

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PARTE SECONDA

NORME TECNICHE

UNITÀ DI MISURA SECONDO IL SISTEMA (SI)

Grandezza	Nome	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Forza	newton	N
Pressione	tensione Pascal	Pa
Energia	joule	J
Potenza	watt	W
Tensione	volt	V
Volume	metro cubo - litro	m ³ - l
Tempo	giorno - ora - minuto - secondo	d – h – min - s

PREMESSA

N.B.: Per eventuali citazioni e/o richiami riportati negli elaborati di progetto, in luogo di "Norme Tecniche", deve intendersi "Capitolato Speciale d'Appalto, Parte II – Norme Tecniche".

INDICE

PARTE I NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI	5
1 PANNELLI ACUSTICI	5
1.1 Caratteristiche generali.....	5
1.2 Caratteristiche acustiche	7
1.2.1 Descrizione metodologie di misura	7
1.3 Caratteristiche non acustiche.....	8
1.3.1 Resistenza ai carichi dovuti al peso proprio, vento e sovrappressione di transito dei veicoli.....	8
1.3.2 Impatto di oggetti.....	9
1.3.3 Sicurezza in caso di collisione	9
1.3.4 Carico della neve.....	9
1.3.5 Resistenza al fuoco	9
1.3.6 Caduta di frammenti.....	10
1.3.7 Protezione ecologica.....	10
1.3.8 Riflessione della luce	11
1.4 Prescrizioni costruttive e funzionale dei pannelli antirumore	11
1.4.1 Pannelli in acciaio (al carbonio ed inox)	11
1.4.2 Pannelli in alluminio	13
1.4.3 Pannelli in acciaio Cor-Ten.....	13
1.4.4 Materiale fonoassorbente	14
1.4.5 Pannelli trasparenti	15
1.4.5.1 Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA).....	15
1.4.5.2 Pannelli trasparenti con lastre in vetro stratificato.....	17
1.4.5.3 Mitigazioni ambientali per l'avifauna	18
1.4.6 Pannelli di copertura	19
1.4.7 Pannelli in calcestruzzo.....	19
1.4.8 Pannelli misti	21
1.4.9 Rivestimenti muri e gallerie.....	21
1.4.10 Barriere in calcestruzzo con funzioni integrate di antirumore e sicurezza, complete di dispositivi fonoassorbenti selettivi per campi di frequenza	21
1.4.11 Pannelli in legno	21
1.4.12 Pannelli in materiale plastico.....	22
1.4.13 Pannelli in laterizio	22
1.4.14 Barriere integrate rumore e sicurezza	23
1.4.15 Baffles	23
1.4.16 Sigillanti, guarnizioni ed accessori metallici.....	23
1.5 Prove di accettazione dei materiali	24
1.6 Caratteristiche costruttive	27
1.6.1 Protezione ambientale	27
1.6.2 Conformità di produzione.....	28
1.6.3 Resistenza al fuoco	28
1.6.4 Colorazioni	28
1.6.5 Tenuta acustica.....	29
1.6.6 Resistenza agli agenti atmosferici.....	29

1.6.7	Sistemi di fissaggio per prevenire l'asportazione dei pannelli.....	29
1.6.8	Sistemi antigraffiti.....	29
1.6.9	Montaggio	30
1.7	Particolarità costruttive della barriera	32
1.8	Collaudo acustico della barriera antirumore	32
2	<i>MONTANTI METALLICI ED ELEMENTI STRUTTURALI</i>	33
2.1	Prescrizioni ed oneri generali.....	33
2.2	Requisiti del costruttore	33
2.3	Requisiti dell'Ente di Controllo Designato	34
2.4	Requisiti generali.....	35
2.4.1	Utilizzo di Acciaio Cor-Ten	35
2.4.1.1	Cort-Ten A.....	36
2.4.1.2	Cort-Ten B.....	37
2.4.1.3	Cort-Ten C.....	38
2.4.1.4	Ulteriori informazioni	38
2.5	Unioni	40
2.5.1	Unioni bullonate	40
2.5.2	Norme di riferimento.....	40
2.5.2.1	Classi dei bulloni	40
2.5.2.2	Prescrizioni e controlli	41
2.5.3	Unioni saldate.....	41
2.5.3.1	Norme di riferimento.....	41
2.5.3.2	Tipi di saldatura	41
2.5.3.3	Prescrizioni e controlli	41
2.6	Saldature.....	42
2.6.1	Norme di riferimento.....	42
2.7	Accessori metallici	42
2.8	Zincatura	43
2.8.1	Prescrizioni ed oneri particolari.....	43
2.8.2	Controlli qualità	43
2.9	Verniciatura.....	44
2.9.1	Verniciatura a polvere	45
2.9.1.1	Normative di riferimento.....	45
2.9.2	Operazioni di ritocco.....	46
2.9.3	Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche).....	46
2.9.4	Prove di accettazione dei prodotti	48
2.9.5	Prescrizioni ed oneri particolari.....	48
2.9.6	Controlli qualità	48
2.9.7	Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente.....	49

PARTE I

NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

1 PANNELLI ACUSTICI

1.1 Caratteristiche generali

Le barriere dovranno essere realizzate secondo quanto previsto negli elaborati di progetto.

Le stesse sono state predisposte per soddisfare le problematiche di inserimento ambientale consentendo la conservazione delle visuali medie e lunghe da parte dei residenti.

Il presente documento specifica le caratteristiche dei materiali e dei sistemi costituenti le barriere antirumore e dettaglia le prove a cui essi devono essere sottoposti; nel presente documento vengono dettagliate le procedure finalizzate a garantire l'idoneità all'impiego e la durabilità delle installazioni antirumore prendendo in considerazione sia i requisiti minimi previsti dalla marcatura CE che le prescrizioni tecniche particolari richieste dalla Committente per lo specifico intervento.

Si evidenzia inoltre che ulteriori prescrizioni sono riportate negli elaborati grafici del progetto esecutivo.

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.

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 9001:2015¹ 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" e negli elaborati grafici del progetto esecutivo.

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 for-

¹ Sostituisce la norma UNI EN ISO 9001:2008;

nitura, 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 singoli.

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-sito, 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, DLRI, che per l'indice di fonoisolamento, DLSI.

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, sono anche 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 sito, 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, DLRI che per l'indice di fonoisolamento, DLSI.

In caso di mancato rispetto dei valori sopra esposti, il fornitore 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.

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

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

1.2 Caratteristiche acustiche

Le seguenti prescrizioni sono finalizzate a garantire che per la realizzazione dell'intervento siano impiegati materiali e prodotti con caratteristiche conformi a quanto previsto dalla marcatura CE secondo norma UNI-EN 14388 edizione 2005.

Per ciascuna delle caratteristiche sottoelencate, la "Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni" specifica le classi o i valori minimi ammissibili.

1.2.1 Descrizione metodologie di misura

1) Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico, metodo UNI EN 1793-1:21017:

I pannelli sono montati secondo quanto prescritto dalla norma ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di assorbimento acustico, DL_{α} , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI-EN 1793-3:1999;

2) Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diffuso, metodo UNI EN 1793-2:2013:

I pannelli sono montati secondo quanto prescritto dalla norma ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di fonoisolamento, DLR , calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI EN-1793-3:1999;

3) Caratteristiche di diffrazione, metodo UNI EN 1793-4:2015 (per diffrattori laterali o di sommità):

Gli elementi diffrattori sono qualificati secondo la procedura descritta nella UNI EN 1793-4:2015 ed i valori rispetto a cui valutare l'accettabilità sono espressi tramite l'indice di diffrazione, $DL_{\Delta DI}$, calcolato adottando lo spettro di riferimento riportato nella norma UNI EN 1793-3:1999;

4) Caratteristiche intrinseche – valori in sito di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diretto metodo UNI EN 1793-6:2013 e riflessione, metodo UNI EN 1793-5:2016.

Misura delle proprietà fonoassorbenti.

L'indice di riflessione, $DLRI$, deve essere calcolato ed espresso con un unico valore come prescritto nella norma e prendendo in esame esclusivamente le bande in terze d'ottava cui è possibile effettuare la misura.

I campioni sottoposti a prova devono essere montati come previsto negli elaborati di progetto.

Misura delle proprietà fonoisolanti.

L'indice di fonoisolamento, DLSI , deve essere calcolato ed espresso con un unico valore come prescritto nella norma e prendendo in esame esclusivamente le bande in terze d'ottava cui è possibile effettuare la misura.

Nel caso di barriere integrate sicurezza-rumore per l'esecuzione delle prove 1), 2) e 4) , i rilievi devono essere effettuati su campioni completi di tutti gli elementi che costituiscono la barriera di sicurezza. È facoltativo fornire anche i valori ottenuti da misure effettuate su campioni costituiti dai soli elementi costituenti la barriera antirumore.

Il dettaglio dei campioni su cui eseguire le prove è riportato nella “**Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni**”.

1.3 Caratteristiche non acustiche

Le seguenti prescrizioni sono finalizzate a garantire che per la realizzazione dell'intervento siano impiegati materiali e prodotti con caratteristiche conformi a quanto previsto dalla marcatura CE secondo norma UNI EN 14388:2015.

Per ciascuna delle caratteristiche sottoelencate, la “**Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni**” specifica le classi o i valori minimi ammissibili.

In particolare, devono essere soddisfatti i requisiti relativi alle caratteristiche qui di seguito elencate:

1.3.1 Resistenza ai carichi dovuti al peso proprio, vento e sovrappressione di transito dei veicoli

Le barriere devono essere conformate in modo che sotto il peso proprio ed i carichi di esercizio presentino deformazioni massime tali da non comprometterne l'efficienza.

Pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato ai punti A.3.2 , A.3.3, B.2 , B.3.2, B.3.3 e nelle appendici A e B della norma UNI EN 1794-1:2011.

La certificazione dovrà essere effettuata tramite specifiche prove sperimentali o mediante relazione di calcolo predisposta da professionisti abilitati, tramite l'uso di opportuni codici di calcolo preventivamente tarati ed accettati dal Committente.

Le caratteristiche dovranno essere certificate relativamente a tutti gli elementi acustici (verticali, inclinati, orizzontali), alla struttura portante, ed ai dispositivi aggiuntivi di sommità, a meno di diverse prescrizioni riportate nella “**Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni**”.

Prova accreditata ACCREDIA.

1.3.2 *Impatto di oggetti*

I pannelli possono essere oggetto di impatti localizzati a seguito della proiezione di pietre o piccoli oggetti: per garantire la resistenza a tali impatti vengono definiti dei criteri di accettabilità secondo quanto descritto nel paragrafo C3 dell'allegato C della norma UNI EN 1794-1:2011.

Prova accreditata ACCREDIA.

1.3.3 *Sicurezza in caso di collisione*

In linea di principio le barriere antirumore non devono essere dimensionate per resistere agli urti dei veicoli; comunque le barriere antirumore devono garantire condizioni di sicurezza nel caso di collisioni con i veicoli; in generale tali condizioni di sicurezza possono essere ottenute adottando idonee barriere di sicurezza o con opportune distanze fra sede stradale e barriera antirumore o impiegando barriere antirumore con funzione integrata di barriera di sicurezza e barriera antirumore: in tal caso le caratteristiche di sicurezza devono essere testate secondo quanto prescritto dalle Norme UNI EN 1317-1:2010 e UNI EN 1317-2:2010 e certificate come "barriere sicure per gli occupanti dei veicoli" o "barriere integrate con funzioni antirumore ed antisvio".

Prova accreditata ACCREDIA.

1.3.4 *Carico della neve*

Le barriere devono resistere alla proiezione di neve da parte di mezzi spazzaneve; pertanto si prescrivono valori massimi di deflessione, elastica e permanente, secondo quanto riportato al punto E2 e nell'appendice E della Norma UNI EN 1794-1:2011.

Prova accreditata ACCREDIA.

1.3.5 *Resistenza al fuoco*

Al fine di evitare fenomeni di innesco incendio da parte di fiamme provenienti dalla combustione di sterpaglie od erba o da incendi che si sviluppano nelle proprietà immediatamente adiacenti all'autostrada, vengono prescritti criteri di accettazione secondo quanto definito nel paragrafo A2 dell'allegato A della Norma UNI EN 1794-2:2011.

Prova accreditata ACCREDIA.

Solo per i prodotti installati in galleria, si prescrive una Classe di reazione al fuoco, secondo la Norma UNI EN 13501-1:2009, con i seguenti requisiti:

- contributo al fuoco: A1 e A2 (non combustibili);
- densità dei fumi: s1 (assenza fumi);
- gocce incandescenti: d0 (assenza di gocce entro 600 s).

Prova accreditata ACCREDIA.

1.3.6 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.

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.

Pertanto 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 dei criteri di accettabilità secondo quanto riportato nel paragrafo B.3.8. dell'allegato B della Norma UNI EN 1794-2:2011.

Prova accreditata ACCREDIA.

1.3.7 Protezione ecologica

I materiali impiegati nella costruzione delle barriere non devono causare effetti tossici o comunque negativi sull'ambiente circostante, sia durante l'esercizio (rilascio fumi, polveri, odori, fibre dannose, inquinamento acque, ecc.) sia a fine della vita utile, ovvero relativamente allo smaltimento in discariche od inceneritori (sostanze chimiche utilizzate come leganti dei materiali fonoassorbenti, vernici, ecc.).

Ogni condizione fisica o chimica, che potrebbe causare il rilascio nell'ambiente di componenti potenzialmente tossici, deve essere dichiarata.

Devono essere specificate le composizioni chimiche dei prodotti impiegati, evidenziando le modalità con cui si possono riciclare i materiali impiegati.

Pertanto devono essere opportunamente dichiarati:

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

Per tale dichiarazione, il produttore del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

1.3.8 Riflessione della luce

Per evitare fenomeni di abbagliamento, le barriere devono essere testate secondo quanto prescritto nella al paragrafo E.3 e nell'appendice E della Norma UNI EN 1794-2:2011.

Prova accreditata ACCREDIA.

Occorre infine rispettare le seguenti ulteriori prescrizioni specifiche:

- se non diversamente specificato, tutto il materiale metallico è costituito da acciaio del tipo non inferiore S 235 JR secondo le Norme UNI EN 10025:2005 e UNI EN 10027-1:2016 (ex Fe 360);
- le strutture portanti devono essere calcolate e verificate secondo la normativa vigente e in particolare modo secondo i disposti del D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti;
- le strutture portanti e tutti gli elementi acustici, in particolare i pannelli trasparenti, metallici, in legno e misti, devono essere verificati alla resistenza a fatica al fine di tenere conto delle vibrazioni indotte dal traffico; la valutazione può essere effettuata sperimentalmente o mediante idonea relazione di calcolo.

Per l'esecuzione delle prove relative alle caratteristiche acustiche e non acustiche elencate ai precedenti punti 1 e 2, devono essere utilizzati laboratori di prova accreditati ACCREDIA.

Transitoriamente, in attesa del completamento in ambito nazionale e comunitario della lista di laboratori qualificati ACCREDIA per l'esecuzione dell'insieme delle prove previste dalle Norme EN UNI 1793 e UNI EN 1794, si potrà ricorrere a laboratori accettati dal Committente in base a criteri di competenza professionale; in particolare vengono individuati i seguenti laboratori "primari", da utilizzarsi sia per le prove di routine che per la definizione di controversie sulle prestazioni acustiche e non acustiche:

- 1)Modulo Uno – AISICO
- 2)Istituto Giordano

1.4 Prescrizioni costruttive e funzionale dei pannelli antirumore

1.4.1 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 10143:2006¹, ad eccezione dei pannelli in acciaio inox (DIN 17440) per cui lo spessore minimo è di 0,8 mm.

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;

¹ Sostituisce la norma UNI 5753;

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 cataforesi o di brugalizzazione, oppure in alternativa un fondo a base epossidica;
- verniciatura finale con applicazione a spruzzo o ad immersione di smalti a base poliesteri o poliuretanici (in questo caso è indispensabile un fondo epossidico), oppure con applicazione elettrostatica di polvere a base poliesteri;
- 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 1518-1:2011 e UNI EN ISO 1518-2:2011;
Esigenza minima: 60N;
- Resistenza agli urti, secondo la Norma UNI EN ISO 6272-2:2013;
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 9227:2017;
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.

1.4.2 Pannelli in alluminio

Devono essere realizzati in lega Al-Mn-Mg tipo 3105 (UNI EN 573-3:2013), 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 1518-1:2011 e UNI EN ISO 1518-2:2011 (solo sulla faccia esposta):
Esigenza minima: 60 N
- Resistenza agli urti, secondo la Norma UNI EN 6272-2:2013;
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 6270-1:2001;
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 9227:2017;
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.

1.4.3 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;

1.4.4 Materiale fonoassorbente

Per quanto riguarda il materiale fonoassorbente, sia per i pannelli in acciaio che per quelli in alluminio, esso va inserito, ove previsto, all'interno della struttura metallica scatolata.

Il materiale in oggetto è costituito da complessi porosi fibrosi (minerali, plastici o in legno) o porosi granulari (argilla, pomice, schiume sintetiche).

Per aumentare la durabilità e per evitare impregnazioni e/o ritenzioni di liquidi che possano degradarne le caratteristiche meccaniche ed acustiche, potranno essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posizionata verso la sorgente del rumore.

Il materiale deve risultare imputrescibile, inerte agli agenti atmosferici e non infiammabile.

L'impiego di fibre minerali (roccia o vetro) è ammesso esclusivamente se espressamente previsto negli elaborati progettuali: in tal caso deve essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dalla Direttiva 97/69/CE del 5/12/97, tramite fornitura di idonei certificati che attestino il rispetto dei requisiti esplicitati nelle note Q o R; per i materiali fonoassorbenti in fibre minerali (roccia o vetro) sono inoltre prescritte le seguenti caratteristiche:

1) grado di igroscopicità secondo norma UNI 6543:1969 (tempo di prova 1 d).

Il grado di igroscopicità non deve essere superiore al 0,2% in volume;

2) resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un contenitore di acqua distillata alla temperatura ambiente e si verifica, dopo 24 h, che non siano avvenuti sfaldamenti del provino e colorazione dell'acqua;

3) resistenza al calore secondo il seguente procedimento si pone il provino in esame, di dimensioni 100x100x5 mm, in un forno alla temperatura di 150 °C per 24 h, poggiandolo su una delle facce maggiori e si verifica che non ci siano variazioni della lunghezza e della larghezza del provino di valori superiori a +5%;

4) resistenza alle vibrazioni secondo il seguente procedimento:

- l'elemento acustico, od 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 da 1 Hz a 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 min (9 s per singola frequenza).

Le prove devono essere effettuate sia su elementi acustici nuovi che elementi acustici sottoposti a cicli di resistenza all'acqua ed al calore (vedi i precedenti punti 2 e 3).

Al termine delle prove, l'ancoraggio del materiale fonoassorbente deve avere resistito alla sollecitazione applicata senza sfaldamenti né distacchi del materiale stesso.

5) contenuto di formaldeide inferiore a 20 parti per milione.

Nel caso di fibre plastiche, la densità deve risultare compresa fra 40 e 90 kg/m³; le fibre devono essere termolegate senza l'utilizzo di resine o collanti termoindurenti.

È raccomandabile l'uso di fibre plastiche riciclate e colorate in massa.

Nel caso di impiego di argilla espansa con resine epossidico-poliuretaniche, la percentuale di legante deve essere non inferiore al 10% ed il fuso granulometrico compreso fra 0 e 4 mm.

Nel caso di legante a base di cemento, si rimanda a quanto riportato nel paragrafo relativo ai pannelli in calcestruzzo (vedi art. 1.4.7 "Pannelli in calcestruzzo").

Nel caso di impiego di argilla espansa sfusa senza leganti, dovranno essere impiegate protezioni idonee ad impedire la fuoriuscita di granuli e polveri per tutta la vita utile degli elementi acustici.

1.4.5 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).

I materiali trasparenti comunemente impiegati sono il "polimetilmetacrilato" 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).

1.4.5.1 Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA)

Le lastre di polimetilmetacrilato (PMMA) possono essere di tipo colato conforme alla Norma UNI EN ISO 7823-1:2005 o estruso conforme alla Norma UNI EN ISO 7823-2:2004.

In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche del materiale.

Caratteristiche delle lastre in PMMA		
Caratteristica	Metodo	Valore
Massa volumica (kg/m ³)	UNI EN ISO 1183-1:2013	>1 190
Assorbimento d'acqua (%)	UNI EN ISO 62:2008, metodo 1 (24 h, 23 °C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm	≤ 0,5 %
Modulo elastico a flessione (MPa)	UNI EN ISO 178:2013	≥ 3 000
Modulo elastico a trazione (MPa)	UNI EN ISO 527-2:2012 /1B/1	> 3.000
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento (MPa)	UNI EN ISO 527-2:2012 /1B/1	>2.800
Resistenza a trazione (MPa)	UNI EN ISO 527-2:2012 /1B/5	> 65
Resistenza a trazione dopo invecchiamento (MPa)	UNI EN ISO 527-2:2012 /1B/50	≥ 60
Resistenza a flessione (MPa)	UNI EN ISO 178:2013	>100
Resistenza all'urto Charpy (KJ/m ²)	UNI EN ISO 179-1:2010	10
Temperatura rammollimento Vicat (°C)	UNI EN ISO 306:2014 /B 50	> 95
Dilatazione termica lineare (1/°C)	UNI 6061	< 8x10 ⁻⁶
Trasmissione luminosa totale per lastra incolore (%)	UNI EN ISO 13468-1:1998	> 90
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: prima dell'esposizione	UNI EN ISO 13468-1:1998	≥ 90%
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon	UNI EN ISO 4892-2:2013 per 1000 h	≥ 88%
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40 °C)	---	≤ 7 MPa

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 Norma UNI EN 1794-1:2011, appendice A, 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 Norma UNI EN 1794-2:2011, 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 MPa), 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.

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 868:2005	70 ± 5 Shore A/3 (± 3 Shore A/3)
Carico di rottura	UNI 6065:2001	10 MPa (±5%)
Allungamento a rottura	UNI 6065:2001	300% (±15%)

(*) Tra parentesi sono riportate le variazioni ammesse dopo invecchiamento termico di sette giorni alla temperatura di 70 °C

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.

1.4.5.2 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 572-1:2016, UNI EN 572-2:2012 e UNI EN ISO 12543-6:2011	
Resistenza ad alta temperatura, all'umidità e all'irraggiamento solare simulato	UNI EN ISO 12543-1:2011; UNI EN ISO 12543-2:2011; UNI EN ISO 12543-3:2011 e UNI EN ISO 12543-4:2011	
Dimensioni, scostamenti limite e finiture dei bordi	UNI EN ISO 12543-5:2011	
Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie	UNI 7697:2015	
Molatura delle lastre	UNI 6028	
Trattamento serigrafico (eventuale)	UNI EN 12150-1:2015	
Fattore di trasmissione luminosa	UNI EN 410:2011 e UNI EN 673:2011	0,81
Fattore di riflessione luminosa	UNI EN 410:2011 e UNI EN 673:2011	0,07
Fattore di trasmissione energetica	UNI EN 410:2011 e UNI EN 673:2011	0,54
Fattore di riflessione energetica	UNI EN 410:2011 e UNI EN 673:2011	0,40
Fattore di assorbimento energetico	UNI EN 410:2011 e UNI EN 673:2011	0,06
Fattore solare	UNI EN 410:2011 e UNI EN 673:2011	0,65

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

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

1.4.5.3 Mitigazioni ambientali per l'avifauna

Le prescrizioni atte a prevenire le collisioni degli uccelli contro i pannelli trasparenti previste sono costituite dall'applicazione di strisce adesive o di strisce sabbiate o fresate sui pannelli.

Sono previste pertanto marcatura aventi le seguenti caratteristiche:

- strisce orizzontali;
- colore bianco (o giallo);
- larghezza: 2 cm;
- spaziatura: 10 cm

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

1.4.6 Pannelli di copertura

I pannelli in acciaio o alluminio di copertura devono avere caratteristiche acustiche di cui agli artt. 1.4.1 “Pannelli in acciaio (al carbonio ed inox)”, 1.4.2 “Pannelli in alluminio” e 1.4.4 “Materiale fonoassorbente e devono essere prodotti con sistema in continuo e costituiti da due rivestimenti in lamiera metallica tra i quali è interposto uno strato di schiuma isolante in poliuretano espanso iniettato ad alta pressione.

Il rivestimento esterno è grecato, quello interno è liscio, dotato di micronervature.

La colorazione deve essere corrispondente al RAL 9002.

Le dimensioni caratteristiche dei pannelli sono le seguenti:

- Larghezza utile pannello: 1000 mm
- Altezza della greca della lamiera esterna: 40 mm
- Passo delle greche della lamiera esterna: 250 mm
- Passo delle micronervature della lamiera interna: 50 mm
- Spessore del pannello (greche escluse): > 50 mm

I pannelli in PMMA devono avere caratteristiche di cui all'art. 1.4.5.1 “Pannelli trasparenti con lastre in polimetilmetacrilato (PMMA)” con spessore 20 mm prodotte il processo della colatura in stampi e successivamente trattate con procedimento di satinatura antiriflesso e senza marcatura per avifauna.

Le lastre in oggetto devono essere dotate di certificazione "no drops" in caso di incendio (non si formano gocce di prodotto infuocato) e di non tossicità dei gas emessi nella combustione.

1.4.7 Pannelli in calcestruzzo

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

- spessore pannello: >5 cm
- rapporto acqua/cemento: <0,45
- slump: > 16 cm
- acqua essudata :<0,1%
- tipo di cemento: pozzolanico o altoforno
- contenuto in cemento :<450 Kg/m³
- classe minima Rck >= 40 N/mm²
- 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 garan-

tita 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 1793-5:2016.

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 13055:2015¹) compresa preferibilmente tra 350 e 600 Kg/m³, e comunque mai superiore a 1.100 Kg/m³;
- cemento di tipo pozzolanico od altoforno dosato a 180÷350 Kg/m³ 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 12390-1:2012);
- 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 (Rck) 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 12390-1:2012), 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.

¹ Sostituisce la norma UNI 7549;

1.4.8 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.

1.4.9 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 (art. 1.4.4 "*Materiale fonoassorbente*").

1.4.10 Barriere in calcestruzzo con funzioni integrate di antirumore e sicurezza, complete di dispositivi fonoassorbenti selettivi per campi di frequenza

Si tratta di barriere New Jersey, dotate di opportuni risuonatori in grado di assorbire principalmente le componenti a frequenza medio-bassa.

Le certificazioni di prequalifica e le misure di accettazione materiali e collaudo, saranno eseguite con il metodo delle onde stazionarie (tubo di Kundt), rispettando le modalità di prova enunciate dalla Norma AFNOR NF S31-065.

Si prescrivono i seguenti valori minimi di fonoassorbimento:

Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Assorbimento	0,25	0,35	0,40	0,50	0,55	0,45	0,35	0,25	0,20

I valori sopra indicati sono la media aritmetica di 5 misure effettuate su sezioni distinte dei risuonatori.

In fase di accettazione materiali, prima della posa in opera, la Direzione Lavori farà eseguire misure di controllo su almeno tre elementi prelevati a caso da un lotto omogeneo di produzione rispetto ai valori riportati nella precedente tabella sono ammesse differenze in difetto al massimo in ragione del 5%.

1.4.11 Pannelli in legno

I materiali utilizzati devono garantire elevata resistenza alle muffe ed agli agenti atmosferici.

Sia il legno massello che i legni lamellari devono essere trattati in autoclave con processo a vuoto e pressione a mezzo di olii minerali ecologici, con una concentrazione di benzo(a)pirene inferiore a 50 ppm ed una concentrazione di fenoli solubili in acqua inferiore al 3%.

A seguito di tale trattamento il legno deve risultare protetto, sia in superficie che in profondità, dall'attacco di funghi ed insetti, secondo classe di rischio 4 della norma UNI EN 335:2013, ed inoltre non deve risultare come "rifiuto tossico nocivo" ai sensi della normativa vigente.

Dopo il trattamento in autoclave, deve essere eseguito un trattamento superficiale con impregnanti pigmentati a base di resine oleouretaniche e pigmenti metallici, al fine di colorare il legno e proteggerlo dai raggi UV.

Nel caso di utilizzo di legni duri (quebracho, azobè, golden tek, bongossi, castagno) è ammessa la non impregnazione, ma in tal caso i legnami devono essere garantiti come rientranti nelle norme di corretta gestione forestale, e certificati da apposito ente.

Per tali tipologie di legno, relativamente alla struttura portante del pannello, sono richieste le seguenti caratteristiche:

- resistenza alla compressione assiale > a 1.000 kg/cm²;
- resistenza alla flessione > a 2.200 kg/cm²;
- modulo di elasticità > a 170.000 kg/cm².

1.4.12 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.

1.4.13 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.

1.4.14 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 nell'art. 1.4 "*Prescrizioni costruttive e funzionale dei pannelli antirumore*"

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.

1.4.15 Baffles

Tali pannelli, utilizzati per la realizzazione di coperture a cielo aperto, devono possedere le seguenti caratteristiche acustiche:

- **Classe A3** o superiori secondo UNI EN 1793-1:2017: i baffles devono essere montati nella camera di prova così come previsto dagli elaborati progettuali, rispettando cioè le quote relative agli interassi fra i pannelli.
- **Classe B1** o superiori, secondo UNI EN 1793-2:2013: i baffles devono essere montati fra le due camere riverberanti in modo da costituire uno schermo continuo (in modo simile ai pannelli tradizionali), ma senza interposizione di montanti, adottando idonei accorgimenti (anche se non previsti negli elaborati progettuali) per rendere trascurabile la trasmissione del suono attraverso le giunzioni.

Si prescrive un indice minimo di fonoisolamento, DL_R , pari a 12 db.

I baffles sono generalmente costituiti da materiale fonoassorbente, con proprietà analoghe a quanto descritto all'art. 1.4.4 "*Materiale fonoassorbente*", con interposto un opportuno elemento fonoisolante, costituito da cartone alveolare, lamiera, gomma caricata od altro materiale fonoisolante.

In alternativa le proprietà fonoisolanti possono essere ottenute anche mediante impiego di materiale fonoassorbente di appropriata densità.

La struttura portante dei pannelli deve essere realizzata in lamiera zincata o estrusi di alluminio, con opportune asolature per il fissaggio alle strutture di supporto principali.

Per tali pannelli deve essere prevista un sistema di ancoraggio alle strutture portanti che ne impedisca la caduta sulla sede stradale sottostante.

1.4.16 Sigillanti, guarnizioni ed accessori metallici

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni, specie per quanto riguarda la resistenza all'invecchiamento dell'elastomero utilizzato.

Inoltre detti materiali dovranno rispettare la norma DIN 53571.

Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli trasparenti in materiale plastico dovranno essere compatibili con PMMA e PC.

Tutti gli elementi metallici non precedentemente esaminati (bulloneria, rivetti, rondelle elastiche e non, pietre di base del montanti, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio zincato a caldo in accordo alla norma UNI EN ISO 1461:2009¹, per uno spessore non inferiore a 60 mm (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti).

Per quanto riguarda i tirafondi, il materiale deve avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle della classe 8.8, mentre le piastre di base saranno realizzate in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S275J0 secondo le norme UNI EN 10025:2005.

I bulloni devono appartenere alla classe 8.8 - o alla classe prevista dai carichi di progetto – e in ogni caso rispondere alle NT DM 14/01/2008 “Norme tecniche delle costruzioni” e alla Norma UNI EN ISO 898-1:2013.

1.5 Prove di accettazione dei materiali

Prima della consegna dei materiali in cantiere e comunque entro 90 d 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.

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**.

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 DSI relativa a tali giunzioni o punti singolari.
- per le barriere integrate sicurezza-rumore sia le prove di laboratorio (UNI EN 1793-1:2017 e UNI EN 1793-2:2013) che le prove in sito (UNI EN 1793-4:2015, UNI EN 1793-5:2016 e UNI EN 1793-6:2013) 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.

Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato “in sospeso” e non sarà contemplato negli stati di avanzamento; qualora a seguito di esito negativo delle prove per la marcatura CE o della certificazione di conformità ai requisiti presta-

¹ Sostituisce la norma UNI EN ISO 1461:1999;

zionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuta una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche richieste: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore.

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 (***)
Indice valutazione assorbimento acustico $DL_a^{(2)}$	UNI-EN 1793-1	> 11 dB	> 7 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
Indice valutazione riflessione sonora $DL_{RI}^{(2)}$	UNI-EN 1793-5	> 8 dB	> 6 dB	> 6 dB	> 5 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 (*)
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

(*) 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%

PRESTAZIONI NON – ACUSTICHE		
Caratteristica	Metodo di Prova	Valori richiesti ⁽¹⁾
Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli verticali ⁽⁴⁾	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice A	≥ 0,90 kN/m ²
Resistenza al carico aerodinamico ed al carico statico per pannelli non-verticali (coperture ed aggetti) ⁽⁵⁾	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice A	≥ 1,50 kN/m ²
Peso proprio (a secco – bagnato – bagnato ridotto) ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice B	≥ 0,2 ; ≤ 0,5 ; ≤ 0,3 kN
Resistenza al peso proprio ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice B	≥ 1,20 kN
Resistenza all'impatto causato da pietre ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice C	Appendice C paragrafo C.2
Sicurezza nelle collisioni (solo per barriera integrata)	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice D	UNI-EN 1317-2, classe H4
Pericolosità da caduta di frammenti ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2:2011 Appendice B	Classe 3 o 5 o 6
Resistenza al carico da rimozione neve ⁽⁷⁾	UNI-EN 1794-1:2011 Appendice E	≥ 10 kN/2x2 m
Resistenza all'incendio da sterpaglie ⁽⁷⁾	UNI-EN 1794-2:2011 Appendice A	Classe 3
Riflessione luce (20° - 60° - 85°) ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2:2011 Appendice E	≤ 0.30-0.60-0.90
Protezione ambientale ⁽⁶⁾	UNI-EN 1794-2:2011 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, DLri, 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, DLa, e di riflessione acustica, DLRI, 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 1794-1:2011, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI EN 1794-1:2011, 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 1794-1:2011, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI EN 1794-1:2011, 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.

1.6 Caratteristiche costruttive

1.6.1 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 1794-2:2011, 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 occorrono sostanze previste dagli elenchi riportati dal Decreto Ministero della Sanità del 29/07/1994.

1.6.2 Conformità di produzione

L'appaltatore deve essere in possesso della certificazione del sistema di gestione della qualità secondo UNI EN ISO 9001:2015¹.

Per le costruzioni saldate il Costruttore deve essere in possesso della certificazione ai sensi della Norma UNI EN ISO 3834:2006 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 nell'art. 1.5 "*Prove di accettazione dei materiali*" 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.

1.6.3 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.

1.6.4 Colorazioni

Su richiesta, i pannelli dovranno essere verniciati secondo uno dei colori della gamma RAL 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).

¹ Sostituisce la norma UNI EN ISO 9001:2008;

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.

1.6.5 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.

1.6.6 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.

1.6.7 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..

1.6.8 Sistemi antigrffiti

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.

1.6.9 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 composti 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 all'art. 1.3.6 "*Caduta di frammenti*").

1.7 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.

1.8 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.

2 MONTANTI METALLICI ED ELEMENTI STRUTTURALI

2.1 Prescrizioni ed oneri generali

L'Appaltatore (Costruttore o Fornitore di materiali o servizi) è tenuto a elaborare un Piano di Controllo della Qualità per tutte le fasi della costruzione e della fornitura.

Tale documentazione potrà essere approvata dalla Committente o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato, che possa dimostrare una consolidata esperienza e competenza nel campo delle opere metalliche.

Gli elementi strutturali in metallo saranno di regola saldati.

Il processo di saldatura è considerato "speciale" poiché le caratteristiche meccaniche e talvolta la stessa qualità del giunto non possono essere compiutamente descritte dai solo controlli non distruttivi sul giunto finito.

È pertanto necessario che il processo produttivo venga compiutamente descritto nel PCQ ed il progetto della saldatura (quaderno delle saldature comprendente il tipo e la localizzazione dei giunti, il procedimento di saldatura previsto per ogni giunto, la WPS certificata i saldatori destinati al lavoro e le relative certificazioni), come il PCQ, venga preventivamente approvato dalla Committente o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato.

In caso di necessità e prima dello svolgersi delle operazioni di saldature verranno apportate le integrazioni o correzioni al fine di predisporre le condizioni oggettive più favorevoli al raggiungimento dei requisiti di progetto.

Per quanto riguarda il tipo e l'entità dei controlli non distruttivi, se non diversamente indicato sui disegni di progetto e fatta salva la facoltà della D.L. di prevedere un programma diverso di controllo, il Costruttore è tenuto al controllo visivo esteso al 100% dei giunti saldati propedeutico al controllo strumentale, al controllo magnetoscopico esteso al 5% dei giunti saldati ed al 10% del controllo radiografico (ove applicabile) o ultrasonoro dei giunti principali saldati a piena penetrazione.

Il criterio di accettabilità dei difetti, se non altrimenti specificato a disegno, sarà quello indicato per la classe di qualità "C" della norma UNI EN ISO 5817:2014.

In caso di esito negativo sistematico dei controlli interni del Costruttore oppure dei controlli di verifica a spot eseguiti dalla Committente o dall'Ente di Controllo Designato, la percentuale verrà adeguatamente estesa fino al 100%"

Il quaderno di saldatura verrà infine completato con i resoconti dei controlli intermedi e finali a cura di personale certificato per il metodo di controllo, costituendo documentazione finale a sostegno del collaudo.

2.2 Requisiti del costruttore

I Costruttori di carpenteria metallica sono da intendersi come "Centri di trasformazione" ai sensi delle Norme Tecniche previste dal Decreto Ministeriale del 14-01-2008 "Norme tecniche di costruzione" e come tali sono tenuti a rispettare le prescrizioni in esso contenute.

Pertanto il Costruttore di carpenteria metallica, deve essere dotato di una organizzazione interna che permetta un'adeguata gestione di tutte le attività di saldatura di officina e/o di cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera.

Ai sensi delle citate Norme tecniche di costruzione, il Costruttore deve disporre di una struttura organizzativa conforme ai requisiti della Norma UNI EN ISO 9001:2015¹, certificata da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza ed organizzazione.

Inoltre il Costruttore di manufatti metallici realizzati mediante giunzioni saldate deve essere certificato ai sensi della Norma UNI EN ISO 3834:2006 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà dell'appalto, da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza ed organizzazione. In particolare è richiesto che:

- ci sia almeno un Coordinatore di Saldatura dipendente del Costruttore approvato dalla Committente o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato;
- il personale addetto alla saldatura sia certificato secondo la Norma UNI EN ISO 9606-1:2017 per i procedimenti manuali o semiautomatici, ovvero secondo la Norma UNI EN ISO 14732:2013 per i procedimenti automatici;
- il personale addetto ai controlli non distruttivi sia certificato secondo la Norma UNI EN ISO 9712:2012;
- le specifiche di procedura di saldatura siano certificate secondo la Norma UNI EN ISO 15614-1:2017 ed approvate dalla Committente o per suo conto dall'Ente di Controllo Designato;
- venga garantita nel "luogo di lavorazione", la permanenza delle caratteristiche meccaniche e geometriche, del materiale originario, anche attraverso una serie di specifici controlli.

2.3 Requisiti dell'Ente di Controllo Designato

Tale Ente deve possedere almeno i seguenti requisiti :

- costituire parte sicuramente indipendente per forma giuridica, con pluriennale esperienza nella verifica della progettazione, fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere un settore specificamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo la Norma UNI EN ISO 9712:2012;
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella Norma UNI EN ISO 14731:2007
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della Committente, ad eseguire o sovrintendere ai controlli richiesti dalla presente specifica per l'opera in esame.

È titolo di preferenza per l'Ente di Controllo Designato possedere un proprio laboratorio in conformità alle prescrizioni della Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 che esegua con continuità e con accreditamento ACCREDIA, le prove di caratterizzazione dei materiali metallici, per la certificazione delle procedure di saldatura e per la certificazione del personale addetto all'esecuzione dei giunti saldati.

La Committente si riserva la facoltà di eseguire con proprio personale qualificato i compiti attribuiti all'Ente Designato.

¹ Sostituisce la norma UNI EN ISO 9001:2008;

2.4 Requisiti generali

Gli elementi strutturali in metallo devono essere realizzati in acciaio al carbonio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo SJ275J0 in conformità alla Norma UNI EN 10025 e zincati a caldo per immersione in conformità alla Norma UNI EN ISO 1461:2009, per uno spessore non inferiore a 85 µm, previo ciclo di sabbiatura Sa_2,5 oppure trattamento di decapaggio chimico.

Inoltre è richiesto un ulteriore trattamento della superfici, subito dopo la zincatura, secondo il seguente sistema:

- applicazione di mano di fondo a base di pittura epossidica;
- applicazione di mano di copertura a base di pittura poliuretana;
- i requisiti minimi della mano di fondo e del ciclo completo sono funzione del tipo di ambiente.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 230 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Nel caso di utilizzo di vernici a polvere lo spessore minimo locale garantito deve essere di almeno 150 µm.

Il fornitore deve comunque indicare il sistema del trattamento previsto per la protezione anticorrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti vernicianti impiegati e le modalità di applicazione.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura;
- misura degli spessori degli strati protettivi;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti alle Norme Tecniche (all'uopo il fornitore dovrà presentare, unitamente al montante, 2 barattoli da 1 Kg per ciascuno dei prodotti vernicianti impiegati).

Sull'acciaio dei montanti devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dal D.M.14.01.2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

Tutti i singoli valori dovranno rispettare le prescrizioni del predetto DM per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e alle tabelle UNI corrispondenti per quanto riguarda le caratteristiche chimiche.

2.4.1 Utilizzo di Acciaio Cor-Ten

È previsto la possibilità di utilizzo di acciaio Cor-Ten per la realizzazione dei manufatti metallici quali montanti metallici o pali tubolari.

L'acciaio COR-TEN è un acciaio "a basso contenuto di elementi di lega e ad elevata resistenza meccanica".

Le due principali caratteristiche che lo distinguono sono:

- Elevata resistenza alla corrosione (CORrosion resistance);
- Elevata resistenza meccanica (TENsile strength).

L'acciaio COR-TEN, durante l'esposizione allo stato non pitturato alle diverse condizioni atmosferiche, si riveste di una patina uniforme e resistente, costituita dagli ossidi dei suoi elementi di lega, che impedisce il progressivo estendersi della corrosione.

In relazione alla diversa composizione chimica e allo spessore, i tre tipi di COR-TEN presentano differenti caratteristiche di resistenza alla corrosione atmosferica e di resistenza meccanica.

Pertanto c'è la possibilità di scegliere il tipo di acciaio più idoneo alle proprie esigenze:

- il tipo A, particolarmente adatto per applicazioni architettoniche;
- i tipi B e C, che meglio si prestano nel caso di strutture fortemente sollecitate.

Le caratteristiche dei prodotti COR-TEN soddisfano alle prescrizioni previste dalle norme ASTM, presentando tuttavia proprietà superiori.

ASTM A 242	Lamiere, barre, profilati
ASTM A 374	Lamiere sottili, larghi nastri, nastri stretti laminati a freddo
ASTM A 375	Lamiere sottili, larghi nastri, nastri stretti laminati a caldo

2.4.1.1 Cort-Ten A

La composizione chimica del COR-TEN A, comunemente denominata "al fosforo", conferisce a questo tipo di acciaio una resistenza all'attacco degli agenti atmosferici da cinque a otto volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.

Il COR-TEN A è impiegato allo stato non pitturato e si rivela particolarmente idoneo per applicazioni "architettoniche".

In ogni caso il dettaglio della tipologia adottata sarà riportata negli elaborati strutturali.

In atmosfera industriale o rurale, la corrosione del COR-TEN A non verniciato si arresta dopo aver provocato una diminuzione di spessore di circa 0,05 millimetri, mentre, in ambiente marino progredisce leggermente col passare degli anni, pur rimanendo decisamente inferiore a quella riscontrata nei comuni acciai al carbonio.

Il COR-TEN A viene normalmente prodotto in spessori fino a 12,5 millimetri.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni
<= 0,12	0,20 , 0,50	0,07 , 0,15	<= 0,035	0,25 , 0,75	0,25 , 0,55	0,30 , 1,25	<= 0,65

Caratteristiche meccaniche

(su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione					prova di piega	
		snervamento Rs Kg/mm ²	resistenza a trazione Rm Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)			a	D
				A	A 8"	A 2"		
Larghi Nastri Nastri Stretti Lamiere Barre Profilati	<=12,5 mm	>= 35	>= 49	22	19	24	180°	a

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per laminati a freddo, o prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mm².

In casi particolari, su richiesta dell'utilizzatore, il COR-TEN A può essere fornito per applicazioni "architettoniche" anche in spessori superiori a 12,5 mm fino ad un massimo di 76 mm.

In questi casi però le caratteristiche meccaniche risultano modificate secondo le indicazioni del seguente prospetto:

Tipo di prodotto		prova di trazione				
		snervamento Rs Kg/mm ²	resistenza a trazione Rm Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)		
				A	A 8"	A 2"
lamiere Profilati	< 12,5 , 38 mm	>= 33	>= 47	22	19	---
Lamiere	< 38 , 76 mm	>= 30	>= 44	22	---	24

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

2.4.1.2 Cort-Ten B

Questo tipo di COR-TEN, comunemente denominato "al vanadio", è caratterizzato da una composizione chimica che permette di mantenere elevate caratteristiche meccaniche anche in forti spessori.

La resistenza alla corrosione atmosferica è di circa quattro volte superiore a quella di un comune acciaio al carbonio.

Anche il COR-TEN B può essere impiegato allo stato non pitturato, senza tuttavia raggiungere effetti estetici simili a quelli del COR-TEN A.

I prodotti in COR-TEN B, data la gamma estesa di spessori in cui sono disponibili (fino ed oltre i 100 mm), trovano vasta applicazione in tutte quelle costruzioni, anche complesse, in cui sono richieste elevata resistenza meccanica e buona resistenza alla corrosione atmosferica.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V
0,10 , 0,19	0,90 , 1,25	<=0,025	<= 0,035	0,15 , 0,30	0,25 , 0,40	0,40 , 0,65	0,02 , 0,10

Caratteristiche meccaniche (su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione				prova di piega			
		snervamento Rs Kg/mm ²	resistenza a trazione Rm Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)			spessore mm	a	D
				A	A 8"	A 2"			
Lamiere Barre Profilati	>= 12,5 , 38 mm	>= 35	>= 49	20	19	21	<= 19	180°	a
							> 19 , 25	180°	1,5a
							> 25 , 38	180°	2a

lamiere	>38,100 mm	>= 35	>= 49	20	19	21	> 19 , 25	180°	2,5a
---------	------------	-------	-------	----	----	----	-----------	------	------

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per prodotti richiesti allo stato normalizzato, i valori minimi di snervamento (Rs) e di resistenza (Rm) vengono ridotti di 3,5 Kg/mm².

Potrà essere esaminata, di volta in volta, la possibilità di fornire lamiera aventi spessore < 12,5 mm, oppure > 100 mm.

2.4.1.3 Cort-Ten C

Il COR-TEN C, introdotto sul mercato più recentemente, presenta una resistenza meccanica notevolmente superiore agli altri due tipi (A e B), pur conservando caratteristiche di resistenza alla corrosione atmosferica è di circa quattro volte superiori a quelle degli acciai al carbonio.

Il tipo C offre quindi nuove interessanti possibilità di impiego per l'acciaio COR-TEN, specialmente in quelle applicazioni per le quali le moderne tecniche di progettazione richiedono materiali aventi una resistenza meccanica sempre più elevata.

I prodotti in COR-TEN C, vengono fabbricati con spessori fino a 25,5 mm; fanno eccezione i profilati il cui spessore massimo è di 19 mm.

Composizione chimica % (analisi di colata)

C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	V
0,12 , 0,19	0,90 , 1,35	<=0,025	<= 0,035	0,15 , 0,30	0,25 , 0,40	0,40 , 0,70	0,04 , 0,10

Caratteristiche meccaniche

(su provette prelevate in senso longitudinale)

Tipo di prodotto		prova di trazione					prova di piega		
		snervamento Rs Kg/mm ²	resistenza a trazione Rm Kg/mm ²	allungamento minimo %(*)			spessore mm	a	D
				A	A 8"	A 2"			
Lamiere e Barre	<= 25,5 mm	>= 42	>= 56	20	16	21	<= 19	180°	a
profilati	<= 19 mm						> 19 , 25,5	180°	1,5a

(*) quando non diversamente specificato, la prova di allungamento viene eseguita su provetta A.

Per prodotti destinati ad essere sottoposti a trattamento di normalizzazione, il contenuto massimo di carbonio (C) può essere elevato allo 0,22% e quello di manganese (Mn) all'1,45%.

In tal caso, lo spessore massimo di fornitura può essere portato a 38 mm.

2.4.1.4 Ulteriori informazioni

- Limite di snervamento al taglio
Uguale al limite di snervamento a trazione
- - Resistenza al taglio
70% della resistenza a trazione
- - Modulo di elasticità
19.600 , 21.000 Kg/mm²
- - Temperatura di transizione corrispondente a 3,5 Kgm/cm². kv (vapore medio indicativo)*
0° C
- - Coefficiente di dilatazione lineare nell'intervallo fra -46 e 65 °C
0,0000117

Lavorabilità

a) Piegatura a freddo

La piegatura del COR-TEN può essere effettuata a freddo fino a spessori di 12,5 mm purché si tengano presenti i minimi raggi di curvatura riportati sulla seguente tabella:

spessore mm	raggio minimo di piegatura (a = spessore)		
	tipo A	tipo B	tipo C
≤ 1,5	a	---	---
>1,5÷6	2a	2a	3,5a
>6÷12,5	3a	3a	3,5a

Per spessori superiori, o per piegature più severe, è consigliabile la piegatura a caldo.

b) Formatura a caldo

Per la formatura a caldo del COR-TEN non sussistono problemi particolari.

Si consiglia tuttavia di effettuare il riscaldamento ad una temperatura non superiore a 1.100 °C e di terminare l'operazione di formatura ad una temperatura compresa fra 815 °C e 900 °C.

Il raffreddamento conseguente alla formatura a caldo non produce apprezzabile indurimento del materiale, quindi, se la lavorazione è stata eseguita in modo corretto, non sono necessari trattamenti termici finali.

È senz'altro sconsigliabile l'esecuzione della formatura a caldo ad una temperatura inferiore ai 650 °C.

c) Saldatura

L'acciaio COR-TEN può essere saldato in tutti gli spessori e con tutti i più comuni metodi di saldatura:

- Ad arco con elettrodi rivestiti
- Ad arco sommerso
- Ad arco sotto gas protettivo
- A resistenza.

Nella maggior parte dei casi possono essere adoperati materiali di apporto comunemente adottati per la saldatura di acciai al carbonio-manganese aventi caratteristiche meccaniche simili a quelle del COR-TEN.

Qualora invece il COR-TEN venga utilizzato allo stato "nudo" per impieghi architettonici e la saldatura sia effettuata in più di due passate, è consigliabile che, per le ultime due passate, vengano usati elettrodi al 2% o al 3% Ni; in tal modo si otterranno cordoni di saldatura con una colorazione simile a quella dell'acciaio COR-TEN.

In ogni caso è necessario rispettare le temperature minime di preriscaldamento riportate sulla tabella sottoindicata, che sono valide per materiali di saldatura a basso idrogeno.

spessore mm	temperatura minima di ambiente o di pre-riscaldamento		
	COR-TEN A	COR-TEN B	COR-TEN C
≤ 12,5	10 °C	10 °C	10 °C
>12,5÷25	10 °C	10 °C	40 °C
> 25÷50	40 °C	40 °C	---
> 50	100 °C	100 °C	---

Nel caso sia previsto l'impiego di materiali non a basso idrogeno o i pezzi da saldare siano fortemente vincolati, sarà opportuno adottare temperature di preriscaldamento più elevate.

2.5 Unioni

2.5.1 Unioni bullonate

2.5.2 Norme di riferimento

- CNR 10011 – Costruzioni in acciaio Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- UNI EN ISO 898-1:2013 - 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 898-2:2012 - 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 2320:2016 - Elementi di collegamento - Dadi autofrenanti di acciaio - Caratteristiche prestazionali.

2.5.2.1 Classi dei bulloni

In accordo con i documenti progettuali, per le giunzioni ad attrito, si dovranno utilizzare unicamente bulloni delle classi 8.8 e 10.9

2.5.2.2 Prescrizioni e controlli

Tutte le giunzioni bullonate a prescindere da quanto previsto nel progetto dovranno essere munite di sistemi di bloccaggio atti ad evitare lo svitamento del dado e di conseguenza l'inefficacia o la perdita di efficienza dell'unione.

Tali sistemi potranno essere costituiti da controdado, rosetta elastica metallica secondo le disposizioni normative di cui all'art. 2.5.2 "Norme di riferimento", o altro sistema opportunamente certificato.

Tutti i materiali utilizzati per la produzione di viti, bulloni e relativi accessori dovranno essere conformi alle Norme UNI EN ISO 898-1:2013 e UNI EN ISO 898-2:2012.

2.5.3 Unioni saldate

2.5.3.1 Norme di riferimento

- UNI EN ISO 4063:2011 - Saldatura e tecniche affini - Nomenclatura e codificazione numerica dei processi.
- UNI EN ISO 9606-1:2017 - Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai
- Decreto Ministeriale del 14-01-2008 - "Norme tecniche di costruzione"
- UNI EN ISO 17365:2017 - Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici
- UNI EN 1011-1:2009 - Saldatura – raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici – parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco

2.5.3.2 Tipi di saldatura

Possono essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO₂ o sue miscele);

Per manufatti in acciaio S 275 (ex Fe 430) devono essere impiegati elettrodi del tipo E 44 di classi di qualità 2, 3 o 4; per spessori maggiori di 30 mm o temperatura di esercizio minore di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B;

Per manufatti in acciaio S 355 (ex Fe 510) devono essere impiegati elettrodi del tipo E 52 di classi di qualità 3 B o 4 B; per spessori maggiori di 20 mm o temperature di esercizio minori di 0 °C saranno ammessi solo elettrodi di classe 4B.

2.5.3.3 Prescrizioni e controlli

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè

raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per maggiori dettagli fare riferimento alla Norma UNI EN ISO 17635:2017.

2.6 Saldature

2.6.1 Norme di riferimento

Elenco delle normative di riferimento per la qualifica del processo di saldature, dei saldatori, per i controlli non distruttivi delle saldature e per il calcolo.

1) Qualifica del procedimento di saldatura in arco elettrico, con riferimento:

- D.M. 14.01.2008 - "Norme tecniche per le costruzioni"
- UNI EN ISO 15614-1:2017 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e sue leghe.
- UNI EN ISO 14732:2013¹ - Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura e dei preparatori di saldatura per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici.
- UNI EN ISO 9606-1:2017 - Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai

2) Controllo non distruttivo delle saldature

- UNI EN ISO 17637:2017 - Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo dei giunti saldati per fusione;
- UNI EN ISO 17638:2016² - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche.
- UNI EN ISO 11666:2011³ - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Livelli di accettabilità;
- UNI EN ISO 17640:2018⁴ - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Tecniche di controllo, livelli di prova e di valutazione

3) Metodo di calcolo

- D.M. 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"

2.7 Accessori metallici

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, piastre di base dei montanti, tirafondi, ecc.) devono essere scelti avendo cura di evitare i

¹ Sostituisce la Norma UNI EN 1418:1999;

² Sostituisce la Norma UNI EN 1290:2000;

³ Sostituisce la Norma UNI EN 1712:2005;

⁴ Sostituisce la Norma UNI EN 1714:2005;

problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore del potenziale elettrochimico dei materiali a contatto.

In particolare questi elementi devono essere in acciaio inossidabile (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti).

Per quanto riguarda le piastre di base saranno realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche pari a quelle del tipo S275J0 secondo la norma UNI EN 10025 (ex Fe 430C secondo la Norma UNI EN 10025-2:2005).

Bulloni ad alta resistenza con caratteristiche dimensionali delle viti e dei dadi conforme alle norme UNI EN14399:2015¹ (Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico) appartenenti alla classe 8.8 e 6S conforme alle Norme UNI EN ISO 898-2:2012² (Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato).

2.8 Zincatura

La protezione mediante zincatura di manufatti metallici, ove richiesta dai documenti di progetto e/o da altre sezioni delle presenti Norme Tecniche sarà eseguita con le modalità ivi previste e secondo le Norme UNI EN 1461:2009.

La D.L. potrà fare accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione.

A richiesta della D.L. potranno essere eseguite le seguenti prove:

- determinazione della massa dello strato di zincatura con metodo auperie (Norma UNI EN ISO 1460:1997³);
- prova di uniformità dello strato di zincatura secondo quanto disposto dalle Norme UNI EN ISO 1460:1997 e UNI EN 10240:1999⁴.

2.8.1 Prescrizioni ed oneri particolari

L'Appaltatore dovrà aver cura di immagazzinare e ritoccare tutte le parti di opera in maniera tale da non danneggiare il rivestimento già applicato.

Ogni eventuale danneggiamento dovrà essere riparato mediante ritocchi del rivestimento stesso; modalità di tali interventi dovranno essere opportunamente specificate e comunicate alla D.L.

2.8.2 Controlli qualità

Le modalità, numero e tipologia di controlli saranno indicati dalla D.L..

¹ Sostituisce le norme UNI 5712 e UNI 5713;

² Sostituisce le norme UNI 3740 e UNI EN 20898;

³ Sostituisce la norma UNI 5741:1966;

⁴ Sostituisce la norma UNI 5745:1986;

2.9 Verniciatura

Tutte le opere in ferro dovranno essere accuratamente sabbiate così come previsto dal progetto e/o dalla tipologia dei materiali applicati.

Il livello di sabbiatura dovrà essere, come minimo, pari al grado SA 2,5 delle norme SIS 05 5900 e tale da permettere in ogni caso un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo.

Il rivestimento protettivo dovrà essere composto da almeno due mani di prodotti vernicianti.

Cicli alternativi potranno essere usati solo dopo approvazione delle D.L.

I cicli previsti sono due:

a) Ciclo "A"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da due mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

I strato - Mano intermedia del tipo epossipoliamicidico;

- tipo di legante: epossidico
- tipo di pigmento: fosfato di zinco
- peso specifico: 1380 ± 50 g/l
- solidi in volume: $\% 56 \pm 2$
- spessore del film secco: $80 \mu\text{m}$
- metodo di applicazione: pennello, rullo, airless

II strato - Caratteristiche formulative della mano di finitura del tipo poliuretanico riverniciabile:

- tipo di legante: poliuretanico con indurente poliisocianico alifatico
- peso specifico: 1400 ± 50 g/l
- solidi in volume: $\% 57 \pm 2$
- spessore del film secco: $80 \mu\text{m}$
- metodo di applicazione: pennello, spruzzo, airless

b) Ciclo "B"

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da due mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

I e II strato - Mano intermedia e di finitura del tipo acrilico in emulsione acquosa:

- tipo di legante: copolimeri acrilici in emulsione acquosa
- peso specifico: 1300 ± 50 g/l
- solidi in volume: $\% 44 \pm 2$
- spessore del film secco: $80 \mu\text{m}$ per strato
- N° di strati: 2
- metodo di applicazione: pennello, airless

2.9.1 Verniciatura a polvere

In alternativa e solo dopo approvazione della D.L. può essere adottato un trattamento di verniciatura a polveri con le seguenti caratteristiche.

Il trattamento protettivo superficiale delle carpenterie, deve essere eseguito con vernici in polvere di poliesteri polimerizzate in forno a 180 ± 200 °C, secondo il seguente ciclo:

- sgrassaggio a temperatura costante di 50 ± 60 °C.
- lavaggio con acqua di rete a temperatura ambiente.
- disossidazione a temperatura ambiente.
- lavaggio con acqua demineralizzata a temperatura ambiente.
- conversione per acciaio zincato a temperatura costante di 30 ± 40 °C.
- lavaggio con acqua demineralizzata a temperatura ambiente.
- asciugatura con temperatura costante di 80 ± 100 °C.
- applicazione elettrostatica automatica di vernice in polvere a spessore controllato, spessore minimo 80 µm .
- polimerizzazione in forno a temperatura di 180 ± 200 °C
- Controllo della verniciatura (colore, brillantezza, spessore, Aderenza e resistenza alla corrosione).

La “prima fase attiva” è uno sgrassaggio alcalino con il compito di rimuovere le parti oleose e di asportare chimicamente le difettosità superficiali.

La “seconda fase attiva” è una disossidazione acida ed elimina completamente i residui carboniosi, possibili patine generate dall’attacco alcalino, ma soprattutto condiziona la superficie predisponendola attivamente al trattamento di conversione.

Le due fasi attive iniziali preparano la superficie in maniera tale da ottenere il massimo della conversione chimica.

La “terza fase attiva” è una conversione superficiale, esente cromo, basata su una soluzione di fluotitanazione con filmante organico.

2.9.1.1 Normative di riferimento

- UNI EN ISO 12944-5:2008 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Parte 5: Sistemi di verniciatura protettiva
- UNI EN ISO 2409:2013 - Pitture e vernici - Prova di quadrettatura
- UNI EN ISO 9227:2017 - Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove in nebbia salina
- UNI EN ISO 6270-1:2001 - Pitture e vernici - Determinazione della resistenza all'umidità - Condensa continua
- UNI EN ISO 1514:2016 - Pitture e Vernici - Pannello standardizzato per le prove di controllo

2.9.2 Operazioni di ritocco

Le operazioni di ritocco saranno eseguite ad opera montata, la metodologia prevede:

- Accurata spazzolatura meccanica e/o manuale delle parti interessate.

Le zone a ferro nudo dovranno presentare un grado di pulizia assimilabile al grado ST 3 delle Norme SIS 05 5900

- Applicazione a pennello di pittura epossipoliamicca "surface tollerant"

- peso specifico: 1.450 g/l
- solidi in volume: %80 ±2
- spessore del film secco: in accordo al ciclo previsto
- colore: secondo RAL di progetto

Prima dell'applicazione del successivo strato finale bisognerà rimuovere dalle superfici gli eventuali incoerenti depositatisi (polvere, unto ecc.)

2.9.3 Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)

Le caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicati su supporti in acciaio sottoposti ad invecchiamento artificiale.

In fasi di qualifica per l'invecchiamento artificiale sarà previsto un ciclo così composto:

AGENTE AGGRESSIVO	DURATA	TEMPERATURA
Radiazione ultravioletta	6 h	60 °C
Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate (Norma UNI 4261:1966)	12 h	35 °C
Corrosione in nebbia salina (Norma UNI EN ISO 9227:2017)	12 h	35 °C
Radiazione ultravioletta	12 h	60 °C

durante questo ciclo di invecchiamento artificiale verranno eseguiti i controlli riportati di seguito:

a) Ingiallimento:

secondo Norma DIN 53230 il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

b) Ruggine e blistering: (ASTM D71456) (DIN 53230):

Ciclo "A"	Blistering:	I strato = 9 F I strato = 9 M II strato = 9 F
	Ruggine:	RO (ruggine assente)
	Ciclo "B"	Blistering:
	Ruggine:	RO (ruggine assente)

c) *Controllo dell'aderenza:*

secondo l'ASTM D-3359 metodo A (spess. sup. 125 µm) e metodo B (spess. inferiore ed uguale a 125 µm), con risultati non inferiori a 4A e 4B.

d) *Controllo dei tempi di essiccazione e sovraverniciatura:*

secondo i metodi e le prescrizioni dichiarate dai fornitori delle vernici.

e) *Controllo dello spessore del film secco:*

si determinerà con idonei strumenti non distruttivi tipo MIKROTEST, DIAMETER od equivalente.

Il numero dei controlli sarà in accordo a quanto di seguito indicato.

f) *Resistenza all'abrasione:*

si determinerà solo su prodotto di finitura mediante Taber Aeraser, con mola tipo CS 10, dopo 1.000 giri con carico di un 1 Kg.

Il valore espresso come perdita in peso dovrà essere inferiore a 100 mg.

g) *Brillantezza:*

controllata mediante Glassometro Gardner con angolo di 60°, dovrà avere un valore finale non inferiore al 10% del valore iniziale.

h) *Misurazioni di spessore sul film secco:*

Misurazioni di spessore sul film secco dovranno essere rilevate sia su superfici primerizzate che su quelle trattate con ciclo completo.

Per misurazione di spessore si intende la rilevazione strumentale dello spessore secco.

Le misurazioni dovranno essere dei due tipi qui di seguito indicati:

k.1) *Misurazione "singola":*

Per misurazione "singola" si intende il valore risultante dalla rilevazione strumentale dello spessore in un solo punto.

k.2) *Misurazione "spot":*

Per misurazione "spot" si intende il valore risultante dalla media di tre letture "singole" eseguite in un'area compresa in un cerchio di circa 30 mm di diametro.

Il valore dello spessore risultante non dovrà essere inferiore al 90% dello spessore minimo richiesto.

La misurazione "spot" dello spessore dovrà essere ripetuta in cinque aree diverse.

La media aritmetica delle cinque rilevazioni "spot" non dovrà mai essere inferiore al minimo spessore richiesto.

Quanto sopra descritto costituisce il numero di operazioni da fare per ottenere una misura "spot".

In caso di sottospessore si ripeteranno misure "spot" addizionali in aree vicine, in caso di risultato ancora negativo, l'Applicatore ripristinerà a proprio carico lo spessore richiesto.

k.3) *Numero di controlli:* Le misure "spot" andranno effettuate su tutta la lunghezza e su tutto il perimetro del profilo inserendo nella verifica tutte le tipologie previste, nella misura di:

- | | |
|------------------------------------|---|
| - Fino a 1.000 m ² | - un numero di misure "spot" equivalente al 1,5% del totale della superficie. |
| - Da 1.000 a 5.000 m ² | - un numero di misure "spot" equivalente al 0,75% del totale della superficie con un minimo di 30. |
| - Da 5.000 a 15.000 m ² | - un numero di misure "spot" equivalente al 0,5% del totale della superficie con un minimo di 75. |
| - Oltre 15.000 m ² | - un numero di misure "spot" equivalente allo 0,25% del totale della superficie con un minimo di 150. |

Se, durante i controlli, si evidenzieranno difetti di verniciatura (gocciolamenti, vescicamenti, ecc.) o aderenze, ecc. non conformi a quanto richiesto, l'Appaltatore è tenuto a riportare le superfici difettose nel grado d'accettabilità richiesto.

Le superfici verniciate dovranno essere esenti da difetti tipo cricature fangose (mud-cracking), gocciolature, sottospessori, sovrassessori, bruciature (dry-spray), ecc.

2.9.4 Prove di accettazione dei prodotti

L'Appaltatore dovrà a sua cura e spese preventivamente inviare ad un Laboratorio qualificato ed accettato dalla D.L. i campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato).

I pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere, sottratti alla quantità percentuale di solvente.

Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrofotometrica all'infrarosso.

2.9.5 Prescrizioni ed oneri particolari

a) L'Appaltatore dovrà aver cura di immagazzinare e ritoccare tutte le parti di opera in maniera tale da non danneggiare il rivestimento già applicato.

Ogni eventuale danneggiamento dovrà essere riparato mediante ritocchi del rivestimento stesso; modalità di tali interventi dovranno essere opportunamente specificate e comunicate alla D.L.

b) Tutti i prodotti vernicianti e/o solventi dovranno essere conservati secondo le modalità previste dal fornitore, ed in ogni caso in luogo asciutto, areato non soggetto ad esposizione diretta dei raggi del sole e non esposto al gelo.

Particolare cura sarà posta alla data di scadenza dei prodotti.

c) Tutti i materiali di risulta dovranno essere portati a discariche autorizzate, tenendo in particolare conto il fatto che questi possono essere inquinanti.

2.9.6 Controlli qualità

Le modalità, numero e tipologia di controlli saranno indicati dalla D.L..

2.9.7 Ciclo di verniciatura con pittura ignifuga intumescente

Verniciatura protettiva di strutture metalliche 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:

- sabbatura A SA 2,5 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 min) in grado di sopportare l'esposizione agli agenti atmosferici per almeno sei mesi senza degradarsi in assenza dello strato di protezione superficiale.

Al fine di raggiungere la classe di resistenza al fuoco prescritta lo spessore minimo del film secco dovrà essere $\geq 0,250$ mm.

Il rivestimento dovrà essere applicato in una mano a spruzzo airless.

- applicazione dello strato finale, a spruzzo airless, con funzioni estetico protettive a base di resine poliuretatiche alifatiche, dato in almeno due strati, per uno spessore complessivo non inferiore a 0,130 mm.

Il prodotto costituente il rivestimento intumescente dovrà essere certificato in base alle curve temperatura/tempo e rispondere a quanto specificato nella Norma EN 13381-4:2002 e a quanto riportato nel par. 3.6.1 delle NT2008 D.M. 14.01.2008 e dalla circolare DM 16 febbraio 2007.

Circa le temperature, i tempi ed il grado di umidità per le operazioni di sovraverniciatura si farà riferimento a quanto indicato dalla Direzione Lavori.