma UNI EN ISO 1461.

2.4.2.2 bis Prove di conformità della zincatura delle forniture in acciaio

La conformità ai requisiti richiesti (classe di durabilità VH e categoria di corrosività C4) e quindi allo spessore di zincatura di cui al precedente § 25.4.2, dovrà essere certificata ad onere dell'Appaltatore mediante prove di verifica dello spessore di zincatura eseguite da un laboratorio esterno accreditato secondo la norma UNI EN ISO 2178 con frequenza in n. di 5 prove ogni 30 tonnellate di acciaio trattato e per ogni ciclo di zincatura omogeneo.

2.4.2.3 bis Interventi di ripristino per danneggiamenti localizzati

L'Appaltatore deve prestare la massima attenzione a non danneggiare i componenti nelle fasi di movimentazione, trasporto e varo. Laddove venissero riscontrate difettosità negli elementi di carpenteria l'Appaltatore deve, a sua cura e spese, procedere ad un intervento di riparazione.

La riparazione della zincatura può avvenire tramite vernici ricche di zinco spalmate nei punti in cui vi è il difetto attraverso pennello oppure a spruzzo o tramite metallizzazione. Le vernici possono essere formulazioni liquide mono o bi-componenti in cui la polvere di zinco viene dispersa in una matrice organica, oppure sono prodotti a base di etilsilicati (zincante inorganico). Questi prodotti possono essere adatti al ripristino di una certa dimensione anche estesa, offrono buone performance anticorrosive e sono particolarmente adatti ai grossi interventi di riparazione.

Un'alternativa per piccoli ripristini è costituita dagli spray a base di polvere di zinco micronizzato o una miscela di polveri di zinco ed alluminio disperso in opportuna resina legante. Questi prodotti sono venduti solitamente in bombolette con una purezza superiore al 98% in metallo. Asciugano in 90 secondi e con due mani leggere si ottengono ottime protezioni prevenendo ruggine ed ossidazione.

Questi due tipi di trattamenti riparatori richiedono che la superficie da ricoprire non sia contaminata da olio, grasso, condensa e prodotti di corrosione per cui deve essere sgrassata o spazzolata prima dell'applicazione su manufatti in opera.

2.4.3 bis Sistemi protettivi duplex

Il sistema protettivo duplex consiste nell'applicazione di verniciatura su acciaio zincato a caldo ed è utilizzato per incrementare la resistenza contro la corrosione in caso di esposizione in ambienti particolarmente aggressivi in quanto presenta una efficacia protettiva circa doppia rispetto alla somma delle durate dei sistemi applicati singolarmente o può essere utilizzato per soddisfare particolari esigenze estetiche.

Per il processo di zincatura a caldo si applicano le indicazioni di cui al precedente § 25.4.2 e in fase di ordine l'Appaltatore è tenuto ad informare lo zincatore che il manufatto dopo la zincatura sarà sottoposto a successiva verniciatura.

Per il processo di verniciatura si applicano le indicazioni di cui al precedente § 25.4.1 con le precisazioni che per la preparazione della superficie zincata è applicabile la norma UNI EN 15773 e

che deve essere posta particolare attenzione nella scelta delle vernici in quanto occorre assicurarsi che siano formulate per l'utilizzo su acciaio zincato.

2.4.4 bis Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente

La verniciatura protettiva di strutture metalliche, eventualmente indicata negli elaborati progettuali, deve essere costituita da pittura ignifuga intumescente atta all'isolamento al fuoco e ritardante la propagazione della fiamma mediante reazione ad effetto schiumogeno.

Il trattamento protettivo della carpenteria metallica trattata con vernice intumescente dovrà essere il seguente:

1) In officina:

- sabbiatura A SA2½ delle norme SIS;
- applicazione di uno strato di primer zincante inorganico con spessore del film secco pari 0,080 mm.

2) In opera:

- operazioni di pulizia, eliminazione di polvere e parti incoerenti previo lavaggio, sgrassaggio delle superfici, accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle zone eventualmente deteriorate;
- ritocchi, ove necessario, con primer epossipoliamidico del tipo "surface tolerant", dato a pennello, per uno spessore di film secco pari a 0,100 mm;
- strato generale di collegamento fra lo zincante inorganico ed il rivestimento intumescente;
- epossipoliamidico al fosfato di zinco con spessore 0,070 mm;
- applicazione di rivestimento intumescente, idoneo a conferire, ad ogni singolo elemento (lamiere, profilati, ecc.) in base alla propria resistività, la resistenza al fuoco di classe R 30 (30 minuti) in grado di sopportare l'esposizione agli agenti atmosferici per almeno 6 mesi senza degradarsi in assenza dello strato di protezione superficiale. Al fine di raggiungere la classe di resistenza al fuoco prescritta lo spessore del film secco dovrà essere minimo di 0,250 mm. Il rivestimento dovrà essere applicato in 1 (una) mano a spruzzo airless.
- applicazione dello strato finale, a spruzzo airless, con funzioni estetico protettive a base di resine poliuretaniche alifatiche, dato in almeno 2 strati, per uno spessore complessivo non inferiore a 0,130 mm.

Il prodotto costituente il rivestimento intumescente dovrà essere certificato in base alla curva temperatura/tempo ISO 834, secondo BS 476 e rispondere a quanto specificato nella circolare del Ministero degli Interni n. 91 e nella normativa UNI 9503.

L'applicatore deve presentare una relazione con il calcolo degli spessori per la categoria REI richiesta rilasciata da tecnico iscritto all'albo degli elenchi del Ministero degli Interni per la prevenzione incendi. A fine lavori l'Appaltatore deve rilasciare le certificazioni previste da normativa per i VVF

Circa le temperature, i tempi ed il grado di umidità per le operazioni di sovraverniciatura si farà riferimento a quanto indicato nel presente articolo di capitolato.

2.5 bis Prequalifica della protezione contro la corrosione

L'Appaltatore con almeno 15 giorni di anticipo rispetto al momento in cui intende iniziare le operazioni di protezione contro la corrosione degli elementi metallici di carpenteria, deve presentare per l'approvazione del Direttore dei Lavori, la seguente documentazione:

- Certificato UNI EN ISO 9001 del sistema di gestione qualità specifico per l'attività oggetto di qualifica (zincatura a caldo o verniciatura);
- Relazione del sistema di verniciatura che intende proporre secondo i contenuti di cui al § 25.4.1 da presentare anche nel casodi sistemi protettivi duplex di cui al § 25.4.3.

2.6 bis Controllo delle forniture in cantiere a cura della Direzione Lavori, tolleranze e non conformità

2.6.1 bis Documentazione di accompagnamento delle forniture

La documentazione di accompagnamento delle forniture integra quelle di cui all'art 25 afferente l'acciaio per strutture metalliche e per strutture composte acciaio calcestruzzo.

La UNI EN 1090-1 impone per le componenti in acciaio di strutture di dichiarare nella DoP le informazioni sulla durabilità del materiale come indicato al punto ZA.3.2 intese come requisiti di protezione alla corrosione utilizzati (zincatura a caldo o verniciatura, preparazione della superficie, spessore medio del rivestimento) e tali informazioni devono sempre essere presenti nei documenti di accompagnamento delle forniture.

In caso di zincatura a caldo, per ogni fornitura, è richiesta la consegna del certificato di conformità ai requisiti della norma UNI EN ISO 1461 oltre ai certificati di laboratorio di cui al § 25.4.2.2.

In caso di verniciatura, per ogni fornitura, è richiesta la consegna dei certificati di cui al § 25.4.1.2 e i piani di controllo interni di qualità di cui al § 25.4.1.1.

2.6.2 bis Controlli sulle verniciature per le nuove forniture in acciaio

Le carpenterie giunte in cantiere devono essere sottoposte a verifica dello spessore con frequenza in n. di 5 prove ogni 30 tonnellate di materiale fornito dalla stessa officina di verniciatura e per ogni ciclo di verniciatura omogeneo secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 19840 e per i criteri di accettabilità fare riferimento agli spessori di cui al § 25.4.1.

2.6.2.1 bis Controlli di ripristini di verniciatura di opere esistenti

La conformità ai requisiti richiesti (della classe di durabilità VH e categoria di corrosività C4) e al sistema di verniciatura proposto e applicato dovrà essere certificata mediante le seguenti prove previste dalla norma UNI EN ISO 12944-6 con frequenza in n. di 5 prove ogni 60 tonnellate di acciaio trattato e per ogni ciclo di verniciatura omogeneo:

- l'assenza di polvere sulle superfici secondo la norma EN ISO 8502-3 (metodo del nastro adesivo); il grado di polverosità massimo consentito dovrà essere: dust quantity rating = 2 / dust size class = 2. Tale prova dovrà essere eseguita ad onere dell'Appaltatore tramite laboratorio o report dell'Appaltatore stesso;
- Verifica dello spessore di ogni strato della vernice/primer secondo quanto indicato nella norma ISO 19840 nel rispetto degli spessori proposti secondo le tolleranze definite in detta norma. Tale prova dovrà essere eseguita ad onere del Committente tramite laboratorio;
- Valutazione del grado di formazione di bolle (blistering) secondo la UNI EN ISO 4628-2 con requisito di accettazione 0 (S0). Tale prova dovrà essere eseguita ad onere del Committente tramite laboratorio;
- Valutazione del grado di ruggine (rusting) secondo la norma UNI EN ISO 4628-3 con requisito di accettazione Ri 0. Tale prova dovrà essere eseguita ad onere del Committente tramite laboratorio;
- Valutazione del grado di screpolatura (cracking) secondo la norma UNI EN ISO 4628-4 con requisito di accettazione 0 (S0). Tale prova dovrà essere eseguita ad onere del Committente tramite laboratorio;
- Valutazione del grado di sfogliamento (flaking) secondo la norma UNI EN ISO 4628-5 con requisito di accettazione 0 (S0). Tale prova dovrà essere eseguita ad onere del Committente tramite laboratorio.

In aggiunta a quanto sopra occorre eseguire la seguente ulteriore prova per ogni tipo di sistema di verniciatura proposto e almeno una ogni opera soggetta ai lavori di manutenzione:

- Verifica dell'adesione delle vernici mediante prova di trazione (Pull-Off Test) secondo EN ISO 4624. L'adesione minima richiesta è pari a 5 MPa; non sono comunque accettabili distacchi di tipo "A/B" (distacco del primer dal substrato metallico). Se è prevista applicazione di prodotto intumescente il criterio di accettabilità dovrà essere applicato in base alle specifiche del Produttore in accordo con il Committente. La prova di adesione deve essere eseguita su piastre campione in materiale analogo a quello delle lamiere opportunamente preparate, sabbiare e verniciate contemporaneamente alle attività di preparazione superficiale e verniciatura dell'opera. Con riferimento all'estensione, si raccomanda di effettuare almeno 6 test come descritto dalla normativa EN ISO 4624. Tale prova dovrà essere eseguita ad onere del Committente tramite laboratorio;

L'esito positivo delle prove di cui sopra costituirà garanzia di rispondenza alle prestazioni richieste.

2.6.3 bis Controlli sulle zincature per immersione a caldo di nuove forniture in acciaio

Le carpenterie giunte in cantiere devono essere sottoposte a verifica dello spessore locale della zincatura a caldo secondo la norma UNI EN ISO 2178 con frequenza di n. 5 prove ogni 60 tonnellate di materiale fornito dalla stessa officina di zincatura.

Qualora possibile tale verifica deve essere effettuata con materiale a piè d'opera. Qualora ciò non sia possibile eventuali oneri di cantierizzazione necessarie per l'esecuzione della prova saranno a cura ed onere dell'Appaltatore.

2.6.4 bis Tolleranze e penali

Si riterranno conformi forniture in cui la media dello spessore della protezione sulle 5 prove eseguite su lotti da 60 tonnellate è maggiore del limite indicato al § 25.4.1 per i sistemi di verniciatura e di cui al § 25.4.2 per la zincatura a caldo e nessun valore sia inferiore all'80% di detto limite.

Le forniture verranno rifiutate se la media dello spessore della protezione contro la corrosione eseguita su singoli lotti da 60 tonnellate è inferiore all'80% del valore di cui al § 25.4.1 per i sistemi di verniciatura e di cui al § 25.4.2 per la zincatura a caldo.

Le forniture verranno accettate con penale definitiva per valori medi di spessore della protezione ridotti in maniera non maggiore del 80% rispetto ai predetti limiti. La penale definitiva è variabile in proporzione al valore dello spessore della protezione alla corrosione degli elementi di carpenteria con la seguente modalità:

- Penale pari al 30% dell'opera, comprendente la fornitura, la posa della carpenteria e la protezione alla corrosione per spessori pari all'80% dei predetti limiti;
- Penale pari al 10% per spessori medi subito inferiori del valore di progetto;
- Penale calcolata tra il 10% e il 30% in proporzione al ridotto spessore medio nell'intervallo compreso tra il valore di progetto e l'80% .

Art. 3 Sistemi antirumore

3.1 Prequalifica del sistema antirumore

I sistemi antirumore devono essere caratterizzati sia in termini di proprietà prettamente acustiche, descritte da alcune prestazioni funzionali (caratteristiche acustiche), sia in termini di proprietà meccaniche, di sicurezza, di compatibilità ambientale, ecc. (caratteristiche non acustiche).

Laddove il progetto preveda l'utilizzo di sistemi antirumore composti da materiale riciclato, si farà specifico riferimento nei singoli elaborati di progetto alla possibilità di rispettare le percentuali di tale materiale riciclato contenuto nei Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.).

L'insieme di queste caratteristiche, acustiche e non acustiche, deve essere opportunamente certificato, secondo le metodologie e le norme di riferimento di seguito esplicitate.

I sistemi antirumore stradali, in quanto rientranti fra i "dispositivi fissi per la circolazione", sono regolamentati dal Regolamento UE n°305/2011 "Prodotti da Costruzione" (CPR). Fondamento del Regolamento è il principio in base al quale i prodotti impiegati nelle costruzioni debbano essere dotati di caratteristiche idonee a garantirne la conformità ai seguenti requisiti essenziali:

- resistenza meccanica e stabilità;
- sicurezza in caso di incendio;
- igiene salute e ambiente;
- sicurezza di utilizzazione;
- protezione contro il rumore;
- risparmio energetico e isolamento termico.
- Uso sostenibile delle risorse naturali

Le norme armonizzate europee riguardano le caratteristiche intrinseche dei prodotti utilizzati e costituiscono il riferimento per il rilascio del marchio CE.

I dispositivi per la riduzione del rumore costituiti o da singoli prodotti (per esempio elementi acustici) o da sistemi di prodotti (per esempio elementi acustici + elementi strutturali+ guarnizioni etc.) devono possedere i requisiti funzionali minimi dettagliati dalla norma armonizzata UNI EN 14388 (Road traffic noise reducing devices – Specifications) ed essere marcati CE secondo quanto indicato nel rapporto tecnico UNI/TR 11338 .

A tal proposito si specifica che nell'ambito di un appalto stradale l'opera antirumore costruita non può essere marcata CE. I singoli componenti dell'opera (per esempio i pannelli acustici) devono essere marcati CE, perché sono prodotti. Nel progetto, sulla base dei dati degli elementi componenti (sia quelli certificati sia quelli di progetto, come le dimensioni geometriche, la posizione, ecc.), verranno indicate le caratteristiche finali dell'opera (per esempio il potere fonoisolante) e date chiare prescrizioni per la realizzazione. Sarà compito dell'appaltatore realizzare l'opera conformemente al progetto.

La marcatura CE garantisce la conformità di un certo numero di prestazioni "minime" e non è quindi esaustiva di altre funzionalità o requisiti dettagliati dal presente Capitolato Speciale al fine di tener conto di particolari situazioni di installazione dei prodotti.

La marcatura CE si riferisce pertanto ad un insieme di caratteristiche prestazionali che attestano la prequalifica del sistema antirumore.

L'attestato di marcatura e relativi certificati di prova rilasciati da laboratorio accreditato devono essere esibiti in fase di approvazione degli elaborati di officina, in ogni caso prima dell'inizio delle attività di cantiere.

La marcatura CE non esime comunque il fornitore dal presentare:

- certificati relativi a prove integrative alla prequalifica eventualmente richieste dal progettista;
- certificati di conformità di prodotti e materiali richiesti dalla Direzione Lavori in base alle caratteristiche prescrittionali (vedi paragrafo 36.2 del presente Capitolato Speciale);

- certificati di collaudo e verifiche di durabilità richieste dalla Direzione Lavori in base alle indicazioni progettuali.

I certificati devono essere forniti secondo le tempistiche e modalità di seguito specificate, relativamente alle seguenti fasi:

1. conformità della produzione;
2. accettazione;
3. collaudo;
4. durabilità.

L'Appaltatore dovrà altresì fornire il Piano Generale di Fabbricazione e Controlli dello stabilimento di produzione con l'indicazione delle tecnologie, metodologie e sistemi di controllo utilizzati in impianto (Piano Controllo della Qualità di produzione) per garantire la qualità attesa. Il piano dovrà essere corredato da una procedura che identifichi le modalità di qualifica dei fornitori nonché le modalità di identificazione e rintracciabilità dei prodotti e di tenuta sottocontrollo delle strumentazioni di misura;

Conformità della produzione:

Contestualmente alla consegna del Programma Esecutivo dei Lavori, l'Appaltatore fornisce la documentazione relativa al proprio sistema di controllo della produzione in fabbrica, finalizzato a garantire la rintracciabilità dei lotti di produzione di quanto verrà fornito ed installato per la realizzazione della specifica commessa.

La documentazione fornita deve inoltre comprendere la certificazione del sistema di gestione per la qualità secondo UNI EN ISO 9001 e ss.mm.ii..

Accettazione:

Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con marcatura CE ed inoltre con proprietà tali da soddisfare tutte le prescrizioni integrative relative alle caratteristiche riportate nelle tabelle "Prove e Certificazioni" (par. 36.1.2) e negli elaborati grafici del progetto esecutivo. È inoltre richiesta il Documento di Trasporto (D.D.T.) all'atto della consegna del materiale.

A tale scopo, tutta la documentazione dovrà essere fornita dall'Appaltatore prima dell'assegnazione definitiva e comunque antecedentemente all'invio in cantiere del primo lotto di fornitura, in modo da consentire di verificare la corrispondenza dei materiali prodotti rispetto a quanto richiesto dagli elaborati del progetto esecutivo.

In tale fase i certificati devono essere quindi ottenuti da campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo.

Viene comunque applicato il concetto di "famiglia di prodotti"; in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione mediante prova unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DLSI relativa a tali giunzioni o punti singolari.

In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere del primo lotto della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e

successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste.

Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato "in sospeso"; qualora a seguito di esito negativo delle prove per la marcatura CE o la certificazione di conformità ai requisiti prestazionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuti una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

Il mancato conseguimento entro 90 d dalla data di consegna lavori delle certificazioni richieste dal presente capitolato può essere motivo di rescissione del contratto d'appalto.

Collaudo:

Le procedure utilizzate per l'accettazione delle forniture, sono anche utilizzate per il collaudo finale delle caratteristiche dei materiali.

Le prove vengono realizzate all'atto dell'installazione dei primi tratti significativi e rappresentativi dell'intervento o immediatamente dopo il termine dei lavori, sia mediante prove in-situ, in punti preventivamente individuati nel progetto esecutivo o identificati dalla Direzione Lavori, sia inviando campioni significativi dei materiali presso laboratori di prova.

Rispetto ai valori nominali forniti in fase di accettazione materiali, è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 1 dB sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} , che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} .

Per quanto riguarda la diffrazione la tolleranza in difetto non deve essere superiore a 0,5 dB.

Durabilità:

Le procedure utilizzate per accettazione e collaudo possono anche essere utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici).

I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo finale in situ, a distanza di cinque anni dalla data di ultimazione dell'intervento.

Rispetto ai valori nominali di collaudo è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale a 2 dB sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} .

In caso di mancato rispetto dei valori sopra esposti, l'Appaltatore dovrà ripristinare a proprie spese le condizioni riportate nelle certificazioni di collaudo.

Tutte le certificazioni richieste nelle fasi precedentemente elencate, sia delle caratteristiche acustiche che di quelle non acustiche, devono essere eseguite presso laboratori riconosciuti da ACCREDIA scelti e incaricati da ASPI.

Il costo delle prove di accettazione e durabilità è interamente a carico dell'Appaltatore.

La Committente si riserva di far effettuare ulteriori test di controllo, in modo conforme a quanto riportato nel Capitolato Speciale di Appalto.

3.1.1 Modalità di esecuzione delle prove acustiche e classificazione dei sistemi

I requisiti acustici che i sistemi antirumore devono possedere all'atto della prequalifica si riferiscono alle cosiddette caratteristiche intrinseche.

Questa categoria comprende le caratteristiche proprie del prodotto antirumore, indipendentemente dall'ambiente in cui esso sarà installato e dall'effetto finale di riduzione del rumore; sono tali le proprietà di assorbimento o riflessione del suono (vedere UNI EN 1793-1- prova di laboratorio e UNI EN 1793-5- prova in campo aperto), le proprietà di isolamento acustico per via aerea (vedere UNI EN 1793-2- prova di laboratorio e UNI EN 1793-6: – prova in campo aperto) e, per le barriere con

dispositivi aggiunti, le modalità di diffrazione al bordo superiore (vedere UNI EN1793-4: – prova in campo aperto).

Prima della consegna dei materiali in cantiere e comunque entro 90 dalla stipula del contratto l'Appaltatore deve consegnare alla Direzione Lavori i certificati che assicurino la marcatura CE dei sistemi e prodotti previsti nell'appalto (Prequalifica).

Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con proprietà tali da soddisfare tutti le prescrizioni relative alle caratteristiche riportate nella successiva **Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni riportate nel paragrafo successivo**. I valori minimi indicati nella tabella non escludono specifiche richieste effettuate dal progettista in relazione alle peculiarità dei singoli progetti. In questi casi i sistemi antirumore, all'atto della prequalifica, dovranno soddisfare i requisiti minimi di Progetto.

I certificati devono essere quindi ottenuti da prove su campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo.

Viene comunque applicato il concetto di “famiglia di prodotti”, in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DL_s relativa a tali giunzioni o punti singolari.
- per le barriere integrate sicurezza-rumore sia le prove di laboratorio (UNI EN 1793-1: e UNI EN 1793-2:) che le prove in sito (UNI EN 1793-4:, UNI EN 1793-5: e UNI EN 1793-6:) devono essere eseguite su campioni completi di tutti gli elementi costituenti la barriera di sicurezza (le prove su campioni privi degli elementi costituenti la barriera di sicurezza sono consigliate, ma non obbligatorie).

In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste.

3.1.2 Criteri di accettazione (acustici e non acustici)

Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni

PRESTAZIONI ACUSTICHE								
Caratteristica	Metodo di Prova	Valori richiesti ⁽¹⁾						
		barriera tradizionale	barriera integrata	barriera integrata bifacciale	barriera mista tradizionale + trasparente (**)	barriera mista tradizionale + trasparente (***)	Copertura integrata elemento verticale	Copertura integrata elemento orizzontale
Indice valutazione assorbimento acustico DL_a ⁽²⁾	UNI-EN 1793-1	≥ 11 dB (****)	≥ 7 dB	≥ 7 dB	≥ 6 dB	-	≥ 7 dB	≥ 7 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_R ⁽³⁾	UNI-EN 1793-2	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB
Indice valutazione riflessione sonora DL_{RI} ⁽²⁾	UNI-EN 1793-5	≥ 8 dB (****)	≥ 6 dB	≥ 6 dB	≥ 5 dB	-	≥ 6 dB	≥ 6 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_{SI} - elementi acustici ⁽³⁾	UNI-EN 1793-6	≥ 27 dB	≥ 23 dB	≥ 22 dB	≥ 27 dB (*)	≥ 27 dB (*)	≥ 27 dB	≥ 27 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea DL_{SI} - montanti ⁽³⁾	UNI-EN 1793-6	≥ 24 dB	≥ 20 dB	≥ 19 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB

(*) la prova deve essere effettuato in corrispondenza di una sezione di barriera in cui siano presenti pannelli in metallo e trasparenti e in corrispondenza di eventuali punti di giunzione (trasparente – fonoassorbente)

(**) tipologia con percentuale di trasparente inferiore al 30%

(***) tipologia con percentuale di trasparente superiore al 30%

(****) possono essere accettati valori inferiori di 2 dB per barriere che, presentino elementi aggiuntivi derivanti da richieste di natura paesaggistica, che riducono le prestazioni di assorbimento del pannello (es. listelli cotto)

PRESTAZIONI NON – ACUSTICHE		
Caratteristica	Metodo di Prova	Valori richiesti ⁽¹⁾
Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli verticali ⁽⁴⁾	UNI-EN 1794-1: Appendice A	$\geq 0,90$ kN/m ²
Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli non-verticali (coperture ed aggetti) ⁽⁵⁾	UNI-EN 1794-1: Appendice A	$\geq 1,50$ kN/m ²
Peso proprio (a secco – bagnato – bagnato ridotto) ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1: Appendice B	$\geq 0,2$; $\leq 0,5$; $\leq 0,3$ kN
Resistenza al peso proprio ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1: Appendice B	$\geq 1,20$ kN
Resistenza all'impatto causato da pietre ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1: Appendice C	Appendice C paragrafo C.2
Sicurezza nelle collisioni (solo per barriera integrata)	UNI-EN 1794-1: Appendice D	UNI-EN 1317-2, classe H4
Pericolosità da caduta di frammenti ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2: Appendice B	Classe 3 o 5 o 6
Resistenza al carico da rimozione neve ⁽⁷⁾	UNI-EN 1794-1: Appendice E	≥ 10 kN/2x2 m
Resistenza all'incendio da sterpaglie ⁽⁷⁾	UNI-EN 1794-2: Appendice A	Classe 3
Riflessione luce (20° - 60° - 85°) ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2: Appendice E	$\leq 0.30-0.60-0.90$
Protezione ambientale ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2: Appendice C	Nessuna sostanza pericolosa

1) I certificati si devono riferire a campioni conformi a quanto previsto nel progetto esecutivo.
Non sono ammessi scostamenti dai valori richiesti.

2) Devono essere fornite le certificazioni relative a:

- campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;
- campione, completo di elementi di fissaggio.
Per quanto riguarda l'indice di valutazione della riflessione sonora, DL_{RI} , è ammesso di effettuare la prova disponendo i pannelli a terra, purché vengano riprodotte nel modo più fedele possibile le reali condizioni di funzionamento dei pannelli, formato dai pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore orizzontali;
- campione, completo di elementi fissaggio, formato dagli elementi costituenti i rivestimento muri o gallerie.
Per tali elementi il valore ammissibile dell'indice di assorbimento acustico, $DL\alpha$, e di riflessione acustica, DL_{RI} , deve risultare ≥ 8 dB.

3) Devono essere fornite le certificazioni relative a:

- campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;
- campione completo di struttura portante, formato dai pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore orizzontali.
Per quanto riguarda l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea, DL_{SI} , è consentito di disporre i pannelli in verticale, purché vengano riprodotte nel modo più fedele possibile le reali condizioni di funzionamento dei pannelli (soprattutto per quanto concerne la tenuta fra i pannelli e fra pannelli ed elementi strutturali di sostegno/supporto).
- campione, completo di struttura portante, formato dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.
- campione, completo di copertura, formato da struttura portante e dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.

4) La certificazione deve essere effettuata relativamente ai soli elementi acustici (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2).

Deve essere fornita la certificazione relativa ad un campione formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali.

5) Le certificazioni devono essere effettuate relativamente ai soli elementi acustici (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2).

Devono essere fornite le certificazioni relative ad un campione formato dai:

- pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore non-verticali (coperture ed aggetti);
- pannelli trasparenti, completi di telaio, previsti per le protezioni antirumore.

6) Devono essere fornite le dichiarazioni relative a tutte le tipologie di pannelli antirumore, verticali ed orizzontali.

Per quanto riguarda i rivestimenti muri e gallerie non si applicano le prescrizioni relative al peso proprio; per quanto riguarda la protezione ambientale, le certificazioni o dichiarazioni

del Fornitore devono riguardare tutti i materiali costituenti gli elementi acustici (pannelli e rivestimenti muri e gallerie).

- 7) Devono essere fornite le certificazioni relative a campioni, completi di montanti o sistemi di fissaggio, formati dalle tipologie di pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore verticali (barriera tradizionale e barriera integrata) e per i rivestimenti di muri e gallerie.

Le prove in campo aperto sopracitate possono essere ripetute sulla barriera installata, su richiesta della Direzione Lavori, per valutare la corretta installazione (collaudo) o per valutare nel tempo il mantenimento delle caratteristiche iniziali (controlli previsti dal piano di manutenzione).

A fini di collaudo i rilievi devono essere eseguiti in ragione di almeno un punto individuato dalla Direzione Lavori, per 2.000 metri lineari di barriera. Rispetto ai valori nominali di prequalificazione è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 1 dB sia per l'indice di riflessione, DL_{RI} , che per l'indice di fonoisolamento, DL_{SI} .

Per quanto riguarda la diffrazione la tolleranza in difetto non deve essere superiore a 0,5 dB.

Se previsto dal piano di manutenzione, le stesse procedure possono essere utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici).

I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo in sito, a distanza di cinque anni dalla data di ultimazione dell'intervento. Rispetto ai valori nominali di pre-qualificazione è ammessa una tolleranza in difetto pari a 3 dB per quanto riguarda l'indice di riflessione, DL_{RI} , in ciascuna banda di 1/3 ottava, ed a 3 dB per quanto riguarda il fonoisolamento, espresso come DL_{SI} .

3.1.2.1 Assorbimento acustico

Per assorbimento acustico si intende la capacità di ridurre l'energia sonora riflessa dal sistema antirumore.

Le caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico, ovvero di riflessione del suono, sono determinate:

- in laboratorio in un campo sonoro diffuso, in conformità alla UNI EN 1793-1; viene misurato il coefficiente di assorbimento acustico α_S ;
- in ambiente esterno in un campo sonoro direttivo, in conformità alla UNI EN 1793-5; viene misurato il reflection index, RI.

Entrambe le metodologie richiedono che le prestazioni siano valutate in funzione della frequenza in bande di terzi di ottava da 100 Hz a 5 kHz e, successivamente, sintetizzate dall'indice unico di valutazione, che viene indicato come:

- DL_{α} per prodotti sottoposti a prova, in accordo alla UNI EN 1793-1;
- DL_{RI} per prodotti sottoposti a prova, in accordo alla UNI EN 1793-5.

L'indice unico di valutazione viene calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico stradale, riportato nella UNI EN 1793-3 e raggruppato per classi così come definite dalla norma UNI EN 17931.

I Target di riferimento prestazionali dell'assorbimento acustico sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni.

3.1.2.2 Isolamento acustico

Per isolamento acustico si intende la capacità di ridurre l'energia sonora trasmessa dal sistema antirumore.

Le caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea sono determinate:

- in laboratorio in un campo sonoro diffuso, in conformità alla UNI EN 1793-2; viene misurato il potere fonoisolante, R ;
- in ambiente esterno in un campo sonoro direttivo, in conformità alla UNI EN 1793-6; viene misurato il sound insulation index, SI .

Entrambe le metodologie richiedono che le prestazioni siano valutate in funzione della frequenza in bande di terzi di ottava da 100 Hz a 5 kHz e, successivamente, sintetizzate dall'indice unico di valutazione, che viene indicato come:

- DL_R , per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-2;
- DL_{SI} , per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-6.

L'indice unico di valutazione viene calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico stradale, riportato nella UNI EN 1793-3.

I Target di riferimento prestazionali dell'isolamento acustico sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni.

3.1.2.3 Diffrazione del bordo superiore

Al fine di influenzare l'efficacia acustica del sistema antirumore agendo primariamente sull'energia diffratta, vengono in casi specifici previsti dispositivi aggiunti, installati generalmente sul profilo superiore.

Le caratteristiche intrinseche di prestazione acustica associate a tali dispositivi sono determinate in un campo sonoro direttivo in ambiente esterno, in conformità alla UNI EN 1793-4; viene misurata la grandezza diffraction index difference, ΔDI .

Ai fini della prequalifica, la misurazione viene eseguita con il dispositivo aggiunto a:

- un muro di riferimento acusticamente riflettente, ottenendo la ΔDI_{ref} ;
- un muro di riferimento acusticamente assorbente, ottenendo la ΔDI_{abs} .

Ai fini della verifica in situ di un dispositivo aggiunto ad un sistema antirumore installato, la misurazione viene eseguita con il dispositivo aggiunto al sistema antirumore così come installato in opera, ottenendo la ΔDI_{situ} .

La UNI EN 1793-4 richiede di esprimere i risultati in funzione della frequenza in bande di terzi di ottava da 100 Hz a 5 kHz.

Le prestazioni misurate in funzione della frequenza sono sintetizzate dall'indice di valutazione, che viene indicato come:

- $DL_{\Delta DI, ref}$, per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-4 su di un muro di riferimento acusticamente riflettente;
- $DL_{\Delta DI, abs}$, per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-4 su di un muro di riferimento acusticamente assorbente;
- $DL_{\Delta DI, situ}$, per prodotti provati in accordo alla UNI CEN/TS 1793-4 su di un sistema antirumore così come installato in opera.

Per ottenere gli indici di valutazione deve essere impiegato lo spettro di rumore da traffico stradale, riportato nella UNI EN 1793-3, nel caso di infrastrutture stradali

3.1.3 Caratteristiche non acustiche

3.1.3.1 Premessa

I sistemi antirumore collocati in margine alle infrastrutture stradali sono sottoposti alle azioni meccaniche conseguenti al carico del vento e della neve, alla spinta aerodinamica dei mezzi in transito ed al peso proprio. Occasionalmente possono essere interessati da impatto di pietrisco e sottoposti al carico aggiuntivo della neve espulsa dai mezzi di sgombero.

La norma di riferimento relativa alle caratteristiche strutturali dei sistemi antirumore è la UNI EN 1794-1. Si deve inoltre tenere conto dei criteri generali per la progettazione strutturale, riportati nelle Norme UNI EN dal numero 1990 al 1999 (Eurocodici) e ai relativi Documenti Nazionali di riferimento. I sistemi antirumore dovranno essere posti in opera a una distanza sufficiente dalle barriere di sicurezza, tale da garantire il funzionamento indipendente dei due sistemi. Qualora il Progetto preveda l'utilizzo di sistemi combinati di sicurezza ed antirumore, questi, oltre alle verifiche di conformità previste per le barriere antirumore, dovranno rispondere anche alla normativa vigente in materia di barriere di sicurezza stradale (D.M.21/6/2004, UNI EN 1317-1 e UNI EN 1317-2). I Target di riferimento prestazionali richiesti sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni, nella parte relativa alle caratteristiche non acustiche (par. 36.1.2).

3.1.3.2 Requisiti meccanici

La norma UNI EN 1794 Parte 1 specifica i requisiti meccanici dei sistemi per la riduzione del rumore; tali sistemi sono soggetti alle tipologie di carico seguenti, come definite dalla stessa norma:

- carichi indotti dal vento (Appendice A);
- pressione dinamica dovuta al passaggio dei veicoli (Appendice A);
- neve (barriere non verticali - Appendice A);
- peso proprio (Appendice B);
- impatto di pietre (Appendice C);
- carichi indotti dalla rimozione della neve (Appendice E)

In particolare, anche nel caso in cui la barriera antirumore sia collocata su un ponte stradale, l'azione del vento da considerare per le verifiche di stabilità del sistema è ricavata dal documento ENV 1991-2-4 (Eurocodice 1: Basi di calcolo ed azioni sulle strutture – Parte 2-4: Azioni sulle strutture – Azioni del vento) e dal relativo Documento Nazionale di riferimento.

Le combinazioni, la contemporaneità e i fattori di combinazione dei carichi elementari elencati sono definiti nelle Appendici A e B della UNI EN 1794-1

La conformità di un sistema antirumore ai requisiti meccanici richiesti deve essere dimostrata da una relazione di calcolo, firmata da un professionista abilitato che se ne assume la piena responsabilità, quando tutti i fattori concorrenti, incluse le tipologie di vincolo, siano determinabili con affidabilità. Il resoconto di calcolo deve includere tutte le informazioni richieste nell'Appendice A della UNI EN 1794-1.

3.1.3.3 Prove

La verifica della conformità del sistema antirumore ai requisiti richiesti può essere ottenuta mediante prove, da condurre in accordo alla UNI EN 1794-1. E' richiesta la prova sperimentale in presenza di elementi acustici compositi (esempio lastra trasparente con cornice) e, in generale, quando alcuni fattori, come le caratteristiche di resistenza del prodotto, le tipologie di vincolo, etc., non possano essere determinati con piena affidabilità.

Qualora in Progetto si preveda che, a causa della vicinanza della barriera alla corsia di marcia e della presenza di notevoli volumi di traffico, la barriera antirumore sia soggetta a fenomeni di fatica, occorre effettuare, oltre alla verifica della struttura portante, anche una verifica sperimentale del comportamento dei moduli acustici (pannelli o lastre trasparenti con relative cornici). Tale prova dovrà essere eseguita secondo procedure e modalità di carico concordate con il progettista, in funzione delle caratteristiche specifiche dell'opera da eseguire.

Il resoconto di prova deve includere una descrizione completa delle condizioni di prova, inclusi i dettagli dei supporti, delle procedure seguite e del carico degli elementi; deve inoltre fornire tutte le informazioni richieste nell'Appendice A della UNI EN 1794-1.

I Target di riferimento prestazionali richiesti sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni, nella parte relativa alle caratteristiche non acustiche (par. 36.1.2).

3.1.4 Requisiti di sicurezza nell'esercizio e compatibilità ambientale dei materiali impiegati.

Per quanto riguarda la sicurezza nell'esercizio, la normativa europea tratta i seguenti aspetti:

- comportamento degli elementi in presenza di fuoco;
- pericolo di caduta di parti di barriera in seguito a violenti urti;
- uscite di sicurezza;
- riflessione della luce e trasparenza

Per quanto riguarda la compatibilità ambientale dei materiali impiegati valgono le normative e prescrizioni tecniche sulle proprietà intrinseche dei materiali utilizzati: atossicità, riciclabilità, smaltimento. La compatibilità dei sistemi antirumore alle specifiche inerenti i temi sopraelencati viene valutata con riferimento alla norma tecnica UNI EN 1794-2.

3.1.4.1 Sistemi anticaduta e Pericolo di caduta di frammenti

Frammenti di barriera, derivanti da rotture a seguito di impatti violenti, non devono costituire elementi di pericolo per gli occupanti dei veicoli o per altre persone poste in vicinanza della barriera.

Per i materiali fragili (esempio lastre trasparenti) è previsto l'impiego di lastre rinforzate (esempio lastre in PMMA con armatura interna realizzata con fili in poliammide) o di sistemi di ritenuta dei frammenti (esempio rete di sicurezza installata a tergo della barriera).

Inoltre è importante che a seguito di urti violenti i pannelli, pur rimanendo integri, non cadano creando pericoli per persone sottostanti, sia dal lato strada che dal lato ricettori. Per questo tipo di prodotti si ricorre in genere a sistemi di cavi di sicurezza che assicurano il pannello alla struttura portante della barriera.

In generale quindi, nel caso di barriere posizionate su opere d'arte sovrastanti altre infrastrutture di trasporto o abitazioni, come anche nel caso di barriere poste nelle immediate vicinanze di abitazioni o di aree in cui è probabile lo svolgimento di attività umane, vengono definiti criteri di accettabilità e test da eseguire, secondo quanto riportato nell'allegato B della norma tecnica UNI EN 1794 – 2.

3.1.4.2 Comportamento in presenza di fuoco

I sistemi antirumore possono essere esposti a fiamme provenienti dalla vegetazione secca o da altro materiale in stretta vicinanza.

Fiamme di maggiore intensità possono levarsi come risultato di incidenti. Particolarmente critico in caso d'incendio risulta il comportamento dei rivestimenti utilizzati per le gallerie o delle coperture parziali della sede viaria.

La conformità di un sistema antirumore per infrastrutture di trasporto ai requisiti di resistenza all'incendio della macchia deve essere dimostrata da una prova sperimentale, conforme alla UNI EN 1794-2, appendice A.

Il campione sottoposto a prova deve avere la medesima composizione del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto che verrà effettivamente installato; se, per esempio, si vuole caratterizzare la resistenza al fuoco di un sistema antirumore composto da pannelli di materiali differenti, posti a diverse altezze dal suolo, il campione in prova deve essere costituito da pannelli dello stesso tipo e con la stessa posizione relativa.

Poiché la prova specificata nella UNI EN 1794-2, appendice A, non sottopone alle medesime condizioni tutti i materiali di cui può essere composto un sistema antirumore (per esempio, in un

sistema antirumore composto da pannelli di due materiali differenti, con cambiamento della tipologia a partire da 2 m dal suolo, i pannelli posti ad altezza maggiore non sono esposti alla fiamma di prova come quelli vicini al suolo) e poiché comunque tale prova non contempla aspetti quali la classe di reazione al fuoco dei singoli materiali componenti, la tossicità dei fumi sprigionati in presenza di combustione, ecc. essa deve essere intesa solo come un'attestazione convenzionale di alcune caratteristiche di prodotto.

Al fine di assicurare requisiti minimi di sicurezza in presenza di un elevato carico d'incendio, il presente Capitolato Speciale d'Appalto raccomanda l'applicazione dei seguenti criteri:

- mantenere una distanza minima di 8 m tra i sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto contenenti materiali non incombustibili ed i più vicini siti con presenza di persone e/o di materiali infiammabili; per distanze inferiori, i sistemi antirumore devono essere totalmente costruiti con materiali incombustibili;
- per la sicurezza al fuoco dei rivestimenti di gallerie o per coperture parziali di infrastrutture di trasporto i pannelli in PMMA dovranno essere antigocciolamento “no drop” al fine di evitare gocciolamento del materiale fuso in fase di incendio; occorrerà anche valutare il carico d'incendio e la temperatura massima raggiungibile in accordo con le autorità competenti; in tali casi non utilizzare la prova specificata in UNI EN 1794-2 app.A;
- al fine di evitare la propagazione della combustione lungo sistemi antirumore costruiti con materiali non incombustibili, tali sistemi devono includere almeno ogni 150 m un tratto di lunghezza pari almeno a 6 m costruito con materiali incombustibili;
- su entrambi i lati di ogni via di fuga e/o accesso d'emergenza i sistemi antirumore devono comprendere un tratto di almeno 3 m di lunghezza costruito con materiali incombustibili;
- i materiali, combustibili e non combustibili, utilizzati nella realizzazione dei sistemi antirumore non devono sviluppare in caso di incendio fumi densi e/o tossici né provocare la caduta di materiale infiammato o produrre gocce o fili incandescenti che possano essere trasportati dal vento.

A supporto delle scelte tecniche di cui sopra, tutti i prodotti e/o componenti del sistema antirumore riguardo alla reazione al fuoco, devono essere testati e classificati in conformità alla UNI EN 13501-1.

3.1.4.3 Riflessione della luce

Per angoli di incidenza specifici, la luce solare o quella dei corpi illuminanti dei veicoli riflettendosi sui sistemi antirumore, può produrre effetti di abbagliamento per gli utenti dell'infrastruttura, pregiudicando la sicurezza stradale.

L'effetto dipende da parametri intrinseci dei prodotti da caratteristiche estrinseche dei siti di installazione.

Le norme tecniche non fissano pertanto un valore limite di riflessività. E' tuttavia richiesto che i prodotti siano testati così da poter disporre dei valori di riflessività determinati in condizioni normalizzate.

Per i sistemi antirumore per impieghi stradali o comunque in prossimità di strade i valori di riflessività sono misurati in conformità al metodo di prova prescritto dalla UNI EN 1794-2, appendice E.

3.1.4.4 Trasparenza statica e dinamica

Per le barriere si considerano due aspetti della trasparenza:

- trasparenza statica per le persone che vivono oltre la barriera
- trasparenza dinamica per gli utenti dell'infrastruttura stradale.

La trasparenza statica è importante per ragioni estetiche; quella dinamica viene valutata al fine di migliorare la visibilità e l'orientamento degli utenti della strada (ad esempio in corrispondenza di incroci e corsie di accesso), contribuendo alla sicurezza.

Tra i requisiti prestazionali richiesti per i sistemi antirumore, devono essere forniti valori di trasparenza statica e dinamica calcolati in conformità al metodo di prova prescritto dalla UNI EN 1794-2, appendice F.

3.1.4.5 Accessi di servizio a scopo manutentivo

Gli accessi per la manutenzione delle barriere e dei margini della strada, ove presenti nel progetto, devono essere conformi a quanto prescritto dalla UNI EN 1794-2, appendice D.

Sono in genere previste porte attrezzate (dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con chiavi e dall'interno con maniglioni antipánico) realizzate con gli stessi elementi costituenti la barriera o elementi equivalenti.

Ove necessario, si prevederanno scale realizzate secondo le norme di sicurezza vigenti, o altri provvedimenti qualora gli accessi trovino in condizioni avverse.

In mancanza di un'indicazione precisa relativamente alla distanza minima, si assume come riferimento la norma sui collegamenti pedonali previsti nelle gallerie a doppio fornice (ogni 300 metri), secondo il D.M. 05.11.01, capitolo 4.1.2, salvo specifiche indicazioni progettuali differenti.

3.1.4.6 Compatibilità ambientale

Relativamente ai requisiti di protezione ambientale deve essere rilasciata una dichiarazione dal fornitore del sistema antirumore, per la quale è possibile eventualmente avvalersi delle attestazioni emesse dai produttori dei singoli materiali componenti. Le voci da esplicitare chiaramente e compiutamente sono di seguito riportate:

- elenco dei materiali costituenti il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando i nomi commerciali,
- elenco delle sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante l'intera vita di servizio del sistema antirumore,
- elenco delle sostanze che risultano dall'esposizione al fuoco del sistema antirumore,
- elenco delle condizioni chimiche o fisiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente,
- elenco dei materiali che possono essere riciclati, indicando in quale misura sono presenti ed eventuali limitazioni d'uso,
- elenco dei materiali riciclati e relativa percentuale,
- elenco dei materiali che devono essere smaltiti secondo particolari procedure, da indicare in dettaglio,
- elenco di eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

3.1.5 Requisiti di durabilità e criteri di manutenzione

Il sistema antirumore deve mantenere le prestazioni dichiarate (i requisiti funzionali strutturali ed acustici) per l'intera durata della vita utile.

Per la durabilità delle caratteristiche acustiche si fa riferimento alla prEN 14389-1.

Secondo questa norma è onere del produttore di sistemi antirumore dichiarare la durabilità delle caratteristiche acustiche di ogni tipologia di elemento prodotto.

La durabilità delle caratteristiche acustiche deve essere espressa dalla degradazione delle prestazioni (indice di valutazione di reflection index e sound insulation index), in decibel, in funzione degli anni di installazione della barriera.

Essa può essere stabilita in due modi:

- con soluzioni descrittive basate sull'esperienza pregressa;

- con prove prestazionali secondo la UNI CEN/TS 1793-5.

Relativamente alla durabilità delle caratteristiche non acustiche, con riferimento alla UNI EN 14389-2 che fornisce un'indicazione non vincolante, la durata della vita di servizio è posta pari a:

- 15 anni per gli elementi acustici;
- 30 per gli elementi strutturali.

Il produttore deve presentare per ogni tipologia di elemento acustico e strutturale una attestazione (sotto forma di certificato emesso da un laboratorio prove) sulla durata della vita di servizio prevista, con la classificazione delle condizioni ambientali utilizzate per la valutazione, la specificazione delle procedure progettuali usate e le eventuali prove sperimentali.

A lavori ultimati deve essere predisposto un piano di manutenzione che specifichi tipologia e frequenza dei controlli da effettuare oltre gli interventi di pulizia ordinaria, rimozione dei graffiti ed in genere, lavori dovuti a cause accidentali.

Indicazioni sui requisiti di durabilità e manutenibilità delle opere in relazione ai diversi materiali impiegati sono contenute nel capitolo 36.2 relativo ai requisiti prescrittivi dei prodotti impiegati.

3.2 Caratteristiche dei pannelli e dei materiali costituenti le barriere

I componenti di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto possono essere realizzati con materiali di varia natura che devono garantire i requisiti prestazionali enunciati nel capitolo precedente.

Il presente capitolo, per le tipologie di prodotto finito comunemente utilizzate, specifica le caratteristiche fisiche e chimiche rilevanti dei materiali costituenti e definisce i rispettivi valori di riferimento affinché il sistema antirumore mantenga le prestazioni dichiarate per l'intera durata della vita di servizio.

Viene inoltre elencata la documentazione ed i principali controlli che l'Appaltatore dei lavori è tenuto a consegnare a corredo dei materiali forniti a garanzia della conformità del prodotto al campione oggetto di prove di prequalifica.

Vengono trattati in sequenza i moduli acustici delle principali famiglie di materiali. Seguono gli elementi strutturali, le guarnizioni ed i sigillanti, gli accessori metallici e le porte di servizio.

Separatamente vengono trattati i sistemi antirumore per i quali non è sempre possibile distinguere tra elementi acustici ed elementi strutturali (terrapieni naturali ed in terra rinforzata, biomuri, barriere inverdibili a basso ingombro trasversale).

3.2.1 Pannelli metallici

Si tratta di elementi acustici costituiti da uno o più gusci in lamiera metallica con eventuali nervature di irrigidimento, in genere preassemblati fino a costituire un pannello scatolato.

Il guscio metallico può essere realizzato in lega di alluminio, in acciaio o in altro metallo, adeguatamente protetto contro la corrosione

Al suo interno è inserita una stratificazione di materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi o fibrosi che sfruttano fenomeni di attrito e risonanza.

3.2.1.1 Pannelli in acciaio (al carbonio ed inox)

Lo spessore della lamiera non forata deve essere di almeno 1,0 mm con tolleranze secondo la norma UNI EN 10143³, ad eccezione dei pannelli in acciaio inox (DIN 17440) per cui lo spessore minimo è di 0,8 mm.

³ Sostituisce la norma UNI 5753;

Tutti i pannelli di acciaio al carbonio, ad eccezione dei pannelli in inox, dovranno essere protetti mediante zincatura eseguita in modo conforme alla Euronorm 147, con granatura di zinco del tipo Z275.

Per quanto riguarda il rivestimento protettivo i pannelli metallici (ad eccezione dei pannelli in acciaio inossidabile) possono essere, in alternativa:

- 1) preverniciati, con protezione mediante cloruro di polivinile, per uno spessore di verniciatura non minore di 100µm;
- 2) verniciati e sottoposti ad un trattamento di protezione superficiale contro la corrosione atmosferica secondo i cicli appresso indicati:
 - sgrassaggio a 60° C e risciacquo con acqua industriale;
 - fosfatazione microcristallina oppure fosfatazione amorfa con fosfati di ferro;
 - applicazione di uno strato intermedio di anafresi o catafresi o di brugalizzazione, oppure in alternativa un fondo a base epossidica;
 - verniciatura finale con applicazione a spruzzo o ad immersione di smalti a base poliestere o poliuretanica (in questo caso è indispensabile un fondo epossidico), oppure con applicazione elettrostatica di polvere a base poliestere;
 - polimerizzazione in forno a 140° C.

Lo spessore minimo locale della protezione, comprensivo della zincatura, deve essere 80 µm.

I cicli di verniciatura devono essere effettuati dopo tutte le lavorazioni meccaniche (foratura, piegatura, saldatura, ecc.).

Cicli diversi di verniciatura e di zincatura possono essere adottati solo se preventivamente concordati.

Si dovranno prendere gli accorgimenti idonei a ridurre l'ingresso di acqua meteorica o a favorirne la fuoriuscita mediante opportuni fori di drenaggio.

Tale requisito può essere valutato effettuando la "prova di tenuta ai liquidi" secondo il metodo di prova ricavato dalla Euronorm 86 per le prove dei serramenti: verrà determinata la quantità di acqua penetrata nei pannelli con acqua spruzzata per 10 min (a livello superiore ed inferiore) con portata di 2 l/m²/min, ed il valore ottenuto verrà presentato al Committente per accettazione.

Per i pannelli in acciaio, con esclusione dei pannelli in acciaio inox, si prescrivono le seguenti prove e valori minimi per verificare l'idoneità dei cicli di trattamenti protettivi (zincatura e verniciatura).

- Spessore della protezione:
Esigenza minima: 80 µm o il valore dichiarato (si assume il valore più elevato tra i due);
- Aderenza, secondo la Norma Unichim MU 630:
Esigenza minima: grado 1, sia nell'esecuzione a secco (dry-adesion, a tempo zero), sia dopo l'immersione in acqua a 40 °C per 150 h (wet adesion);
- Resistenza alla graffiatura, secondo le Norme UNI EN ISO 1518-1 e UNI EN ISO 1518-2;;
Esigenza minima: 60N;
- Resistenza agli urti, secondo la Norma UNI EN ISO 6272-2;
Esigenza minima: dopo 1000 h di esposizione deve risultare assenza di blistering e/o di perdita di aderenza; lungo l'incisione l'ossidazione e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm;
- Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo la Norma UNI EN ISO 9227;;
Esigenza minima: con una soluzione di NaClAs 5%, procedura ASTM B117-64, dopo 1.500 h l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm.
Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza.

Applicando un nastro TESA n° 104 sul campione in esame, almeno dopo 4 h dall'estrazione dello stesso dalla camera, non devono verificarsi distacchi.

3.2.1.2 Pannelli in alluminio

Devono essere realizzati in lega Al-Mn-Mg tipo 3105 (UNI EN 573-3), con buona resistenza alla corrosione.

Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,2 mm; nel caso si applichi sulla lamiera non forata un materiale di appesantimento (smorzante a base bituminosa o di gomma) del peso di almeno 5 kg/m², lo spessore può essere ridotto a 1,0 mm.

Gli elementi dei pannelli in alluminio devono essere pretrattati alla verniciatura mediante opportuni sistemi di decapaggio e di preparazione.

L'alluminio non deve essere in contatto con rame o sue leghe

Lo spessore minimo locale della protezione deve essere di almeno 60 µm.

Si prescrivono i seguenti requisiti:

- Spessore della protezione anticorrosiva
Esigenza minima: i valori dichiarati o 60 µm (il maggiore tra i due);
- Aderenza, secondo Unichim MU 630:
Esigenza minima: almeno grado 0;
- Resistenza alla scalfittura, secondo le Norme UNI EN ISO 1518-1 e UNI EN ISO 1518-2 (solo sulla faccia esposta):
Esigenza minima: 60 N
- Resistenza agli urti, secondo la Norma UNI EN 6272-2;
Esigenza minima: per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza da 30 cm sulla faccia esposta, non devono verificarsi screpolature o distacchi su entrambe le facce;
- Resistenza all'umidità, secondo la Norma UNI EN ISO 6270-1;
Esigenza minima (dopo 1500 h di esposizione) comprovata da corrosione e/o bollatura lungo l'incisione con penetrazione al massimo pari a 2 mm.
Non è ammessa nessuna altra alterazione visiva o perdita di aderenza.
- Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo la Norma UNI EN ISO 9227;
Esigenza minima: dopo 1500 h l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm.
Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza.
Applicando un nastro TESA n.104 sul campione in esame, almeno dopo 4 h dall'estrazione dello stesso dalla camera, non devono verificarsi distacchi.

Le operazioni meccaniche di foratura vanno effettuate prima dei trattamenti protettivi.

3.2.1.3 Caratteristiche del guscio in alluminio

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche minime raccomandate per il guscio in alluminio unitamente al metodo di verifica a cui il materiale deve essere sottoposto.

Lo stato fisico dell'alluminio, indipendentemente dal tipo di lega, deve essere tale da permettere la formabilità a freddo senza che siano compromesse le caratteristiche meccaniche (per esempio a causa della formazione di cricche).

Nella realizzazione di giunzioni metalliche occorre evitare il problema della corrosione per contatto bimetallico.

E' raccomandato l'impiego di lamiere bucciardate che consentono di mascherare eventuali piccoli danni arrecati al prodotto durante il montaggio o nella sua vita operativa.

La lega di alluminio non deve essere stabilmente in contatto con materiale di diverso potenziale elettrico al fine di prevenire fenomeni di corrosione per effetto galvanico

. Di questa guaina occorre controllarne le modalità applicative per garantire la completa adesione alla superficie metallica. Il materiale costituente, in genere di tipo elastomerico, deve assicurare il mantenimento delle caratteristiche elastiche nel range di temperature di impiego dei pannelli.

Metodi di prova e valori raccomandati di alcune proprietà dei gusci metallici dei pannelli scatolati		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Percentuale di foratura della lamiera (lato sorgente)	---	$30\% \leq p_r \leq 40\%$
Lega di alluminio – tipologia	UNI EN 573-1	Lega Al-Mg-Mn del gruppo 3xxx
Lega di alluminio – spessore minimo	---	1,2 mm

Il film di vernice deve inoltre rispondere alle caratteristiche riportate in tabella. Al fine di garantire l'integrità dello strato protettivo si raccomanda che le operazioni meccaniche di foratura siano effettuate prima dell'esecuzione del trattamento. E' pertanto da escludere l'impiego di coils preverniciati per la realizzazione dei pannelli.

Metodi di prova e valori raccomandati di alcune proprietà dei prodotti verniciati		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Valutazione dello spessore del film di vernice	UNI EN ISO 2360	> 60 μ m
Determinazione della brillantezza (con luce incidente a 60°)	UNI EN ISO 2813	30 \pm 5 gloss
Valutazione del grado di aderenza	UNI EN ISO 2409	Classe 0 (nessun distacco)
Valutazione della durezza (resistenza all'impronta Buchholz)	UNI EN ISO 2815	>80
Valutazione della resistenza all'urto	UNI EN ISO 6272	Nessun distacco o fessurazione
Prova di resistenza alla corrosione in camera a nebbia salina acetica	UNI ISO 9227	Dopo 1500 h di esposizione l'arruggimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 16 mm ² per un taglio di 100 mm, con un massimo di 4 mm per ogni infiltrazione. Non è ammessa altra alterazione visibile o perdita di aderenza
Prova di resistenza alla corrosione accelerata Kesternich	UNI EN ISO 3231	Nessuna corrosione oltre 1 mm dall'incisione dopo 24 cicli
Determinazione della ritenzione della brillantezza	UNI EN ISO 16474-1	Perdita < 50% del valore iniziale
Determinazione della resistenza del colore	UNI EN ISO 16474-1	Perdita < 50% del valore iniziale
Determinazione della resistenza all'umidità	UNI EN ISO 6270-1	Dopo 1000 ore di esposizione, nessuna formazione di bolle e penetrazione < 1 mm
Determinazione della	UNI EN ISO 3665	Dopo 1500 ore di esposizione,

resistenza alla corrosione filiforme		penetrazione < 2 mm
---	--	---------------------

3.2.1.4 Pannelli misti

È permesso l'utilizzo di pannelli misti acciaio-alluminio con il lato forato in alluminio e il lato pieno in acciaio.

Per ognuno dei due lati valgono rispettivamente le prescrizioni presenti per le singole tipologie del presente paragrafo.

3.2.1.5 Pannelli in acciaio Cor-Ten

Devono essere realizzati in acciaio Cor-Ten tipo A-B-C.

Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,0 mm;

3.2.2 Materiale fonoassorbente

Il materiale fonoassorbente inserito nel guscio metallico è in genere costituito da materassini di materiale fibroso (lane minerali o fibra di poliestere).

Per la fibra in poliestere termolegata deve essere garantita l'assenza di collanti termoindurenti nei materiali costituiti da fibre plastiche. Per aumentare la durabilità ed evitare impregnazioni il Progetto del guscio metallico deve prevedere accorgimenti e soluzioni atte a garantire l'evacuazione dell'acqua. Ad ulteriore garanzia per le lane minerali occorre prevedere una membrana microporosa ed idrorepellente, posizionata sulla superficie del materassino rivolta verso la sorgente del rumore. Il materiale deve risultare imputrescibile, inerte agli agenti atmosferici e non infiammabile. Per le fibre minerali (roccia o vetro) deve essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dal Regolamento (CE) n. 1272/2008 del 16 dicembre 2008.

Per assicurare le proprietà acustiche, di resistenza e di durabilità, i materiali fonoassorbenti fibrosi utilizzati devono soddisfare i requisiti riportati in tabella

Valori raccomandati di alcune proprietà relative ai più diffusi materiali fonoassorbenti fibrosi presenti negli elementi acustici		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Spessore strato	---	> 50 mm
Diametro medio delle fibre	UNI 6484	> 6 µm
Massa volumica apparente	UNI 6485	Lana di roccia: 90 kg/m ³ ≤ Mva ≤ 180 kg/m ³ Lana di vetro 40 kg/m ³ ≤ Mva ≤ 60 kg/m ³ Fibre di poliestere 30 kg/m ³ ≤ Mva ≤ 60 kg/m ³
Grado di igroscopicità	UNI 6543	<0.2% in volume con tempo di prova: 1 giorno
Classe di reazione al fuoco (nel caso di installazione in galleria)	EN 13501-1	Contributo al fuoco: A1 e A2 (non combustibili) Densità dei fumi s1 (assenza di fumi) Gocce incandescenti: d0 (assenza di gocce entro 600s)

Per quanto riguarda le proprietà di resistenza all'acqua, resistenza al calore ed ancoraggio del materiale fonoassorbente, non esistono metodi di prova normalizzati. Nella tabella sono riportati i

metodi di prova da seguire per la valutazione delle proprietà testé citate ed i valori di riferimento raccomandati.

Metodi di prova non normalizzati e relativi valori di riferimento		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Resistenza all'acqua	Si pone un provino del materiale in esame, di dimensioni 100 mm x 100 mm e stesso spessore di quello effettivamente utilizzato, completamente immerso in acqua distillata per 24 h a temperatura ambiente.	Al termine della prova non devono essere avvenuti né sfaldamenti né colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua.
Resistenza al calore	Si pone un provino del materiale in esame, di dimensioni 100 mm x 100 mm e stesso spessore di quello effettivamente utilizzato, in una stufa ad 80° C per 24 h poggiandolo su una delle due facce.	Al termine della prova non devono essere avvenute variazioni di lunghezza o larghezza del provino superiori a 5 mm, né variazioni di spessore superiori ad 1 mm.
Ancoraggio del materiale fonoassorbente	L'elemento acustico, o una sua porzione significativa, disposto in posizione verticale, è sottoposto per 24 h a vibrazione, anch'essa verticale, con livello di accelerazione di 123 dB nell'intervallo di frequenza compreso tra 1 e 80 Hz. La vibrazione deve essere trasmessa all'elemento in prova imponendo una scansione a passi di 1 Hz, riproducendo un ciclo completo di scansione ogni 12 minuti (9 s per singola frequenza)	Al termine della prova, il materiale fonoassorbente deve risultare privo di sfaldamenti ed ancora saldamente ancorato alla struttura.

3.2.3 Pannelli in legno

Si tratta di elementi acustici costituiti da una struttura scatolare in legno al cui interno è alloggiata una stratificazione di materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi o fibrosi che sfruttano fenomeni di attrito e risonanza.

La struttura scatolare è in genere costituita da travetti portanti in legno a cui è fissato posteriormente un tavolato perlinato ed anteriormente una griglia di contenimento del materassino fonoassorbente formata da listelli di legno.

In alternativa questa griglia anteriore può essere sostituita da lamiera grecata in alluminio a realizzare un sistema misto legno – metallo.

Per le caratteristiche prescrizionali delle parti metalliche si rinvia al paragrafo 36.2.1.

Per le caratteristiche prescrizionali del materassino fonoassorbente si rinvia al paragrafo 36.2.2.

Segue una trattazione specifica delle componenti in legno.

3.2.3.1 Caratteristiche della struttura scatolare in legno

Per il grado di esposizione agli agenti atmosferici, i pannelli devono essere accuratamente lavorati e realizzati con legno di ottima qualità, esente da radici, funghi e muffe. Non sono accettabili elementi danneggiati dagli attacchi da parte di batteri o insetti. Analogamente non sono accettabili elementi che presentino cricche, fessure profonde e nodi non collegati fermamente alla struttura.

Il legno deve resistere al deperimento organico e va trattato con impregnanti speciali per evitare la formazione di funghi. In alternativa è previsto l'impiego di legno di durabilità naturale che non richiede di essere protetto mediante impregnazione in autoclave.

Come sostanza impregnante devono essere utilizzati sali preservanti inorganici indilavabili cosiddetti “ecologici”, cioè esenti da arsenico e cromo.

Il legno utilizzato deve provenire da foreste gestite in maniera sostenibile nel rispetto delle norme ambientali di corretta politica forestale.

Metodi di prova, valori raccomandati e altri requisiti di alcune proprietà degli elementi acustici in legno		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Legno lamellare – classe di resistenza	DIN 4074, DIN 1052-10	Classe II
Classe di impregnazione	UNI EN 350	Classe 1 o 2
Classificazione di penetrazione e ritenzione del preservante	UNI EN 351-1	Conforme il legno impregnato deve essere stato trattato con sali preservanti inorganici indilavabili cosiddetti “ecologici”, cioè esenti da arsenico e cromo, in autoclave in pressione
Durabilità del legno	UNI EN 350	Certificata
Classe della specie legnosa per il legno di pino	UNI EN 350	Certificata
Caratteristiche minime della struttura del pannello, al fine di garantire una durabilità di almeno 15 anni	UNI 11160, punto 8.2.3	Conforme

Le caratteristiche minime della struttura del pannello, al fine di garantire una durabilità di almeno 15 anni, devono essere le seguenti:

- telaio scatolare in legni di massello con sezione di 100 mm x 80 mm, bloccati fra loro da incastri angolari;
- telaio attrezzato sui lati della lunghezza con una fresatura esterna per la sede dei regoli in legno, aventi lo scopo di congiungere ermeticamente la sovrapposizione dei pannelli;
- tavolato finale di tamponamento composto da assiti trattati, di spessore minimo 20 mm, fissato sia in lunghezza che in altezza almeno in almeno tre punti con viti in acciaio inossidabile;
- tessuto antispolvero in rete di polietilene con tramatura rinforzata, resistente ai raggi UVA, da posizionare anteriormente a protezione del materassino fonoassorbente;

I listelli in legno, che possono essere una variante ai modelli dei pannelli, devono essere trattati in autoclave, avere sezione minima di 50 mm x 25 mm, essere opportunamente lavorati e sagomati, fissati con viti in acciaio inossidabile alle estremità, in fori predisposti, lasciando la parte legnosa di 20 mm - 30 mm.

Deve essere presente una scossalina in lamierino di acciaio verniciato a caldo a protezione dei pannelli. Tutta la parte metallica necessaria all’assemblaggio del pannello, deve essere in acciaio inossidabile.

3.2.4 Pannelli trasparenti

L'impiego di lastre trasparenti nelle barriere antirumore è dovuto ad esigenze di tipo architettonico o inserimento paesaggistico, di visibilità e, in casi specifici, di sicurezza dell'esercizio (garanzia di visuale su corsie di immissione o segnaletica).

Queste lastre non hanno proprietà fonoassorbenti intrinseche. Devono comunque garantire i valori di fonoisolamento minimi richiesti a Progetto.

I materiali trasparenti comunemente impiegati sono il polimetilmetacrilato, il policarbonato ed il vetro stratificato. Il modulo pannello è realizzato con idonee guarnizioni ed una cornice strutturale portante realizzata in acciaio, alluminio o legno.

Nei paragrafi seguenti sono trattati specificatamente le singole tipologie di materiale trasparente e relativi accessori (guarnizioni / bulloneria).

Per le caratteristiche della cornice strutturale portante si rimanda al paragrafo 36.2.1 se di acciaio ed al paragrafo 36.2.3 se di legno.

3.2.4.1 Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA)

Le lastre di polimetilmetacrilato (PMMA) possono essere di tipo colato conforme alla UNI EN ISO 7823-1 o estruso conforme alla UNI EN ISO 7823-2.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche del materiale.

Caratteristiche delle lastre in PMMA		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica	ISO 1183-1	$\geq 1\,190\text{ kg/m}^3$
Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62, metodo 1 (24h, 23°C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm	$\leq 0,5\%$
Resistenza a flessione	UNI EN ISO 178	$\geq 100\text{ MPa}$
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 65\text{ MPa}$
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 60\text{ MPa}$
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	$\geq 3\,000\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 3\,000\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 2\,800\text{ MPa}$
Resistenza all'urto Izod con intaglio	UNI EN ISO 180	$\geq 1,5\text{ kJ/m}^2$
Resistenza all'urto Charpy senza intaglio	UNI EN ISO 179-1/1fU	$\geq 10\text{ kJ/m}^2$
Temperature di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306, metodo B50	$\geq 95^\circ\text{ C}$
Coefficiente di dilatazione termica lineare	DIN 53752-A	$\leq 70 \times 10^{-6}\text{ 1/K}$
Fattore di trasmissione luminosa totale	UNI EN ISO 13468-1 le provette sono incolori e di spessore pari a 3 mm (UNI EN ISO 7823-1 e UNI EN ISO 7823-2)	$\geq 90\%$
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: prima dell'esposizione	UNI EN ISO 13468-1	$\geq 90\%$
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm:	UNI EN ISO 4892-2 per 1000 h	$\geq 88\%$

dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon		
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40° C)	---	$\leq 7 \text{ N/mm}^2$

Le lastre in PMMA devono essere inserite in un telaio metallico con interposta una guarnizione in EPDM, per una profondità tale da evitare l'uscita delle lastre per effetto della deformazione sotto carico.

Le lastre in PMMA devono potersi dilatare o ritirare in funzione della temperatura.

Lo spessore della lastra deve essere determinato in funzione dei carichi dinamici e statici richiesti, delle dimensioni delle lastre e del tipo di cornice utilizzata. Lo spessore delle lastre di PMMA deve essere non inferiore a 15 mm.

La verifica di resistenza ai carichi dinamici e statici, secondo quanto richiesto dalla UNI EN 1794-2, deve essere eseguita sull'intero pannello comprensivo di lastra, guarnizione e cornice metallica.

Analogamente per la prova di impatto e caduta dei frammenti prevista in conformità alla UNI EN 1794-2, appendice B. Per le condizioni di impatto più severe previste dalla norma, oltre ai sistemi tradizionali di ritenuta dei frammenti (rete di contenimento) è possibile utilizzare lastre in PMMA rinforzate internamente con filamenti in poliammide o altro materiale compatibile. Le lastre di PMMA rinforzate devono essere assicurate alla struttura portante (HE o altro) mediante idonei collegamenti come, per esempio, cavetti di sicurezza in acciaio (con una resistenza a trazione non minore di 1 500 N/mm²), fissati sui 4 angoli della lastra in PMMA, a non meno di 140 mm dal bordo. Per l'esecuzione dei fori sulla lastra devono essere rispettate le istruzioni del produttore.

Tra i requisiti di protezione ambientale per le lastre in PMMA deve essere fornita specifica scheda di sicurezza CE per le lastre in PMMA estruso e colato in quanto le due tipologie di materiale vanno trattate in modo diverso in fase di riciclo a fine vita di esercizio.

Al fine di rendere visibile l'ostacolo barriera ai volatili può essere adottata una opportuna colorazione in massa; questa soluzione è consigliata altresì per minimizzare l'effetto sporco nei periodi di siccità. In alternativa è possibile ricorrere a trattamenti serigrafici o ad applicazione di decalcomanie.

Per la pulizia delle lastre devono essere programmate operazioni di pulizia periodiche delle lastre di PMMA con acqua in pressione, in conformità alla cadenza temporale dichiarata dal produttore del PMMA.

Al fine di individuare l'onere connesso con la manutenzione degli elementi in PMMA, deve essere indicato il tipo di trattamento a cui occorre che tali elementi siano sottoposti per la rimozione della polvere e dei graffi.

Le guarnizioni che vengono impiegate a contatto con il PMMA, devono essere realizzate in EPDM o altro materiale compatibile con il materiale trasparente; non devono cioè rilasciare, durante la vita di servizio, prodotti chimici che aggrediscano chimicamente il materiale trasparente. La geometria della guarnizione deve essere tale da consentire la dilatazione ed il ritiro delle lastre evitando che queste fuoriescano durante la vita di servizio.

Le guarnizioni devono avere le caratteristiche minime elencate nel prospetto.

Caratteristiche delle guarnizioni		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore minimo (*)
Durezza	UNI EN ISO 868	70 ± 5 Shore A/3 (± 3 Shore A/3)
Carico di rottura	UNI 6065	10 Mpa (± 5%)
Allungamento a rottura	UNI 6065	300% (± 15%)

(*) Tra parentesi sono riportate le variazioni ammesse dopo invecchiamento termico di sette giorni alla temperatura di 70 °C, in conformità alla UNI ISO 188.

La cornice metallica deve essere installata su almeno tre lati della lastra, offrendo a quest'ultima idonea resistenza meccanica per effetto della forma, dello spessore e delle caratteristiche meccaniche del materiale impiegato.

3.2.4.2 Pannelli trasparenti con lastre in policarbonato protetto a UV

L'impiego di lastre in policarbonato presuppone che non si tratti di materiale riciclato e che sia prevista idonea protezione per i raggi UV. Possono essere impiegate lastre in policarbonato a partire da uno spessore minimo di 12 mm.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche del materiale.

Caratteristiche delle lastre in policarbonato		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	$\geq 1\,000\text{ kg/m}^3$
Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62, metodo 1(24h, 23°C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm	$\leq 16\%$
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 60\text{ MPa}$
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 55\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 2\,200\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 2\,000\text{ MPa}$
Resistenza all'urto Charpy con intaglio	UNI EN ISO 179-1/1fU	$\geq 6\text{ KJ/m}^2$
Temperatura di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306, metodo B50	$\geq 145^\circ\text{C}$
Coefficiente di dilatazione termica lineare	DIN 53752-A	$\leq 6,5 \cdot 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/5	$\geq 2\,200\text{ MPa}$
Fattore di trasmissione luminosa a 420 nm		
Prima dell'esposizione	UNI EN ISO 13468-1	$\geq 85\%$
Dopo l'esposizione	UNI EN ISO 4892-2 per 1 000 h	$\geq 82\%$
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40°C)	---	$\leq 10\text{ N/mm}^2$

Valgono per i pannelli con lastra in policarbonato tutte le caratteristiche generali riportate per le lastre in PMMA al paragrafo 36.2.4.1

3.2.4.3 Pannelli trasparenti con lastre in vetro stratificato

Per motivi di sicurezza gli elementi acustici in vetro devono essere realizzati esclusivamente con lastre di vetro stratificato ottenute da procedimento di lavorazione float per colata su bagno metallico in atmosfera controllata e da un film intermedio in polivinilbutirrale (PVB), avente uno spessore costante di 0.76 mm, per uno spessore totale minimo di 15 mm (6+8+PVB).

Le singole lastre devono essere sottoposte a trattamento termico di tempera o di indurimento in funzione del tipo di applicazione e del grado di sicurezza che si vuole conseguire in caso di urto.

Il trattamento di tempera aggiunge al livello di sicurezza dovuto alla stratificazione i risultati di maggior resistenza meccanica ed agli shock termici, migliorando la sicurezza di impiego del prodotto nel caso di applicazione in barriere antirumore poste a lato delle infrastrutture di trasporto.

In caso di lastre curve è preferibile la stratificazione di due o più vetri temperati della stessa natura

e spessore.

Qualora le lastre siano applicate in copertura, si raccomanda l'uso di vetro stratificato costituito da una lastra temperata ed una indurita; il vetro temperato ha una migliore resistenza meccanica; il vetro indurito ha una compattezza in caso di rottura superiore al vetro stratificato temperato, poiché presenta una frammentazione di grandi dimensioni.

I pannelli realizzati in vetro possono essere costituiti da materiale incolore o colorato, eventualmente con serigrafie decorative. Il colore può essere ottenuto con l'impiego di fogli di PVB della colorazione richiesta.

Caratteristiche delle lastre in vetro stratificato		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Spessore totale	---	≥ 15 mm
Caratteristiche del materiale di base e limitazione dei difetti ottici e visivi	UNI EN 572-1, UNI EN 572-2 e UNI EN ISO 12543-6	
Resistenza ad alta temperatura, all'umidità e all'irraggiamento solare simulato	UNI EN ISO 12543, parti 1, 2, 3 e 4	
Dimensioni, scostamenti limite e finiture dei bordi	UNI EN ISO 12543-5	
Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie	UNI 7697	
Molatura delle lastre	UNI 11649	
Trattamento serigrafico (eventuale)	UNI EN 12150-1	
Fattore di trasmissione luminosa	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,81
Fattore di riflessione luminosa	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,07
Fattore di trasmissione energetica	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,54
Fattore di riflessione energetica	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,40
Fattore di assorbimento energetico	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,06
Fattore solare	UNI EN 410 e UNI EN 673	0,65

Le lastre devono essere certificate con trattamento termico Heat Soak Test (HST) secondo UNI EN 14179-2.

Valgono per i pannelli con lastra in vetro tutte le caratteristiche generali riportate per le lastre in PMMA al paragrafo 36.2.4.1

Per assicurare la compatibilità con il plastico PVB, è preferibile impiegare guarnizioni a mescola a base siliconica.

3.2.4.4 Mitigazioni ambientali per l'avifauna

Le marcature atte a prevenire le collisioni dell'avifauna contro i pannelli trasparenti previste sono costituite dall'applicazione di strisce adesive o di strisce sabbiato o fresate sui pannelli oppure fili di poliammide coestrusi o colati.

Sono previste pertanto marcatura aventi le seguenti caratteristiche:

- Tipo 1:

- strisce orizzontali;
- colore bianco (o giallo);
- larghezza: 20 mm;
- spaziatura: 100 mm.

- Tipo 2:

- Strisce orizzontali;

- Colore nero;
- Larghezza: 3 mm;
- Spaziatura 28 mm.

Le strisce devono essere applicate verso l'esterno - lato ricettore (direzione di arrivo presumibile degli uccelli, quindi verso l'habitat laterale all'autostrada).

3.2.4.5 Pannelli in materiale plastico

I materiali utilizzati (polietilene, polipropilene, polivinilcloruro, poliestere) devono garantire resistenza allo scorrimento (shrinkage) a temperatura ambiente ed alle alte temperature (70 °C), alla fessurazione (creep) e ai raggi ultravioletti.

In particolare i pannelli in materiale plastico dovranno essere realizzati con materiale avente un modulo elastico a flessione superiore a 2.600 MPa secondo la norma DIN 16948.

3.2.5 Pannelli in calcestruzzo

Si tratta di pannelli costituiti da uno strato portante in calcestruzzo armato abbinato ad uno strato di materiale poroso di varie tipologie.

Lo strato portante assicura le proprietà fonoisolanti del pannello; lo strato poroso assicura le proprietà fonoassorbenti grazie alla sua geometria ed al materiale di cui può essere costituito (granuli di argilla espansa o lapillo vulcanico).

I due strati sono normalmente abbinati in fase di getto con la tecnica del fresco su fresco che assicura l'omogeneità del pannello se effettuata con tempi di getto ravvicinati in modo da garantire la contemporaneità del fenomeno di presa.

Esistono tuttavia altre modalità produttive quali la prefabbricazione separata dei moduli alleggeriti ed il successivo fissaggio meccanico allo strato portante.

Per questa tipologia di elementi acustici, la norma tecnica UNI EN 14992 contiene i riferimenti tecnici per le caratteristiche meccaniche, di sicurezza e durabilità.

L'eventuale colorazione dello strato fonoassorbente deve essere preferibilmente realizzata con pigmentazione dell'impasto mediante impiego di ossidi, al fine di non pregiudicare le proprietà fonoassorbenti del manufatto. Il ricorso a sistemi di colorazioni mediante vernici silicatiche o poliuretaniche è approvato se i test di fonoassorbimento sono effettuati sul pannello verniciato.

Le due tipologie di pigmentazione possono essere applicate indifferentemente per lo strato portante in calcestruzzo.

Qualora siano richieste unicamente proprietà fonoisolanti (esempio pannello di base di barriere antirumore) il pannello sarà realizzato in unico strato in cls armato.

3.2.5.1 Strato in cls armato

I pannelli che costituiscono la barriera saranno realizzati con calcestruzzo durevole avente requisiti di resistenza e porosità adeguati al tipo di protezione antifonica richiesta; in ogni caso la resistenza a compressione, secondo UNI EN 12390-3 non dovrà essere inferiore a 40 N/mm² e lo spessore del pannello non inferiore a 8 cm per ottenere uno spessore adeguato del copriferro.

I materiali utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo devono essere marcati CE, secondo il regolamento (UE) 305/2011 e Dlgs 106/2017, e devono soddisfare le norme richiamate dalla UNI EN 206.

Il cemento sarà di tipo Portland o pozzolanico conformi alla UNI EN 197-1. L'acqua d'impasto deve essere conforme alla norma UNI EN 1008. Gli additivi devono essere conformi alla norma UNI EN 934-2.

Gli aggregati devono essere conformi alle UNI EN 12620 e UNI 8520. In particolare, dovranno avere assorbimento inferiore al 2,5% e, per applicazioni in ambienti gelivi (classe di esposizione XF), inferiore all'1%. È possibile l'utilizzo degli aggregati di riciclo in conformità alla norma UNI 11104.

Il coefficiente di permeabilità, secondo UNI EN 12390-8, ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure preliminarmente ai getti su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, dovrà essere $K < 10^{-10} \text{ cm s}^{-1}$.

Le superfici di cemento o calcestruzzo dovranno essere protette con additivi idrofobizzanti inseriti in fase di confezionamento.

L'armatura sarà in reti elettrosaldate e/o barre d'acciaio ad aderenza migliorata del tipo B450C o B450A come da D.M. 17/01/2018.

Gli elementi che costituiscono la barriera saranno realizzati da una parte portante in calcestruzzo con i seguenti requisiti:

- spessore pannello: $\geq 5 \text{ cm}$
- rapporto acqua/cemento: $< 0,45$
- slump: $> 16 \text{ cm}$
- acqua essudata: $< 0,1\%$
- tipo di cemento: pozzolanico o altoforno
- contenuto in cemento: $< 450 \text{ Kg/m}^3$
- classe minima $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
- contenuto minimo di cemento in funzione del diametro massimo dell'aggregato:

Diametro (mm)	30	20	10
Cemento (kg/m^3)	380	400	450

A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta la prova del coefficiente di permeabilità ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1.400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure, preliminarmente ai getti, su provini cubici di spigolo di 150 mm: il valore minimo ammissibile è di 10^{-10} cm/s .

Le componenti in cemento o calcestruzzo dovranno essere additivate di soluzioni idrorepellenti o, in alternativa, trattate in superficie con soluzioni a base di silani, in modo che ne sia comunque garantita la impermeabilizzazione; tutti i trattamenti devono assicurare adeguate caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe ai cloruri agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche.

Il trattamento non deve sviluppare fumi o gas tossici in caso di incendio e deve consentire l'applicazione di opportuni prodotti vernicianti con funzione estetica funzionale.

Il trattamento impermeabilizzante non deve compromettere la permeabilità alle onde sonore: tale caratteristica sarà verificata secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1793-5.

Le proprietà fonoassorbenti (sono assicurate dallo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio). possono essere assicurate:

- da uno strato di calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio;
- da elementi modulari vibrocompressi realizzati in calcestruzzo di argilla espansa, pomice o legno mineralizzato al silicio e solidarizzati ad una struttura portante in calcestruzzo o in metallo. Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento base fonoassorbente, tale strato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
- massa volumica in mucchio (secondo la norma UNI EN 13055) compresa preferibilmente tra 350 e 600 Kg/m^3 , e comunque mai superiore a 1.100 Kg/m^3 ;
- cemento di tipo pozzolanico od altoforno dosato a 180÷350 Kg/m^3 di inerti;

- resistenza alla compressione dovrà essere in media di 5 N/mm², per pannelli con argilla espansa o pomice, e 2 N/mm² per pannelli con fibre di legno, se misurata su cubetti stagionati con lato 100 mm (norma UNI EN 12390-1);
- spessore dello strato potrà essere variabile e comunque non dovrà scendere al disotto di 4 cm;
- massa volumica non superiore a (1.200) 1.400 kg/m³ ;
- diametro massimo del granulo compreso tra 12 e 15 mm.

Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento fonoassorbente e congiuntamente strutturale e di alleggerimento dei manufatti prefabbricati, tale materiale dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- inerti leggeri costituiti da granuli in argilla espansa tipo T6 con massa volumica in mucchio compresa tra 600 e 800 Kg/m³
- massa volumica media del granulo 1 kg/l;
- diametro massimo del granulo compreso tra 12 e 15 mm;
- cemento di tipo pozzolanico od alto forno dosato a 350÷400 kg/m³ di inerti e non oltre ad evitare di intasare i pori con perdita di efficacia antirumore;
- resistenza caratteristica del calcestruzzo (R_{ck}) maggiore od uguale a 25 N/mm² e massa volumica non inferiore a 1200 kg/m³.

Il calcestruzzo di argilla espansa con cui vengono prodotti gli elementi vibrocompressi (blocchi o piastre) dovrà possedere una resistenza media a compressione, misurata su cubetti stagionati con lato 100 mm (norma UNI EN 12390-1), non inferiore a 5 N/mm².

In particolare si dovrà porre cura nella realizzazione del giunto tra i pannelli, tra pannello e montante e tra il pannello e il suolo.

Eventuali dispositivi per lo smaltimento delle acque al suolo, dovranno essere realizzati impedendo che le onde sonore possano propagarsi al di là dello schermo.

Tutte le fessure tra gli elementi in calcestruzzo saranno riempite con un sigillante che assicuri la perfetta tenuta acustica.

3.2.5.2 Strato fonoassorbente in argilla espansa o pomice

La superficie fonoassorbente del pannello è ottenuta con un getto di argilla espansa o pomice normalmente greco per incrementare la superficie fonoassorbente attiva.

I pannelli dovranno avere apposita protezione della struttura cellulare in argilla espansa o pomice esposta agli agenti atmosferici mediante applicazione in fase di confezionamento di additivi idrofobizzanti.

La protezione della superficie deve impedire l'assorbimento delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale.

La protezione nei confronti degli agenti atmosferici potrà essere realizzata in tempi successivi al processo produttivo, mediante trattamenti superficiali, effettuati in stabilimento o in cantiere, con impiego di una soluzione composta di acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione. Questo tipo di applicazione, avendo effetti sul fonoassorbimento del manufatto, comporta la certificazione di questa caratteristica per il pannello verniciato.

Nel caso di realizzazione del pannello stratificato con la tecnica del fresco su fresco, le caratteristiche dell'argilla espansa sono riportate in tabella.

<p>Metodi di prova e valori raccomandati di alcune proprietà dell'argilla espansa in granuli utilizzata in conglomerati cementizi non strutturali</p>

Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica in mucchio dei granuli di argilla espansa	UNI EN 13055-1	$350 \text{ kg/m}^3 \leq M_{va} \leq 850 \text{ kg/m}^3$
Diametro massimo dei granuli di argilla espansa	UNI EN 13055-1	$12 \text{ mm} \leq D_{\max} \leq 20 \text{ mm}$
Dosaggio del cemento (pozzolanico o Portland) per metro cubo di impasto		$200 \text{ kg/m}^3 \leq \text{Dosaggio} \leq 350 \text{ kg/m}^3$
Massa volumica del calcestruzzo di argilla espansa		$\leq 1200 \text{ kg/m}^3$
Spessore dello strato di calcestruzzo poroso		$\geq 40 \text{ mm}$
Resistenza media a compressione del calcestruzzo di argilla espansa misurata su cubetti stagionati con lato di 100 mm	UNI EN 1345	$\geq 5 \text{ N/mm}^2$

In alcune applicazioni vengono realizzati blocchi di argilla espansa vibrocompressi successivamente solidarizzati ad uno strato portante in calcestruzzo. Per questo tipo di applicazione le caratteristiche dell'argilla espansa sono riportate in tabella.

Metodi di prova e valori raccomandati di alcune proprietà degli elementi vibrocompressi fonoassorbenti in calcestruzzo di argilla espansa da solidarizzare ad una struttura portante		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica in mucchio dei granuli di argilla espansa	UNI EN 13055-1	$500 \text{ kg/m}^3 \leq M_{va} \leq 800 \text{ kg/m}^3$
Diametro massimo dei granuli di argilla espansa	UNI EN 13055-1	$\leq 20 \text{ mm}$
Dosaggio del cemento (pozzolanico o Portland) per metro cubo di impasto.		$\geq 200 \text{ kg/m}^2$
Massa volumica del calcestruzzo di argilla espansa		$\leq 1200 \text{ kg/m}^3$
Spessore dello strato di calcestruzzo poroso		$\geq 80 \text{ mm}$
Resistenza media a compressione del calcestruzzo di argilla espansa misurata su cubetti stagionati con lato di 100 mm	UNI EN 1345	$\geq 5 \text{ N/mm}^2$

Alternativamente all'argilla espansa, per realizzare lo strato fonoassorbente del pannello può essere utilizzato lapillo vulcanico o pomice che deve avere le caratteristiche riportate in tabella.

Metodi di prova e valori raccomandati di alcune proprietà dell'inerte naturale di pomice in conglomerati cementizi non strutturali.		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica in mucchio dell'inerte naturale di pomice	UNI EN 13055-1	$600 \text{ kg/m}^3 \leq M_{va} \leq 900 \text{ kg/m}^3$
Diametro massimo dei granuli	UNI EN 13055-1	$\leq 14 \text{ mm}$
Dosaggio del cemento (pozzolanico o Portland) per metro cubo di inerte		$200 \text{ kg/m}^3 \leq M_{va} \leq 350 \text{ kg/m}^3$

Massa volumica del calcestruzzo con inerte naturale di pomice		$\leq 1200 \text{ kg/m}^3$
Spessore minimo dello strato in calcestruzzo poroso		$\geq 40 \text{ mm}$
Resistenza media a compressione del calcestruzzo poroso di argilla espansa misurata su cubetti stagionati con lato di 100 mm	UNI EN 1345	$\geq 5 \text{ N/mm}^2$

3.2.6 Rivestimenti muri e gallerie

Si tratta di elementi con funzioni esclusivamente fonoassorbenti, per i cui requisiti si rimanda a quanto riportato per i materiali fonoassorbenti § 36.2.2.

3.2.6.1 Pannelli in laterizio

Il principio su cui si basa l'assorbimento di tali pannelli deriva dalla proprietà che una cavità possiede di attenuare il rumore per risonanza e dalla capacità di materiale.

La massa d'aria contenuta all'interno della cavità sotto l'effetto delle onde sonore incidenti, si pone in vibrazione ed attraverso lo smorzamento dovuto ai molteplici urti sulle pareti ne trasforma l'energia in calore.

L'assorbimento per risonanza, essendo legato alle dimensioni del foro di ingresso e della cavità, funziona per una specifica frequenza, il diagramma del coefficiente di Sabine presenterà allora una cuspide in corrispondenza della frequenza caratteristica descritta: si può quindi ottenere un elevato valore dell'assorbimento per suoni incidenti con frequenza compresa tra i 100 ed i 1.000 Hz.

La struttura portante di tali schermature è generalmente costituita da pilastri in cemento armato.

Varianti di questo tipo di pannelli si possono ottenere con blocchi di cemento anch'essi dotati di cavità risonanti.

3.2.7 Barriere integrate rumore e sicurezza

Si tratta di sistemi che svolgono contemporaneamente le funzioni di protezioni antirumore e barriere di sicurezza antisivio.

Gli elementi che svolgono le funzioni acustiche possono essere costituiti da pannelli di diverso materiale, con caratteristiche comunque conformi a quanto dettagliato nei § precedenti.

Gli elementi che svolgono le funzioni di sicurezza, operando congiuntamente agli elementi acustici, devono avere caratteristiche funzionali tali da soddisfare quanto definito nel Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 giugno 2004 e quanto disciplinato nell'art 37 di questo capitolato speciale.

3.2.8 Sistemi di copertura a "baffles"

Si tratta di un sistema di copertura a cielo aperto ottenuta con pannelli fonoisolanti/fonoassorbenti sospesi (baffles) sulla sede stradale così da formare una griglia in grado di attenuare l'onda acustica e garantire lo smaltimento dei fumi; integrati con altri sistemi di copertura (trasparente o cieca) consentono di gradualizzare il livello di luminosità all'interno della copertura.

I pannelli tipo baffles sono generalmente costituiti da un involucro metallico e materassino fonoassorbente/fonoisolante interno con caratteristiche rispondenti alle specifiche elencate al paragrafo 36.2.2.

Dal punto di vista prestazionale è richiesta la qualificazione acustica del sistema con l'effettuazione di un test di fonoarrobimento secondo la UNI EN 1793-1 (valori di $DL_a > 11$ dB) e fonoisolamento secondo la norma UNI EN 1793-2 (valori di $DL_R > 12$ dB). Il campione deve essere rappresentativo del sistema di copertura e costituito quindi da una porzione di grigliato a baffles montato nella camera di prova così come previsto dagli elaborati progettuali, rispettando cioè le quote relative agli interassi fra i pannelli.

Sono inoltre richieste le prove di prequalifica acustica sul prodotto come riportato al capitolo 35.1.1. Considerata la modalità di impiego dei pannelli baffles, è richiesta la verifica strutturale prevista al paragrafo 36.1.2 relativa ai carichi aerodinamici e statici.

Relativamente ai requisiti di sicurezza e compatibilità ambientale occorre siano prodotti i certificati di comportamento in presenza di fuoco (rif. par. 36.1.3.2 e le attestazioni relative ai materiali come elencato nel paragrafo 36.1.3.6).

3.2.9 Diffrattori di sommità per barriere

Si tratta di dispositivi che installati sulla sommità delle barriere antirumore agiscono sull'onda diffratta migliorando le prestazioni globali della barriera stessa.

Sono in genere elementi lineari collegati alla struttura portante della barriera e costituiti da un guscio metallico con materassino interno fonoassorbente. In questi casi le loro caratteristiche tecniche devono essere rispondenti alle specifiche elencate al paragrafo 36.2.2.

Dal punto di vista acustico è prevista l'effettuazione del test di diffrazione del bordo superiore (rif. Par. 36.1.1.3).

Relativamente alle prove di tipo statico deve essere verificata la resistenza ai carichi (rif. par. 36.1.2.1).

Relativamente alla sicurezza in esercizio devono essere verificati i sistemi anticaduta ed il comportamento in presenza di fuoco (rif. par. 36.1.3.1 e 36.1.3.2).

3.2.10 Biomuri in calcestruzzo armato vibrato

I biomuri in calcestruzzo sono costituiti da una griglia spaziale tridimensionale di elementi prefabbricati in conglomerato cementizio armato vibrato, che, incastrati o comunque collegati fra di loro, realizzano un'intelaiatura avente larghe superfici aperte, atta però a contenere materiale di riempimento a matrice terrosa di modo che la struttura prefabbricata, a regime, possa restare pressoché totalmente immersa all'interno dell'inverdimento del proprio paramento frontale.

Gli elementi prefabbricati costituenti il muro devono essere modulari e vincolabili, atti a qualsivoglia configurazione planimetrica, comprese le curvilinee. Inoltre gli elementi costituenti le parti frontali esterne della barriera devono essere sagomati in modo da evitare la fuoriuscita del terreno di riempimento, garantendo nel contempo la minima presenza di calcestruzzo prefabbricato in facciata e la massima capacità di accogliere le essenze arbustive e/o erbacee.

Le strutture costituenti l'intelaiatura devono avere conformazioni e sagome tali da realizzare una struttura autostabile. Devono altresì poter essere applicate in collegamento con strutture similari utilizzate per il sostegno di terrapieni per le conformazioni a duna.

I suddetti elementi prefabbricati saranno realizzati con calcestruzzo durevole avente requisiti di resistenza e porosità adeguati al tipo di protezione antifonica richiesta; in ogni caso la resistenza a compressione, secondo UNI EN 12390-3 non dovrà essere inferiore a 40 N/mm² e lo spessore dell'elemento tale da garantire uno spessore adeguato del copriferro.

I materiali utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo devono essere marcati CE, secondo il regolamento (UE) 305/2011 e Dlgs 106/2017, e devono soddisfare le norme richiamate dalla UNI EN 206.

Il cemento sarà di tipo Portland o pozzolanico conformi alla UNI EN 197-1. L'acqua d'impasto deve essere conforme alla norma UNI EN 1008. Gli additivi devono essere conformi alla norma UNI EN 934-2.

Gli aggregati devono essere conformi alla UNI EN 12620 e UNI 8520. In particolare dovranno avere assorbimento inferiore al 2,5% e per applicazioni in ambienti gelivi (classe di esposizione XF) inferiore all'1%. È possibile l'utilizzo degli aggregati di riciclo in conformità alla norma UNI 11104.

Il coefficiente di permeabilità, secondo UNI EN 12390-8, ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure preliminarmente ai getti su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, dovrà essere $K < 10^{-10}$ cm s⁻¹.

L'armatura sarà in reti elettrosaldate e/o barre d'acciaio ad aderenza migliorata del tipo B450C o B450A come da D.M. 17/01/2018.

A richiesta del Committente gli elementi prefabbricati possono presentare colorazioni a seguito di pigmentazione dell'impasto di calcestruzzo.

La colorazione dell'impasto di cemento ed aggregati avverrà utilizzando ossidi di ferro, pigmenti insolubili in acqua, resistenti agli alcali ed aventi ottima stabilità alla luce e alle intemperie.

I contenitori andranno riempiti con materiale a matrice terrosa, con la tolleranza di una quota-parte fino ad una percentuale pari al 25% di materiale a matrice pietroso-lapidea, diametro massimo di 15 cm, a fungere da scheletro.

Detto materiale di riempimento ha la funzione di configurarsi come massa resistente nei confronti della propagazione del rumore oltre che la funzione di conferire stabilità all'opera di attenuazione dei fenomeni acustici, ma altresì soprattutto la funzione di substrato per lo sviluppo della vegetazione; deve quindi essere esente da qualsivoglia sostanza inquinante e comunque possedere caratteristiche tali da non ostacolare o addirittura impedire la buona propagazione al suo interno della radicazione delle essenze messe a dimora nello strato superficiale più ricco di terreno agrario.

L'impianto delle essenze deve essere preceduto dalla rimozione di eventuali materiali estranei quali detriti, ciottoli, radici e/o eventuali erbe infestanti.

Per assicurare la massima velocità di sviluppo delle pianticelle il paramento frontale del biomuro deve essere arricchito con la somministrazione di terreno agrario prelevato ad una profondità massima di 0.50 m, privo di pietre, tronchi, rami, radici e loro parti che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera, e chimicamente neutro (pH 6,5-7). La quantità di scheletro non dovrà eccedere il 5% del volume totale e la percentuale di sostanza organica non dovrà essere inferiore al 2%. L'Appaltatore, prima di effettuare il riporto del terreno agrario, altrimenti denominabile terra di coltivo, dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della Direzione Lavori e dovrà, se richiesto, disporre a proprie spese l'esecuzione delle analisi di laboratorio per ogni tipo di suolo. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente capitolato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo, pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo S.I.S.S.. Detto terreno agrario dovrà essere privo di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante e dovrà inoltre essere mescolato con terriccio, torba o compost di origine ligneo-cellulosica sufficientemente stabilizzato dal punto di vista microbiologico in ragione di almeno 20 litri per m² di superficie frontale, compresa altresì la distribuzione di concime minerale complesso a lenta cessione da spandere prima della definitiva sistemazione del terreno.

La messa a dimora delle essenze deve essere effettuata avendo cura di non danneggiare né l'apparato radicale né la parte epigea, distanziando opportunamente le pianticelle in base alle esigenze della singola specie e provvedendo alla leggera compattazione manuale del terreno in prossimità del colletto radicale.

La scelta delle specie vegetali da inserire nei Muri Cellulari inverdibili a reticolo spaziale deve essere effettuata fra le essenze erbacee e/o arbustive nelle varietà tappezzanti, ricadenti e/o rampicanti; le

pianticelle dovranno essere vigorose e di buon sviluppo, provviste di buon apparato radicale, esenti da fitopatie e sintomi di carenze e da postumi di attacchi parassitari, non manifestanti segni di grandinata; dovranno inoltre soddisfare le esigenze qui di seguito elencate, temperandole in maniera il più possibile efficace, nei casi in cui le stesse risultino contrapposte:

- adattamento al clima generale della zona
- adattamento al microclima della barriera a reticolo spaziale, caratterizzato da possibili minori apporti idrici meteorici, maggiori temperature massime giornaliere e stagionali e più elevata escursione termica;
- capacità biotecniche di ricoprimento e consolidamento;
- ottimo sviluppo radicale (per resistere alle sollecitazioni meccaniche prodotte dall'effetto aerodinamico del passaggio di veicoli ed automezzi), discreto sviluppo epigeo (necessario per coprire il più possibile la vista degli elementi strutturali), avendo cura dal lato carreggiata stradale di scegliere essenze a sviluppo esterno contenuto per salvaguardare la percorribilità del camminamento di ispezione e/o di manutenzione;
- buona possibilità di inserimento nel contesto ambientale circostante;
- appartenenza al patrimonio botanico locale, il più adatto a rispondere alle esigenze sopraesposte di adattabilità al clima della zona e di migliore effetto di inserimento nell'ambiente circostante, con possibilità di intercalare anche piante di origine diversa ma ben inseribili nel particolare contesto ambientale, per tener conto degli altri fattori elencati.

In condizioni climatiche o microclimatiche particolari o comunque laddove si ravvisa la necessità di accelerare il processo di attecchimento delle pianticelle, la barriera a reticolo spaziale potrà essere dotata di impianto irriguo a somministrazione localizzata.

L'impianto, fisso ed automatizzato, sarà alimentato dalla rete idrica pubblica e/o da pozzi specificatamente eseguiti in prossimità dell'intervento e sarà costituito da rete di distribuzione a goccia e verrà di volta in volta opportunamente dimensionato.

3.2.10.1 Biomuri in calcestruzzo armato vibrato a basso ingombro trasversale

I biomuri inverdibili in cemento armato vibrato a basso ingombro trasversale sono sistemi antirumore a parete doppia ed a limitato ingombro trasversale (dimensione trasversale nel punto di massimo ingombro minore di 1 m) costituiti da doppia facciata inverdibile, oppure da una sola facciata inverdibile con la facciata opposta realizzata con pannelli fonoassorbenti oppure semplicemente fonoisolanti, in conformità alla necessità.

Essi sono ottenuti mediante l'inserimento di elementi prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato, tra loro variamente composti, per sovrapposizione nel senso dello sviluppo in altezza, in linea di principio su montanti di sostegno in profilato metallico. Sempre in linea di principio i montanti metallici, eventualmente sostituibili con elementi di sostegno prefabbricati in cemento armato vibrato o altro materiale, devono risultare totalmente mascherati od inglobati all'interno della struttura finita. I suddetti elementi prefabbricati formano dei contenitori tra loro comunicanti, aventi sulla facciata e/o sulle facciate inverdibili larghe superfici aperte; al loro interno viene posto il materiale di riempimento costituito interamente da una miscela di inerti miscelati a materiale di origine vulcanica, argille speciali, concimi minerali complessi a lenta cessione ed ammendanti organici (torbe, fibre naturali, cortecce) con funzione di substrato per lo sviluppo della vegetazione le cui percentuali componenti varieranno in relazione sia alle specie vegetali impiegate sia alle condizioni microclimatiche del sito e saranno quindi oggetto, di volta in volta, di specifica definizione.

Gli elementi costituenti le pareti frontali inverdibili della barriera acustica sono sagomati in modo da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento per dilavamento, senza impiego di alcun mezzo di ritenzione aggiuntivo (geosintetici), garantendo nel contempo la minor superficie possibile di calcestruzzo in vista.

Per determinare le caratteristiche costruttive delle singole parti componenti i biomuri inverdibili a basso ingombro trasversale, si fa riferimento alle specifiche tecniche di competenza ed in particolar modo a quelle relative ai pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti in c.a., agli elementi prefabbricati in c.a per realizzazione di biomuri, ed alle essenze per l'inverdimento.

Questo particolare tipo di barriera acustica, vista la esigua quantità di substrato all'inverdimento legata alle limitate dimensioni di ingombro trasversale deve sempre essere dotata di impianto irriguo a somministrazione localizzata.

L'impianto, fisso ed automatizzato, sarà alimentato dalla rete idrica pubblica e/o da pozzi specificatamente eseguiti in prossimità dell'intervento e sarà costituito da rete di distribuzione a goccia e verrà di volta in volta opportunamente dimensionato.

3.2.11 Pannelli realizzati con altri materiali

Ove vengano adottati pannelli realizzati con materiali diversi da quelli indicati o integrati con sistemi innovativi di attenuazione del rumore, dovranno essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali ai fini acustici, strutturali, di sicurezza, durabilità e di corretto inserimento paesaggistico/ambientale, nonché la casistica delle situazioni similari in cui sono stati applicati, corredata delle certificazione degli Enti appaltanti.

Detti prodotti devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione del Committente.

3.2.12 Carpenteria metallica portante

I sistemi antirumore sono soggetti a collaudo statico e pertanto agli elementi di carpenteria metallica eventualmente costituenti la barriera si applicano i contenuti di cui all'articolo 25 di questo capitolato mentre gli elaborati progettuali definiscono ed individuano compiutamente le caratteristiche meccaniche, geometriche, chimiche e fisiche e i tipi di profilati da impiegare.

Per la protezione contro la corrosione degli elementi di carpenteria metallica di cui al presente articolo si applicano i contenuti di cui all'articolo 25bis di questo capitolato.

3.2.13 Accessori

I sigillanti e le guarnizioni devono garantire nel tempo l'ermeticità acustica e deve quindi resistere all'invecchiamento da agenti naturali (raggi UV, variazioni di temperatura, ecc.).

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento.

3.2.14 Particolarità costruttive della barriera

La geometria della barriera indicata negli elaborati grafici dovrà essere rigorosamente rispettata in fase di esecuzione. Qualora si rendano necessari adattamenti del profilo, si richiede la preventiva approvazione del progettista.

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori previsti a Progetto, scelti per una corretta integrazione dell'opera con l'ambiente circostante.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare per i pannelli composti l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli e non ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra pannello inferiore della parete e superficie di appoggio. Le soluzioni costruttive devono consentire la rimozione della barriera senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio dovranno essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Dovranno essere previsti dispositivi atti a impedire l'asportazione dei pannelli.

Qualora previsto a Progetto tutte le componenti metalliche della barriera devono essere rese equipotenziali e collegate all'impianto di messa a terra elettrico.

Per le modalità di messa a terra e per il dimensionamento elettrico dell'impianto si dovrà fare riferimento alla Norma CEI 9.6 vigente.

3.2.15 Protezione ambientale

Ai fini della protezione dell'uomo e dell'ambiente, per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione delle barriere antirumore, si applicano le prescrizioni di cui alla Norma UNI EN 1794-2, allegato C. Per i materiali dovranno essere fornite anche le schede dei dati di sicurezza secondo il D.Lgs 16/07/1998, n. 285.

In ogni caso non è ammesso l'uso di materiali per la cui produzione occorranzo sostanze previste dagli elenchi riportati dal Decreto Ministero della Sanità del 29/07/1994.

3.2.16 Conformità di produzione

L'appaltatore deve essere in possesso della certificazione del sistema di gestione della qualità secondo UNI EN ISO 9001⁴.

Per le costruzioni saldate il Costruttore deve essere in possesso della certificazione ai sensi della Norma UNI EN ISO 3834 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà dell'appalto.

Tutti i materiali devono pervenire in cantiere provvisti di certificazione di provenienza, effettuata dal fornitore, completa di manuale della qualità attestante le procedure messe in atto per garantire la conformità di produzione.

In particolare devono essere esplicitate le procedure attraverso cui si garantiscono le caratteristiche acustiche e non acustiche dei prodotti, come riportate nel § 36.1.2 sia per quanto riguarda l'approvvigionamento delle materie prime, la selezione dei fornitori, le fasi di lavorazione (capacità di processo), le prove di laboratorio ed il trattamento delle non-conformità.

Al fine di definire comuni criteri di controllo validi per tutti i Fornitori, il Committente può predisporre visite valutative presso le unità produttive del Fornitore: tali visite potranno essere svolte sia in fase di preselezione che di fornitura dei materiali, e, nel caso di gravi inadempienze, potranno dar luogo sia a prescrizioni vincolanti che alla sospensione della fornitura.

3.2.17 Resistenza al fuoco

Tutte le barriere devono garantire un grado di resistenza al fuoco, secondo il D.M. 9.03.2007, il D.M. 09.05.2007.

L'esigenza minima dovrà essere il rispetto della classe REI 30.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A, secondo DIN 2102).

Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi; dopo un tratto di 30 m di pannelli non infiammabili per almeno 6 m di lunghezza.

In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

⁴ Sostituisce la norma UNI EN ISO 9001;

3.2.18 Colorazioni

Su richiesta, i pannelli dovranno essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL e NCS previsti in progetto.

La tonalità di colore dovrà variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, saranno ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate.

Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni di colore non superiori a 3 unità della scala dei grigi per la barriera nel suo insieme.

3.2.19 Tenuta acustica

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc..

Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannelli è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati di progetto.

3.2.20 Resistenza agli agenti atmosferici

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua.

In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia fra pannello e pannello, sia fra pannello inferiore della barriera e superficie di appoggio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

3.2.21 Sistemi di fissaggio per prevenire l'asportazione dei pannelli

Nei casi in cui l'installazione delle protezioni consenta un facile accesso alla parte retrostante della barriera, deve essere predisposto un sistema/metodo per impedire l'asportazione dei pannelli; il progetto di tale sistema/metodo deve essere preventivamente sottoposto all'approvazione della D.L..

3.2.22 Sistemi antigraffiti

Nei casi in cui l'installazione delle protezioni consenta un facile accesso alla barriera, devono essere predisposti dei sistemi/prodotti in grado di ridurre/minimizzare atti vandalici, in particolare l'imbrattamento delle pareti mediante graffiti.

3.2.23 Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto è previsto nella relazione di calcolo e negli elaborati progettuali.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrali e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. 14 febbraio 1992 sopraccitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per ogni unione con bulloni, l'Appaltatore effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Appaltatore dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata e in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

La geometria è indicata negli elaborati grafici di progetto e va assolutamente rispettata.

Salvo eventuali modifiche, da sottoporre all'approvazione, i montanti vanno messi in opera ortogonalmente rispetto alla livelletta fino a che questa non superi la pendenza del 3%.

Per pendenze superiori è ammesso il montaggio scalettato con passo da stabilire di volta in volta.

In questo caso la distanza da terra del bordo superiore dei pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista ai fini della fonoassorbenza.

Per quanto possibile ogni interruzione della barriera deve essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza pari almeno all'interruzione più due volte la distanza tra la barriera principale e barriera arretrata.

Sui viadotti, ponti o altri luoghi, o per revisione di progetto, o su richiesta, può essere previsto che una o più file inferiori di pannelli non siano fonoassorbenti per un'altezza di circa 1 m, conservando però le loro proprietà fonoisolanti.

Per il resto (aspetto esterno, protezione anticorrosiva, ecc.) essi devono corrispondere il più possibile ai pannelli superiori.

Tale fascia inferiore potrà essere costituita da muretti, parapetti o simili.

I collegamenti ai manufatti, alle porte di emergenza, i giunti di dilatazione, ecc. dovranno essere realizzati, mediante dispositivi a tenuta acustica, a regola d'arte.

Anche fra i montanti ed i pannelli devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche.

Allo scopo di evitare la propagazione delle onde sonore dovute all'irregolarità delle superfici in calcestruzzo, tra i pannelli e le lastre prefabbricate (e rispettivamente tra i pannelli e le fondazioni in calcestruzzo) deve essere previsto un elemento sigillante.

Laddove, sui ponti, viadotti, ecc., anche a causa della presenza delle piastre ai piedi dei montanti, si crea un interstizio tra pannelli e cordolo, il fornitore deve proporre un dispositivo acusticamente ermetico che non causi però il ristagno di acqua tra calcestruzzo e pannelli.

Per ragioni di sicurezza, tutti i materiali utilizzati devono essere difficilmente infiammabili in modo da escludere ogni pericolo d'incendio.

Nei casi in cui le barriere acustiche siano ad una distanza inferiore a 10 m da edifici od oggetti dove esiste pericolo d'incendio, esse devono essere costituite da materiale non infiammabile (classe A, secondo DIN 2102).

Per barriere acustiche costituite da elementi difficilmente infiammabili, ma tuttavia combustibili, sarà necessario impiegare montanti non combustibili in grado di agire da sbarramento antincendio tra i pannelli stessi.

In caso di incendio i materiali non devono produrre gas tossici.

Su richiesta, i pannelli devono essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL; in mancanza di indicazioni il colore standard sarà il RAL 6021.

La tonalità di colore deve variare il meno possibile, ma in nessun caso in modo vistosamente irregolare (non sono ammesse formazione di macchie).

Solo dietro consenso da parte della Direzione Lavori, sono ammesse barriere con variazioni cromatiche rispetto a quelle sopra riportate.

Durante il periodo di garanzia sono accettabili variazioni di colore non superiori a due unità della scala dei grigi per pannelli adiacenti e variazioni di colore non superiori a 3 unità della scala dei grigi per la barriera nel suo insieme.

La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc..

Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannello è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati del progetto costruttivo predisposto dal Fornitore.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua.

In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare fra i singoli pannelli o fra il pannello inferiore e superficie di appoggio.

Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura.

Per tutti i pannelli disposti su opere d'arte (ponti, viadotti, sovrappassi), costituenti coperture della carreggiata stradale (sia sistemi baffles che coperture totali) o per i pannelli posti a distanza da edifici abitativi inferiore a 10 m, deve essere predisposto un sistema di ritenuta/aggancio che impedisca il distacco/caduta dalle strutture portanti (tale prescrizione vale anche nel caso di pannelli di classe C3 o C6 testati secondo la procedura di cui alla UNI EN 1794-2, appendice B).

In tutte le fasi esecutive, comprese le fasi di preparazione e di sistemazione finale delle aree, per gli aspetti e le problematiche relative a temi ambientali, quali impatti acustici e vibrazionali, emissioni in atmosfera, impatto sulle acque superficiali, sotterranee e sul suolo, impatti sulla componente fauna e vegetazione, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente, alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale, nonché alle condizioni ambientali contenute nelle autorizzazioni ed alle disposizioni del Capitolato Ambientale allegato al progetto esecutivo.

3.2.24 Porta di servizio

Le porte di servizio, ove necessarie e/o richieste nel Progetto, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla sede stradale, in genere, con gli stessi elementi acustici costituenti il sistema antirumore. In corrispondenza di tali porte devono essere previste scale di servizio in conformità alle norme di sicurezza vigenti.

Le porte di servizio devono essere adeguatamente segnalate (vedere la Norma UNI EN 1794-2).

Le porte di servizio devono avere dispositivi di apertura:

- azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi (preferibilmente una chiave unica per ogni tratto omogeneo del sistema antirumore);
- azionabili dall'interno con maniglione di tipo "antipánico" senza richiedere l'uso di chiavi.

Ove ne sia previsto l'impiego, la progettazione di dette porte di servizio e la loro dislocazione lungo l'opera, deve essere preventivamente approvata dal committente.

Per le porte di servizio è richiesto un indice di valutazione del potere fonoisolante in conformità alla Norma UNI EN 1793-2 (DL_R), calcolato utilizzando lo spettro normalizzato di rumore per la tipologia di veicoli transitanti sull'infrastruttura di trasporto, che ricada nella medesima categoria di quello degli elementi acustici impiegati.

3.2.25 Cannello antirumore, scorrevole motorizzato

Quando previsto in progetto, per la chiusura di varchi di accesso sarà prevista la posa in opera di cancello scorrevole composto da elementi strutturali metallici:

- in acciaio in profilati del tipo HE/IPE con caratteristiche meccaniche non minori di quelle del tipo S235JR in conformità alla Norma UNI EN 10025 e zincati a caldo, in conformità alla Norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non minore di 85 μm previo ciclo di sabbiatura SA 2,5 oppure trattamento di decapaggio chimico.

Inoltre, è richiesto un ulteriore trattamento della superficie, subito dopo la zincatura, consistente in mano di fondo e verniciatura.

Tali trattamenti dovranno essere effettuati secondo quanto stabilito dalla norma UNI 11160;

oppure:

- in acciaio Cor-Ten con caratteristiche e prestazioni secondo quanto previsto all'art. 25 di questo capitolato speciale d'appalto;

secondo le indicazioni di progetto.

Il montante verrà fissato al cordolo in calcestruzzo per mezzo di piastre di base che devono essere realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche non minori di quelle del tipo S235JR in conformità alla Norma UNI EN 10025, e tirafondi annegati nei getti di fondazione.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere almeno di 200 μm in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Le caratteristiche prestazionali acustiche e non acustiche devono rispettare il Capitolato Speciale di Appalto nonché le Norme tecniche di Prodotto e le Linee Guida redatte dall'ANAS.

Il pannello è così composto:

- I gusci in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di 1,5 mm, devono presentare almeno un lato forato, con una percentuale di vuoto su pieno compreso in un intervallo tra il 30% ed il 40%;
- Materiale fonoassorbente composto da un materassino di materiale fonoassorbente riciclabile nel rispetto della normativa vigente avente spessore minimo di 50 mm;
- Ferramenta in acciaio zincato e/o acciaio inox 304;

- Guarnizione in EPDM con durezza compresa tra 65 shores e 75 shores, per evitare eventuali passaggi di onde sonore ed aumentare la stabilità del pannello stesso all'interno del profilo HE;

La lamiera in lega di alluminio deve essere in lega Alluminio-Magnesio-Manganese (Al-Mg-Mn) del gruppo 3xxx in conformità alla UNI EN 573-1.

La verniciatura dei gusci metallici deve prevedere uno spessore maggiore di 60 µm in conformità alla UNI EN ISO 2360.

I film di vernice devono avere tutti i requisiti specificati nel prospetto 6 della UNI 11160.

Il materiale fonoassorbente deve comunque soddisfare la norma UNI 11160.

Gli elementi accessori metallici devono essere in acciaio inox o zincati a caldo (ad eccezione delle piastre di base, per le quali vale quanto indicato per gli elementi strutturali).

Quando previsto in progetto, le pannellature saranno in acciaio Cor-Ten conformi a quanto riportato all'art. 3.2.1.5 "*Pannelli in acciaio Cor-Ten*".

È altresì compresa la fornitura e posa in opera dei seguenti componenti necessari per la motorizzazione:

- Motore per automazione cancello scorrevole con centrale di comando;
Motoriduttore elettromeccanico irreversibile con ingranaggi totalmente in metallo e corpo in alluminio; sistema di fine corsa magnetico
- cremagliera zincata;
- piastra di fondazione;
- radioricevente completa di antenna;
- coppia di fotocellule ad incasso;
- lampeggiatore;
- pulsante di apertura a chiave;
- n° 2 tastiere a codice numerico antivandalo con pulsanti retroilluminati;
- n° 4 coste di sicurezza antischiacciamento altezza minima 2,00 m.

Quando previsto in progetto o richiesto dalla D.L., nell'anta del cancello scorrevole sarà realizzata una porta di servizio aventi caratteristiche e prestazioni come descritte all'art. 3.2.24 "*Porta di servizio*".

3.3 Collaudo acustico della barriera antirumore

Le prestazioni globali della barriera antirumore (insertion-loss) verranno verificate entro 90 d dalla data di conclusione dei lavori e verranno eseguite ripetendo nelle medesime postazioni di misura, i rilievi ed i monitoraggi acustici effettuati in fase di progetto: i dati delle misure verranno normalizzati ai valori di traffico previsti a progetto (volumi, velocità e composizione) secondo le procedure descritte nella relazione acustica esecutiva.