

**ACCORDO QUADRO PER LAVORI DI RIQUALIFICA DEI DISPOSITIVI DI SICUREZZA  
E DI MITIGAZIONE ACUSTICA RICADENTI SULLE TRATTE AUTOSTRADALI DI  
COMPETENZA DELLA DIREZIONE 1° TRONCO DI GENOVA.**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
PARTE II**

<b>INDICE CARATTERISTICHE DELLE OPERE .....</b>	<b>6</b>
<b>1 BARRIERE DI SICUREZZA.....</b>	<b>7</b>
1.1 PRESCRIZIONI GENERALI.....	7
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
1.3 DISPOSITIVI DI RITENUTA PREVISTI IN PROGETTO .....	10
DISPOSITIVI SVILUPPATI DALLA COMMITTENTE.....	11
BARRIERE DI SICUREZZA E ATTENUATORI D'URTO (MARCABILI CE).....	11
DISPOSITIVI COMPLEMENTARI (NON MARCABILI CE) .....	12
DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE.....	12
CRITERI DI EQUIVALENZA.....	13
1.4 REQUISITI DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA .....	13
BARRIERE DI SICUREZZA.....	13
ATTENUATORI D'URTO.....	13
DISPOSITIVI AMOVIBILI PER VARCHI.....	14
TERMINALI SPECIALI.....	15
1.5 CONFORMITA' DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA .....	15
1.6 VERIFICHE IN FASE DI PRODUZIONE .....	18
1.7 ACCETTAZIONE DELLE FORNITURE CONSEGNATE .....	19
<b>2 SISTEMI ANTIRUMORE.....</b>	<b>22</b>
2.1 PREQUALIFICA DEL SISTEMA ANTIRUMORE.....	22
2.2 CRITERI DI ACCETTAZIONE (ACUSTICI E NON ACUSTICI).....	25
2.3 ASSORBIMENTO ACUSTICO.....	29
2.4 ISOLAMENTO ACUSTICO .....	29
2.5 DIFFRAZIONE DEL BORDO SUPERIORE.....	30
2.6 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE.....	30
2.7 REQUISITI MECCANICI.....	31
2.8 PROVE.....	31
2.9 REQUISITI DI SICUREZZA NELL'ESERCIZIO E COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	32
2.10 SISTEMI ANTICADUTA E PERICOLO DI CADUTA DI FRAMMENTI.....	32
2.11 COMPORTAMENTO IN PRESENZA DI FUOCO.....	32

2.12	RIFLESSIONE DELLA LUCE .....	34
2.13	TRASPARENZA STATICA E DINAMICA.....	34
2.14	ACCESSI DI SERVIZIO A SCOPO MANUTENTIVO.....	34
2.15	COMPATIBILITÀ AMBIENTALE .....	35
2.16	REQUISITI DI DURABILITÀ E CRITERI DI MANUTENZIONE .....	35
2.17	CARATTERISTICHE DEI PANNELLI E DEI MATERIALI COSTITUENTI LE BARRIERE .....	36
2.18	PANNELLI METALLICI .....	36
2.19	PANNELLI IN ACCIAIO (AL CARBONIO ED INOX) .....	36
2.20	PANNELLI IN ALLUMINIO .....	38
2.21	CARATTERISTICHE DEL GUSCIO IN ALLUMINIO .....	39
2.22	PANNELLI MISTI .....	40
2.23	PANNELLI IN ACCIAIO COR-TEN.....	40
2.24	MATERIALE FONOASSORBENTE.....	40
2.25	PANNELLI IN LEGNO.....	42
2.26	CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA SCATOLARE IN LEGNO .....	42
2.27	PANNELLI TRASPARENTI.....	44
2.28	PANNELLI TRASPARENTI CON LASTRE IN POLIMETILMETACRILATO (PMMA) .....	44
2.29	PANNELLI TRASPARENTI CON LASTRE IN POLICARBONATO PROTETTO A UV .....	47
2.30	PANNELLI TRASPARENTI CON LASTRE IN VETRO STRATIFICATO.....	47
2.31	MITIGAZIONI AMBIENTALI PER L'AVIFAUNA .....	48
2.32	PANNELLI IN MATERIALE PLASTICO .....	49
2.33	PANNELLI IN CALCESTRUZZO .....	49
2.34	STRATO IN CLS ARMATO.....	50
2.35	STRATO FONOASSORBENTE IN ARGILLA ESPANSA O POMICE .....	52
2.36	RIVESTIMENTI MURI E GALLERIE.....	53
2.37	PANNELLI IN LATERIZIO.....	54
2.38	BARRIERE INTEGRATE RUMORE E SICUREZZA.....	54
2.39	SISTEMI DI COPERTURA A "BAFFLES" .....	54
2.40	DIFFRATTORI DI SOMMITÀ PER BARRIERE .....	55
2.41	BIOMURI IN CALCESTRUZZO ARMATO VIBRATO .....	55
2.42	BIOMURI IN CALCESTRUZZO ARMATO VIBRATO A BASSO INGOMBRO TRASVERSALE	57

2.43	PANNELLI REALIZZATI CON ALTRI MATERIALI .....	58
2.44	CARPENTERIA METALLICA PORTANTE .....	58
2.45	ACCESSORI .....	59
2.46	PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DELLA BARRIERA .....	59
2.47	PROTEZIONE AMBIENTALE .....	59
2.48	CONFORMITÀ DI PRODUZIONE .....	60
2.49	RESISTENZA AL FUOCO .....	60
2.50	COLORAZIONI .....	60
2.51	TENUTA ACUSTICA.....	61
2.52	RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI .....	61
2.53	SISTEMI DI FISSAGGIO PER PREVENIRE L'ASPORTAZIONE DEI PANNELLI.....	61
2.54	SISTEMI ANTIGRAFFITI .....	61
2.55	MONTAGGIO.....	61
2.56	PORTA DI SERVIZIO .....	64
2.57	CANCELLO ANTIRUMORE, SCORREVOLE MOTORIZZATO.....	64
2.58	COLLAUDO ACUSTICO DELLA BARRIERA ANTIRUMORE.....	66
<b>3</b>	<b>ASSET MINORI .....</b>	<b>67</b>
	RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	67
3.1	CAMPO DI APPLICAZIONE .....	67
3.2	GENERALITÀ.....	67
3.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	67
3.4	CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI PER IL RIPRISTINO DI SUPERFICI DEGRADATE .....	68
3.5	REQUISITI DI CARATTERE GENERALE .....	68
3.6	LEGANTI, MALTE, BETONCINI E CALCESTRUZZI A BASE CEMENTIZIA AVENTI CARATTERISTICHE ESPANSIVE.....	70
3.7	MALTE CEMENTIZIE POLIMERO MODIFICATE .....	70
3.8	MALTE RAPIDE A BASE DI SPECIALE LEGANTE POZZOLANICO .....	70
3.9	FORMULATI A BASE DI RESINA .....	70
3.10	CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI .....	70
3.11	REQUISITI PRESTAZIONALI DEI MATERIALI.....	72
3.12	CRITERI PER LA SCELTA DELLE TECNICHE D'INTERVENTO E DEI MATERIALI .....	76
3.13	DEGRADO LIEVE – RIPRISTINI DI SPESSORE DA 1 A 10 MM.....	76

3.14	DEGRADO MEDIO – RIPRISTINI DI SPESSORE MAGGIORE DI 10 FINO A 50 MM .....	76
3.15	DEGRADO MOLTO PROFONDO – RIPRISTINI DI SPESSORE MAGGIORE DI 100 MM .....	79
3.16	PREQUALIFICA DEI MATERIALI PER GLI INTERVENTI DI RIPRISTINO/ADEGUAMENTO.....	80
3.18	<sup>IN</sup> MODALITÀ ESECUTIVE .....	80
3.19	ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO .....	82
3.20	PULIZIA DELLE ARMATURE .....	83
3.21	POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE.....	83
3.22	PULIZIA E SATURAZIONE DELLA SUPERFICIE DI SUPPORTO .....	84
3.23	APPLICAZIONE DEI MATERIALI DI RIPRISTINO.....	84
3.24	FRATTAZZATURA O STAGGIATURA .....	85
3.25	STAGIONATURA.....	86
3.26	CONTROLLI E PROVE.....	87
3.27	PROVE SUI MATERIALI.....	88

## **CARATTERISTICHE DELLE OPERE**

Il presente Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Tecniche – vuole indicare le tipologie di intervento e fornitura previste.

### **1 BARRIERE DI SICUREZZA**

#### **1.1 PRESCRIZIONI GENERALI**

I progetti e i relativi lavori di installazione di barriere di sicurezza e altri dispositivi di ritenuta stradali devono attenersi a quanto prescritto dal Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 in materia di installazione di dispositivi di sicurezza e dalle successive integrazioni e modificazioni fino al vigente D.M. n°2367 del 21.6.2004.

L'Appaltatore dovrà utilizzare barriere di sicurezza e attenuatori d'urto dotati di Dichiarazione di Prestazione ai sensi del Regolamento UE n.305/2011 (DOP) per i dispositivi soggetti a marcatura CE e una dichiarazione di conformità di produzione (per i dispositivi non soggetti a marcatura CE, come meglio specificato nei paragrafi che seguono) e pertanto installabili ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28/06/2011. Gli altri dispositivi di ritenuta dovranno possedere caratteristiche rispondenti ai requisiti fissati dal D.M. n°2367 del 21.6.2004.

#### **1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Dispositivi di sicurezza stradali:

- DM Lavori Pubblici n. 223 del 18 febbraio 1992 “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere di sicurezza”
- DM Infrastrutture e Trasporti n.2367 del 21/06/2004 “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di sicurezza stradali”
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.07.2010 - “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.
- DM Infrastrutture e Trasporti del 28/06/2011 “Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”
- UNI EN 1317-1 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova”
- UNI EN 1317-2 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari.

- UNI EN 1317-3 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto”
- UNI ENV 1317-4 “Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza”
- UNI EN 1317-5 “Barriere di sicurezza stradali – Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli”
- prEN 1317-7 “Road restraint systems - Part7: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals of safety barriers”;
- UNI CEN/TS 17342: “Sistemi di ritenuta stradale - Sistemi di ritenuta stradale per motociclisti in grado di ridurre la severità dell'urto del motociclista in caso di collisione con le barriere di sicurezza”;
- UNI/TR 11785 “Documento tecnico di supporto per la redazione del manuale per l'utilizzo e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradali su rilevato”.

Acciaio:

- UNI EN 10025-1: “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
  - UNI EN 10025-2 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”
- UNI EN 10051:2011 “Nastri laminati a caldo in continuo e lamiere/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma”
- UNI EN 10058: “Barre di acciaio piane laminate a caldo per impieghi generali - Dimensioni e tolleranze sulla forma e sulle dimensioni “
  - UNI EN 10162: “Profilati di acciaio laminati a freddo - Condizioni tecniche di fornitura - Tolleranze dimensionali e sulla sezione trasversale “
  - UNI EN 10204: “Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo”
  - UNI EN ISO 6892-1: “Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente” (SOSTITUISCE LA UNI EN 10002-1:2004)
  - UNI EN ISO 6507-1: “Materiali metallici- Prova di durezza Vickers- Parte 1: Metodo di prova“
  - UNI EN ISO 6507-4: “Materiali metallici - Prova di durezza Vickers - Parte 4: Prospetto dei valori di durezza”
  - UNI EN 10168: “Prodotti di acciaio - Documenti di controllo - Lista e descrizione delle informazioni”
  - UNI EN 10223-4: “Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni - Recinzioni in rete elettrosaldata”

- UNI EN 22768-1: “Tolleranze generali. Tolleranze per dimensioni lineari ed angolari prive di indicazione di tolleranze specifiche”
- UNI EN 10219-1: “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura “
- UNI EN 10219-2: “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- UNI EN 10218-2: “Filo di acciaio e relativi prodotti - Generalità. Dimensioni e tolleranze dei fili”.

#### Zincatura:

- UNI EN ISO 1461: “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova”
- UNI EN 10244-1: “Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 1: Principi generali “
- UNI EN 10244-2: “Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco”
- UNI EN 1179: “Zinco e leghe di zinco - Zinco primario”

#### Bulloneria:

- UNI 3740-1: “Elementi di collegamento filettati di acciaio - Prescrizioni tecniche – Generalità”
- UNI 3740-9: “Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Confezionamento e tolleranze di fornitura”.
- UNI 3740-12: “Elementi di collegamento di acciaio - Parte 12: Prescrizioni tecniche per rivestimenti di zinco per immersione a caldo”
- UNI EN ISO 898-1: “Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine”

#### Saldature:

- UNI EN ISO 3834-1: “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 1: Criteri per la scelta del livello appropriato dei requisiti di qualità”
- UNI EN ISO 9606-1: Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai.
- UNI EN ISO 14731: Coordinamento delle attività di saldatura - Compiti e responsabilità

- UNI EN ISO 14732: Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura e dei riparatori di saldatura per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici
- UNI EN ISO 15614: Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura
- UNI EN ISO 15609: Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura
- UNI EN ISO 17635: “Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici” (SOSTITUISCE LA UNI EN 12062:2004)
- UNI EN ISO 17636 - Prove non distruttive delle saldature - Controllo radiografico
- UNI EN ISO 10675 - Controlli non distruttivi delle saldature - Livelli di accettabilità per il controllo radiografico
- UNI EN ISO 17637 - Controllo non distruttivo delle saldature - Esame visivo dei giunti saldati per fusione
- UNI EN ISO 17638 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche
- UNI EN ISO 6520-1: Saldatura e procedimenti connessi - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione
- UNI EN ISO 5817: “Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni”
- UNI EN ISO 3452 “Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti”
- UNI EN ISO 23277: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo delle saldature mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità”(SOSTITUISCE LA UNI EN 1289:2006)
- UNI EN 1290: Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature
- UNI EN ISO 23278: “Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche delle saldature - Livelli di accettabilità” (SOSTITUISCE LA UNI EN 1291:2006)
- UNI EN ISO 17640: Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Tecniche di controllo, livelli di prova e valutazione (SOSTITUISCE LA UNI EN 1714:2005)
- UNI EN ISO 11666: Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Livelli di accettabilità

Calcestruzzo:

- UNI EN 12390-3 “Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini”

- UNI EN 12504-1 “Prove su calcestruzzo nelle strutture – Carote –Prelievo, esame e prova di compressione”
- UNI EN 13791 “Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 206-1 “Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- DM Infrastrutture 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni”
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.

### **1.3 DISPOSITIVI DI RITENUTA PREVISTI IN PROGETTO**

L'Appaltatore, prima di iniziare la produzione e con congruo anticipo rispetto ai tempi di fornitura, si obbliga a comunicare alla Direzione Lavori l'elenco dei dispositivi di cui prevede l'utilizzo e a fornire tutta la documentazione necessaria ad accertarne la conformità di legge e ai requisiti fissati dal Progetto Esecutivo. Nel caso in cui il Progetto Esecutivo preveda specifiche tecniche di tipo prestazionale dovrà essere fornita la documentazione di rispondenza ai requisiti di progetto. Nel caso in cui il progetto proponga specifici dispositivi e l'Appaltatore intenda fornire dispositivi equivalenti, dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori opportuna documentazione che consenta di riscontrare la sussistenza di tale equivalenza.

### **DISPOSITIVI SVILUPPATI DALLA COMMITTENTE**

Se il Progetto Esecutivo prevede l'utilizzo di dispositivi di ritenuta stradali sviluppati dalla Committente e non si prevede di utilizzare dispositivi equivalenti, l'Appaltatore dovrà rendere noto alla Direzione Lavori il produttore di cui ha deciso di avvalersi ai fini dell'autorizzazione del medesimo alla produzione laddove questo non risulti già precedentemente autorizzato. Tale autorizzazione potrà essere rilasciata dalla Committente a seguito del positivo accertamento dell'operatività e della capacità di produrre in conformità con gli standard di qualità richiesti. In caso di esito negativo di tale accertamento o nel caso in cui la richiesta venga avanzata tardivamente, e cioè in tempi tali da non garantire il completamento del processo di autorizzazione e certificazione del Produttore senza ripercussioni sul programma lavori, si comunicheranno all'Appaltatore le motivazioni che non hanno consentito di autorizzare il Produttore da questi indicato e verrà fornita una lista di Produttori, già autorizzati, tra cui l'Appaltatore dovrà scegliere.

### **BARRIERE DI SICUREZZA E ATTENUATORI D'URTO (MARCABILI CE)**

L'Appaltatore dovrà fornire, per ciascun tipo di dispositivo marcabile CE, almeno 20 giorni prima

dell'inizio della fornitura, la seguente documentazione:

- crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi) e filmati dei crash test;
- disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del dispositivo);
- Specifica del Processo di Saldatura (WPS) secondo UNI EN ISO 15609 e relativo Verbale di Qualificazione della Procedura di Saldatura (WPQR) secondo UNI EN ISO 15614;
- manuali di utilizzo e installazione e di manutenzione;
- dichiarazione di prestazione (DoP) ai sensi della norma UNI EN 1317-5.

Ai fini dell'accertamento della validità dei certificati CE questi dovranno essere accompagnati da attestazione da parte dell'Organismo Notificato di aver eseguito con esito positivo visita di ispezione/sorveglianza in data non antecedente all'anno precedente a quello in corso. Dovrà inoltre fornire il progetto costruttivo comprendente le modifiche necessarie ad adattare il progetto esecutivo sulla base dei dispositivi proposti, e in particolare:

- a) disegni costruttivi delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le altre barriere previste in progetto o esistenti così come specificato all'interno degli elaborati di progetto;
- b) disegni costruttivi degli elementi terminali e di avvio delle barriere proposte;
- c) disegni costruttivi dei supporti o fondazioni (a esempio per attenuatori d'urto testati su cordoli cementizi).

### **DISPOSITIVI COMPLEMENTARI (NON MARCABILI CE)**

I dispositivi non marcabili CE ma sottoposti a prove iniziali di tipo (crash test), quali terminali speciali e dispositivi amovibili per varchi, dovranno possedere:

- certificato di omologazione (ove disponibile);
- crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi) e filmati dei crash test;
- disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del dispositivo); Specifica del Processo di Saldatura (WPS) secondo UNI EN ISO 15609 e relativo Verbale di Qualificazione della Procedura di Saldatura (WPQR) secondo UNI EN ISO 15614;
- manuali di installazione (comprensivo delle coppie di serraggio da applicare a ogni giunzione bullonata) e manuale di manutenzione.

A integrazione, i terminali speciali testati potranno essere certificati CE come attenuatori d'urto ai sensi della 1317/3. Per quanto riguarda i dispositivi amovibili per varchi è ammesso il ricorso anche a dispositivi certificati CE ai sensi della 1317/2 per classi di contenimento superiori alla classe H2.

Per questi dispositivi, l'Appaltatore dovrà fornire almeno 20 giorni prima dell'inizio della produzione, la seguente documentazione: crash test report (compresi eventuali integrazioni e supplementi), filmati dei

crash test, disegni costruttivi (di insieme e di dettaglio di tutte le parti del DISPOSITIVO), manuali di utilizzo e installazione e manutenzione.

Transizioni, Terminali semplici e Cuspidi, dovranno essere realizzati in accordo ai disegni allegati al progetto. Sarà onere dell'Appaltatore sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori, prima dell'avvio della produzione, i disegni costruttivi dei dispositivi complementari di cui si prevede l'installazione, compresi i disegni costruttivi dei supporti o fondazioni (a esempio per dispositivi amovibili per varchi testati su cordoli cementizi).

## **DOCUMENTAZIONE DA PRESENTARE**

Nel caso l'Appaltatore intenda utilizzare dispositivi equivalenti dovrà fornire la seguente documentazione:

- a) dichiarazione di equivalenza dei dispositivi, sotto il profilo della classe di contenimento che di tutti gli elementi comprovanti il rispetto dei requisiti indicati nel Progetto Esecutivo;
- b) Crash test report, filmati di crash test;
- c) Disegni costruttivi dei dispositivi comprensivi degli elementi terminali e di avvio delle barriere equivalenti proposte, dei supporti o fondazioni (a esempio per attenuatori d'urto o dispositivi amovibili per varchi disposti su cordoli cementizi) e delle transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le barriere previste in progetto o esistenti così come specificato all'interno degli disegni di progetto. Il disegno costruttivo dovrà comprendere le modifiche necessarie ad adattare il disegno esecutivo sulla base dei dispositivi proposti (se del caso). L'accettabilità di dette modifiche sarà poi oggetto di verifica da parte della Direzione Lavori.
- d) manuali di utilizzo e installazione (comprensivo delle coppie di serraggio da applicare a ogni giunzione bullonata) e di manutenzione;
- e) certificazione CE e dichiarazione di prestazione (DoP) ai sensi della norma UNI EN 1317-5;
- f) certificazione CE e dichiarazione di prestazione (DoP) ai sensi della norma UNI EN 1317-5;
- g) certificazione CE e dichiarazione di prestazione (DoP) ai sensi della norma UNI EN 1317-5;
- h) dichiarazione nella quale l'Appaltatore conferma di aver verificato tutti i documenti progettuali e, nel caso di strade esistenti, di aver preso visione dei luoghi dove i dispositivi verranno installati e attesta in relazione all'impegno di dispositivi diversi da quelli previsti in progetto l'equivalenza prestazionale rispetto al progetto esecutivo.

## **CRITERI DI EQUIVALENZA**

Nei casi di progetti redatti tramite ricorso a dispositivi specifici ovvero nei casi in cui il progetto è sviluppato a partire da un set di dispositivi di riferimento e in relazione alle caratteristiche di questi, il Progetto Esecutivo prevede la definizione di criteri di equivalenza negli elaborati tecnici di Progetto. La Direzione Lavori verificherà la sussistenza dell'equivalenza dei dispositivi proposti dall'Appaltatore sulla base della documentazione di cui al precedente paragrafo, riservandosi facoltà di richiedere ulteriore documentazione integrativa dove ritenuta necessaria a suo insindacabile giudizio.

## **1.4 REQUISITI DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA**

### **BARRIERE DI SICUREZZA**

L'Appaltatore dovrà individuare ed utilizzare, previa autorizzazione della Direzione Lavori, barriere installabili secondo normativa vigente che possano garantire prestazioni analoghe e in linea con i criteri definiti nel progetto. L'Appaltatore dovrà fornire il progetto costruttivo, comprensivo di tutti i disegni e i dettagli costruttivi (in particolare le transizioni tra i dispositivi proposti e tra questi ultimi e le barriere esistenti nonché gli elementi terminali e di avvio) che dovranno essere adeguati alle caratteristiche delle barriere di cui è previsto l'effettivo utilizzo.

### **ATTENUATORI D'URTO**

Salvo diverse specifiche e indicazioni presenti nel Progetto Esecutivo sarà facoltà dell'Appaltatore avvalersi di dispositivi che dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- classe di contenimento: come da progetto di installazione o superiore;
- tipo: redirettivo o non redirettivo come da progetto di installazione;
- ingombro longitudinale complessivo (compreso anche spazio di funzionamento a tergo rispetto alla cuspid): non superiore a quanto indicato nel progetto di installazione.

Inoltre, le dimensioni trasversali dell'attenuatore d'urto dovranno essere commisurate a quelle delle barriere in cuspid, individuando tra i diversi prodotti commerciali e tra le diverse tipologie di questi, che formano un sistema o famiglia (allargato, intermedio, parallelo), quelli a cui corrisponde una dimensione posteriore la più simile possibile alla larghezza della cuspid.

La geometria ed il posizionamento della cuspid potranno essere variate, in relazione alla morfologia del sito e della geometria della rampa, per consentire l'installazione dell'attenuatore d'urto con una inclinazione massima compatibile con quella richiamata nel manuale di installazione e per contenere l'ingombro di questo all'interno della zona zebra garantendo adeguati franchi laterali, nel rispetto di quanto precedentemente detto.

Nel caso di impiego su viabilità/rampe bidirezionali, la larghezza massima dell'attenuatore d'urto dovrà comunque avere una larghezza non superiore a quella dell'elemento calandrato di collegamento tra le due barriere confluenti nella cuspide, tale per cui la sagoma posteriore di quest'ultimo non costituisca in alcun modo elemento di pericolo per i flussi transitanti in entrambi i sensi.

Laddove previsto all'interno della documentazione tecnica del dispositivo, potrà essere valutato il collegamento dell'attenuatore con le lame delle barriere in cuspide non prevedendo quindi l'elemento calandrato. Se questa modalità è già prevista in progetto il collegamento dovrà essere obbligatoriamente replicato e quindi non saranno ritenuti idonei dispositivi che non consentano questa modalità di installazione.

### **DISPOSITIVI AMOVIBILI PER VARCHI**

I dispositivi amovibili per varchi non dotati di marcatura CE ma sottoposti a prove iniziali di tipo (crash test), dovranno possedere:

- Certificato di omologazione (ove disponibile);
- Specifica del Processo di Saldatura (WPS) secondo UNI EN ISO 15609 e relativo Verbale di Qualificazione della Procedura di Saldatura (WPQR) secondo UNI EN ISO 15614.crash test report eseguiti secondo ENV 1317/4.

È ammesso il ricorso anche a dispositivi certificati CE ai sensi della 1317/2 per classi di contenimento superiori alla classe H2.

La classe di contenimento dovrà essere almeno pari a quella prevista in progetto.

Salvo diverse specifiche e indicazioni presenti nel Progetto Esecutivo dovranno essere impiegati dispositivi idonei in relazione alle caratteristiche e alle geometrie delle barriere spartitraffico e che consentano l'apertura tramite lo smontaggio di singoli moduli di lunghezza non superiore a 6 metri. L'ingombro longitudinale complessivo del dispositivo dovrà essere compatibile con le dimensioni del varco indicate nel progetto di installazione.

Il dispositivo dovrà essere stato testato in connessione con barriere di caratteristiche analoghe a quella di progetto per geometria ed altezza dell'elemento longitudinale. Soluzioni diverse potranno essere valutate da parte solo in presenza di opportuna documentazione tecnica che consenta di stabilire:

- l'equivalenza di prestazione della configurazione di progetto rispetto a quella sottoposta alle prove di crash test;
- l'idoneità dei collegamenti alle barriere spartitraffico adiacenti secondo criteri analoghi a quelli previsti per il progetto delle transizioni.

## TERMINALI SPECIALI

I terminali speciali testati ai sensi della ENV1317-4 dovranno essere della tipologia e delle classi previste in progetto. Saranno ritenuti idonei anche terminali di tipo “Energy Absorbing Terminal (EAT)” testati secondo la prEN 1317-7 in presenza di attestazione di rispondenza anche alla UNI ENV 1317-4, comprensiva di eventuali report supplementari, emessa da parte del Centro Prove che ha eseguito i crash test.

Sarà facoltà dell'Appaltatore avvalersi di dispositivi che dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- classe: come da progetto di installazione o superiore;
- testato secondo ENV1317-4 (o prEN1317-7 come sopra specificato)
- ingombro longitudinale complessivo: non superiore a quanto indicato nel progetto di installazione.
- collegamento alle barriere di sicurezza: in linea generale il dispositivo dovrà essere stato testato in connessione con barriere di caratteristiche analoghe a quella di progetto per geometria ed altezza dell'elemento longitudinale. Saranno ammesse ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori soluzioni diverse solo a valle di presentazione di opportuna documentazione tecnica.

### 1.5 CONFORMITA' DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

Caratteristiche tecniche dei dispositivi e dei materiali

I dispositivi di ritenuta e i materiali impiegati nella costruzione (acciai, calcestruzzo, acciai da armatura, etc.) dovranno essere conformi ai disegni tecnici dei prodotti tipo sottoposti alle prove di crash test (TTT). Eventuali modifiche saranno accettate solo se richiamate nella documentazione tecnica e nel certificato CE e in presenza di una specifica dichiarazione di prestazione (DoP) rilasciata ai sensi della norma EN 1317-5.

Transizioni, cuspidi e terminali semplici dovranno essere conformi ai disegni costruttivi allegati al progetto o in alternativa elaborati a cura dell'Appaltatore e successivamente approvati dalla Direzione Lavori. A prescindere dalla documentazione che l'Appaltatore dovrà mettere a disposizione secondo i tempi e le modalità descritte, la Direzione Lavori, ed eventualmente anche la Committente, avrà la facoltà di procedere ad attività di ispezione e controllo nel corso della consegna e dello stoccaggio del materiale fornito ed in qualsiasi fase del processo produttivo e di approntamento dello stesso, al fine di verificare la rispondenza dei componenti alle specifiche tecniche di prodotto, come previsto dal D.M. n°2367 21.06.2004.

Barriere di sicurezza in acciaio

L'Appaltatore si obbliga a rendere identificabile l'origine dei componenti delle barriere (comprese le transizioni e i componenti speciali) provvedendo a:

1. Far Punzonare meccanicamente, con il riporto del “n. di COIL” da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti elementari principali di ciascuna barriera (intendendosi per tali i

Componenti Elementari di cui al successivo punto); si dovrà porre cura affinché i numeri o le lettere oggetto di punzonatura possano essere letti anche dopo il processo di zincatura;

2. Assicurare la rintracciabilità dei materiali forniti e depositati nei magazzini attraverso i seguenti provvedimenti:

i. Assegnazione a ciascun “Componente Elementare” (pali, nastri a tripla onda, distanziatori, tiranti posteriori, tiranti diagonali, tubi corrimano, mancorrenti a C, etc.), di ciascun tipo di barriera previsto nell'appalto, di un singolo e specifico “Codice identificativo”;

ii. Redazione di una “Tabella di Correlazione”, da allegare a ciascun Documento di Trasporto, in cui i singoli “Componenti Elementari” consegnati (elencati nel Documento di Trasporto), identificati con il relativo “Codice identificativo”, siano correlati a:

o Tipo e Modello di Barriera o di Transizione

o Tipo di Componente Elementare della Barriera o della Transizione (ad es.: palo, tubo, nastro, distanziatore, tirante, diagonale, etc.),

o Numero di COIL

o Numero di colata

o Tipo di acciaio

o Spessore e larghezza del coil,

o N. di pezzi consegnati (con riferimento a quanto indicato nel “Documento di Trasporto”);

iii. Fornire, per ciascun COIL (identificato con: il suo numero identificativo, il numero di colata, la larghezza del nastro, lo spessore del nastro ed il tipo di acciaio) il Certificato di Collaudo “3.1” ai sensi della norma EN 10204 (il certificato di collaudo dovrà contenere i dati e le informazioni sugli acciai previste dalla norma EN 10168);

Copia di ciascun “Documento di trasporto”, con l'allegata “Tabella di Correlazione” e il Certificato di Collaudo “3.1”, dovrà essere trasmessa alla Direzione Lavori all'atto della consegna del materiale nel il sito di stoccaggio dell'Appaltatore presso il cantiere.

3. Stoccaggio del materiale secondo le seguenti modalità:

i. Separazione dei singoli “colli” consegnati: ogni collo fornito e consegnato dovrà riguardare un'unica tipologia di “Componente Elementare”, riferita ad un solo tipo di barriera; inoltre colli specifici e separati dovranno essere preparati e forniti per la bulloneria, le parti miste e altri componenti speciali;

ii. Identificazione dei singoli “colli” consegnati: ciascun “collo di imballaggio” dovrà essere identificato mediante il suo “Codice identificativo” precedentemente descritto;

iii. Predisposizione di Specifici “colli di imballaggio” per la fornitura delle Transizioni e Componenti speciali: tali dispositivi dovranno essere confezionati completi di ogni componente e sempre identificabili mediante il loro “Codice identificativo”.

4. Trasmettere al Direttore dei Lavori, per i materiali forniti e consegnati, le seguenti attestazioni del Fabbricante dei dispositivi di ritenuta:

a. Zincatura: attestazione di conformità alle norme di riferimento per la zincatura di tutti i Componenti Elementari oggetto di fornitura;

b. Saldature: documentazione attestante:

i. le saldature sono state eseguite da operatori qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606; qualora l'esecuzione della saldatura segua un processo automatizzato gli operatori di saldatura ed i preparatori che intervengono nell'attività devono risultare certificati secondo la norma UNI EN 14732;

l'esito positivo dei controlli sulle saldature di cui al §37.8.2 operate sui Componenti Elementari oggetto di fornitura, con evidenziazione del tipo di verifiche effettuate, e che gli stessi siano stati eseguiti da operatori qualificati secondo norma UNI EN ISO 9712.

NOTA BENE : è possibile che il “SISTEMA DI QUALITÀ” dell'unità produttiva sia basato sul “LOTTO” e non sul “COIL”, intendendosi come LOTTO un insieme di più COIL aventi :

- identiche caratteristiche chimiche (in quanto provenienti dalla stessa colata),
- identiche caratteristiche fisiche (spessore, larghezza, resistenze meccaniche).
- Unico certificato di collaudo “3.1” ai sensi della norma EN 10204 In tale caso il sistema sopra delineato verrà applicato con le seguenti modifiche:

Punto 1) punzonare meccanicamente, con il riporto del “n. di LOTTO” da cui proviene il materiale che li costituisce, tutti i componenti elementari principali di ciascuna barriera; si dovrà porre cura affinché i numeri o le lettere oggetto di punzonatura possano essere letti anche dopo il processo di zincatura; Punto

2) Redazione di una “Tabella di Correlazione”, da allegare a ciascun Documento di Trasporto, in cui i singoli “Componenti Elementari” consegnati (elencati nel Documento di Trasporto), identificati con il relativo “Codice identificativo”, siano correlati a:

- o Tipo e Modello di barriera,
- o Tipo di Componente Elementare della barriera (ad es.: palo, tubo, nastro, distanziatore, tirante, diagonale, etc.),
- o Numero di LOTTO
- o Numero di COIL
- o Numero di colata
- o Tipo di acciaio

- o Spessore e larghezza del coil,
- o N. di pezzi consegnati (con riferimento a quanto indicato nel “Documento di Trasporto”);

## 1.6 VERIFICHE IN FASE DI PRODUZIONE

In corso di produzione la Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, potrà effettuare verifiche a campione in stabilimento di produzione al fine di accertare le corrette modalità di esecuzione dei controlli previsti nel FPC del produttore, le modalità di movimentazione, stoccaggio e imballaggio e le modalità di identificazione e rintracciabilità. A monte delle lavorazioni del produttore dei dispositivi di ritenuta metallici e degli elementi speciali, dovrà essere prelevata almeno una “porzione” di coil o lamiera di dimensioni adeguate al prelievo di almeno n. 3 campioni per ciascun LOTTO approvvigionato (vedi precedente § 37.6.1.1) comunque non inore di n. 3 campioni ogni 35 tonnellate di acciaio approvvigionato. Tali prelievi dovranno essere sottoposti a controllo in laboratorio per la verifica delle caratteristiche fisiche (a trazione: snervamento  $f_y$ , rottura  $f_t$ , allungamento e spessori) e chimiche dell'acciaio. Le caratteristiche fisico-chimiche degli acciai dovranno risultare corrispondenti ai sensi della norma UNI EN 10025-2 a quelle previste per la classe di acciaio indicata all'interno della documentazione tecnica del dispositivo. Il prelievo dei campioni sarà effettuato dal Direttore di Stabilimento del fabbricante secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; il Direttore Stabilimento deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato, con spedizione a cura del Direttore di Stabilimento, siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato dell'Appaltatore per l'esecuzione delle prove.

Prima dell'inizio delle operazioni di posa in opera delle barriere, i certificati emessi dal laboratorio e i riepiloghi in forma tabellare degli esiti delle prove (“Tabella di Verifica”) dovranno essere trasmessi dall'Appaltatore al Direttore dei Lavori. In caso di esito negativo delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati, l'Appaltatore dovrà provvedere immediatamente a far allontanare i materiali (coil), ed eventuali componenti delle barriere di sicurezza con essi già realizzati, presenti presso l'unità produttiva o presso il cantiere. Oltre ai controlli di qualità interni sulle saldature a onere del produttore si prescrivono gli ulteriori controlli seguenti:

- controllo visivo secondo EN 970 del 30% di tutte le saldature;
- controllo magnetoscopico secondo EN ISO 17638 del 20% di tutte le saldature (le zone del controllo saranno scelte in base all'esito dell'esame visivo). Tali controlli dovranno essere eseguiti a carico dell'Appaltatore tramite l'Istituto Italiano della Saldatura (o altro Ente terzo previa autorizzazione della Direzione Lavori) che dovrà produrre report di idoneità alle specifiche di procedimento di saldatura (WPS). Qualora l'Istituto Italiano della Saldatura (o altro Ente terzo) riscontrasse delle non conformità

tali per cui si debba procedere ad un perfezionamento o al rifacimento dell'originaria saldatura, queste verranno ricontrollate a campione sempre dall'Ente con onere a carico dell'Appaltatore senza che ciò possa dare diritto a richieste o al riconoscimento di alcun compenso, indennizzo o extracosto, di qualsivoglia natura, né diretto, né indiretto.

### **1.7 ACCETTAZIONE DELLE FORNITURE CONSEGNATE**

All'atto della consegna nell'area di stoccaggio presso il sito di installazione, la merce dovrà essere accompagnata da: 1) Documento di Trasporto (DDT); 2) "Tabella di Correlazione" (vedi punto § 37.6.1.1) che consenta la rintracciabilità dei coil utilizzati per la realizzazione di tutti i "Componenti Elementari" consegnati; 3) Certificato di collaudo di tipo "3.1", ai sensi della norma EN 10204. 4) Certificato di conformità CE (in allegato al Documento di Trasporto) 5) Dichiarazione del processo di zincatura ai sensi della norma UNI EN ISO 1461; 6) Dichiarazione di conformità delle saldature ai sensi della norma UNI EN ISO 3834-2; Per le barriere in calcestruzzo i certificati di verifica della classe di resistenza dei calcestruzzi e gli esiti delle prove chimico-fisiche e meccaniche sulle componenti in acciaio. Sarà cura della Direzione Lavori verificare, a campione, la rispondenza del n. COIL (n. di LOTTO), punzonato meccanicamente sui singoli Componenti Elementari, con quello dichiarato dalla Appaltatore nella "Tabella di Correlazione" allegata ai DDT. La Direzione Lavori, utilizzando la "Tabella di Correlazione" allegata al DDT e la "Tabella di Verifica", dovrà verificare che i "Componenti Elementari", inseriti nei "colli di imballaggio" consegnati, siano stati prodotti utilizzando coil sottoposti, con esito positivo, alla verifica preliminare. I "colli di imballaggio", riferiti a coil per i quali gli esiti della verifica preliminare non siano ancora pervenuti alla Direzione Lavori tramite la "Tabella di Verifica", dovranno essere accantonati, a cura della Appaltatore, in una apposita area delimitata del magazzino dell'Appaltatore, in attesa dei successivi aggiornamenti della "Tabella di Verifica"; sarà onere della Direzione Lavori verificare il rispetto di tale prescrizione.

La Direzione Lavori dovrà provvedere immediatamente a far allontanare i materiali nel caso in cui pervengano "colli di imballaggio" riferiti a coil/lotti per i quali risulti ("Tabella di Verifica") un esito negativo della verifica preliminare, e qualora pervengano "colli di imballaggio" il cui n. di coil non sia riscontrabile nella "Tabella di Verifica". Le successive verifiche sulla fornitura dovranno essere eseguite su richiesta e sotto la supervisione della Direzione Lavori. Dal materiale giunto in cantiere dovranno essere prelevati dal Direttore dei Lavori i campioni che l'Appaltatore provvederà, a sue spese, a far recapitare ad uno o più laboratori incaricati dalla Committente, previa compilazione di apposito Verbale di Prelievo, sottoscritto da DL e Appaltatore, dove dovranno essere indicati i dati relativi ai campioni prelevati (es. punzonatura e codice identificativo per le barriere in acciaio), oltre al luogo e data del prelievo. I campioni

dovranno essere efficacemente siglati da DL e Appaltatore all'atto del prelievo, al fine di comprovare che il campione prelevato sia quello effettivamente recapitato presso il laboratorio. I costi delle prove restano a carico della Committente. Le verifiche riguardano: 1) Prove relative agli acciai ed ai calcestruzzi La Direzione Lavori disporrà l'effettuazione di campionature in sito, successive alle verifiche preliminari di cui § precedenti, per un ulteriore controllo delle caratteristiche dell'acciaio (trazione, analisi chimica e spessore della zincatura secondo i minimi della norma UNI EN ISO 1461) dei dispositivi di ritenuta consegnati presso il sito di installazione e l'effettuazione di campionature, tramite carotaggi, sugli elementi prefabbricati in calcestruzzo (New Jersey) al fine di verificarne la classe di resistenza. Per quanto riguarda le barriere in acciaio, le campionature, estese ai diversi componenti delle medesime, comporteranno l'estrazione di almeno n. 3 campioni per ogni componente ed avverranno con almeno le seguenti frequenze: • Barriere da Bordo Laterale e Spartitraffico: ogni 1000 m di fornitura di ciascuna tipologia (con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata) fino a 5000 m, ogni 2000 m per le quantità eccedenti i 5000 m; • Barriere da Bordo Ponte: ogni 500 m di fornitura di ciascuna tipologia (con almeno una verifica per ciascuna tipologia impiegata) fino a 1000 m, ogni 1000 m per le quantità eccedenti i 1000 m. 2) Prove relative alla bulloneria ed alle unioni saldate Le caratteristiche della bulloneria verranno verificate, attraverso campionature eseguite a cura della Direzione Lavori, al fine di controllare la rispondenza alla “classe” prevista in progetto; i controlli verranno effettuati in riferimento alle Norme di cui al paragrafo 5.1 e secondo le cadenze indicate al punto 1). In presenza di anomalie il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente alle specifiche di progetto a cura e spese dell'Appaltatore. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore. 3) Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo, della bulloneria e dei tirafondi sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461.

## **2 SISTEMI ANTIRUMORE**

### **2.1 PREQUALIFICA DEL SISTEMA ANTIRUMORE**

presentare: – certificati relativi a prove integrative alla prequalifica eventualmente richieste dal progettista; – certificati di conformità di prodotti e materiali richiesti dalla Direzione Lavori in base alle caratteristiche prescrittive;

– certificati di collaudo e verifiche di durabilità richieste dalla Direzione Lavori in base alle indicazioni progettuali. I certificati devono essere forniti secondo le tempistiche e modalità di seguito specificate, relativamente alle seguenti fasi: 1. conformità della produzione; 2. accettazione; 3. collaudo; 4. durabilità.

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

Conformità della produzione: Contestualmente alla consegna del Programma Esecutivo dei Lavori, l'Appaltatore fornisce la documentazione relativa al proprio sistema di controllo della produzione in fabbrica, finalizzato a garantire la rintracciabilità dei lotti di produzione di quanto verrà fornito ed installato per la realizzazione della specifica commessa. La documentazione fornita deve inoltre comprendere la certificazione del sistema di gestione per la qualità secondo UNI EN ISO 9001 e [ss.mm.ii.](#)

Accettazione: Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con marcatura CE ed inoltre con proprietà tali da soddisfare tutte le prescrizioni integrative relative alle caratteristiche riportate nelle tabelle "Prove e Certificazioni" e negli elaborati grafici del progetto esecutivo. È inoltre richiesta il Documento di Trasporto (D.D.T.) all'atto della consegna del materiale. A tale scopo, tutta la documentazione dovrà essere fornita dall'Appaltatore prima dell'assegnazione definitiva e comunque antecedentemente all'invio in cantiere del primo lotto di fornitura, in modo da consentire di verificare la corrispondenza dei materiali prodotti rispetto a quanto richiesto dagli elaborati del progetto esecutivo. In tale fase i certificati devono essere quindi ottenuti da campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo. Viene comunque applicato il concetto di "famiglia di prodotti"; in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione mediante prova unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DLSI relativa a tali giunzioni o punti singolari. In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere del primo lotto della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste. Fino a che non sarà disponibile l'esito delle prove relative alla marcatura CE, il materiale prodotto sarà considerato "in sospeso"; qualora a seguito di esito negativo delle prove per la marcatura CE o la certificazione di conformità ai requisiti prestazionali richiesti, la Direzione dei Lavori rifiuti una qualsiasi fornitura non idonea, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dello stesso Appaltatore. Il

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

Collaudo: Le procedure utilizzate per l'accettazione delle forniture, sono anche utilizzate per il collaudo finale delle caratteristiche dei materiali. Le prove vengono realizzate all'atto dell'installazione dei primi tratti significativi e rappresentativi dell'intervento o immediatamente dopo il termine dei lavori, sia mediante prove insito, 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 possono anche essere utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici). I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo finale in 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, l'Appaltatore dovrà ripristinare a proprie spese le condizioni riportate nelle certificazioni di collaudo. Tutte le certificazioni richieste nelle fasi precedentemente elencate, sia delle caratteristiche acustiche che di quelle non acustiche, devono essere eseguite presso laboratori riconosciuti da ACCREDIA scelti e incaricati da ASPI. Il costo delle prove di accettazione e durabilità è interamente a carico dell'Appaltatore. La Committente si riserva di far effettuare ulteriori test di controllo. Modalità di esecuzione delle prove acustiche e classificazione dei sistemi I requisiti acustici che i sistemi antirumore devono possedere all'atto della prequalifica si riferiscono alle cosiddette caratteristiche intrinseche. Questa categoria comprende le caratteristiche proprie del prodotto antirumore, indipendentemente dall'ambiente in cui esso sarà installato e dall'effetto finale di riduzione del rumore; sono tali le

proprietà di assorbimento o riflessione del suono (vedere UNI EN 1793-1- prova di laboratorio e UNI EN 1793-5- prova in campo aperto), le proprietà di isolamento acustico per via aerea (vedere UNI EN 1793-2- prova di laboratorio e UNI EN 1793-6: – prova in campo aperto) e, per le barriere con dispositivi aggiunti, le modalità di diffrazione al bordo superiore (vedere UNI EN1793-4: – prova in campo aperto). Prima della consegna dei materiali in cantiere e comunque entro 90 dalla stipula del contratto l'Appaltatore deve consegnare alla Direzione Lavori i certificati che assicurino la marcatura CE dei sistemi e prodotti previsti nell'appalto (Prequalifica). Per la realizzazione dell'intervento saranno accettati solo sistemi e prodotti con proprietà tali da soddisfare tutti le prescrizioni relative alle caratteristiche

riportate nella successiva Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni riportate nel paragrafo successivo. I valori minimi indicati nella tabella non escludono specifiche richieste effettuate dal progettista in relazione alle peculiarità dei singoli progetti. In questi casi i sistemi antirumore, all'atto della prequalifica, dovranno soddisfare i requisiti minimi di Progetto. I certificati devono essere quindi ottenuti da prove su campioni conformi a quanto riportato negli elaborati dello specifico progetto esecutivo. Viene comunque applicato il concetto di “famiglia di prodotti”, in particolare:

- per quanto riguarda la resistenza ai carichi dinamici degli elementi strutturali (vento, transito veicoli e pulizia neve) è richiesta la certificazione unicamente della situazione più gravosa;
- per quanto riguarda le caratteristiche acustiche, se nello specifico progetto sono presenti materiali di diversa natura variamente accoppiati (ad esempio pannelli trasparenti interposti a pannelli opachi) o soluzioni costruttive di diverso tipo (ad esempio montanti speciali), si dovrà fornire la certificazione addizionale dell'indice di fonoisolamento DLS relativa a tali giunzioni o punti singolari.
- per le barriere integrate sicurezza-rumore sia le prove di laboratorio (UNI EN 1793-1: e UNI EN 1793-2:) che le prove in sito (UNI EN 1793-4:, UNI EN 1793-5: e UNI EN 1793-6:) devono essere eseguite su campioni completi di tutti gli elementi costituenti la barriera di sicurezza (le prove su campioni privi degli elementi costituenti la barriera di sicurezza sono consigliate, ma non obbligatorie). In caso di incompletezza della documentazione, all'atto del ricevimento in cantiere della fornitura la Direzione Lavori provvederà a prelevare un quantitativo idoneo di materiali e successivamente inviarli ad un laboratorio di prova per l'esecuzione delle prove necessarie a completare le certificazioni richieste.

## 2.2 CRITERI DI ACCETTAZIONE (ACUSTICI E NON ACUSTICI)

Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni

		PRESTAZIONI ACUSTICHE						
Caratteristica	Metodo di Prova	Valori richiesti <sup>(1)</sup>						
		barriera tradizionale	barriera integrata	barriera integrata bifacciale	barriera mista tradizionale + trasparente (**)	barriera mista tradizionale + trasparente (***)	Copertura integrata elemento verticale	Copertura integrata elemento orizzontale
Indice valutazione assorbimento acustico $DL_a$ <sup>(2)</sup>	UNI-EN 1793-1	≥ 11 dB (****)	≥ 7 dB	≥ 7 dB	≥ 6 dB	-	≥ 7 dB	≥ 7 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea $DL_a$ <sup>(3)</sup>	UNI-EN 1793-2	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB
Indice valutazione riflessione sonora $DL_{R1}$ <sup>(2)</sup>	UNI-EN 1793-5	≥ 8 dB (****)	≥ 6 dB	≥ 6 dB	≥ 5 dB	-	≥ 6 dB	≥ 6 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea $DL_{S1}$ - elementi acustici <sup>(3)</sup>	UNI-EN 1793-6	≥ 27 dB	≥ 23 dB	≥ 22 dB	≥ 27 dB (*)	≥ 27 dB (*)	≥ 27 dB	≥ 27 dB
Indice valutazione isolamento acustico per via aerea $DL_{S1}$ - montanti <sup>(3)</sup>	UNI-EN 1793-6	≥ 24 dB	≥ 20 dB	≥ 19 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB	≥ 24 dB

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

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

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

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

(es.lis listelli cotto)

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

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

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 il rivestimento muri o gallerie. Per tali elementi il valore ammissibile dell'indice di assorbimento acustico,  $DL\alpha$ , e di riflessione acustica, DLRI, deve risultare  $\geq 8$  dB.

3) Devono essere fornite le certificazioni relative a:

- campione, completo di montante, formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali;

possibile le reali condizioni di funzionamento dei pannelli (soprattutto per quanto concerne la tenuta fra i pannelli e fra pannelli ed elementi strutturali di sostegno/supporto.

- campione, completo di struttura portante, formato dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.
- campione, completo di copertura, formato da struttura portante e dai pannelli trasparenti previsti per le protezioni antirumore.

4) La certificazione deve essere effettuata relativamente ai soli elementi acustici (UNI EN 1794- 1, Appendice A paragrafo A.3.3) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2). Deve essere fornita la certificazione relativa ad un campione formato dai pannelli in alluminio previsti per le protezioni antirumore verticali.

5) Le certificazioni devono essere effettuate relativamente ai soli elementi acustici (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.3 ) e non relativamente agli elementi strutturali (UNI EN 1794-1, Appendice A paragrafo A.3.2). Devono essere fornite le certificazioni relative ad un campione formato dai: • pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore non-verticali (coperture ed oggetti); • pannelli trasparenti, completi di telaio, previsti per le protezioni antirumore.

6) Devono essere fornite le dichiarazioni relative a tutte le tipologie di pannelli antirumore, verticali ed orizzontali. Per quanto riguarda i rivestimenti muri e gallerie non si applicano le prescrizioni relative al peso proprio; per quanto riguarda la protezione ambientale, le certificazioni o dichiarazioni del Fornitore devono riguardare tutti i materiali costituenti gli elementi acustici (pannelli e rivestimenti muri e gallerie).

7) Devono essere fornite le certificazioni relative a campioni, completi di montanti o sistemi di fissaggio, formati dalle tipologie di pannelli metallici previsti per le protezioni antirumore verticali (barriera tradizionale e barriera integrata) e per i rivestimenti di muri e gallerie. Le prove in campo aperto sopracitate possono essere ripetute sulla barriera installata, su richiesta della Direzione Lavori, per valutare la corretta installazione (collaudo) o per valutare nel tempo il mantenimento delle caratteristiche iniziali (controlli previsti dal piano di manutenzione). A fini di collaudo i rilievi devono essere eseguiti in ragione di almeno un punto individuato dalla Direzione Lavori, per 2.000 metri lineari di barriera. Rispetto ai valori nominali di prequalificazione è ammessa una tolleranza in difetto al massimo uguale al 1 dB sia per l'indice di riflessione, 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. Se previsto dal piano di manutenzione, le stesse procedure possono essere utilizzate per verificare la durabilità dei materiali impiegati, con riferimento all'invecchiamento (condizioni meteorologiche, effetti chimico-fisici). I rilievi devono essere eseguiti negli stessi punti su cui sono state effettuate le prove di collaudo in sito, a distanza di cinque anni dalla data di ultimazione dell'intervento. Rispetto ai valori nominali di pre-qualificazione è ammessa una tolleranza in difetto pari a 3 dB per quanto riguarda l'indice di riflessione, DLRI, in ciascuna banda di 1/3 ottava, ed a 3 dB per quanto riguarda il fonoisolamento, espresso come DLSI.

### **2.3 ASSORBIMENTO ACUSTICO**

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

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

- in laboratorio in un campo sonoro diffuso, in conformità alla UNI EN 1793-1; viene misurato il coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha_S$  ;

- in ambiente esterno in un campo sonoro direttivo, in conformità alla UNI EN 1793-5; viene misurato il reflection index, RI. Entrambe le metodologie richiedono che le prestazioni siano valutate in funzione della frequenza in bande di terzi di ottava da 100 Hz a 5 kHz e, successivamente, sintetizzate dall'indice unico di valutazione, che viene indicato come:

- $DL\alpha$  per prodotti sottoposti a prova, in accordo alla UNI EN 1793-1;

- DLRI per prodotti sottoposti a prova, in accordo alla UNI EN 1793-5. L'indice unico di valutazione viene calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico stradale, riportato nella UNI EN 1793-3 e raggruppato per classi così come definite dalla norma UNI EN 17931. I Target di riferimento prestazionali dell'assorbimento acustico sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni.

### **2.4 ISOLAMENTO ACUSTICO**

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

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

- in laboratorio in un campo sonoro diffuso, in conformità alla UNI EN 1793-2; viene misurato il potere fonoisolante, R;

- in ambiente esterno in un campo sonoro direttivo, in conformità alla UNI EN 1793-6; viene misurato il sound insulation index, SI. Entrambe le metodologie richiedono che le prestazioni siano valutate in funzione della frequenza in bande di terzi di ottava da 100 Hz a 5 kHz e, successivamente, sintetizzate dall'indice unico di valutazione, che viene indicato come:

- DLR, per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-2;

- DLSI, per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-6. L'indice unico di valutazione viene calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico stradale, riportato nella UNI EN 1793-3. I Target di riferimento prestazionali dell'isolamento acustico sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni.

### **2.5 DIFFRAZIONE DEL BORDO SUPERIORE**

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

Le caratteristiche intrinseche di prestazione acustica associate a tali dispositivi sono determinate in un

campo sonoro direttivo in ambiente esterno, in conformità alla UNI EN 1793-4; viene misurata la grandezza diffraction index difference, ADI.

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

- un muro di riferimento acusticamente riflettente, ottenendo la ADIrefl;
- un muro di riferimento acusticamente assorbente, ottenendo la ADIabs. Ai fini della verifica in situ di un dispositivo aggiunto ad un sistema antirumore installato, la misurazione viene eseguita con il dispositivo aggiunto al sistema antirumore così come installato in opera, ottenendo la ADIsitu. La UNI EN 1793-4 richiede di esprimere i risultati in funzione della frequenza in bande di terzi di ottava da 100 Hz a 5 kHz. Le prestazioni misurate in funzione della frequenza sono sintetizzate dall'indice di valutazione, che viene indicato come:
  - DLADI,refl, per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-4 su di un muro di riferimento acusticamente riflettente;
  - DLADI,abs, per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-4 su di un muro di riferimento acusticamente assorbente;
  - DLADI,situ, per prodotti provati in accordo alla UNI CEN/TS 1793-4 su di un sistema antirumore così come installato in opera. Per ottenere gli indici di valutazione deve essere impiegato lo spettro di rumore da traffico stradale, riportato nella UNI EN 1793-3, nel caso di infrastrutture stradali.

## 2.6 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE

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

La norma di riferimento relativa alle caratteristiche strutturali dei sistemi antirumore è la UNI EN 17941. Si deve inoltre tenere conto dei criteri generali per la progettazione strutturale, riportati nelle Norme UNI EN dal numero 1990 al 1999 (Eurocodici) e ai relativi Documenti Nazionali di riferimento. I sistemi antirumore dovranno essere posti in opera a una distanza sufficiente dalle barriere di sicurezza, tale da garantire il funzionamento indipendente dei due sistemi. Qualora il Progetto preveda l'utilizzo di sistemi combinati di sicurezza ed antirumore, questi, oltre alle verifiche di conformità previste per le barriere antirumore, dovranno rispondere anche alla normativa vigente in materia di barriere di sicurezza stradale (D.M.21/6/2004, UNI EN 1317-1 e UNI EN 1317-2). I Target di riferimento prestazionali richiesti sono riportati in dettaglio nella Tabella riassuntiva Prove e Certificazioni, nella parte relativa alle caratteristiche non acustiche.

## 2.7 REQUISITI MECCANICI

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

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

In particolare, anche nel caso in cui la barriera antirumore sia collocata su un ponte stradale, l'azione del vento da considerare per le verifiche di stabilità del sistema è ricavata dal documento ENV 1991- 24 (Eurocodice 1: Basi di calcolo ed azioni sulle strutture – Parte 2-4: Azioni sulle strutture – Azioni del vento) e dal relativo Documento Nazionale di riferimento. Le combinazioni, la contemporaneità e i fattori di combinazione dei carichi elementari elencati sono definiti nelle Appendici A e B della UNI EN 1794-1. La conformità di un sistema antirumore ai requisiti meccanici richiesti deve essere dimostrata da una relazione di calcolo, firmata da un professionista abilitato che se ne assume la piena responsabilità, quando tutti i fattori concorrenti, incluse le tipologie di vincolo, siano determinabili con affidabilità. Il resoconto di calcolo deve includere tutte le informazioni richieste nell'Appendice A della UNI EN 1794-1

## **2.8 PROVE**

La verifica della conformità del sistema antirumore ai requisiti richiesti può essere ottenuta mediante prove, da condurre in accordo alla UNI EN 1794-1. E' richiesta la prova sperimentale in presenza di elementi acustici compositi (esempio lastra trasparente con cornice) e, in generale, quando alcuni fattori, come le caratteristiche di resistenza del prodotto, le tipologie di vincolo, etc., non possano essere determinati con piena affidabilità. Qualora in Progetto si preveda che, a causa della vicinanza della barriera alla corsia di marcia e della presenza di notevoli volumi di traffico, la barriera antirumore sia soggetta a fenomeni di fatica, occorre effettuare, oltre alla verifica della struttura portante, anche una verifica sperimentale del comportamento dei moduli acustici (pannelli o lastre trasparenti con relative cornici). Tale prova dovrà essere eseguita secondo procedure e modalità di carico concordate con il progettista, in funzione delle caratteristiche specifiche dell'opera da eseguire. Il resoconto di prova deve includere una descrizione completa delle condizioni di prova, inclusi i dettagli dei supporti, delle procedure seguite e del carico degli elementi; deve inoltre fornire tutte le informazioni richieste nell'Appendice A della UNI EN 1794-1.

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

## **2.9 REQUISITI DI SICUREZZA NELL'ESERCIZIO E COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DEI MATERIALI IMPIEGATI.**

Per quanto riguarda la sicurezza nell'esercizio, la normativa europea tratta i seguenti aspetti: - comportamento degli elementi in presenza di fuoco; - pericolo di caduta di parti di barriera in seguito a violenti urti; - uscite di sicurezza; - riflessione della luce e trasparenza. Per quanto riguarda la compatibilità ambientale dei materiali impiegati valgono le normative e prescrizioni tecniche sulle proprietà intrinseche dei materiali utilizzati: atossicità, riciclabilità, smaltimento. La compatibilità dei sistemi antirumore alle specifiche inerenti i temi sopraelencati viene valutata con riferimento alla norma tecnica UNI EN 1794-2.

## **2.10 SISTEMI ANTICADUTA E PERICOLO DI CADUTA DI FRAMMENTI**

Frammenti di barriera, derivanti da rotture a seguito di impatti violenti, non devono costituire elementi di pericolo per gli occupanti dei veicoli o per altre persone poste in vicinanza della barriera. Per i materiali fragili (esempio lastre trasparenti) è previsto l'impiego di lastre rinforzate (esempio lastre in PMMA con armatura interna realizzata con fili in poliammide) o di sistemi di ritenuta dei frammenti (esempio rete di sicurezza installata a tergo della barriera). Inoltre, è importante che a seguito di urti violenti i pannelli, pur rimanendo integri, non cadano creando pericoli per persone sottostanti, sia dal lato strada che dal lato ricettori. Per questo tipo di prodotti si ricorre in genere a sistemi di cavi di sicurezza che assicurano il pannello alla struttura portante della barriera. In generale quindi, nel caso di barriere posizionate su opere d'arte sovrastanti altre infrastrutture di trasporto o abitazioni, come anche nel caso di barriere poste nelle immediate vicinanze di abitazioni o di aree in cui è probabile lo svolgimento di attività umane, vengono definiti criteri di accettabilità e test da eseguire, secondo quanto riportato nell'allegato B della norma tecnica UNI EN 1794 – 2.

## **2.11 COMPORTAMENTO IN PRESENZA DI FUOCO**

I sistemi antirumore possono essere esposti a fiamme provenienti dalla vegetazione secca o da altro materiale in stretta vicinanza. Fiamme di maggiore intensità possono levarsi come risultato di incidenti. Particolarmente critico in caso d'incendio risulta il comportamento dei rivestimenti utilizzati per le gallerie o delle coperture parziali della sede viaria. La conformità di un sistema antirumore per infrastrutture di trasporto ai requisiti di resistenza all'incendio della macchia deve essere dimostrata da una prova sperimentale, conforme alla UNI EN 1794-2, appendice A. Il campione sottoposto a prova deve avere la medesima composizione del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto che verrà effettivamente installato; se, per esempio, si vuole caratterizzare la resistenza al fuoco di un sistema antirumore composto da pannelli di materiali differenti, posti a diverse altezze dal suolo, il campione in prova deve essere costituito da pannelli dello stesso tipo e con la stessa posizione relativa. Poiché la prova specificata nella

UNI EN 1794-2, appendice A, non sottopone alle medesime condizioni tutti i materiali di cui può essere composto un sistema antirumore (per esempio, in un sistema antirumore composto da pannelli di due materiali differenti, con cambiamento della tipologia a partire da 2 m dal suolo, i pannelli posti ad altezza maggiore non sono esposti alla fiamma di prova come quelli vicini al suolo) e poiché comunque tale prova non contempla aspetti quali la classe di reazione al fuoco dei singoli materiali componenti, la tossicità dei fumi sprigionati in presenza di combustione, ecc. essa deve essere intesa solo come un'attestazione convenzionale di alcune caratteristiche di prodotto. Al fine di assicurare requisiti minimi di sicurezza in presenza di un elevato carico d'incendio, il presente Capitolato Speciale d'Appalto raccomanda l'applicazione dei seguenti criteri: – mantenere una distanza minima di 8 m tra i sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto contenenti materiali non incombustibili ed i più vicini siti con presenza di persone e/o di materiali infiammabili; per distanze inferiori, i sistemi antirumore devono essere totalmente costruiti con materiali incombustibili; – per la sicurezza al fuoco dei rivestimenti di gallerie o per coperture parziali di infrastrutture di trasporto i pannelli in PMMA dovranno essere antigocciolamento “no drop” al fine di evitare gocciolamento del materiale fuso in fase di incendio; occorrerà anche valutare il carico d'incendio e la temperatura massima raggiungibile in accordo con le autorità competenti; in tali casi non utilizzare la prova specificata in UNI EN 1794-2 app.A; – al fine di evitare la propagazione della combustione lungo sistemi antirumore costruiti con materiali non incombustibili, tali sistemi devono includere almeno ogni 150 m un tratto di lunghezza pari almeno a 6 m costruito con materiali incombustibili; – su entrambi i lati di ogni via di fuga e/o accesso d'emergenza i sistemi antirumore devono comprendere un tratto di almeno 3 m di lunghezza costruito con materiali incombustibili; – i materiali, combustibili e non combustibili, utilizzati nella realizzazione dei sistemi antirumore non devono sviluppare in caso di incendio fumi densi e/o tossici né provocare la caduta di materiale infiammato o produrre gocce o fili incandescenti che possano essere trasportati dal vento. A supporto delle scelte tecniche di cui sopra, tutti i prodotti e/o componenti del sistema antirumore riguardo alla reazione al fuoco, devono essere testati e classificati in conformità alla UNI EN 13501- 1.

## **2.12 RIFLESSIONE DELLA LUCE**

Per angoli di incidenza specifici, la luce solare o quella dei corpi illuminanti dei veicoli riflettendosi sui sistemi antirumore, può produrre effetti di abbagliamento per gli utenti dell'infrastruttura, pregiudicando la sicurezza stradale. L'effetto dipende da parametri intrinseci dei prodotti da caratteristiche estrinseche dei siti di installazione. Le norme tecniche non fissano pertanto un valore limite di riflessività. E' tuttavia richiesto che i prodotti siano testati così da poter disporre dei valori di riflessività determinati in condizioni normalizzate. Per i sistemi antirumore per impieghi stradali o comunque in

prossimità di strade i valori di riflessività sono misurati in conformità al metodo di prova prescritto dalla UNI EN 1794-2, appendice E.

### **2.13 TRASPARENZA STATICA E DINAMICA**

Per le barriere si considerano due aspetti della trasparenza:

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

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

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

### **2.14 ACCESSI DI SERVIZIO A SCOPO MANUTENTIVO**

Gli accessi per la manutenzione delle barriere e dei margini della strada, ove presenti nel progetto, devono essere conformi a quanto prescritto dalla UNI EN 1794-2, appendice D. Sono in genere previste porte attrezzate (dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con chiavi e dall'interno con maniglioni antipánico) realizzate con gli stessi elementi costituenti la barriera o elementi equivalenti. Ove necessario, si prevederanno scale realizzate secondo le norme di sicurezza vigenti, o altri provvedimenti qualora gli accessi trovino in condizioni avverse. In mancanza di un'indicazione precisa relativamente alla distanza minima, si assume come riferimento la norma sui collegamenti pedonali previsti nelle gallerie a doppio fornice (ogni 300 metri), secondo il D.M. 05.11.01, capitolo 4.1.2, salvo specifiche indicazioni progettuali differenti. **2.15 COMPATIBILITÀ AMBIENTALE**

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

- elenco dei materiali costituenti il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando i nomi commerciali,
- elenco delle sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante l'intera vita di servizio del sistema antirumore,
- elenco delle sostanze che risultano dall'esposizione al fuoco del sistema antirumore,

- elenco delle condizioni chimiche o fisiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente,
- elenco dei materiali che possono essere riciclati, indicando in quale misura sono presenti ed eventuali limitazioni d'uso, – elenco dei materiali riciclati e relativa percentuale,
- elenco dei materiali che devono essere smaltiti secondo particolari procedure, da indicare in dettaglio,
- elenco di eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

## **2.16 REQUISITI DI DURABILITÀ E CRITERI DI MANUTENZIONE**

Il sistema antirumore deve mantenere le prestazioni dichiarate (i requisiti funzionali strutturali ed acustici) per l'intera durata della vita utile. Per la durabilità delle caratteristiche acustiche si fa riferimento alla prEN 14389-1. Secondo questa norma è onere del produttore di sistemi antirumore dichiarare la durabilità delle caratteristiche acustiche di ogni tipologia di elemento prodotto. La durabilità delle caratteristiche acustiche deve essere espressa dalla degradazione delle prestazioni (indice di valutazione di reflection index e sound insulation index), in decibel, in funzione degli anni di installazione della barriera. Essa può essere stabilita in due modi: – con soluzioni descrittive basate sull'esperienza pregressa;

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

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

- 15 anni per gli elementi acustici;
- 30 per gli elementi strutturali. Il produttore deve presentare per ogni tipologia di elemento acustico e strutturale una attestazione (sotto forma di certificato emesso da un laboratorio prove) sulla durata della vita di servizio prevista, con la classificazione delle condizioni ambientali utilizzate per la valutazione, la specificazione delle procedure progettuali usate e le eventuali prove sperimentali. A lavori ultimati deve essere predisposto un piano di manutenzione che specifichi tipologia e frequenza dei controlli da effettuare oltre gli interventi di pulizia ordinaria, rimozione dei graffi ed in genere, lavori dovuti a cause accidentali. Indicazioni sui requisiti di durabilità e manutenibilità delle opere in relazione ai diversi materiali impiegati relativo ai requisiti prescrittivi dei prodotti impiegati.

## **2.17 CARATTERISTICHE DEI PANNELLI E DEI MATERIALI COSTITUENTI LE BARRIERE**

I componenti di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto possono essere realizzati con materiali di varia natura che devono garantire i requisiti prestazionali enunciati nel capitolo precedente. Il presente capitolo, per le tipologie di prodotto finito comunemente utilizzate, specifica le caratteristiche fisiche e

chimiche rilevanti dei materiali costituenti e definisce i rispettivi valori di riferimento affinché il sistema antirumore mantenga le prestazioni dichiarate per l'intera durata della vita di servizio. Viene inoltre elencata la documentazione ed i principali controlli che l'Appaltatore dei lavori è tenuto a consegnare a corredo dei materiali forniti a garanzia della conformità del prodotto al campione oggetto di prove di prequalifica. Vengono trattati in sequenza i moduli acustici delle principali famiglie di materiali. Seguono gli elementi strutturali, le guarnizioni ed i sigillanti, gli accessori metallici e le porte di servizio. Separatamente vengono trattati i sistemi antirumore per i quali non è sempre possibile distinguere tra elementi acustici ed elementi strutturali (terrapieni naturali ed in terra rinforzata, biomuri, barriere inverdibili a basso ingombro trasversale).

### **2.18 PANNELLI METALLICI**

Si tratta di elementi acustici costituiti da uno o più gusci in lamiera metallica con eventuali nervature di irrigidimento, in genere preassemblati fino a costituire un pannello scatolato. Il guscio metallico può essere realizzato in lega di alluminio, in acciaio o in altro metallo, adeguatamente protetto contro la corrosione. Al suo interno è inserita una stratificazione di materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi o fibrosi che sfruttano fenomeni di attrito e risonanza.

### **2.19 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 1014313, 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 100 µm;
- 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 anaforesi 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 poliestere o poliuretano (in questo caso è indispensabile un fondo epossidico), oppure con applicazione elettrostatica di polvere a base poliestere;

- polimerizzazione in forno a 140° C. Lo spessore minimo locale della protezione, comprensivo della zincatura, deve essere 80  $\mu$ m. 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/m<sup>2</sup>/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  $\mu$ m 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-adhesion, a tempo zero), sia dopo l'immersione in acqua a 40 °C per 150 h (wet adhesion);
- Resistenza alla graffiatura, secondo le Norme UNI EN ISO 1518-1 e UNI EN ISO 1518-2;; Esigenza minima: 60N;
- Resistenza agli urti, secondo la Norma UNI EN ISO 6272-2; Esigenza minima: dopo 1000 h di esposizione deve risultare assenza di blistering e/o di perdita di aderenza; lungo l'incisione l'ossidazione e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm;
- Resistenza alla corrosione da nebbia salina neutra, secondo la Norma UNI EN ISO 9227;; Esigenza minima: con una soluzione di NaClAs 5%, procedura ASTM B117-64, dopo 1.500 h l'ossidazione o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non sono ammesse alterazioni visive e perdite di aderenza

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

## 2.20 PANNELLI IN ALLUMINIO

Devono essere realizzati in lega Al-Mn-Mg tipo 3105 (UNI EN 573-3), con buona resistenza alla corrosione. Per tali pannelli lo spessore minimo della lamiera su entrambi i lati, forati e non, è di almeno 1,2 mm; nel caso si applichi sulla lamiera non forata un materiale di appesantimento (smorzante a base bituminosa o di gomma) del peso di almeno 5 kg/m<sup>2</sup>, 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  $\mu$ m. Si prescrivono i seguenti requisiti:

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

## 2.21 CARATTERISTICHE DEL GUSCIO IN ALLUMINIO

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche minime raccomandate per il guscio in alluminio unitamente al metodo di verifica a cui il materiale deve essere sottoposto. Lo stato fisico dell'alluminio, indipendentemente dal tipo di lega, deve essere tale da permettere la formabilità a freddo senza che siano compromesse le caratteristiche meccaniche (per esempio a causa della formazione di cricche). Nella realizzazione di giunzioni metalliche occorre evitare il problema della corrosione per contatto bimetallico. E' raccomandato l'impiego di lamiere bucciardate che consentono di mascherare eventuali piccoli danni arrecati al prodotto durante il montaggio o nella sua vita operativa. La lega di alluminio non deve essere stabilmente in contatto con materiale di diverso potenziale elettrico al fine di prevenire fenomeni di corrosione per effetto galvanico. Di questa guaina occorre controllarne le modalità applicative per garantire la completa adesione alla superficie metallica. Il materiale costituente, in genere di tipo elastomerico, deve assicurare il mantenimento delle caratteristiche elastiche nel range di temperature di impiego dei pannelli.

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

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

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

## 2.22 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.

### 2.23 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;

### 2.24 MATERIALE FONOASSORBENTE

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

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

Per quanto riguarda le proprietà di resistenza all'acqua, resistenza al calore ed ancoraggio del materiale fonoassorbente, non esistono metodi di prova normalizzati. Nella tabella sono riportati i metodi di prova da seguire per la valutazione delle proprietà testé citate ed i valori di riferimento raccomandati.

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

## 2.25 PANNELLI IN LEGNO

Si tratta di elementi acustici costituiti da una struttura scatolare in legno al cui interno è alloggiata una stratificazione di materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi o fibrosi che sfruttano fenomeni di attrito e risonanza. La struttura scatolare è in genere costituita da travetti portanti in legno a cui è fissato posteriormente un tavolato perlinato ed anteriormente una griglia di contenimento del materassino fonoassorbente formata da listelli di legno. In alternativa questa griglia anteriore può essere sostituita da lamiera grecata in alluminio a realizzare un sistema misto legno – metallo.

## 2.26 CARATTERISTICHE DELLA STRUTTURA SCATOLARE IN LEGNO

Per il grado di esposizione agli agenti atmosferici, i pannelli devono essere accuratamente lavorati e realizzati con legno di ottima qualità, esente da radici, funghi e muffe. Non sono accettabili elementi danneggiati dagli attacchi da parte di batteri o insetti. Analogamente non sono accettabili elementi che presentino cricche, fessure profonde e nodi non collegati fermamente alla struttura. Il legno deve resistere al deperimento organico e va trattato con impregnanti speciali per evitare la formazione di funghi. In

alternativa è previsto l'impiego di legno di durabilità naturale che non richiede di essere protetto mediante impregnazione in autoclave.

Come sostanza impregnante devono essere utilizzati sali preservanti inorganici indilavabili cosiddetti "ecologici", cioè esenti da arsenico e cromo. Il legno utilizzato deve provenire da foreste gestite in maniera sostenibile nel rispetto delle norme ambientali di corretta politica forestale.

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

Le caratteristiche minime della struttura del pannello, al fine di garantire una durabilità di almeno 15 anni, devono essere le seguenti: – telaio scatolare in legni di massello con sezione di 100 mm x 80 mm, bloccati fra loro da incastrati angolari; – telaio attrezzato sui lati della lunghezza con una fresatura esterna per la sede dei regoli in legno, aventi lo scopo di congiungere ermeticamente la sovrapposizione dei pannelli; – tavolato finale di tamponamento composto da assiti trattati, di spessore minimo 20 mm, fissato sia in lunghezza che in altezza almeno in almeno tre punti con viti in acciaio inossidabile; – tessuto antispolvero in rete di polietilene con tramatura rinforzata, resistente ai raggi UVA, da posizionare anteriormente a protezione del materassino fonoassorbente; I listelli in legno, che possono essere una variante ai modelli dei pannelli, devono essere trattati in autoclave, avere sezione minima di 50 mm x 25 mm, essere opportunamente lavorati e sagomati, fissati con viti in acciaio inossidabile alle estremità, in fori predisposti, lasciando la parte legnosa di 20 mm - 30 mm. Deve essere presente una scossalina in lamierino

di acciaio verniciato a caldo a protezione dei pannelli. Tutta la parte metallica necessaria all'assemblaggio del pannello, deve essere in acciaio inossidabile.

## **2.27 PANNELLI TRASPARENTI**

L'impiego di lastre trasparenti nelle barriere antirumore è dovuto ad esigenze di tipo architettonico o inserimento paesaggistico, di visibilità e, in casi specifici, di sicurezza dell'esercizio (garanzia di visuale su corsie di immissione o segnaletica). Queste lastre non hanno proprietà fonoassorbenti intrinseche. Devono comunque garantire i valori di fonoisolamento minimi richiesti a Progetto. I materiali trasparenti comunemente impiegati sono il polimetilmetacrilato, il policarbonato ed il vetro stratificato. Il modulo pannello è realizzato con idonee guarnizioni ed una cornice strutturale portante realizzata in acciaio, alluminio o legno. Nei paragrafi seguenti sono trattati specificatamente le singole tipologie di materiale trasparente e relativi accessori (guarnizioni / bulloneria).

## **2.28 PANNELLI TRASPARENTI CON LASTRE IN POLIMETILMETACRILATO (PMMA)**

Le lastre di polimetilmetacrilato (PMMA) possono essere di tipo colato conforme alla UNI EN ISO 7823-1 o estruso conforme alla UNI EN ISO 7823-2. In tabella sono elencate le caratteristiche tecniche dei

materiali.

Caratteristiche delle lastre in PMMA		
Caratteristica	Metodo di prova	Valore di riferimento
Massa volumica	ISO 1183-1	$\geq 1\,190\text{ kg/m}^3$
Assorbimento d'acqua	UNI EN ISO 62, metodo 1 (24h, 23°C) le provette sono quadrate, di lato pari a 50 mm e di spessore pari a 3 mm	$\leq 0,5\%$
Resistenza a flessione	UNI EN ISO 178	$\geq 100\text{ MPa}$
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 65\text{ MPa}$
Resistenza a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 60\text{ MPa}$
Modulo elastico a flessione	UNI EN ISO 178	$\geq 3\,000\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 3\,000\text{ MPa}$
Modulo elastico a trazione dopo invecchiamento	UNI EN ISO 527-2/1B/50	$\geq 2\,800\text{ MPa}$
Resistenza all'urto Izod con intaglio	UNI EN ISO 180	$\geq 1,5\text{ kJ/m}^2$
Resistenza all'urto Charpy senza intaglio	UNI EN ISO 179-1/1fU	$\geq 10\text{ kJ/m}^2$
Temperature di rammollimento Vicat	UNI EN ISO 306, metodo B50	$\geq 95^\circ\text{ C}$
Coefficiente di dilatazione termica lineare	DIN 53752-A	$\leq 70 \times 10^{-6}\text{ 1/K}$
Fattore di trasmissione luminosa totale	UNI EN ISO 13468-1 le provette sono incolori e di spessore pari a 3 mm (UNI EN ISO 7823-1 e UNI EN ISO 7823-2)	$\geq 90\%$
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: prima dell'esposizione	UNI EN ISO 13468-1	$\geq 90\%$
Fattore di trasmissione luminosa a 420 mm: dopo l'esposizione alla lampada allo Xenon	---	$\leq 7\text{ N/mm}^2$
Tensione ammessa sul materiale (fino a 40° C)	---	$\leq 7\text{ N/mm}^2$

Le lastre in PMMA devono essere inserite in un telaio metallico con interposta una guarnizione in EPDM, per una profondità tale da evitare l'uscita delle lastre per effetto della deformazione sotto carico. Le lastre in PMMA devono potersi dilatare o ritirare in funzione della temperatura. Lo spessore della lastra deve essere determinato in funzione dei carichi dinamici e statici richiesti, delle dimensioni delle lastre e del tipo di cornice utilizzata. Lo spessore delle lastre di PMMA deve essere non inferiore a 15 mm. La verifica di resistenza ai carichi dinamici e statici, secondo quanto richiesto dalla UNI EN 1794-2, deve essere eseguita sull'intero pannello comprensivo di lastra, guarnizione e cornice metallica. Analogamente per la prova di impatto e caduta dei frammenti prevista in conformità alla UNI EN 1794-2, appendice B. Per le condizioni di impatto più severe previste dalla norma, oltre ai sistemi tradizionali di ritenuta dei frammenti

(rete di contenimento) è possibile utilizzare lastre in PMMA rinforzate internamente con filamenti in poliammide o altro materiale compatibile. Le lastre di PMMA rinforzato devono essere assicurate alla struttura portante (HE o altro) mediante idonei collegamenti come, per esempio, cavetti di sicurezza in acciaio (con una resistenza a trazione non minore di 1 500 N/mm<sup>2</sup>), fissati sui 4 angoli della lastra in PMMA, a non meno di 140 mm dal bordo. Per l'esecuzione dei fori sulla lastra devono essere rispettate le istruzioni del produttore. Tra i requisiti di protezione ambientale per le lastre in PMMA deve essere fornita specifica scheda di sicurezza CE per le lastre in PMMA estruso e colato in quanto le due tipologie di materiale vanno trattate in modo diverso in fase di riciclo a fine vita di esercizio. Al fine di rendere visibile l'ostacolo barriera ai volatili può essere adottata una opportuna colorazione in massa; questa soluzione è consigliata altresì per minimizzare l'effetto sporco nei periodi di siccità. In alternativa è possibile ricorrere a trattamenti serigrafici o ad applicazione di decalcomanie. Per la pulizia delle lastre devono essere programmate operazioni di pulizia periodiche delle lastre di PMMA con acqua in pressione, in conformità alla cadenza temporale dichiarata dal produttore del PMMA. Al fine di individuare l'onere connesso con la manutenzione degli elementi in PMMA, deve essere indicato il tipo di trattamento a cui occorre che tali elementi siano sottoposti per la rimozione della polvere e dei graffi. Le guarnizioni che vengono impiegate a contatto con il PMMA, devono essere realizzate in EPDM o altro materiale compatibile con il materiale trasparente; non devono cioè rilasciare, durante la vita di servizio, prodotti chimici che aggrediscano chimicamente il materiale trasparente. La geometria della guarnizione deve essere tale da consentire la dilatazione ed il ritiro delle lastre evitando che queste fuoriescano durante la vita di servizio. Le guarnizioni devono avere le caratteristiche minime elencate nel prospetto.

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

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

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

## 2.29 PANNELLI TRASPARENTI CON LASTRE IN POLICARBONATO PROTETTO A UV

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

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

### 2.30 PANNELLI TRASPARENTI CON LASTRE IN VETRO STRATIFICATO

Per motivi di sicurezza gli elementi acustici in vetro devono essere realizzati esclusivamente con lastre di vetro stratificato ottenute da procedimento di lavorazione float per colata su bagno metallico in atmosfera controllata e da un film intermedio in polivinilbutirrale (PVB), avente uno spessore costante di 0.76 mm, per uno spessore totale minimo di 15 mm (6+8+PVB). Le singole lastre devono essere sottoposte a trattamento termico di tempera o di indurimento in funzione del tipo di applicazione e del grado di sicurezza che si vuole conseguire in caso di urto. Il trattamento di tempera aggiunge al livello di sicurezza dovuto alla stratificazione i risultati di maggior resistenza meccanica ed agli shock termici, migliorando la sicurezza di impiego del prodotto nel caso di applicazione in barriere antirumore poste a lato delle infrastrutture di trasporto. In caso di lastre curve è preferibile la stratificazione di due o più vetri temperati della stessa natura e spessore. Qualora le lastre siano applicate in copertura, si raccomanda l'uso di vetro stratificato costituito da una lastra temperata ed una indurita; il vetro temperato ha una migliore resistenza meccanica; il vetro indurito ha una compattezza in caso di rottura superiore al vetro stratificato

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

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

Le lastre devono essere certificate con trattamento termico Heat Soak Test (HST) secondo UNI EN 14179-2. Valgono per i pannelli con lastra in vetro tutte le caratteristiche generali riportate per le lastre in PMMA. Per assicurare la compatibilità con il plastico PVB, è preferibile impiegare guarnizioni a miscela a base siliconica.

### 2.31 MITIGAZIONI AMBIENTALI PER L'AVIFAUNA

Le marcature atte a prevenire le collisioni dell'avifauna contro i pannelli trasparenti previste sono costituite dall'applicazione di strisce adesive o di strisce sabbiate o fresate sui pannelli oppure fili di poliammide coestrusi o colati. Sono previste pertanto marcatura aventi le seguenti caratteristiche:

- Tipo 1:

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

- Tipo 2:

- Strisce orizzontali;

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

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

### **2.32 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.

### **2.33 PANNELLI IN CALCESTRUZZO**

Si tratta di pannelli costituiti da uno strato portante in calcestruzzo armato abbinato ad uno strato di materiale poroso di varie tipologie. Lo strato portante assicura le proprietà fonoisolanti del pannello; lo strato poroso assicura le proprietà fonoassorbenti grazie alla sua geometria ed al materiale di cui può essere costituito (granuli di argilla espansa o lapillo vulcanico). I due strati sono normalmente abbinati in fase di getto con la tecnica del fresco su fresco che assicura l'omogeneità del pannello se effettuata con tempi di getto ravvicinati in modo da garantire la contemporaneità del fenomeno di presa. Esistono tuttavia altre modalità produttive quali la prefabbricazione separata dei moduli alleggeriti ed il successivo fissaggio meccanico allo strato portante. Per questa tipologia di elementi acustici, la norma tecnica UNI EN 14992 contiene i riferimenti tecnici per le caratteristiche meccaniche, di sicurezza e durabilità. L'eventuale colorazione dello strato fonoassorbente deve essere preferibilmente realizzata con pigmentazione dell'impasto mediante impiego di ossidi, al fine di non pregiudicare le proprietà fonoassorbenti del manufatto. Il ricorso a sistemi di colorazioni mediante vernici silicatiche o poliuretatiche è approvato se i test di fonoassorbimento sono effettuati sul pannello verniciato. Le due tipologie di pigmentazione possono essere applicate indifferentemente per lo strato portante in calcestruzzo. Qualora siano richieste unicamente proprietà fonoisolanti (esempio pannello di base di barriere antirumore) il pannello sarà realizzato in unico strato in cls armato.

### **2.34 STRATO IN CLS ARMATO**

I pannelli che costituiscono la barriera saranno realizzati con calcestruzzo durevole avente requisiti di resistenza e porosità adeguati al tipo di protezione antifonica richiesta; in ogni caso la resistenza a compressione, secondo UNI EN 12390-3 non dovrà essere inferiore a 40 N/mm<sup>2</sup> e lo spessore del pannello non inferiore a 8 cm per ottenere uno spessore adeguato del copriferro. I materiali utilizzati nel

confezionamento del calcestruzzo devono essere marcati CE, secondo il regolamento (UE) 305/2011 e Dlgs 106/2017, e devono soddisfare le norme richiamate dalla UNI EN 206. Il cemento sarà di tipo Portland o pozzolanico conformi alla UNI EN 197-1. L'acqua d'impasto deve essere conforme alla norma UNI EN 1008. Gli additivi devono essere conformi alla norma UNI EN 934-2. Gli aggregati devono essere conformi alle UNI EN 12620 e UNI 8520. In particolare, dovranno avere assorbimento inferiore al 2,5% e, per applicazioni in ambienti gelivi (classe di esposizione XF), inferiore all'1%. È possibile l'utilizzo degli aggregati di riciclo in conformità alla norma UNI 11104. Il coefficiente di permeabilità, secondo UNI EN 12390-8, ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure preliminarmente ai getti su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, dovrà essere  $K < 10-10 \text{ cm s}^{-1}$ . Le superfici di cemento o calcestruzzo dovranno essere protette con additivi idrofobizzanti inseriti in fase di confezionamento. L'armatura sarà in reti elettrosaldate e/o barre d'acciaio ad aderenza migliorata del tipo B450C o B450A come da D.M. 17/01/2018.

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

- spessore pannello: 5 cm
- rapporto acqua/cemento: 16 cm
- acqua essudata := 40 N/mm<sup>2</sup>
- contenuto minimo di cemento in funzione del diametro massimo dell'aggregato:

Diametro (mm)	30	20	10
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	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 additate di soluzioni idrorepellenti o, in alternativa, trattate in superficie con soluzioni a base di silani, in modo che ne sia comunque garantita la impermeabilizzazione; tutti i trattamenti devono assicurare adeguate caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe ai cloruri agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche. Il trattamento non deve sviluppare fumi o gas tossici in caso di incendio e deve consentire l'applicazione di opportuni prodotti vernicianti con funzione estetica funzionale.

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

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

- da uno strato di calcestruzzo di argilla espansa o pomice o fibre di legno mineralizzato al silicio;
- da elementi modulari vibrocompressi realizzati in calcestruzzo di argilla espansa, pomice o legno mineralizzato al silicio e solidarizzati ad una struttura portante in calcestruzzo o in metallo. Nel caso di impiego di argilla espansa quale elemento base fonoassorbente, tale strato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
  - massa volumica in mucchio (secondo la norma UNI EN 13055) compresa preferibilmente tra 350 e 600 Kg/m<sup>3</sup>, e comunque mai superiore a 1.100 Kg/m<sup>3</sup>;
  - cemento di tipo pozzolanico od altoforno dosato a 180÷350 Kg/m<sup>3</sup> di inerti;
  - resistenza alla compressione dovrà essere in media di 5 N/mm<sup>2</sup>, per pannelli con argilla espansa o pomice, e 2 N/mm<sup>2</sup> per pannelli con fibre di legno, se misurata su cubetti stagionati con lato 100 mm (norma UNI EN 12390-1);
  - spessore dello strato potrà essere variabile e comunque non dovrà scendere al disotto di 4 cm;
  - massa volumica non superiore a (1.200) 1.400 kg/m<sup>3</sup> ;
    - 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/m<sup>3</sup>
      - 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/m<sup>3</sup> di inerti e non oltre ad evitare di intasare i pori con perdita di efficacia antirumore;
      - resistenza caratteristica del calcestruzzo (R<sub>ck</sub>) maggiore od uguale a 25 N/mm<sup>2</sup> e massa volumica non inferiore a 1200 kg/m<sup>3</sup>. Il calcestruzzo di argilla espansa con cui vengono prodotti gli elementi vibrocompressi (blocchi o piastre) dovrà possedere una resistenza media a compressione, misurata su cubetti stagionati con lato 100 mm (norma UNI EN 12390-1), non inferiore a 5 N/mm<sup>2</sup>. 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.

### 2.35 STRATO FONOASSORBENTE IN ARGILLA ESPANSA O POMICE

La superficie fonoassorbente del pannello è ottenuta con un getto di argilla espansa o pomice normalmente grecato per incrementare la superficie fonoassorbente attiva. I pannelli dovranno avere apposita protezione della struttura cellulare in argilla espansa o pomice esposta agli agenti atmosferici mediante applicazione in fase di confezionamento di additivi idrofobizzanti. La protezione della superficie deve impedire l'assorbimento delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. La protezione nei confronti degli agenti atmosferici potrà essere realizzata in tempi successivi al processo produttivo, mediante trattamenti superficiali, effettuati in stabilimento o in cantiere, con impiego di una soluzione composta di acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione. Questo tipo di applicazione, avendo effetti sul fonoassorbimento del manufatto, comporta la certificazione di questa caratteristica per il pannello verniciato. Nel caso di realizzazione del pannello stratificato con la tecnica del fresco su fresco, le caratteristiche dell'argilla espansa sono riportate in tabella.

**Metodi di prova e valori raccomandati di alcune proprietà dell'argilla espansa in granuli utilizzata in conglomerati cementizi non strutturali**

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

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

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

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

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

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

### 2.36 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.

### 2.37 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.

### **2.38 BARRIERE INTEGRATE RUMORE E SICUREZZA**

Si tratta di sistemi che svolgono contemporaneamente le funzioni di protezioni antirumore e barriere di sicurezza antisvio. Gli elementi che svolgono le funzioni acustiche possono essere costituiti da pannelli di diverso materiale, con caratteristiche comunque conformi a quanto dettagliato nei § precedenti. Gli elementi che svolgono le funzioni di sicurezza, operando congiuntamente agli elementi acustici, devono avere caratteristiche funzionali tali da soddisfare quanto definito nel Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 giugno 2004 e quanto disciplinato nell'art 37 di questo capitolato speciale.

### **2.39 SISTEMI DI COPERTURA A “BAFFLES”**

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

Dal punto di vista prestazionale è richiesta la qualificazione acustica del sistema con l'effettuazione di un test di fonoassorbimento secondo la UNI EN 1793-1 (valori di  $DL\alpha > 11$  dB) e fonoisolamento secondo la norma UNI EN 1793-2 (valori di  $DLR > 12$  dB). Il campione deve essere rappresentativo del sistema di copertura e costituito quindi da una porzione di grigliato a baffles montato nella camera di prova così come previsto dagli elaborati progettuali, rispettando cioè le quote relative agli interassi fra i pannelli. Sono inoltre richieste le prove di prequalifica acustica sul prodotto. Considerata la modalità di impiego dei pannelli baffles, è richiesta la verifica strutturale relativa ai carichi aerodinamici e statici.

Relativamente ai requisiti di sicurezza e compatibilità ambientale occorre siano prodotti i certificati di comportamento in presenza di fuoco.

#### **2.40 DIFFRATTORI DI SOMMITÀ PER BARRIERE**

Si tratta di dispositivi che installati sulla sommità delle barriere antirumore agiscono sull'onda diffratta migliorando le prestazioni globali della barriera stessa. Sono in genere elementi lineari collegati alla struttura portante della barriera e costituiti da un guscio metallico con materassino interno fonoassorbente. Dal punto di vista acustico è prevista l'effettuazione del test di diffrazione del bordo superiore. Relativamente alle prove di tipo statico deve essere verificata la resistenza ai carichi. Relativamente alla sicurezza in esercizio devono essere verificati i sistemi anticaduta ed il comportamento in presenza di fuoco.

#### **2.41 BIOMURI IN CALCESTRUZZO ARMATO VIBRATO**

I biomuri in calcestruzzo sono costituiti da una griglia spaziale tridimensionale di elementi prefabbricati in conglomerato cementizio armato vibrato, che, incastrati o comunque collegati fra di loro, realizzano un'intelaiatura avente larghe superfici aperte, atta però a contenere materiale di riempimento a matrice terrosa di modo che la struttura prefabbricata, a regime, possa restare pressoché totalmente immersa all'interno dell'inverdimento del proprio paramento frontale. Gli elementi prefabbricati costituenti il muro devono essere modulari e vincolabili, atti a qualsivoglia configurazione planimetrica, comprese le curvilinee. Inoltre, gli elementi costituenti le parti frontali esterne della barriera devono essere sagomati in modo da evitare la fuoriuscita del terreno di riempimento, garantendo nel contempo la minima presenza di calcestruzzo prefabbricato in facciata e la massima capacità di accogliere le essenze arbustive e/o erbacee. Le strutture costituenti l'intelaiatura devono avere conformazioni e sagome tali da realizzare una struttura autostabile. Devono altresì poter essere applicate in collegamento con strutture similari utilizzate per il sostegno di terrapieni per le conformazioni a duna. I suddetti elementi prefabbricati saranno realizzati con calcestruzzo durevole avente requisiti di resistenza e porosità adeguati al tipo di protezione antifonica richiesta; in ogni caso la resistenza a compressione, secondo UNI EN 12390-3 non dovrà essere inferiore a 40 N/mm<sup>2</sup> e lo spessore dell'elemento tale da garantire uno spessore adeguato del copriferro. I materiali utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo devono essere marcati CE, secondo il regolamento (UE) 305/2011 e Dlgs 106/2017, e devono soddisfare le norme richiamate dalla UNI EN 206. Il cemento sarà di tipo Portland o pozzolanico conformi alla UNI EN 197-1. L'acqua d'impasto deve essere conforme alla norma UNI EN 1008. Gli additivi devono essere conformi alla norma UNI EN 934-2. Gli aggregati devono essere conformi alla UNI EN 12620 e UNI 8520. In particolare, dovranno avere

assorbimento inferiore al 2,5% e per applicazioni in ambienti gelivi (classe di esposizione XF) inferiore all'1%. È possibile l'utilizzo degli aggregati di riciclo in conformità alla norma UNI 11104. Il coefficiente di permeabilità, secondo UNI EN 12390-8, ottenuto con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure preliminarmente ai getti su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, dovrà essere  $K < 10 \cdot 10^{-10} \text{ cm s}^{-1}$ . L'armatura sarà in reti elettrosaldate e/o barre d'acciaio ad aderenza migliorata del tipo B450C o B450A come da D.M. 17/01/2018. A richiesta del Committente gli elementi prefabbricati possono presentare colorazioni a seguito di pigmentazione dell'impasto di calcestruzzo. La colorazione dell'impasto di cemento ed aggregati avverrà utilizzando ossidi di ferro, pigmenti insolubili in acqua, resistenti agli alcali ed aventi ottima stabilità alla luce e alle intemperie. I contenitori andranno riempiti con materiale a matrice terrosa, con la tolleranza di una quota-parte fino ad una percentuale pari al 25% di materiale a matrice pietroso-lapidea, diametro massimo di 15 cm, a fungere da scheletro. Detto materiale di riempimento ha la funzione di configurarsi come massa resistente nei confronti della propagazione del rumore oltre che la funzione di conferire stabilità all'opera di attenuazione dei fenomeni acustici, ma altresì soprattutto la funzione di substrato per lo sviluppo della vegetazione; deve quindi essere esente da qualsivoglia sostanza inquinante e comunque possedere caratteristiche tali da non ostacolare o addirittura impedire la buona propagazione al suo interno della radicazione delle essenze messe a dimora nello strato superficiale più ricco di terreno agrario. L'impianto delle essenze deve essere preceduto dalla rimozione di eventuali materiali estranei quali detriti, ciottoli, radici e/o eventuali erbe infestanti. Per assicurare la massima velocità di sviluppo delle pianticelle il paramento frontale del biomuro deve essere arricchito con la somministrazione di terreno agrario prelevato ad una profondità massima di 0.50 m, privo di pietre, tronchi, rami, radici e loro parti che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera, e chimicamente neutro (pH 6,5-7). La quantità di scheletro non dovrà eccedere il 5% del volume totale e la percentuale di sostanza organica non dovrà essere inferiore al 2%. L'Appaltatore, prima di effettuare il riporto del terreno agrario, altrimenti denominabile terra di coltivo, dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della Direzione Lavori e dovrà, se richiesto, disporre a proprie spese l'esecuzione delle analisi di laboratorio per ogni tipo di suolo. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente capitolato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo, pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo S.I.S.S.. Detto terreno agrario dovrà essere privo di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante e dovrà inoltre essere mescolato con terriccio, torba o compost di origine ligno-cellulosica sufficientemente stabilizzato dal punto di vista microbiologico in ragione di almeno 20 litri per m<sup>2</sup> di superficie frontale, compresa altresì la distribuzione di concime minerale complesso a lenta cessione da spandere prima della definitiva sistemazione del terreno. La messa a dimora

delle essenze deve essere effettuata avendo cura di non danneggiare né l'apparato radicale né la parte epigea, distanziando opportunamente le pianticelle in base alle esigenze della singola specie e provvedendo alla leggera compattazione manuale del terreno in prossimità del colletto radicale. La scelta delle specie vegetali da inserire nei Muri Cellulari inverdibili a reticolo spaziale deve essere effettuata fra le essenze erbacee e/o arbustive nelle varietà tappezzanti, ricadenti e/o rampicanti; le pianticelle dovranno essere vigorose e di buon sviluppo, provviste di buon apparato radicale, esenti da fitopatie e sintomi di carenze e da postumi di attacchi parassitari, non manifestanti segni di grandinata; dovranno inoltre soddisfare le esigenze qui di seguito elencate, contemperandole in maniera il più possibile efficace, nei casi in cui le stesse risultino contrapposte: – adattamento al clima generale della zona – adattamento al microclima della barriera a reticolo spaziale, caratterizzato da possibili minori apporti idrici meteorici, maggiori temperature massime giornaliere e stagionali e più elevata escursione termica; – capacità biotecniche di ricoprimento e consolidamento; – ottimo sviluppo radicale (per resistere alle sollecitazioni meccaniche prodotte dall'effetto aerodinamico del passaggio di veicoli ed automezzi), discreto sviluppo epigeo (necessario per coprire il più possibile la vista degli elementi strutturali), avendo cura dal lato carreggiata stradale di scegliere essenze a sviluppo esterno contenuto per salvaguardare la percorribilità del camminamento di ispezione e/o di manutenzione; – buona possibilità di inserimento nel contesto ambientale circostante; – appartenenza al patrimonio botanico locale, il più adatto a rispondere alle esigenze sopraesposte di adattabilità al clima della zona e di migliore effetto di inserimento nell'ambiente circostante, con possibilità di intercalare anche piante di origine diversa ma ben inseribili nel particolare contesto ambientale, per tener conto degli altri fattori elencati. In condizioni climatiche o microclimatiche particolari o comunque laddove si ravvisa la necessità di accelerare il processo di attecchimento delle pianticelle, la barriera a reticolo spaziale potrà essere dotata di impianto irriguo a somministrazione localizzata. L'impianto, fisso ed automatizzato, sarà alimentato dalla rete idrica pubblica e/o da pozzi specificatamente eseguiti in prossimità dell'intervento e sarà costituito da rete di distribuzione a goccia e verrà di volta in volta opportunamente dimensionato.

#### **2.42 BIOMURI IN CALCESTRUZZO ARMATO VIBRATO A BASSO INGOMBRO TRASVERSALE**

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

alla necessità. Essi sono ottenuti mediante l'inserimento di elementi prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato, tra loro variamente composti, per sovrapposizione nel senso dello sviluppo in altezza, in linea di principio su montanti di sostegno in profilato metallico. Sempre in linea di principio i montanti metallici, eventualmente sostituibili con elementi di sostegno prefabbricati in cemento armato vibrato o altro materiale, devono risultare totalmente mascherati od inglobati all'interno della struttura finita. I suddetti elementi prefabbricati formano dei contenitori tra loro comunicanti, aventi sulla facciata e/o sulle facciate inverdibili larghe superfici aperte; al loro interno viene posto il materiale di riempimento costituito interamente da una miscela di inerti miscelati a materiale di origine vulcanica, argille speciali, concimi minerali complessi a lenta cessione ed ammendanti organici (torbe, fibre naturali, cortecce) con funzione di substrato per lo sviluppo della vegetazione le cui percentuali componenti varieranno in relazione sia alle specie vegetali impiegate sia alle condizioni microclimatiche del sito e saranno quindi oggetto, di volta in volta, di specifica definizione. Gli elementi costituenti le pareti frontali inverdibili della barriera acustica sono sagomati in modo da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento per dilavamento, senza impiego di alcun mezzo di ritenzione aggiuntivo (geosintetici), garantendo nel contempo la minor superficie possibile di calcestruzzo in vista. Per determinare le caratteristiche costruttive delle singole parti componenti i biomuri inverdibili a basso ingombro trasversale, si fa riferimento alle specifiche tecniche di competenza ed in particolar modo a quelle relative ai pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti in c.a., agli elementi prefabbricati in c.a per realizzazione di biomuri, ed alle essenze per l'inverdimento. Questo particolare tipo di barriera acustica, vista la esigua quantità di substrato all'inverdimento legata alle limitate dimensioni di ingombro trasversale deve sempre essere dotata di impianto irriguo a somministrazione localizzata. L'impianto, fisso ed automatizzato, sarà alimentato dalla rete idrica pubblica e/o da pozzi specificatamente eseguiti in prossimità dell'intervento e sarà costituito da rete di distribuzione a goccia e verrà di volta in volta opportunamente dimensionato.

#### **2.43 PANNELLI REALIZZATI CON ALTRI MATERIALI**

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

#### **2.44 CARPENTERIA METALLICA PORTANTE**

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

#### **2.45 ACCESSORI**

I sigillanti e le guarnizioni devono garantire nel tempo l'impermeabilità acustica e deve quindi resistere all'invecchiamento da agenti naturali (raggi UV, variazioni di temperatura, ecc.). Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento.

#### **2.46 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.

#### **2.47 PROTEZIONE AMBIENTALE**

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

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

#### **2.48 CONFORMITÀ DI PRODUZIONE**

L'appaltatore deve essere in possesso della certificazione del sistema di gestione della qualità secondo UNI EN ISO 900114 . Per le costruzioni saldate il Costruttore deve essere in possesso della certificazione ai sensi della Norma UNI EN ISO 3834 nelle parti corrispondenti alla entità e difficoltà dell'appalto. Tutti i materiali devono pervenire in cantiere provvisti di certificazione di provenienza, effettuata dal fornitore, completa di manuale della qualità attestante le procedure messe in atto per garantire la conformità di produzione. In particolare devono essere esplicitate le procedure attraverso cui si garantiscono le caratteristiche acustiche e non acustiche dei prodotti 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.

#### **2.49 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.

#### **2.50 COLORAZIONI**

##### **2.51 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.

## 2.52 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.

**2.53 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..

## 2.54 SISTEMI ANTIGRAFFITI

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

## 2.55 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 sovraccaricate. 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 contrefreccia 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 del 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 fonoassorbente. 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 del grigi per la barriera nel suo insieme. La costruzione delle barriere deve essere tale da evitare assolutamente che, anche dopo scadenza del periodo di garanzia, si producano punti non a tenuta dovuti all'azione di agenti atmosferici, ad alterazione di materiali, a deformazioni, ecc.. Per garantire la durata dell'ermeticità tra pannello e pannello è prescritto un accoppiamento sigillante a tenuta acustica da descrivere negli elaborati del progetto costruttivo predisposto dal Fornitore. Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare fra i singoli pannelli o fra il pannello inferiore e superficie di appoggio. Elementi provvisti di fori in sommità devono essere chiusi con profili di copertura, questi ultimi devono essere fissati sui montanti con possibilità di dilatarsi a causa delle variazioni di temperatura. Per tutti i pannelli disposti su opere d'arte (ponti, viadotti, sovrappassi), costituenti coperture della carreggiata stradale (sia sistemi baffles che coperture totali) o per i pannelli posti a distanza da edifici abitativi inferiore a 10 m, deve essere predisposto un sistema di ritenuta/aggancio che impedisca il distacco/caduta dalle strutture portanti (tale prescrizione vale anche nel caso di pannelli di classe C3 o C6 testati secondo la procedura di cui alla UNI EN 1794-2, appendice B. In tutte le fasi esecutive, comprese le fasi di preparazione e di sistemazione finale delle aree, per gli aspetti e le problematiche relative a temi ambientali, quali impatti acustici e vibrazionali, emissioni in atmosfera, impatto sulle acque superficiali, sotterranee e sul suolo, impatti sulla componente fauna e vegetazione, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente, alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale, nonché alle condizioni ambientali contenute nelle autorizzazioni ed alle disposizioni del Capitolato Ambientale allegato al progetto esecutivo.

## **2.56 PORTA DI SERVIZIO**

Le porte di servizio, ove necessarie e/o richieste nel Progetto, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla sede stradale, in genere, con gli stessi elementi acustici costituenti il sistema antirumore. In corrispondenza di tali porte devono essere previste scale di servizio in conformità alle norme di sicurezza vigenti. Le porte di servizio devono essere adeguatamente segnalate (vedere la Norma UNI EN 1794-2). Le porte di servizio devono avere dispositivi di apertura: • azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi (preferibilmente una chiave unica per ogni tratto omogeneo del sistema antirumore); • azionabili dall'interno con maniglione di tipo "antipánico" senza richiedere l'uso di chiavi. Ove ne sia previsto l'impiego, la progettazione di dette porte di servizio e la loro dislocazione lungo l'opera, deve essere preventivamente approvata dal committente. Per le porte di servizio è richiesto un indice di valutazione del potere fonoisolante in conformità alla Norma UNI EN 1793-2 (DLR), calcolato utilizzando lo spettro normalizzato di rumore per la tipologia di veicoli transitanti sull'infrastruttura di trasporto, che ricada nella medesima categoria di quello degli elementi acustici impiegati.

## **2.57 CANCELLO ANTIRUMORE, SCORREVOLE MOTORIZZATO**

Quando previsto in progetto, per la chiusura di varchi di accesso sarà prevista la posa in opera di cancello scorrevole composto da elementi strutturali metallici: • in acciaio in profilati del tipo HE/IPE con caratteristiche meccaniche non minori di quelle del tipo S235JR in conformità alla Norma UNI EN 10025 e zincati a caldo, in conformità alla Norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non minore di 85 µm previo ciclo di sabbiatura SA 2,5 oppure trattamento di decapaggio chimico. Inoltre, è richiesto un ulteriore trattamento della superficie, subito dopo la zincatura, consistente in mano di fondo e verniciatura. Tali trattamenti dovranno essere effettuati secondo quanto stabilito dalla norma UNI 11160; oppure:

- in acciaio Cor-Ten con caratteristiche e prestazioni secondo quanto previsto all'art. 25 di questo capitolato speciale d'appalto; secondo le indicazioni di progetto. Il montante verrà fissato al cordolo in calcestruzzo per mezzo di piastre di base che devono essere realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche non minori di quelle del tipo S235JR in conformità alla Norma UNI EN 10025, e tirafondi annegati nei getti di fondazione. Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere almeno di 200 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori. Le caratteristiche prestazionali acustiche e non acustiche devono rispettare il Capitolato Speciale di Appalto nonché le Norme tecniche di Prodotto e le Linee Guida redatte dall'ANAS. Il pannello è così composto:
- I gusci in lamiera di alluminio, dello spessore minimo di 1,5 mm, devono presentare almeno un lato forato, con una percentuale di vuoto su pieno compreso in un intervallo tra il 30% ed il 40%;

- Materiale fonoassorbente composto da un materassino di materiale fonoassorbente riciclabile nel rispetto della normativa vigente avente spessore minimo di 50 mm;
- Ferramenta in acciaio zincato e/o acciaio inox 304
- Guarnizione in EPDM con durezza compresa tra 65 shores e 75 shores, per evitare eventuali passaggi di onde sonore ed aumentare la stabilità del pannello stesso all'interno del profilo HE; La lamiera in lega di alluminio deve essere in lega Alluminio-Magnesio-Manganese (Al-Mg-Mn) del gruppo 3xxx in conformità alla UNI EN 573-1. La verniciatura dei gusci metallici deve prevedere uno spessore maggiore di 60 µm in conformità alla UNI EN ISO 2360. I film di vernice devono avere tutti i requisiti specificati nel prospetto 6 della UNI 11160. Il materiale fonoassorbente deve comunque soddisfare la norma UNI 11160. Gli elementi accessori metallici devono essere in acciaio inox o zincati a caldo (ad eccezione delle piastre di base, per le quali vale quanto indicato per gli elementi strutturali).” È altresì compresa la fornitura e posa in opera dei seguenti componenti necessari per la motorizzazione:
  - Motore per automazione cancello scorrevole con centrale di comando;
  - Motoriduttore elettromeccanico irreversibile con ingranaggi totalmente in metallo e corpo in alluminio; sistema di fine corsa magnetico
  - cremagliera zincata;
  - piastra di fondazione;
  - radioricevente completa di antenna;
  - coppia di fotocellule ad incasso;
  - lampeggiatore;
  - pulsante di apertura a chiave;
  - n° 2 tastiere a codice numerico antivandalo con pulsanti retroilluminati;
  - n° 4 coste di sicurezza antischiacciamento altezza minima 2,00 m.

Quando previsto in progetto o richiesto dalla D.L., nell'anta del cancello scorrevole sarà realizzata una porta di servizio.

### **2.58 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.

## **3 ASSET MINORI**

## **RIPRISTINO/ADEGUAMENTO D'ELEMENTI STRUTTURALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

### **3.1 CAMPO DI APPLICAZIONE**

Questo articolo di capitolato si applica agli interventi di ripristino di strutture in calcestruzzo, cemento armato o cemento armato precompresso, che presentino danni che diminuiscono il livello di durabilità della struttura e quindi della sua vita di esercizio.

### **3.2 GENERALITÀ**

Si terrà presente, in linea generale, che scopo prioritario del ripristino delle strutture in conglomerato cementizio è ricreare la sagoma di Progetto del manufatto in corrispondenza dei punti degradati garantendo:

- monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui viene eseguito il ripristino;
- resistenza agli agenti aggressivi dell'ambiente d'esercizio;
- l'assenza di stati fessurativi sulle superfici delle strutture, in modo da combattere l'ingresso di sostanze aggressive.

Per prolungare la vita utile della struttura sarà indispensabile garantire agli interventi di ripristino la massima durabilità, per questo si farà costante riferimento alla UNI EN 1504-9 ed in particolare sarà necessario:

- eseguire indagini per il riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, per individuare le
  - aree su cui intervenire e gli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare
  - (attività da sviluppare in fase di progetto e/o in fase esecutiva laddove emergano situazioni non previste in fase progettuale);
  - scegliere le tecniche d'intervento in funzione del tipo di elemento strutturale (orizzontale o verticale), degli spessori e dell'estensione dell'intervento;
  - definire i requisiti che devono garantire i materiali utilizzati per il ripristino;
  - scegliere i materiali verificando che le prestazioni fornite soddisfino i requisiti richiesti;
  - definire nel Progetto in modo accurato ed inequivocabile le fasi esecutive;
  - verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'Appaltatore rispettino le specifiche prestazionali richieste;
  - eseguire controlli sia in fase preliminare, che in corso d'opera, che sulle opere finite.

### **3.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 1504-1: Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 1: Definizioni

- UNI EN 1504-3: Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 3: Riparazione strutturale e non strutturale
- UNI EN 1504-6: Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio
- UNI EN 1504-7: Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 7: Protezione contro la corrosione delle armature
- UNI EN 1504-9: Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 9: Principi generali Per l'utilizzo dei prodotti e dei sistemi.
- UNI EN 1504-10: Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori

### **3.4 CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI PER IL RIPRISTINO DI SUPERFICI DEGRADATE**

I materiali da utilizzare per il ripristino e/o il rinforzo devono possedere la marcatura CE secondo la UNI EN 1504 parte 3, specifica per la ricostituzione o il ringrosso di sezioni di strutture in calcestruzzo, con sistema di attestazione di conformità di tipo 2+.

### **3.5 REQUISITI DI CARATTERE GENERALE**

Un materiale per il ripristino di strutture in calcestruzzo deve possedere i seguenti requisiti fondamentali.

- Elevata compatibilità con il calcestruzzo di supporto
  - Espansione contrastata a 24 ore con maturazione in aria: la perfetta compatibilità con il calcestruzzo di supporto si ha utilizzando malte e betoncini ad espansione contrasta con maturazione in aria, la cui espansione iniziale consentirà di compensare il ritiro che i materiali cementizi svilupperanno inevitabilmente all'evaporazione di parte dell'acqua d'impasto. Per garantire in opera la monoliticità tra vecchia struttura e materiale utilizzato per il ripristino è necessario che quest'ultimo sia in grado di fornire buoni valori di espansione contrastata a 24 ore e con maturazione all'aria.

- Aderenza al calcestruzzo indurito: l'adesione tra vecchia struttura e materiale di ripristino deve essere elevata e risultare almeno uguale alla resistenza a trazione del calcestruzzo indurito.
- Resistenza meccanica: la resistenza meccanica alla compressione, trazione e flessione deve risultare simile a quella del calcestruzzo di supporto e maggiore quando si eseguono interventi di adeguamento strutturale.
- Modulo elastico: per interventi di spessore centimetrico il modulo elastico del materiale di ripristino deve essere simile a quello del calcestruzzo di supporto. Per interventi millimetrici, specialmente per le zone inflesse, il modulo elastico deve essere  $\geq 16.000$  MPa.
- Elevata compatibilità con l'ambiente d'esercizio: I materiali utilizzati per ripristinare strutture degradate devono possedere una resistenza agli agenti esterni superiore a quella del calcestruzzo di cui l'opera è costituita. La capacità del materiale, da ripristino, di resistere agli agenti aggressivi presenti nell'ambiente, si riferisce principalmente all'acqua liquida, agli ioni Cl<sup>-</sup>, all'anidride carbonica, ed all'ossigeno, che partecipano attivamente ai processi di corrosione; nei riguardi di queste sostanze lo spessore del materiale da ripristino applicato deve naturalmente risultare il più possibile impermeabile. Per concentrazioni di CO<sub>2</sub> molto elevate (> 1000 ppm) o quando si fa uso di sali decongelanti sarà necessario proteggere la struttura con uno specifico sistema protettivo filmogeno. I materiali utilizzati per il ripristino devono garantire anche la massima continuità della superficie esterna in modo da non favorire l'ingresso delle sostanze aggressive.
- Resistenza alla fessurazione da ritiro plastico: il materiale per il ripristino deve contenere fibre sintetiche poliacrilonitrili nella misura e del tipo adatto a contrastare il verificarsi delle fessure durante le prime ore dopo l'applicazione.
- Resistenza alla fessurazione da ritiro igrometrico: per garantire la curabilità del ripristino il materiale di apporto deve avere una elevata resistenza alla fessurazione a lungo termine; la causa di tali stati fessurativi è il ritiro igrometrico, per questo motivo è fondamentale utilizzare materiali ad espansione contrastata in aria che garantiscano, nelle condizioni di esercizio, la compensazione del ritiro igrometrico.
- Resistenza alla carbonatazione: requisito indispensabile per evitare il degrado per corrosione delle armature dovuta alla carbonatazione, la conseguenza di questo processo è l'abbassamento del pH della pasta cementizia che diventa incapace di passivare le armature.
- Impermeabilità ai cloruri: i cloruri sono l'altro fattore che causa la corrosione delle armature, gli ioni Cl<sup>-</sup>, penetrando nel calcestruzzo, arrivati all'armatura bucano lo strato di ossido esistente e corrodono localmente le armature.
- Resistenza a cicli di gelo-disgelo: requisito fondamentale per le strutture in zone montane dove la temperatura oscilla sopra e sotto lo zero e quando vi sono condizioni ambientali che rendono il calcestruzzo umido.

- Impermeabilità all'acqua: la presenza d'acqua favorisce tutti i processi di degrado, una elevata impermeabilità è sinonimo di ridotta porosità del conglomerato.

### **3.6 LEGANTI, MALTE, BETONCINI E CALCESTRUZZI A BASE CEMENTIZIA AVENTI CARATTERISTICHE ESPANSIVE**

Questi prodotti sono certamente i più diffusi negli interventi di restauro; il loro requisito fondamentale è l'espansione contrastata in aria che è caratteristica essenziale per garantire monoliticità tra vecchia struttura e materiale di ripristino, la loro scelta deriva inoltre dall'omogeneità di caratteristiche rispetto al calcestruzzo di supporto, dall'elevatissima durabilità (resistenza agli aggressivi ambientali ed alla carbonatazione), dalle prestazioni meccaniche e dalla facilità di applicazione.

### **3.7 MALTE CEMENTIZIE POLIMERO MODIFICATE**

Tali malte garantiscono monoliticità con il supporto grazie alla capacità di adesione del polimero. Vengono generalmente utilizzate quando sia necessario eseguire rasature (1-8 mm) ed interventi di ripristino centimetrici (10-50 mm) di tipo localizzato (aree di ridotta estensione) o di difficile accesso.

### **3.8 MALTE RAPIDE A BASE DI SPECIALE LEGANTE POZZOLANICO**

Questi materiali basano la loro prestazione su una particolare reazione di idratazione del legante che consente di ottenere in brevissimo tempo, anche a temperature estreme (-5°C) elevate prestazioni meccaniche.

### **3.9 FORMULATI A BASE DI RESINA**

Si tratta principalmente di resine di tipo epossidico o vinilestere. Vengono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali di iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghissaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che s'innescano quando la base si unisce all'indurente) e all'elevata adesione a calcestruzzo, acciaio ed ai diversi materiali da costruzione.

Requisito specifico per i formulati utilizzati per saldare fessure è la bassissima viscosità che consente la massima penetrazione della resina.

### **3.10 CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI**

I vari tipi di materiale sono così definiti:

#### **MALTE PER RASATURE**

- di tipo MR1: malta cementizia, per rasature fini (1-3 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, monocomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.
- di tipo MR2: malta cementizia, per rasature grosse (4-8 mm), polimero modificata, premiscelata, tixotropica, bicomponente, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

### **MALTE TIXOTROPICHE**

- di tipo MT1: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14  $\mu$ m, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.
- di tipo MT2: malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, con fibre sintetiche poliacrilonitrili.
- di tipo MT3: malta cementizia premiscelata, tixotropica, bicomponente, polimero modificata, contenente fibre poliacrilonitrili.

### **MALTE COLABILI**

- di tipo MC1: malta cementizia, premiscelata, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14  $\mu$ m, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa.
- di tipo MC2: malta cementizia, premiscelata, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamica, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.
- di tipo MC3: malta cementizia, premiscelata, reoplastica, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a “catino”; resistenza a trazione > 1200 MPa.
- di tipo MC4: malta a base di uno speciale legante pozzolanico, premiscelata, a rapido indurimento anche a basse temperature, fibrorinforzata con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità.

### **BETONCINI COLABILI**

- di tipo B1: betoncino cementizio, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre inorganiche flessibili caratterizzate da lunghezza 12 mm, diametro 14  $\mu$ m, resistenza a trazione 1700 MPa, modulo elastico 72000 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC1 aggregati selezionati.
- di tipo B2: betoncino cementizio, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC2 aggregati selezionati.

- di tipo B3: betoncino cementizio, reoplastico, colabile, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, ad elevatissima duttilità, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili e fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,6 mm, forma a “catino”; resistenza a trazione > 1200 MPa, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC3 aggregati selezionati.
- di tipo B4: betoncino a base di uno speciale legante pozzolanico, a rapido indurimento anche a basse temperature, fibrorinforzato con fibre metalliche rigide (di acciaio) caratterizzate da lunghezza 30 mm, diametro 0,38 mm, resistenza a trazione > 2.300 MPa ad elevatissima duttilità, ottenuto, aggiungendo alla malta di cui al precedente punto MC4 aggregati selezionati.
- di tipo B5: betoncino cementizio, premiscelato, ad espansione contrastata in aria, con ritentore d'umidità liquido, reodinamico, colabile, contenente fibre sintetiche poliacrilonitrili.

#### **LEGANTE ESPANSIVO**

- di tipo LE: legante espansivo che consente di ottenere calcestruzzi o boiacche estremamente fluide, prive di bleeding, a basso rapporto acqua/cemento, caratterizzate da elevate resistenze meccaniche.

#### **CALCESTRUZZO ESPANSIVO**

- di tipo CE: calcestruzzo di cemento, reoplastico a stabilità volumetrica, avente  $R_{ck} \geq 50$  MPa, consistenza S4-S5, assenza di bleeding ed elevata pompabilità, ottenuto utilizzando come legante uno speciale cemento espansivo tipo LE in luogo dei normali cementi, e miscelando ad esso acqua ed aggregati.

#### **FORMULATI DI RESINA**

- di tipo RC: malta epossidica bicomponente, colabile, priva di solventi.
- di tipo RT: malta epossidica bicomponente, tixotropica, priva di solventi.
- di tipo RI: resina epossidica bicomponente, a bassissima viscosità, priva di solventi, colabile.
- di tipo RA: tassello chimico rapido in cartuccia bicompartimentale coassiale, a consistenza tixotropica a base di resina vinilestere priva di stirene.

### **3.11 REQUISITI PRESTAZIONALI DEI MATERIALI**

Nelle successive tabelle sono indicate le prestazioni minime richieste per i singoli tipi di materiale, salvo migliori caratteristiche definite nel Progetto.

Prestazioni richieste per i materiali cementizi ad espansione contrastata in aria

REQUISITI	MATERIALI CEMENTIZI AD ESPANSIONE CONTRASTATA ALL'ARIA DI TIPO					
	MT1	MT2	MC1	MC2	MC3	B5
Lavorabilità	170-180 mm	170-180 mm	230-250 Mm	800-900 mm	190-200 mm	800-900 mm
Espansione contrastata all'aria	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯	1 g > 0,04 % inarc. ◯
Resistenza alla fessurazione	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione) UNI EN 13295 (metodo di prova)					
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 5 mm < 0,25 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	< 5 mm < 0,15 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	< 5 mm < 0,25 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	< 5 mm < 0,08 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	< 5 mm < 0,30 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>	< 5 mm < 0,1 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup>
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 20 MPa > 50 MPa > 60 MPa	> 20 MPa > 50 MPa > 60 MPa	> 25 MPa > 55 MPa > 65 MPa	> 25 MPa > 55 MPa > 70 MPa	> 30 MPa > 50 MPa > 70 MPa	> 30 MPa > 55 MPa > 70 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 8 MPa	> 7 MPa > 9 MPa > 10 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa	> 10 MPa > 13 MPa > 16 MPa	> 4 MPa > 6 MPa > 7 MPa
Modulo elastico	28 (± 2) GPa	28 (± 2) GPa	28 (± 2) GPa	28 (± 2) GPa	27 (± 2) GPa	30 (± 2) GPa
Caratteristiche di tenacità - carico di prima fessurazione - Indice di tenacità	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	> 20 KN I <sub>20</sub> > 20	----- -----
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio*	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa	> 25 MPa
Resistenza ai solfati	Nessun degrado dopo 15 cicli	Nessun degrado dopo 15 cicli	Nessun degrado dopo 15 cicli	Nessun degrado dopo 15 cicli	Nessun degrado dopo 15 cicli	Nessun degrado dopo 15 cicli

N.B Per il betoncino di tipo B1 le prestazioni di riferimento sono quelle della malta tipo MC1 da cui si ottiene il betoncino aggiungendo il 35% di ghiaino. Nello stesso modo per i betoncini di tipo B2 e B3 si fa riferimento, rispettivamente, alle prestazioni delle malte di tipo MC2 e MC3.

\*Tale prestazione è da prevedere solo per l'utilizzo dei suddetti materiali anche come materiale di ancoraggio di barre d'acciaio

Prestazioni richieste per materiali rapidi

REQUISITI	MATERIALI RAPIDI DI TIPO MC4		
Lavorabilità	210-220 mm		
Resistenza alla fessurazione	Nessuna fessura dopo 180 gg		
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa		
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione) UNI EN 13295 (metodo di prova)		
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 5 mm < 0,35 kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>		
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti	Secondo UNI EN 13687/1		
Resistenza a compressione	-5°C	0°C	20°C
- 2 ore	>10 MPa	>14 MPa	>23 MPa
- 4 ore	>15 MPa	>18 MPa	>30 MPa
- 8 ore	>18 MPa	>23 MPa	>40 MPa
- 24 ore	>27 MPa	>32 MPa	>50 MPa
- 7 giorni	>57 MPa	>60 MPa	>65 MPa
- 28 giorni	>70 MPa	>70 MPa	>70 MPa
Resistenza a trazione per flessione (20°C)	1g > 15 MPa	7 gg > 18 MPa	28 gg > 20 MPa
Modulo elastico	30 (± 2) GPa		
Caratteristiche di tenacità - Carico di prima fessurazione - Indice di tenacità	> 20 KN I <sub>20</sub> > 20		
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio*	> 25 MPa		

N.B Per il betoncino di tipo B4 le prestazioni di riferimento sono quelle della malta tipo MC4 da cui si ottiene il betoncino aggiungendo il 35% di ghiaio.

Prestazioni richieste per malte cementizie polimero modificate di tipo

REQUISITI	MALTE CEMENTIZIE POLIMERO MODIFICATE DI TIPO		
	MR1	MR2	MT3
Lavorabilità	180-190 mm	180-190 mm	170-180 mm
Resistenza alla fessurazione	----	----	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 2 MPa	> 2MPa	> 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione) UNI EN 13295 (metodo di prova)		
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 15 mm < 0,5 kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>	< 15 mm < 0,5 kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>	< 15 mm < 0,5 kg·m <sup>-2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>
Resistenza al gelo-disgelo con sali disgelanti	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1	Secondo UNI EN 13687/1
Resistenza a compressione			
- 1 giorno	> 12 MPa	> 20 MPa	> 25 MPa
- 7 giorni	> 28 MPa	> 27 MPa	> 45 MPa
-28 giorni	> 40 MPa	> 38 MPa	> 55 MPa
Resistenza a trazione per flessione			
- 1 giorno	> 4 MPa	> 2 MPa	> 6 MPa
- 7 giorni	> 7 MPa	> 5 MPa	> 8 MPa
-28 giorni	> 8 MPa	> 7 MPa	> 10 MPa
Modulo elastico [MPa]	16 (± 2) GPa	16 (± 2) GPa	25 (± 2) GPa
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio [MPa]*	----	-----	> 20

Prestazioni richieste per calcestruzzi a ritiro compensato di tipo CE

REQUISITI	CALCESTRUZZI A RITIRO COMPENSATO DI TIPO CE
Lavorabilità	S5
Espansione contrastata	1 g > 0,03 %
Resistenza alla fessurazione	Nessuna fessura dopo 180 gg
Adesione al calcestruzzo	> 1,5 MPa
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione) UNI EN 13295 (metodo di prova)
Impermeabilità all'acqua - in pressione - assorbimento capillare	< 20 mm < 0,5 kg·m <sup>2</sup> ·h <sup>-0,5</sup>
Resistenza al gelo- disgelo con sali disgelanti	Secondo UNI EN 13687/1
Resistenza a compressione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 20 MPa > 35 MPa > 50 MPa
Resistenza a trazione per flessione - 1 giorno - 7 giorni - 28 giorni	> 2 MPa > 3 MPa > 4 MPa
Modulo elastico	30 (± 2) GPa
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio*	> 15 MPa

Prestazioni richieste per malte di resina di tipo

REQUISITI	MALTE DI RESINA DI TIPO																															
	RC	RT	RI	RA																												
Viscosità cinematica	-----	-----	500-700 mPa·s	-----																												
Caratteristiche di adesione a 7 gg:																																
- resina-cls [MPa]	> 3,5	> 3,5	> 3,5	-----																												
- resina-acciaio[MPa]	> 12	> 7	> 10	-----																												
- carico di sfilamento su barre di armatura ad aderenza migliorata FeB44K	-----	-----	-----	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Diam. barra [mm]</th> <th>Diam. foro [mm]</th> <th>Lungh. ancor.barr a [mm]</th> <th>Carico [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>12</td> <td>175</td> <td>10,6</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>16</td> <td>215</td> <td>15,0</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>18</td> <td>255</td> <td>20,1</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>20</td> <td>275</td> <td>28,8</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>26</td> <td>355</td> <td>43,2</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>32</td> <td>435</td> <td>65,0</td> </tr> </tbody> </table>	Diam. barra [mm]	Diam. foro [mm]	Lungh. ancor.barr a [mm]	Carico [kN]	10	12	175	10,6	12	16	215	15,0	14	18	255	20,1	16	20	275	28,8	20	26	355	43,2	26	32	435	65,0
Diam. barra [mm]	Diam. foro [mm]	Lungh. ancor.barr a [mm]	Carico [kN]																													
10	12	175	10,6																													
12	16	215	15,0																													
14	18	255	20,1																													
16	20	275	28,8																													
20	26	355	43,2																													
26	32	435	65,0																													
Caratteristiche a compressione a 7 gg:																																
- Resistenza [MPa]	> 55	> 70	> 70	-----																												
-Modulo elastico[MPa]	7000	7000	3100	-----																												
Resist. a traz. per fless. a 7 gg [MPa]	> 30	> 25	> 40	-----																												
Caratteristiche a trazione diretta a 7 gg:																																
- Resistenza [MPa]	> 6	> 8	> 35	-----																												
- Modulo elast. [GPa]	6,3	9,50	2,4	-----																												
Coefficiente di dilatazione termica lineare a 7 gg [°C <sup>-1</sup> ]	2,46·10 <sup>-5</sup>	2,04·10 <sup>-5</sup>	5,11·10 <sup>-5</sup>	-----																												

### 3.12 CRITERI PER LA SCELTA DELLE TECNICHE D'INTERVENTO E DEI MATERIALI

Salvo quanto specificato negli elaborati progettuali, occorre riferirsi alla tabella seguente per la definizione delle tecniche d'intervento ed del tipo di materiale in funzione degli spessori da ripristinare e del degrado delle strutture.

		DEGRADO [mm]																	
		Lieve		Medio					Profondo					Molto profondo					
		0-3	3-10	10	20	30	40	50	50	60	70	80	90	100	>100				
TECNICHE	Rasatura	MR1	MR2																
	Spruzzo o rinzaffo			MT1															
							MT2*												
				MT3															
	Colaggio			MC1					B1										
							MC2*		B2										
				MC3					B3										
				MC4					B4										
									B5										
																		CE	
																		RC	
	Spatola																		RT
	Iniezione																		RI
	Tassello																		RA
		Malte					Betoncini					Calcestruzzi		Form. di resina					
		MATERIALI																	

\* applicazione di rete elettrosaldata

#### 3.13 DEGRADO LIEVE – RIPRISTINI DI SPESSORE DA 1 A 10 MM

La tecnica utilizzata, per eliminare difetti costruttivi quali vespai, vaiolature, sbeccature, assenza di copriferro, assenza di planarità, è quella della rasatura.

La preparazione del supporto deve essere realizzata mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

La malta può essere applicata sia a mano che con macchina intonacatrice, previa miscelazione.

Si utilizza la malta:

- Tipo MR1 per rasature fini, interventi di spessore da 1 a 3 mm.
- Tipo MR2 per rasature grosse, interventi di spessore maggiori di 3 fino a 10 mm.

#### 3.14 DEGRADO MEDIO – RIPRISTINI DI SPESSORE MAGGIORE DI 10 FINO A 50 MM

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- l'applicazione con macchina intonacatrice (superfici estese) o manuale a cazzuola (superfici ridotte) utilizzando malte tixotropiche;
- l'applicazione per colaggio utilizzando malte fluide.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Nel caso di interventi molto localizzati o quando si devono ripristinare elementi strutturali di difficile accesso per i quali una idonea asportazione del calcestruzzo non è possibile, si preparerà la superficie di supporto mediante sabbiatura e l'intervento sarà eseguito con malte polimero modificate di tipo MT3.  
**RIPRISTINI REALIZZATI CON MACCHINA INTONACATRICE O MANUALMENTE CON CAZZUOLA**

Tale tecnica è utilizzata sia per ripristinare elementi strutturali verticali che l'intradosso di elementi orizzontali. L'applicazione manuale con cazzuola è consentita per superfici limitate (poche decine di metri quadrati).

Si utilizza la malta:

- Tipo MT1 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. E' utilizzata con semplicità anche per ripristini localizzati.
- Tipo MT2 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Può essere utilizzata anche per interventi di spessore da 40 a 50 mm previa applicazione di rete elettrosaldata.
- Tipo MT3 per ripristinare elementi strutturali che presentino degradi molto localizzati e spessori da 10 a 50 mm. Poiché sono malte che possono essere applicate anche su supporti solamente sabbiati sono utilizzati per interventi su elementi strutturali di difficile accesso sui quali non è possibile l'asportazione del calcestruzzo degradato per spessori centimetrici, inoltre non richiede l'applicazione di rete elettrosaldata.

#### **RIPRISTINI REALIZZATI PER COLAGGIO**

Tale tecnica è utilizzata per ripristinare l'estradosso di elementi strutturali orizzontali.

Il colaggio entro cassero è possibile per spessori compresi tra 40 e 50 mm facendo uso di materiali di tipo MC2.

Si utilizza la malta:

- Tipo MC1 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.
- Tipo MC2 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 20 mm. Per interventi di spessore da 40 a 50 mm la malta deve essere armata con rete elettrosaldata in assenza di

armatura pre-esistente. Tale malta essendo reodinamica (autocompattante e molto scorrevole) può essere messa in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero per spessori compresi tra 40 e 50 mm.

- Tipo MC3 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.

- Tipo MC4 per ripristinare in tempi brevissimi anche a basse temperature elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 10 a 50 mm anche in modo non omogeneo. Tale malta è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzata (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce alla malta un elevato indice di duttilità.

#### 22.4.3 Degrado profondo – Ripristini di spessore maggiore di 50 fino a 100 mm

Quando il degrado interessa spessori maggiori di 50 mm non si devono più utilizzare malte, ma si deve far uso di betoncini.

Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali di betoncini ad espansione contrastata in aria;
- colaggio entro cassero (incamiciatura) di betoncini ad espansione contrastata in aria.

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

Si utilizza il betoncino:

- Tipo B1 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre inorganiche flessibili), non richiede applicazione di rete elettrosaldata.

- Tipo B2 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldata in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vibrazione.

- Tipo B3 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede

applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.

- Tipo B4 per ripristinare in tempi brevissimi, anche a basse temperature, elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm anche in modo non omogeneo. Tale betoncino è in grado di sviluppare resistenze meccaniche molto elevate alle brevissime stagionature anche a temperature di -5°C, inoltre, essendo fibrorinforzato (fibre di acciaio rigide), non richiede applicazione di rete elettrosaldata. L'elevato dosaggio delle fibre di acciaio conferisce al betoncino un elevato indice di duttilità.
- Tipo B5 per ripristinare elementi strutturali che richiedano spessori d'intervento da 50 a 100 mm. Il betoncino deve essere sempre armato con rete elettrosaldata in assenza di altre armature. Tale betoncino, essendo reodinamico (autocompattante e molto scorrevole), può essere messo in opera in modo semplice ed affidabile per colaggio anche entro cassero, senza richiedere vibrazione.

I betoncini B1, B2, B3 e B4 sono ottenuti aggiungendo in cantiere rispettivamente alle malte tipo MC1, MC2, MC3 ed MC4 degli aggregati di opportuna curva granulometrica; per ottenere buoni risultati è necessario porre particolare attenzione alla scelta degli aggregati, verificando che siano di diametro minimo pari a 5 mm e diametro massimo di 10 mm, ben puliti e privi di impurità limo argillose.

### **3.15 DEGRADO MOLTO PROFONDO – RIPRISTINI DI SPESSORE MAGGIORE DI 100 MM**

Quando il degrado interessa spessori maggiori di 100 mm si deve far uso di calcestruzzi aventi diametro massimo crescente al crescere dello spessore d'intervento. Le tecniche d'intervento utilizzate sono:

- messa in opera per colaggio su superfici orizzontali;
- colaggio entro cassero (incamiciatura).

L'asportazione del calcestruzzo contaminato (per esempio carbonatato e/o contenete cloruri) dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa o preferibilmente, visti gli elevati spessori, mediante macchine idrodemolitrici, dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm.

### **3.16 INTERVENTI CON RESINE**

Spesso nei lavori di manutenzione delle strutture è necessario eseguire interventi speciali, con resine:

- Tipo RC per ripristinare in spessore centimetrico elementi che richiedono elevate prestazioni meccaniche; applicata per colaggio.
- Tipo RT per incollaggio di elementi in calcestruzzo, acciaio, PVC e altri materiali, in quanto garantisce elevata adesione tra i materiali; applicata con spatola.
- Tipo RA per inghisaggio rapido di barre di armatura utilizzando formulati in cartuccia; il diametro del foro per l'inghisaggio per barre ad aderenza migliorata dal diametro fino a 16 mm, deve essere pari alla

somma del diametro della barra più 4 mm, mentre per barre ad aderenza migliorata dal diametro compreso tra 17 e 34 mm, deve essere pari alla somma del diametro della barra più 6 mm.

- Tipo RI per intasamento di cavi di precompressione, o saldatura di fessurazioni; applicata con iniezione a pressione.

### **3.17 PREQUALIFICA DEI MATERIALI PER GLI INTERVENTI DI RIPRISTINO/ADEGUAMENTO**

L'Appaltatore, almeno 10 giorni prima di impiegare i materiali, deve trasmettere alla Direzione Lavori per approvazione la seguente documentazione:

- Marcatura CE, DoP e scheda tecnica con le condizioni climatiche limite di utilizzo e le modalità di posa dei materiali. Laddove la DoP non riporti uno specifico requisito richiesto al § 3.4 l'Appaltatore deve allegare anche un certificato eseguito da un Laboratorio Ufficiale a dimostrazione della conformità del prodotto che intende proporre;
- La certificazione del sistema di controllo della produzione (FPC) e il Certificato UNI EN ISO 9001 del sistema di gestione qualità delle società produttrici dei materiali;
- La scheda tecnica dei macchinari utilizzati per l'asportazione del calcestruzzo, la sabbiatura e l'applicazione dei prodotti conformemente alle condizioni di utilizzo indicate nelle schede tecniche dei materiali e alle modalità esecutive di cui al § 3.18 e alla norma UNI EN 1504-10;
- Una tabella di riepilogo con i materiali proposti per le varie configurazioni di progetto e i mezzi o macchinari impiegati per la loro posa in opera
- Una relazione di sintesi delle varie fasi lavorative con riferimento ai materiali, mezzi ed attrezzature proposte di cui ai punti precedenti e alle modalità di stagionatura previste;
- In accordo al punto 10 e A.10 della UNI EN 1504-9 occorre che il personale sia in possesso dell'esperienza adeguata per eseguire i lavori in conformità al progetto e alle serie delle norme EN 1504. Al riguardo si richiede che almeno un componente di ciascuna squadra di lavoro abbia maturato una esperienza nel settore almeno di 5 anni negli ultimi 10 comprovato da specifico curriculum; Eventuali certificati che attestano le prestazioni ambientali del materiale laddove previsto da progetto (es. EPD), in tal caso, il controllo delle certificazioni deve riguardare anche la qualità ambientale dei prodotti, anche in riferimento a quanto previsto dalla ISO 14044 relativa al LCA.

### **3.18 MODALITÀ ESECUTIVE**

Le modalità esecutive afferenti la preparazione del substrato e l'applicazione dei prodotti dovrà essere conforme ai documenti di qualifica approvati dal Direttore dei Lavori di cui al § 3.17 e ai contenuti della norma UNI EN 1504-10.

Le modalità esecutive variano in funzione dello spessore del calcestruzzo da asportare, da quello del ripristino e del tipo di materiale che sarà utilizzato, possono comunque essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

- asportazione del calcestruzzo degradato, sia il calcestruzzo incoerente che quello contaminato da cloruri o carbonatato che non è più in grado di passivare le armature; dovrà essere garantita la corretta gestione dei materiali di risulta in conformità a quanto previsto dal Capitolato Ambientale per i rifiuti. L'asportazione dovrà in ogni caso raggiungere uno strato di calcestruzzo sano a insindacabile giudizio della D.L.
- pulizia delle armature eventualmente scoperte, qualora il degrado sia causato dalla corrosione dei ferri d'armatura è fondamentale creare condizioni elettrochimiche che evitino il proseguire della corrosione. La pulizia dovrà avvenire mediante sabbiatura fino al grado Sa 2.5;
- passivazione dei ferri di armatura esposti con un inibitore di corrosione per barre di armatura conforme alla UNI EN 1504-7;
- eventuale sostituzione di armature corrose o rotte e/o posizionamento di armature aggiuntive, queste ultime dovranno essere trattenute da uncini inghisati al getto esistente; posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto;
- pulizia e saturazione della superficie di supporto; eventuale pretrattamento della superficie per garantire la migliore adesione tra il getto vecchio e nuovo con soluzioni acquose di resine acrilico-viniliche;
- applicazione del materiale di ripristino;
- frattazzatura o staggiatura;
- stagionatura.

Le fasi esecutive in funzione del tipo di materiale utilizzato sono indicate nella tabella seguente e descritte nei punti successivi.

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

		MATERIALI				
		Malte e betoncini espansivi in aria non fibrorinforz. di tipo MT2, MC2, B2, B5	Malte e betoncini espansivi in aria fibrorinforz. di tipo MT1, MC1, MC3, MC4, B1, B3, B4	Malte polimerizzate modificate di tipo MR1, MR2, MT3	Materiali a base di resina di tipo RC, RT, RI, RA	
FASI ESECUTIVE	Asportazione del calcestruzzo degradato*	Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica	Idrodemoliz. o scalpellatura meccanica	Sabb. o idros. per sp. mm	Idrod. o scalp. mecc. per sp. cm	Sabbatura
	Pulizia delle armature	Sabbatura	Sabbatura	Sabbatura		Sabbatura
	Posizionamento di armature Aggiuntive	Se richiesto	Se richiesto	Se richiesto		Se richiesto
	Posizionamento di rete di contrasto	per spessori > 40 mm per MT2 e MC2	N.R.	N.R.		N.R.
	Pulizia della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua a caduta o soffio d'aria compressa		Soffio d'aria compressa
	Saturazione della superficie di supporto	Acqua in pressione	Acqua in pressione	Acqua in press. per MR1	N.R. per MR2 e MT3	N.R.
	Applicazione del materiale di ripristino	Spruzzo o rinzafo o colaggio	Spruzzo o rinzafo o colaggio	Spruzzo o rinzafo		Spatolatura o colaggio o iniezione
	Frattazzatura (sup.vert.) o staggiatura (sup.oriz.)	Richiesta	Richiesta	Richiesta		N.R.
Stagionatura <sup>5</sup>	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica	Prodotti antievaporanti o acqua nebulizzata o teli in plastica		N.R.	

N.R Fase esecutiva non richiesta

\* per i materiali ad espansione contrastata dovrà garantirsi una macro ruvidità (asperità di circa 5mm di profondità)

### 3.19 ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO

Il Progettista stabilirà lo spessore di calcestruzzo da asportare sulla base dei risultati di un'apposita indagine preliminare. La Direzione Lavori segnalerà alla Committente eventuali difformità di degrado rispetto a quanto valutato nel Progetto.

L'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti.

Le macchine idrodemolitrici dovranno avere pressione del getto d'acqua > 150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min in funzione del tipo della struttura e del calcestruzzo da asportare. Tali macchine

dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di prerogolazione con comando a distanza e di sistemi di sicurezza e di protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti delle tabelle contenute nell'allegato 5 del DLgs 152/2006.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale. Tale macro ruvidità è indispensabile per i materiali ad espansione contrastata in aria (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE).

Per le malte cementizie polimero modificate (MR1, MR2, MT3) e per i materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la preparazione del supporto potrà essere effettuata anche mediante sabbiatura; non essendo necessaria la macroruvidità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo si garantisce mediante l'azione collante della resina o del polimero e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata; ma se lo spessore del calcestruzzo degradato è centimetrico la sabbiatura non è in grado di rimuovere tali spessori e quindi è necessario verificare se la semplice sabbiatura e l'applicazione dei materiali con essa compatibili siano in grado di arrestare i fenomeni di degrado.

### **3.20 PULIZIA DELLE ARMATURE**

I ferri di armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere puliti dalle scaglie di ossido mediante sabbiatura.

### **3.21 POSIZIONAMENTO DI ARMATURE AGGIUNTIVE**

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto. Le perforazioni delle strutture necessarie all'inserimento di armatura aggiuntiva dovranno essere realizzate con idonee dime o supporti equivalenti atti a vincolare sia l'inclinazione del roto-percussore, che la profondità del perforo della punta. Occorre prestare la massima attenzione affinché la struttura non sia forata per l'intero spessore con conseguente dispersione di materiale nelle zone sottostanti.

Per ogni armatura aggiuntiva dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

#### **22.6.4 Posizionamento della rete elettrosaldata di contrasto**

E' richiesta l'applicazione di una rete elettrosaldata di contrasto solo per le malte di tipo MT2 e MC2 quando lo spessore d'intervento è maggiore di 20 mm.

Quando si richiede l'utilizzo di rete di contrasto, questa dovrà essere ben ancorata al supporto, lo spessore minimo d'intervento non potrà essere inferiore a 40 mm, infatti la rete dovrà avere un copriferro di almeno 20 mm e dovrà essere distaccata dal supporto di almeno 10 mm, mediante l'uso di distanziatori (altrimenti

si hanno minori aderenze all'interfaccia vecchi/nuovo materiale e fessurazioni in superficie per assenza di contrasto nello spessore più esterno del materiale utilizzato per il ripristino).

Nel caso sia previsto nel Progetto l'utilizzo di rete elettrosaldata in barre d'acciaio inossidabile, questa dovrà avere le caratteristiche precisate in Progetto.

### **3.22 PULIZIA E SATURAZIONE DELLA SUPERFICIE DI SUPPORTO**

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi, la pulizia della superficie di supporto, salvo le malte di tipo MR1, MR2 ed MT3 per le quali la pulizia va eseguita con aria compressa o con lavaggio con acqua a caduta, dovrà essere effettuata mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale), per asportare polvere e parti incoerenti, eventualmente ancora presenti dopo la scarifica meccanica del calcestruzzo.

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali ad espansione contrastata in aria (MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, MC4, B1, B2, B3, B4, B5, CE). Per l'applicazione dei materiali a base di resina (RC, RT, RI, RA) la pulizia della superficie di supporto dovrà essere effettuata mediante getto di aria compressa per asportare la polvere eventualmente presente dopo aver preparato il supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura.

### **3.23 APPLICAZIONE DEI MATERIALI DI RIPRISTINO**

Le modalità applicative variano in relazione alla tecnologia d'intervento utilizzata ed al tipo di materiale prescelto, possono comunque essere sintetizzate come segue:

I materiali cementizi sono forniti già premiscelati a secco, devono essere miscelati con acqua, escluse le malte di tipo MR2 ed MT3 che vanno impastate con il proprio polimero, nel quantitativo indicato dalle Ditte Produttrici (sarà importante non superare mai il quantitativo massimo indicato per evitare sia fenomeni di bleeding e separazione che il decadimento di tutte le prestazioni), per almeno 4-5 minuti con betoniera o con il miscelatore dell'intonacatrice secondo la seguente metodologia:

- introdurre nella betoniera o nel miscelatore il minimo quantitativo d'acqua indicato dal produttore, aggiungere il materiale contenuto nei sacchi e quindi per i materiali di tipo MT1, MT2, MC1, MC2, MC3, B1, B2, B3, B5 il ritentore di umidità liquido;
- proseguire la miscelazione per 4-5 minuti fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi;
- se necessario, aggiungere altra acqua (senza mai superare il quantitativo massimo indicato dal Produttore) fino ad arrivare alla consistenza voluta e mescolare per altri 2 minuti.

Non è consentita la miscelazione a mano poiché questa generalmente comporta un eccesso d'acqua nell'impasto. Per miscelare piccoli quantitativi dovrà essere impiegato un normale trapano con mescolatore a frusta.

Le malte tixotropiche vanno applicate con macchina intonacatrice o manualmente con la cazzuola. Le malte ed i betoncini colabili vanno applicati a consistenza fluida o superfluida per colaggio, nel caso di applicazione entro cassero si dovranno utilizzare casseforme che non assorbano acqua dall'impasto e che garantiscano una perfetta tenuta per evitare perdite di bocca, tali casseforme dovranno essere opportunamente fissate in modo da resistere alla spinta dei materiali a consistenza superfluida.

E' accettata l'applicazione con temperature comprese tra 5 e 40°C, al di fuori di tale intervallo l'applicazione potrà essere eseguita soltanto previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Solo i materiali per ripristini rapidi di tipo (MC4, B4) possono essere utilizzati fino a temperature di -5°C. Quando le temperature sono tra 5 e 10°C lo sviluppo delle resistenze meccaniche è più lento, pertanto è necessario adottare i seguenti provvedimenti:

- conservare il prodotto in ambiente riparato dal freddo;
- impiegare acqua calda per l'impasto;
- iniziare le applicazioni nella mattinata;
- proteggere dall'ambiente freddo il getto coprendolo con teli impermeabili. Per applicazioni a temperature prossime a 40°C è necessario adottare i seguenti provvedimenti:
- conservare il prodotto in luogo fresco;
- impiegare acqua fresca;
- applicare i materiali nelle ore meno calde della giornata;
- nei climi asciutti e ventilati si raccomanda di porre particolare attenzione alla stagionatura.

I materiali a base di resina devono essere miscelati ed applicati seguendo scrupolosamente le indicazioni fornite dal produttore sulle schede tecniche dei singoli prodotti.

### **3.24 FRATTAZZATURA O STAGGIATURA**

Dopo l'applicazione dei materiali cementizi tixotropici, la superficie dovrà essere lisciata mediante

frattazzatura. Tale operazione dovrà essere eseguita con molta cura nel caso delle malte che sono miscelate con acqua, infatti, una corretta frattazzatura è indispensabile per contrastare efficacemente la formazione di microfessure, derivanti dal ritiro plastico.

Per diminuire questo rischio tutte le malte tixotropiche, che sono applicate a spruzzo od a rinzaffo, devono essere provviste di fibre sintetiche poliacrilnitrili.

La frattazzatura dovrà eseguirsi dopo un certo tempo dall'applicazione in funzione delle condizioni climatiche.

L'intervallo di tempo tra l'applicazione a spruzzo e la finitura con frattazzo è stabilito in funzione del primo irrigidimento della malta che si determina quando, appoggiando una mano sulla superficie, le dita non affondano ma lasciano una leggera impronta sull'intonaco.

Le superfici esposte all'aria (vale a dire non a contatto con casseforme) dei materiali cementizi colabili possibilmente dovrebbero essere stagiate se l'operazione non è possibile, o considerata troppo onerosa, appena messe in opera devono essere stagionate con materiali specifici, che non pregiudichino l'aderenza di successivi sistemi protettivi o impermeabilizzanti, e/o protetti con teli di plastica nel periodo invernale o stagionati con acqua nebulizzata nel periodo estivo.

### **3.25 STAGIONATURA**

Una corretta stagionatura è fondamentale per garantire una giusta maturazione e per evitare la formazione di fessure da ritiro plastico, dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento. Nelle opere di nuova costruzione, diventa fondamentale per la curabilità degli interventi di manutenzione.

La stagionatura potrà essere realizzata utilizzando:

- prodotti stagionanti specifici, che non diminuiscono l'aderenza di sistemi protettivi o impermeabilizzanti;
- teli;
- acqua nebulizzata.

La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre poliacrilnitrili).

La stagionatura può essere realizzata in modo semplice ed affidabile utilizzando materiali a base di resine che abbinino alla funzione di stagionante anche quella di primer per eventuali sistemi protettivi da applicare sopra il materiale di ripristino.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate dovrà essere eseguita secondo quanto indicato sulle schede tecniche del sistema protettivo utilizzato.

### 3.26 CONTROLLI E PROVE

L'Appaltatore, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà verificare attentamente che i macchinari utilizzati per l'asportazione del calcestruzzo degradato e/o contaminato, per eventuali sabbiature, per la pulizia e/o la saturazione del supporto e per l'applicazione a spruzzo dei prodotti tixotropici siano idonei ad ottenere quanto richiesto dal Progetto ed approvato in fase di qualifica.

Tali verifiche dovranno essere estese anche in corso d'opera per verificare che tutte le fasi esecutive siano realizzate come nel progetto e con i materiali approvati in fase di qualifica, che i materiali siano applicati nelle modalità riportate sulle schede tecniche e in conformità a quanto indicato al § 3.18.

Particolare attenzione dovrà essere posta al controllo delle eventuali armature integrative a mezzo dell'esecuzione delle prove di sfilamento e al controllo del grado di pulizia e sabbiatura delle armature preesistenti che dovrà essere di tipo visivo. Saranno ritenute accettabili le armature che dopo il trattamento di sabbiatura risulteranno a metallo quasi bianco prive di qualsiasi impurità, prodotti di corrosione, sporcizia, calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei presenti sulla superficie. In caso di dubbio sulla conformità della sabbiatura delle armature metalliche ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potranno essere richieste delle prove di rugosità superficiale.

Al termine dei lavori, l'Appaltatore, sempre in contraddittorio con la Direzione Lavori, dovrà controllare a campione<sup>6</sup> (almeno il 5% per superfici estese e almeno il 10% per superfici limitate) le superfici oggetto di ripristino/adeguamento mediante bagnatura, per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure e redigere apposito report da trasmettere alla DL.

In caso si evidenziassero microfessure occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata per la quale, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale d'intervento, sarà applicata una penale; se superiore, l'Appaltatore dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura (tale intervento avrà in genere uno spessore medio di 3 mm; sarà realizzato utilizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tixotropica del tipo MR1, previa preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura, la malta dovrà essere applicata preferibilmente a spruzzo con intonacatrice, l'applicazione con spatola è consentita per interventi d'estensione limitata) e alla protezione con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

La verifica di ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello, con campionamento secondo il criterio indicato per le microfessure.

Per le superfici risonanti a vuoto sarà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi e sovrapprezzi spesi per il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Committente di far effettuare, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Qualora sussistano contemporaneamente due o più difetti potrà essere richiesta dalla Direzione Lavori la rimozione delle riparazioni mal eseguite, oppure sarà applicata una detrazione a tutti i prezzi e superfici controllate pari alla somma delle penalità indicate.

Le verifiche di cui sopra dovranno essere registrate, a cura dell'Appaltatore, in una scheda da trasmettere alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, eseguirà altresì in corso dei lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, le prove di cui alle tabelle del § 3.27 con le frequenze indicate.

Qualora dalle prove risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle tabelle di cui al § 3.11 (per malte cementizie ad espansione contrastata, per malte cementizie polimero modificate, e per formulati a base di resine) o previsti in Progetto, la Direzione Lavori, fermo restando la sicurezza strutturale, accetterà il materiale ma il suo prezzo unitario sarà decurtato del 15% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato e per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stato pagato.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e nel caso in cui sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Appaltatore sarà tenuto a sua totale cura e spese alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino con nuovi materiali da sottoporre a qualifica.

Le prove con risultato immediato (es. lavorabilità) che non danno esito conforme rispetto ai parametri di progetto e prequalifica implicheranno il divieto di utilizzo del materiale fino all'ottenimento di una miscela i cui parametri rientrino nei limiti approvati e le ulteriori prove di conformità saranno a carico dell'Appaltatore.

In caso di interventi di ripristino di fenomeni fessurativi, a discrezione della Direzione Lavori verranno condotti dei saggi di carotaggio del diametro pari a 150 mm a campione sulle fessure oggetto di ripristino finalizzati alla verifica dell'efficacia dell'intervento di risarcitura a piena profondità. L'indagine verrà effettuata prediligendo i quadri fessurativi di maggior estensione e le fessure che presentano minime ampiezze dell'apertura in superficie. Le carote verranno sottoposte anche a trazione indiretta "brasiliana" per verificare che la frattura avvenga nella porzione di calcestruzzo esterna alla fessura risarcita.

### **3.27 PROVE SUI MATERIALI**

La Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, all'inizio delle lavorazioni effettuerà i prelievi dei materiali da sottoporre a prova secondo modalità e frequenze riportate nel seguito.

Nella successiva tabella sono riportati i requisiti, i corrispondenti metodi di prova e relative frequenze per i conglomerati ad espansione contrastata in aria e per le malte cementizie polimero modificate.

REQUISITI	METODI DI PROVA					FREQUENZA DELLA PROVA
	Malte polimero modificate di tipo MR1, MR2, MT3	Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MT1, MT2, MC1, MC3, B1, B3	Malte e betoncini rapidi di tipo MC4, B4	Malte e betoncini espansivi in aria di tipo MC2, B2, B5	Calcestr. di tipo CE	
Lavorabilità	Spandimento: UNI EN 13395-1			Slump flow: UNI EN 12350-8	UNI EN 12350-2 (slump test)	1 per tipo di prodotto impiegato
Espansione contrastata in aria	-----	all'aria: UNI 8147 (malte) UNI 8148 (betoncino) Test di Inarc./Imb.	-----	all'aria: UNI 8147 (malte) UNI 8148 (betoncino) Test di Inarc./Imb.	-----	1 per ogni opera e per ogni tipo di prodotto impiegato
Resistenza alla fessurazione	O Ring test (non applicabile per la MR1 e MR2)					1 per tipo di prodotto impiegato
Adesione al calcestruzzo	UNI EN 1542 (metodo di prova/trazione diretta)					1 per ogni opera e per ogni tipo di prodotto impiegato
Resistenza alla carbonatazione	UNI EN 13295 (metodo di prova) UNI EN 1504-3 (limiti di accettazione)					1 per tipo di prodotto impiegato
Impermeabilità all'acqua	UNI EN 12390-8 (in pressione) UNI EN 13057 (assorbimento capillare)					1 per tipo di prodotto impiegato
Resistenza al gelo-disgelo	UNI EN 13687-1 (metodo di prova)					1 per tipo di prodotto impiegato

con sali disgelanti						
Resistenza a compressione	UNI EN 12190			UNI EN 12390-3		1 al giorno e per ogni tipo di prodotto impiegato
Resistenza a trazione per flessione	UNI EN 196-1			UNI EN 12390-5		1 al giorno e per ogni tipo di prodotto impiegato
Modulo elastico	UNI EN 13412	UNI EN 13412 (malte) UNI 12390-13 (betoncini)		UNI 12390-13		1 per tipo di prodotto impiegato
Caratteristiche di tenacità	-----	ASTM C1018 (solo per i tipi MC3, MC4, B3, B4)		-----		1 per tipo di prodotto impiegato
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	RILEM-CEB-FIP RC6-78					1 ogni 50 barre

I materiali a base di resina sono impiegati nel settore del ripristino per interventi speciali quali iniezione entro fessure, incollaggi strutturali, inghisaggi di barre di armature, ecc., che non potrebbero essere eseguiti con successo con i materiali cementizi. La loro principale caratteristica è legata alle elevate prestazioni meccaniche (conseguente alla solidità dei legami di polimerizzazione che si innescano quando la base si unisce all'indurente) e alla elevata adesione al calcestruzzo, all'acciaio e ai diversi materiali da costruzione. Requisito specifico per i formulati utilizzati per saldare fessure è la bassissima viscosità che consente la massima penetrazione della resina.

Nella seguente tabella vengono riportati i requisiti e metodi di prova per materiali a base di resina:

REQUISITI	METODI DI PROVA			FREQUENZA DELLA PROVA
	Resine di tipo RC e RT	Resine di tipo RI	Resine di tipo RA	
Viscosità cinematica	-----	ASTM D 2196	-----	1 per tipo di prodotto impiegato
Caratteristiche di adesione: - resina-calcestruzzo - resina-acciaio - carico di sfilamento su barre di armatura	UNI EN 1542 ASTM D4541 -----		Pull out test	1 ogni 50 barre
Caratteristiche a compressione (resistenza e modulo elastico)	ASTM D695		-----	1 per tipo di prodotto impiegato
Resistenza a trazione per flessione	ASTM D790		-----	1 per tipo di prodotto impiegato
Caratteristiche a trazione diretta (resistenza e modulo elastico)	ASTM D638		-----	1 per tipo di prodotto impiegato
Coefficiente di dilatazione termica lineare	ASTM D696		-----	1 per tipo di prodotto impiegato