

# autostrade // per l'italia

## AUTOSTRADA (A8) : MILANO LAGHI

### AMPLIAMENTO ALLA QUINTA CORSIA

#### TRATTO: BARRIERA MI-NORD - INTERCONNESSIONE DI LAINATE

### PROGETTO ESECUTIVO

## CORPO AUTOSTRADALE

### OPERE COMPLEMENTARI BARRIERE ANTIFONICHE

### TIPOLOGIE DELLE BARRIERE ANTIFONICHE

### RELAZIONE DESCRITTIVA

<b>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</b> Arch. Enrico Francesconi Ord. Arch. Milano N.16888 <b>RESPONSABILE UFFICIO AUA</b>	<b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 <b>PROJECT ENGINEER</b>	<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 <b>RESPONSABILE FUNZIONE STP</b>
--	---	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO						DATA: MARZO 2013	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE				n.	data
—	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo					
—	11080901	AUA0001	—	—			—		

 <b>ingegneria europea</b>	<b>COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO</b> Ing. Federica Ferrari	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI : —
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI : —
CONSULENZA A CURA DI : —	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Arch. Enrico Francesconi - O.A. Milano n.16888

<b>VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA</b> DIREZIONE OPERATIVA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASPI  Ing. Alberto Selleri	<b>VISTO DEL COMMITTENTE</b>   Ing. Stefano STORONI	<b>VISTO DEL CONCEDENTE</b> 
---	---	--

**SPEA Ingegneria Europea**

**AUTOSTRADA A8 MILANO LAGHI**

**BARRIERA MI-NORD – INTERCONNESSIONE DI LAINATE**

**AMPLIAMENTO ALLA 5A CORSIA**

**Progetto Esecutivo**

**TIPOLOGIE DELLE BARRIERE ANTIFONICHE**

**RELAZIONE DESCRITTIVA**

## INDICE

<b>1. GENERALITA'</b>	<b>3</b>
1.1 Premessa	3
1.2 Prescrizioni, indirizzi e vincoli progettuali	3
<b>2. QUADRO CONOSCITIVO E SCELTE PROGETTUALI</b>	<b>4</b>
2.1 Caratteristiche del territorio attraversato	4
2.2 Quadro normativo e legislativo	7
2.3 Requisiti generali delle barriere acustiche	9
2.3.1 <i>Requisiti acustici</i>	10
2.3.2 <i>Requisiti non acustici</i>	11
2.3.3 <i>Requisiti di durabilità</i>	16
2.3.4 <i>Requisiti di manutenzione</i>	16
2.3.5 <i>Requisiti relativi ai materiali</i>	17
2.4 Verifica in opera delle caratteristiche acustiche	19
2.5 Criteri per la definizione delle scelte progettuali esecutive	22
<b>3. TIPOLOGIE ARCHITETTONICHE ADOTTATE</b>	<b>30</b>

## **1. GENERALITA'**

### **1.1 Premessa**

Il presente elaborato si riferisce al progetto delle barriere acustiche da realizzarsi nell'ambito dell'intervento di ampliamento alla 5a corsia dell'autostrada A8 nel tratto tra la Barriera di Milano nord e l'Interconnessione di Lainate.

L'intervento di ampliamento alla 5<sup>a</sup> corsia si sviluppa tra la Progr. Km 5+577,38 alla quota di 162,95 m circa s.l.m. (coincidente con l'asse della barriera di esazione di Milano Nord) e la progr. Km 9+990,56 alla quota di 181.25 m circa s.l.m. in corrispondenza dell'interconnessione con la A9 direzione Como. Lo sviluppo complessivo dell'intervento risulta quindi essere pari a 4413.18m.

Il tratto autostradale in esame ha la funzione di 'cerniera' tra il sistema a nord costituito dalle due direttici A8 e A9 e il sistema a sud costituito dalla prosecuzione autostradale verso Milano e dalla diramazione della Tangenziale Ovest.

I comuni interessati sono Rho, Arese e Lainate, tutti in provincia di Milano.

### **1.2 Prescrizioni, indirizzi e vincoli progettuali**

Il progetto architettonico esecutivo delle barriere acustiche ha tenuto conto dei dimensionamenti derivanti dallo studio acustico della fase di esercizio di accompagnamento allo Studio di Impatto Ambientale e al Progetto Esecutivo e ha considerato le indicazioni e i vincoli derivanti dal contesto territoriale e infrastrutturale esistente.

In particolare il presente progetto architettonico esecutivo ha considerato come vincolante l'adozione delle tipologie di barriere acustiche recentemente installate sul tratto di A9 interessato dall'ampliamento alla terza corsia, che si sviluppa dalla fine intervento del presente progetto (Interconnessione di Lainate) fino a Como.

## 2. QUADRO CONOSCITIVO E SCELTE PROGETTUALI

### 2.1 Caratteristiche del territorio attraversato

Per quanto riguarda l'intervento di ampliamento della 5<sup>a</sup> corsia del tracciato autostradale della A8, si possono sostanzialmente individuare tre comparti territoriali aventi le seguenti caratteristiche:

- dalla barriera di Milano Nord allo svincolo di Lainate;
- dallo svincolo di Lainate al corso del Canale Villoresi;
- dal canale Villoresi alla diramazione della A9 Milano - Como.

#### Paesaggio dalla barriera di Milano nord allo svincolo di Lainate

Il territorio dalla barriera di Milano nord allo svincolo di Lainate presenta ampi spazi aperti sia a nord che a sud del tracciato autostradale della A8, alternati ad aree edificate localizzate sia a nord che a sud del tracciato. Gli spazi aperti sono caratterizzati principalmente da Ambito agricolo a "Seminativo", in particolare nell'ambito territoriale a sud, mentre a nord si osserva una maggior presenza di aree boscate e di elementi arboreo/arbustivi che seguono l'orditura dei campi e il corso dei corpi idrici superficiali come il torrente Lura. Gli appezzamenti di terreno di forma rettangolare allungata in direzione nord/sud, hanno dimensioni medio – grandi che il tracciato autostradale della A8 esistente ha già tagliato in diagonale.

L'ambito territoriale a Nord del tracciato della A8 si caratterizza per la presenza di aree residenziali appartenenti al comune di Arese che si protendono fino a circa 100 m dallo stesso; lungo tale lato si segnala la presenza del fronte area "ex Alfa Romeo" e delle relative palazzine ed uffici, nonché della frazione Valera che dista circa 800 metri dall'Autostrada, con la localizzazione della relativa villa e del parco di sua pertinenza.

L'ambito territoriale è interessato inoltre dal corso del Torrente Lura e dalle relative fasce di rispetto caratterizzate dalla vegetazione spontanea che si protende fino a circondare l'adiacente impianto depuratore, e un'area boscata a ridosso dell'area "ex Alfa Romeo".

Nel territorio a Sud del tracciato della A8, si individua la frazione di Rho detta Passirana, a destinazione prevalentemente residenziale, che dista circa 200 metri nel punto più vicino al tracciato autostradale esistente, e a 2,13 chilometri dal medesimo comune di Rho.

Il nucleo urbano risulta affiancato in direzione sud/est da un comparto industriale di medie dimensioni che si protende a ridosso della biforcazione per la tangenziale ovest.

La frazione di Passirana è attraversata nella parte nord dal torrente Lura, corso d'acqua che presenta una situazione di forte degrado della qualità dell'acqua, mentre la funzionalità complessiva del corridoio ecologico è piuttosto buona, grazie alla tutela offerta dal Parco Locale di Interesse Sovracomunale (PLIS) del "Parco del Lura".





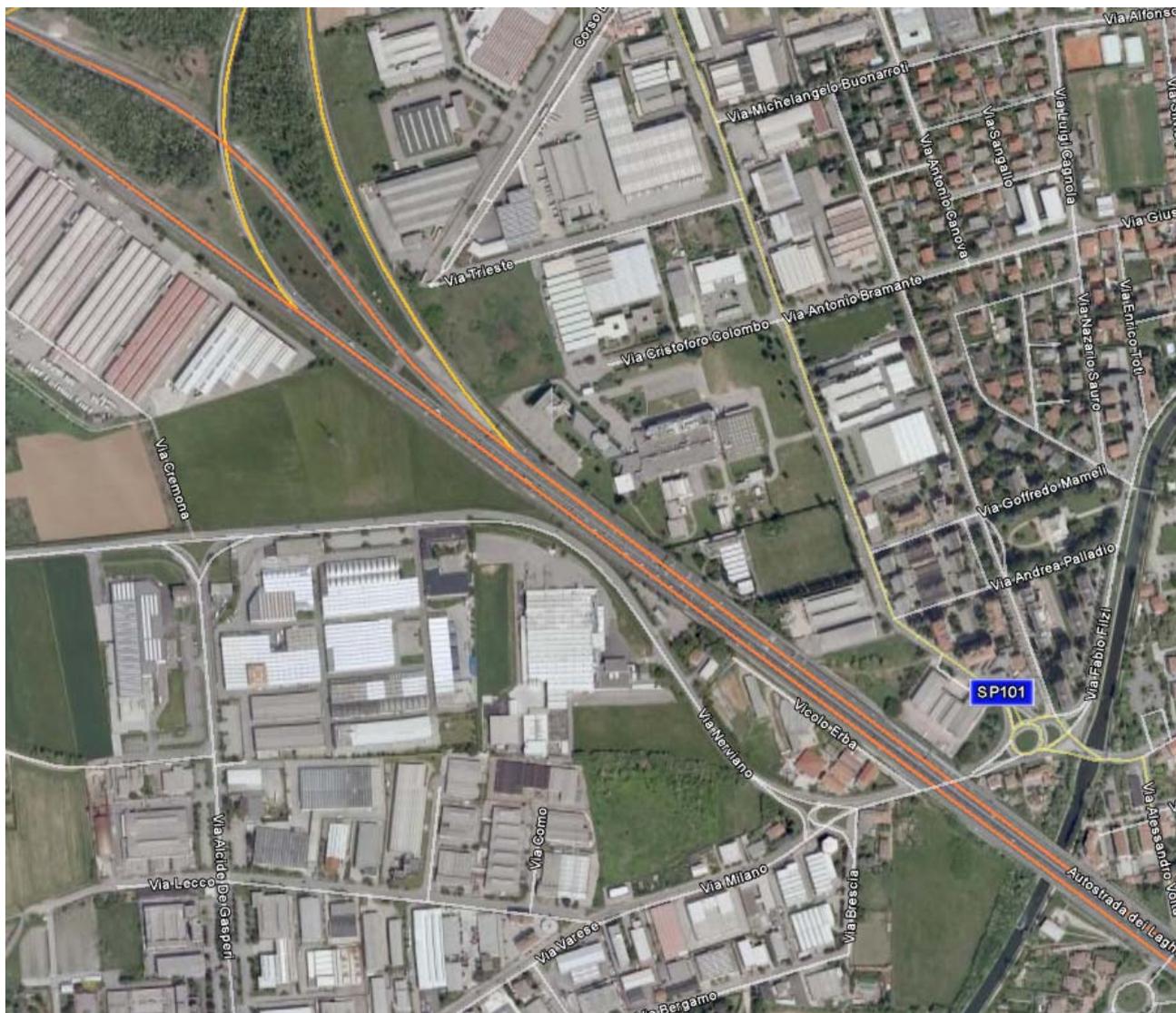


Figura 3 Dal canale Villoresi alla diramazione A9

## 2.2 Quadro normativo e legislativo

Le barriere acustiche ricadono nell'ambito della direttiva europea sui Prodotti da Costruzione 89/106/CEE. A questa direttiva sono legate diverse norme europee armonizzate, come ad esempio la **EN 14388** "Road traffic noise reducing devices – Specifications", che ha reso obbligatoria la marcatura CE secondo quanto indicato nel rapporto tecnico UNI/TR 11338.

All'interno del complesso quadro normativo riguardante le barriere acustiche ed i loro componenti, assume particolare rilievo la **Norma UNI 11160** – "Linee guida per la progettazione, esecuzione e collaudo di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto via terra (stradali e ferroviarie)". La norma,

pubblicata nel settembre 2005, è stata messa a punto dalle due commissioni UNI competenti in materia, Acustica e Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture. Si propone come linee guida e tratta, in maniera sistematica e coordinata, i requisiti per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei sistemi antirumore, trattando i seguenti argomenti:

- Progettazione preliminare
- Progettazione definitiva
- Progettazione esecutiva
- Requisiti degli appaltatori
- Requisiti dei sistemi antirumore
- Requisiti dei materiali
- Modalità di collaudo

La UNI 11160 fa riferimento ad altre diverse norme tecniche che affrontano tanto le caratteristiche acustiche (fonoassorbimento, fonoisolamento, insertion-loss e spettro tipico del rumore stradale) quanto le prestazioni non acustiche (requisiti meccanici, di stabilità, di sicurezza, di compatibilità ambientale e di durabilità).

Si riportano qui di seguito le principali:

**Norma UNI EN 11022** – MISURAZIONE DELL'EFFICACIA ACUSTICA dei sistemi antirumore (*insertion loss*), per infrastrutture di trasporto, installati in ambiente esterno.

L'*insertion loss* (*IL*) è la differenza, in decibel, tra i valori del livello continuo equivalente di pressione sonora misurati in una specifica posizione, prima e dopo l'installazione del sistema antirumore, a condizione che la sorgente sonora, il profilo e le condizioni del terreno, gli eventuali ostacoli alla propagazione sonora, le superfici riflettenti presenti e le condizioni meteorologiche non siano cambiati.

**Norma UNI EN 1793** – CARATTERISTICHE ACUSTICHE dei dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale.

Parte 1 : Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico

Parte 2 : Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico

Parte 3 : Spettro normalizzato del rumore da traffico

Parte 4 : Caratteristiche intrinseche – Valori in sito della diffrazione sonora

Parte 5: Caratteristiche intrinseche – Valori in sito della riflessione sonora e dell'isolamento acustico per via aerea

**Norma UNI EN 1794** – CARATTERISTICHE MECCANICHE DI SICUREZZA E AMBIENTALI

Parte 1 : Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità

Allegato A : Carico del vento e carico statico

Allegato B : Peso proprio

Allegato C : Impatto di pietre

Allegato D : Sicurezza in caso di collisione dei veicoli

Parte 2 : requisiti generali di sicurezza e ambientali

Allegato A : Resistenza al fuoco

Allegato B : Pericolo di caduta di frammenti di barriera

Allegato C : Compatibilità ecologica

Allegato D : Uscite di sicurezza

Allegato E : Riflessione della luce

Allegato F : Trasparenza

**UNI EN 14389-1** (Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale – Procedure di valutazione delle prestazioni a lungo termine – Parte 1: Requisiti acustici)

**UNI EN 14389-2** (Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale – Procedure di valutazione delle prestazioni a lungo termine – Parte 2: Requisiti non acustici).

Altre norme complementari:

**UNI EN 1317-1** Barriere di sicurezza stradali – Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova

**UNI EN 1317-2** Barriere di sicurezza stradali – Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza.

La realizzazione delle barriere acustiche a fianco di infrastrutture di trasporto è inoltre soggetta a diverse disposizioni di legge, attinenti la stabilità strutturale, la sicurezza, mentre loro esecuzione in opera è soggetta alla legislazione sugli appalti pubblici.

### **2.3 Requisiti generali delle barriere acustiche**

Alle barriere acustiche si richiedono sia proprietà direttamente connesse alla loro funzione (caratteristiche acustiche) sia anche altre proprietà meccaniche e strutturali, di sicurezza, di durabilità, di compatibilità ambientale, ecc.. Verranno qui di seguito analizzati i requisiti generali richiesti dalle norme attuali.

Le caratteristiche prestazionali che le barriere devono possedere ed i relativi metodi di prova sono specificati nella UNI EN 14388; i requisiti di durabilità delle caratteristiche acustiche e non acustiche sono specificati nelle UNI EN 14389-1 e UNI EN 14389-2.

Nel prossimo futuro (quando il progetto di norma UNI EN 14388 sarà approvato in via definitiva dal CEN, diventerà norma armonizzata e gli stati membri della Comunità Europea dovranno recepirla), i costruttori dovranno obbligatoriamente ottenere la marcatura CE sui singoli componenti della barriera, perciò sottoporli a prove prestazionali in accordo con le norme specificate nella UNI EN 14388. Quindi i produttori dovranno

essere in possesso di rapporti di prova su campioni effettivamente rappresentativi di ogni singolo prodotto Marcato CE, rilasciati da laboratori competenti.

Qualora il fornitore di barriera acustica non coincida con il produttore, il fornitore dovrà comunque presentare la documentazione fornita dal produttore.

### **2.3.1 Requisiti acustici**

I requisiti acustici, oggetto della norma **UNI EN 1793**, possono essere divisi in due categorie:

**Caratteristiche estrinseche:** questa categoria comprende l'efficienza acustica (**insertion loss**) di un sistema antirumore installato nella riduzione dei livelli di pressione sonora in una serie di punti sul territorio identificati come ricettori;

**Caratteristiche intrinseche:** questa categoria comprende le caratteristiche proprie del prodotto antirumore indipendentemente dall'ambiente in cui esso è o sarà installato e dall'effetto finale di riduzione del rumore sui ricettori: sono tali le proprietà di **assorbimento acustico o riflessione del suono**, le proprietà di **isolamento acustico per via aerea** e, per le barriere con dispositivi aggiunti, le modalità di **diffrazione al bordo superiore**.

L'**insertion loss** (efficienza acustica) viene utilizzato per qualificare l'effetto finale del progetto e della sua realizzazione in opera; il sistema antirumore viene sottoposto al collaudo da parte di un tecnico competente in acustica ambientale allo scopo di accertarne la rispondenza alle previsioni progettuali.

Le caratteristiche intrinseche vengono determinate in laboratorio o ambiente esterno.

L'assorbimento acustico viene determinato:

- in laboratorio in un campo sonoro diffuso, secondo la UNI EN 1793-1: viene misurato il coefficiente di assorbimento acustico apparente in approssimazione di Sabine,  $\alpha_s$ ;
- in ambiente esterno in un campo sonoro direttivo, secondo la CEN/TS 1793-5; viene misurato il *reflection index, RI*

Le prestazioni misurate in funzione della frequenza sono sintetizzate dall'indice di valutazione, ottenuto impiegando gli spettri di rumore da traffico stradale secondo la UNI EN 1793: sono previste diverse classi di prestazioni, in modo da consentire al progettista l'ottimizzazione dei materiali prescelti in funzione delle diverse situazioni riscontrate durante il dimensionamento acustico degli interventi.

L'**isolamento acustico** per via aerea viene determinato:

- in laboratorio in un campo sonoro diffuso, secondo la UNI EN 1793-2: viene misurato il potere fonoisolante,  $R$ ;
- in ambiente esterno in un campo sonoro direttivo, secondo la CEN/TS 1793-5; viene misurato il *sound insulation index, SI*

Anche in questo caso le prestazioni misurate in funzione della frequenza sono sintetizzate dall'indice di valutazione, ottenuto impiegando gli spettri di rumore da traffico stradale secondo la UNI EN 1793.

Il requisito della **diffrazione al bordo superiore** riguarda i dispositivi aggiunti per migliorare l'efficacia acustica agendo sull'energia difratta; le caratteristiche intrinseche di prestazione acustica sono determinate in un campo sonoro direttivo in ambiente esterno, secondo la CEN/TS 1793-4: viene misurata la *diffraction index difference*,  $\Delta DI$ .

#### 2.3.1.1 *Indice di fonoisolamento DLR*

Poiché l'indicazione progettuale generale prevede che mediamente l'indice di isolamento debba essere superiore di almeno 10 db rispetto al maggior valore di insertion – loss previsto dal progetto acustico i sistemi antirumore devono essere rientrare nella categoria B2 (valori di DLR compresi tra 15 e 24) o B3 (valori di DLR superiori a 24), in quanto gli IL previsti nei progetti acustici variano da -0 a -20 dBA.

#### 2.3.1.2 *Indice di fonoassorbimento $DL\alpha$*

In base alle assunzioni contenute nei progetti acustici gli elementi fonoassorbenti che compongono le barriere devono rientrare nella categoria A3 ( $DL\alpha$  da 8 a 11) oppure A4 ( $DL\alpha > 11$ ).

Per quanto riguarda l'impiego di materiali trasparenti (il cui indice  $DL\alpha$  rientra nella categoria A0 – “Non determinato”), le soluzioni tipologiche individuate nelle linee guida per la progettazione esecutiva hanno già escluso le situazioni di incompatibilità tra questi materiali e le esigenze di mitigazione acustica).

La progettazione acustica degli interventi ha provveduto a verificare le barriere completamente trasparenti e quelle costituite da diverse tipologie di pannelli (fonoassorbenti e fonoriflettenti nelle varie composizioni) non risultassero acusticamente incompatibili con il sistema dei ricettori presenti sul territorio.

### 2.3.2 *Requisiti non acustici*

Le barriere acustiche sono esposte ad una serie di forze dovute al vento, alla pressione dinamica dell'aria causata dal passaggio del traffico, ed al peso proprio dei loro componenti. Possono inoltre essere soggette ad urti causati da pietre, oggetti od altri frammenti, e in determinate zone dalla forza dinamica della neve rimossa dai mezzi per la pulizia delle strade.

La progettazione dei singoli elementi deve essere eseguita nel rispetto delle norme UNI EN 1794-1 e UNI EN 1794-2. Relativamente alla resistenza ai carichi, fanno riferimento le norme UNI ENV 1991-1997.

Riassumendo i requisiti richiesti dalla normativa sono:

- resistenza al carico del vento e al carico statico

- peso proprio
- impatto causato da pietre
- sicurezza in collisione
- resistenza all'incendio della macchia
- protezione ambientale
- vie di fuga in casi di emergenza
- riflessione della luce
- trasparenza
- protezione elettrica
- protezione contro gli atti vandalici

Relativamente ai **carichi aerodinamici**, l'appendice A della norma EN 1794 parte 1 specifica:

- i carichi indotti dal vento secondo i criteri fissati dagli eurocodici;
- i carichi indotti dalla sovrappressione dinamica dovuta al passaggio dei veicoli
- il valore massimo ammissibile di freccia statica e dinamica, in funzione dei requisiti strutturali ed acustici
- i criteri nel calcolo delle fondazioni che devono tener conto delle condizioni più critiche.

Il **peso proprio** è affrontato nell'appendice B della 1794-1, che definisce le modalità per determinare il peso dei prodotti antirumore, asciutti e dopo impregnazione d'acqua, specifica i requisiti di resistenza degli elementi strutturali e di quelli acustici, fissa i valori massimi ammissibili per la freccia statica, in funzione dei requisiti strutturali ed acustici.

Le barriere devono essere in grado di resistere all'**impatto causato da pietre**, subendo solo danneggiamenti superficiali; la conformità deve essere dimostrata da una prova sperimentale di laboratorio (1794-1 appendice C).

Relativamente alla **sicurezza nelle collisioni per gli occupanti il veicolo impattante**, occorre ricordare che le barriere acustiche non sono barriere di sicurezza (ad eccezione della barriera integrata, sistema combinato di sicurezza e antirumore) e l'impatto con un veicolo deve essere prevenuto prevedendo la barriera di sicurezza o prevedendo un'adeguata distanza dalla strada (UNI EN 1794-1, appendice D).

Quindi le barriere acustiche devono essere poste in opera a distanza sufficiente dalle barriere di sicurezza in modo da garantirne il funzionamento senza interferenze a seguito delle deformazioni dovute agli urti più probabili su tali elementi.

Il parametro di riferimento è la *larghezza operativa W* secondo la definizione contenuta nelle prescrizioni tecniche allegate al D.M. 3 giugno 1998 e nella UNI EN 1317-2 (paragrafo 3.4.). Questo parametro viene rilevato e certificato da laboratori di *crash* autorizzati, mediante prova sia con mezzo leggero che con mezzo pesante.

I criteri progettuali per determinare la posizione reciproca dei due elementi sono riportati nei rispettivi elaborati grafici.

Comunque in presenza di viadotti, ponti, in prossimità di abitazioni o comunque di siti frequentati, la barriera acustica avrà caratteristiche da evitare la caduta di pannelli, componenti o frammenti in caso d'urto, rif. UNI EN 1794-1. Quindi in relazione al PMMA, è previsto l'utilizzo di lastre rinforzate con fili di poliammide integrati, con funzione di collegamento dei frammenti in caso di rottura, e relativi cavetti di ancoraggio, od altri accorgimenti quali reti di protezione a tergo del ponte, ecc..

Le indicazioni sopra esposte, per le varie configurazioni in funzione della tipologia del corpo autostradale, non si applicano alle tipologie di sistemi combinati di sicurezza e antirumore in conformità alla UNI EN 1317-1 e UNI EN 1317-2.

Le barriere in relazione **ai sistemi anticaduta e pericolo di caduta dei frammenti** sono definite secondo la classe di appartenenza riportata nella UNI EN 1794-2, è sarà cura del progettista individuarne la classifica secondo i seguenti criteri generali:

- La classe  $C_0$  (prodotto non testato) e le classi  $C_1$  e  $C_4$  (formazione di frammenti "non conformi" con energie di impatto rispettivamente di 0.5 e 6.0 kJ) possono essere applicate esclusivamente in casi in cui si ha la certezza che la caduta di frammenti, a seguito di impatti con le energie previste dalla norma è "impossibile" o sicuramente non pericolosa per i ricettori o gli utenti dell'autostrada;
- le classi  $C_2$  e  $C_5$  possono essere adottate quando è considerata accettabile la proiezione di frammenti "non pericolosi" (ad esempio quando non ci sono infrastrutture di trasporto sottostanti le barriere, i ricettori non si trovano nelle immediate vicinanze della barriera, la forma e tipologia di barriera è tale per cui i frammenti possono essere proiettati solo verso l'esterno dell'autostrada, ecc.);
- la classi  $C_3$  e  $C_6$  devono essere adottate nei casi in cui è importante garantire che non ci sia caduta di frammenti (ad esempio con ricettori molto vicini o con infrastrutture di trasporto immediatamente sottostanti le barriere).

Quindi in relazione agli elementi in PMMA il progettista dovrà prevedere l'utilizzo di lastre rinforzate con fili di poliammide integrati, con funzione di collegamento dei frammenti in caso di rottura, e relativi cavetti di ancoraggio, od altri accorgimenti quali reti di protezione a tergo del ponte, ecc.. in presenza di viadotti e ponti sovrappassanti strade o ferrovie, e in prossimità di abitazioni o comunque di siti frequentati.

Relativamente al **carico dinamico causato dalla rimozione della neve**, in aree dove spazzare la neve è una comune operazione di manutenzione invernale, le barriere devono resistere al carico dinamico di neve e ghiaccio sollevati dagli spazzaneve. Volume, altezza ed entità del carico dipendono dalla velocità e dal tipo dei mezzi antineve e dalla distanza dei sistemi antirumore dal margine della strada. Metodi di valutazione, prove di carico e resoconti di prova sono specificati nell'appendice E della norma UNI EN 1794-1.

I progettisti devono verificare che le soluzioni tipologiche proposte siano conformi alla norma citata.

Relativamente alla **resistenza all'incendio della macchia** le barriere possono essere esposte a fiamme provenienti dalla vegetazione o da altro materiale in stretta vicinanza. In conseguenza ad incidenti, possono levarsi fiamme di grande intensità.

La conformità ai requisiti di resistenza all'incendio deve essere dimostrata da una prova sperimentale, conforme alla UNI EN 1794-2, appendice A.

Poiché tale prova non sottopone alle medesime condizioni tutti i materiali di cui può essere composto un sistema antirumore 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, pur obbligatoria, non dà garanzie riguardo ai requisiti di sicurezza in presenza di un elevato carico d'incendio; pertanto questi devono essere assicurati mediante ulteriori specifiche decise in accordo con le competenti Autorità.

Per mantenere dei requisiti minimi di sicurezza in presenza di un elevato carico d'incendio, la norma raccomanda di applicare i seguenti criteri:

mantenere una distanza minima di 8 metri tra barriere contenenti materiali non combustibili ed i più vicini siti con presenza di persone e/o materiali infiammabili; per distanze inferiori i sistemi antirumore devono essere totalmente costruiti con materiali combustibili;

i materiali non combustibili non devono sviluppare in caso d'incendio fumi densi e/o tossici né produrre gocce o fili incandescenti che possano essere trasportati dal vento.

E' compito del progettista valutare di volta in volta il carico d'incendio per il quale si ravvisa l'opportunità di adottare tutti gli accorgimenti necessari in merito alla scelta di materiali e tipologie.

Per quanto riguarda l'impiego di materiali trasparenti (che sono anche infiammabili), deve essere cura dei progettisti verificare che l'unica soluzione tipologica completamente trasparente (barriere in corrispondenza delle piazzole di sosta) non risulti incompatibile con il sistema dei ricettori presenti sul territorio in caso di incendio (i ricettori sono a distanza inferiore ai 20 metri dalla barriera).

Per i requisiti di **protezione ambientale** occorre riferirsi all'appendice C della UNI EN 1794-2. Il produttore del sistema antirumore deve dichiarare:

- quali sono i singoli che costituiscono il sistema antirumore, usando i termini chimici piuttosto che quelli commerciali;
- quali sono le sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante il ciclo vitale della barriera,
- quali sono le sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco della barriera;
- ogni componente fisica o chimica che potrebbe causare il rilascio nell'ambiente di componenti potenzialmente tossici, deve essere dichiarata
- se alcuni materiali sono interamente o in parte riciclati, la percentuale di tali componenti deve essere indicata
- quali dei materiali costituenti possono venire riciclati ed in quale misura.

Per tali dichiarazioni il produttore della barriera può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

**Vie di fuga in caso d'emergenza:** per la manutenzione delle barriere e dei margini della strada, per i servizi di emergenza in soccorso ad un incidente e come **via di fuga** è opportuno prevedere accessi, con porte attrezzate (dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con chiavi e dall'interno con maniglioni antipanico) realizzate con gli stessi elementi costituenti la barriera o elementi equivalenti.

In ambito stradale, le vie di fuga in casi di emergenza ed ispezione devono essere collocate a distanza non maggiore di 500 metri, tranne che sulle opere d'arte.

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

L'appendice E della 1794-2 non prescrive un valore limite per la **riflessione della luce**; tuttavia è bene disporre di valori di riflessività misurati in conformità al metodo di prova prescritto; ovunque necessario occorre adottare particolari accorgimenti (utilizzando eventualmente particolari tipi di vernici) per evitare fenomeni di riflessione ottica diurna e notturna, causando abbagliamenti e compromettendo al sicurezza. Viene richiamata la norma ISO 2813 per la verniciatura e la misura della brillantezza con angoli di incidenza a 20°, 60° e 85°.

Per le barriere si considerano poi 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.

Pertanto devono essere forniti valori di trasparenza statica e dinamica calcolati in conformità al metodo di prova prescritto nell'appendice F.

### **2.3.3 Requisiti di durabilità**

**Requisiti di durabilità:** la barriera deve poter mantenere le prestazioni dichiarate (dunque i requisiti funzionali sia strutturali che 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 acustico 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 o con prove prestazionali secondo la CEN/TS 1793-5.

Relativamente alla **durabilità delle caratteristiche non acustiche**, la prEN 14389-2 specifica che la durata della vita di servizio che deve essere garantita è di 15 anni per gli elementi acustici e 30 per gli elementi strutturali.

Il produttore deve presentare per ogni tipologia di elemento acustico e strutturale una attestazione (eventualmente 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.

### **2.3.4 Requisiti di manutenzione**

I **requisiti di manutenzione** (cfr. prEN 14389-1 e prEN14389-2) prevedono che la barriera sia tale da garantire che durante i primi 15 anni dopo il collaudo non si debbano eseguire lavori di manutenzione, esclusi gli interventi di pulizia ordinaria, rimozione dei graffiti e lavori dovuti a cause accidentali.

L'installatore, a lavori ultimati, deve fornire al committente un piano di manutenzione dell'opera dopo i primi 15 anni, specificando le attività da eseguire, i materiali, le attrezzature e le professionalità da impiegare ed i relativi oneri.

### **2.3.5 Requisiti relativi ai materiali**

La scelta dei materiali costituenti le barriere acustiche è stata orientata verso materiali in grado di offrire le migliori prestazioni in relazione alle caratteristiche acustiche, alle caratteristiche strutturali, di sicurezza, di durabilità e manutenzione.

Il **materiale fonoassorbente per elementi acustici** può essere costituito da differenti complessi porosi (aggregati fibrosi minerali o plastici, argilla espansa, schiume sintetiche) che sfruttano i fenomeni di dissipazione dell'energia sonora per attrito e/o risonanza:

- fibre di legno mineralizzato in due tipologie: legno e magnesite oppure legno e silicio
- fibre di poliestere termolegate
- fibre artificiali refrattarie, vetrose o di roccia
- argilla espansa in granuli
- gomma riciclata termolegata composta da fibre e granuli di gomma

I **pannelli in metallo** sono costituiti da uno o più gusci in lamiera metallica con eventuali nervature di irrigidimento, in genere preassemblati fino a costituire un pannello scatolato e contenente materiale fonoassorbente.

Il guscio metallico può essere realizzato in lega di alluminio o in acciaio; deve essere protetto esternamente ed internamente contro la corrosione, mediante verniciatura. Il pannello deve essere costruito in modo da evitare l'accumulo dell'acqua piovana.

Relativamente alla verniciatura, si può ricorrere all'effetto 'bucciato' per mascherare eventuali piccoli danni e occorre utilizzare un valore di brillantezza capace di evitare i riflessi della luce solare.

Questi pannelli presentano buone caratteristiche per quanto riguarda la leggerezza, le proprietà fonoassorbenti, il costo.

Le **lastre trasparenti in polimetilmetacrilato (PMMA)** possono essere di tipo colato o estruso; devono essere conformi rispettivamente alle norme ISO 7823-1 e ISO 7823-2.

Le lastre di tipo colato hanno un migliore comportamento in caso di incendio, in quanto il materiale bruciando si consuma, senza produrre gocciolamento.

In presenza di viadotti, ponti o comunque in prossimità di aree urbanizzate e siti frequentati dovranno essere utilizzate lastre in PMMA rinforzate all'interno con filamenti in poliammide con funzioni di collegamento dei frammenti in caso di rottura e relativi cavetti di ancoraggio. E' in genere consigliato l'utilizzo di lastre con caratteristiche tali da evitare l'urto accidentale dei volatili.

Per limitare le conseguenze di atti vandalici, nei punti di maggiore accessibilità si raccomanda l'impiego di lastre con trattamento antigraffiti.

Lo spessore minimo delle lastre deve essere determinato in funzione del carico di vento, del tipo di fissaggio e delle dimensioni dei pannelli; lo spessore minimo consigliato è di 20mm.

In presenza di un elevato carico d'incendio, in prossimità di siti con presenza di persone e/o materiali infiammabili, occorre valutare attentamente il comportamento del materiale in relazione ai requisiti minimi di sicurezza.

Il pregio maggiore di queste lastre è la trasparenza, apprezzabile sia dal punto di vista paesaggistico che dal punto di vista della sicurezza; in fase di lavorazione delle lastre è possibile aggiungere additivi per la colorazione delle lastre trasparenti, fornendo quindi alla barriera particolari effetti cromatici.

Un limite nell'applicazione di questo materiale può essere costituito dalla mancanza di proprietà fonoassorbenti e, di conseguenza, l'elevata componente di rumore riflessa può comportare problemi in ambiente acusticamente complessi.

Relativamente alla durabilità delle lastre in PMMA, i parametri da considerare si riferiscono al mantenimento nel tempo delle caratteristiche di trasparenza e di purezza superficiale, sia come ingiallimento conseguente alle radiazioni ultraviolette, sia come possibilità di graffiature conseguenti a ghiaia o sassi scagliati dai veicoli in transito. Qualsiasi produttore può allegare alle diverse forniture le schede tecniche relative ai parametri di durabilità: occorre però verificare l'omogeneità dei diversi parametri e delle diverse modalità di prova proposte.

Quanto ai requisiti di manutenzione, generalmente il PMMA non richiede nessuna manutenzione; la finitura superficiale delle lastre deve essere tale da garantire l'autopulizia per dilavamento con l'acqua piovana. Per i periodi di lunga siccità, per pulire le lastre può essere sufficiente un getto d'acqua a pressione.

In considerazione della potenziale criticità connessa alla fragilità di tale materiale, è opportuno che i sistemi antirumore che prevedono l'impiego di PMMA siano testati secondo le modalità previste nella norma UNI-EN 1794 parte 2 (*falling debris*).

**I pannelli in calcestruzzo** possono essere costituiti da:

- un unico strato portante in c.a. nel caso sia sufficiente la prestazione fonoisolante e non si incorra in problemi dovuti alla fonoriflessione;
- da uno strato portante in c.a. di spessore dell'ordine di 10 cm abbinato ad uno strato in materiale alleggerito o poroso (argilla espansa, pomice, impasto di cemento e legno, ecc.) rivolto verso la sorgente di rumore. Nel caso di barriere con particolari requisiti estetici, l'elemento fonoassorbente in argilla espansa può essere realizzato con blocchi prestampati, con forme e colorazioni ottimizzate.

Sono possibili infine anche soluzioni con pannelli in cls alleggerito con argilla espansa, realizzati assemblando piastre modulari con leganti ed additivi che consentono la realizzazione di manufatti con buone

proprietà fonoassorbenti, incrementabili con lo studio della forma o di cavità risonanti. Per questi pannelli esiste una vasta gamma di colorazioni, mediante additivi in fase di lavorazione dell'impasto.

La durabilità dei prodotti è garantita da una corretta esecuzione dell'attacco tra strato portante e strato alleggerito e, nel caso dell'argilla espansa, da una scelta corretta della granulometria e dal legante impiegato al fine di evitare disgregazione e rotture per effetto del gelo-disgelo. Gli svantaggi sono determinati dal peso delle piastre.

Gli **elementi strutturali in metallo**, usati comunemente per il sostegno dei pannelli o delle lastre antirumore, devono essere realizzati in acciaio zincato e verniciato, con caratteristiche meccaniche secondo le norme UNI EN 10025. Dopo la zincatura a caldo per immersione secondo la EN ISO 1461, previo ciclo di sabbiatura o trattamento di decapaggio chimico, è previsto un trattamento di verniciatura a polveri termoindurenti.

Analogamente sono zincati a caldo i collegamenti mediante bulloni, dadi e tirafondi, le piastre e le contro-piastre.

Zincatura e verniciatura sono di rilevante importanza per combattere il fenomeno della corrosione, problema particolarmente delicato in ambito stradale: i cicli gelo-disgelo, l'umidità, i sali disgelanti sparsi sulle pavimentazioni intaccano il metallo e trovano "alimento" nell'ambiente acido determinato dai gas di scarico (ossidi ed anidride carbonica).

## **2.4 Verifica in opera delle caratteristiche acustiche**

Il tema della verifica dei requisiti progettuali del sistema di mitigazione acustica progettato è generalmente trattato nel Capitolato Speciale d'Appalto, in conformità con la normativa tecnica in vigore, a sua volta ripresa e sistematizzata nella norma UNI 11160 "Linee guida per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto via terra" (in particolare al cap. 6)

Il capitolo 64 della NTA del CSA le modalità di esecuzione delle prove e relativa classificazione dei sistemi antirumore.

In particolare 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 CEN/TS 1793-5 - prova in campo aperto), le proprietà di isolamento acustico per via aerea (vedere UNI EN 1793-2 - prova di laboratorio e UNI CEN/TS 1793-5 - prova in campo aperto) e, per le barriere con dispositivi aggiunti, le modalità di diffrazione al bordo superiore (vedere UNI CEN/TS 1793-4 - prova in campo aperto).

Le caratteristiche intrinseche devono essere definite tramite le prove di laboratorio sopra citate i cui esiti devono essere forniti dal produttore al momento della prequalifica del prodotto.

Le prove in campo aperto sopracitate saranno ripetute sulla barriera installata per valutare la corretta installazione (collaudo) o per valutare nel tempo il mantenimento delle caratteristiche iniziali (ove previsto dal piano di manutenzione).

È facoltà della Direzione Lavori richiedere che le prove in campo aperto sia realizzate anche in fase di prequalifica tramite un opportuno campo prove.

Rispetto ai valori nominali di pre-qualificazione è ammessa una tolleranza in difetto pari al 10% per quanto riguarda l'indice di riflessione,  $DL_{RI}$ , in ciascuna banda di 1/3 ottava, e a 2 dB per quanto riguarda il fonoisolamento, espresso come  $DL_{SI}$ .

Il collaudo delle caratteristiche intrinseche è eseguito e firmato da un tecnico competente in acustica ambientale.

- 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 CEN/TS 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 CEN/TS 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 1793-1.

Tale classificazione consente di definire un range di prestazioni del sistema antirumore come esplicitato qui di seguito:

Indice $DL\alpha$ (dB)	Categoria
Non determinato	A0
< 4	A1
Da 4 A 7	A2
Da 8 a 11	A3
> 11	A4

La categoria A0 è da intendersi riferita a sistemi antirumore per i quali la valutazione della caratteristica di fonoassorbimento non è rilevante.

- 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 CEN/TS 1793-5; viene misurato il sound insulation index, SI.

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

- ✓  $DL_R$ , per prodotti provati in accordo alla UNI EN 1793-2;
- ✓  $DL_{SI}$ , per prodotti provati in accordo alla UNI CEN/TS 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 1793-2.

Tale classificazione consente di definire un range di prestazioni del sistema antirumore come esplicitato qui di seguito:

Indice DLR (dB)	Categoria
Non determinato	B0
< 15	B1
Da 15 A 24	B2
> 24	B3

La categoria B0 è da intendersi riferita a sistemi antirumore per i quali la valutazione della caratteristica di fonoisolamento non è rilevante.

Per quanto riguarda le caratteristiche estrinseche esse si configurano nella misurazione dell'efficacia del sistema antirumore in relazione agli obiettivi progettuali e viene svolta conformemente a quanto previsto dalla norma UNI1022 "Misurazione dell'efficacia acustica dei sistemi antirumore (insertion loss), per infrastrutture di trasporto, installati in ambiente esterno".

Il collaudo delle caratteristiche estrinseche è eseguito e firmato da un tecnico competente in acustica ambientale.

## **2.5 Criteri per la definizione delle scelte progettuali esecutive**

Vengono qui di seguito riportati i criteri basilari adottati per l'individuazione delle tipologie ottimali di barriere antirumore e dei materiali costituenti. Schematicamente, i fattori che hanno influito sulla scelta sono riconducibili a tre macro funzioni, e precisamente:

- A. Funzionalità acustiche
- B. Funzionalità inerenti la sicurezza
- C. Funzionalità paesaggistiche e di adattamento al corpo/sezione stradale

Il processo decisionale è stato avviato attraverso l'adozione di matrici/tabelle qui di seguito riportate

## A. Funzionalità acustiche

## Matrice delle funzionalità acustiche

		Fonoisolamento			
		B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
Fonoassorbimento	A <sub>0</sub>	rosso	rosso	rosso	rosso
	A <sub>1</sub>	rosso	blu	blu	blu
	A <sub>2</sub>	rosso	blu	blu	verde
	A <sub>3</sub>	rosso	blu	verde	verde
	A <sub>4</sub>	rosso	blu	verde	verde

I codici cromatici adottati hanno il seguente significato:

**verde** : impiego possibile/conigliato

**blu** : impiego possibile, da valutarsi caso per caso

**rosso** : impiego non consigliato

*Indice di fonoisolamento  $DL_R$* 

L'indice di isolamento deve essere superiore di almeno 10 db rispetto al maggior valore di insertion – loss previsto dal progetto acustico.

Ad esempio se il progetto acustico prevede per alcuni ricettori una riduzione di rumorosità di 12 db(A), la barriera da impiegare deve possedere un indice di isolamento di almeno 22 db, ovvero deve essere almeno di classe B2 secondo la classificazione ottenuta con gli standard di prova UNI-EN 1793. Si riporta qui di seguito la tabella delle classi di fonoisolamento prevista da tale norma.

Categoria	$DL_R$ dB
$B_0$	Non determinato
$B_1$	< 15
$B_2$	da 15 a 24
$B_3$	> 24

Si prescrivono barriera di categoria superiore a  $B_1$ , quindi  $B_2$  o  $B_3$ .

#### Indice di fonoassorbimento $DL_\alpha$

Materiali riflettenti (ad esempio il polimetimetacrilato) non devono in genere essere usati quando:

- i ricettori sono disposti su entrambi i lati dell'infrastruttura;
- sono previste barriere antirumore l'una di fronte all'altra;
- i ricettori sono molto vicini alla barriera (ad esempio a meno di 20 m);
- le protezioni antirumore hanno altezza superiore a 4 metri.

Se comunque nelle situazioni tipologiche sopra riportate, l'impiego di materiali trasparenti risulti necessario per motivi paesaggistici (visione dell'ambiente circostante) o funzionali (proiezione di zone d'ombra su ricettori molto vicini alla barriera), occorre che il progetto acustico di dettaglio tenga conto delle possibili diminuzione dell'insertion – loss della barriera (riflessioni multiple fra barriera e sagome veicoli in transito, riflessioni multiple fra barriere parallele contrapposte) o degli aumenti di inquinamento acustico su ricettori disposti sul lato opposto alle barriere. In tal caso dovranno essere specificate le categorie di indice di assorbimento (riferite non ai singoli materiali, ma alla barriera nell'insieme), secondo quanto riportato nella seguente tabella.

<b>Categoria</b>	<b>DL<sub>α</sub> dB</b>
<b>A<sub>0</sub></b>	<b>Non determinato</b>
<b>A<sub>1</sub></b>	<b>&lt; 4</b>
<b>A<sub>2</sub></b>	<b>da 4 a 7</b>
<b>A<sub>3</sub></b>	<b>da 8 a 11</b>
<b>A<sub>4</sub></b>	<b>&gt; 11</b>

Si prescrivono barriera di categoria superiore a A2, quindi A3 o A4.

#### B. Funzionalità inerenti la sicurezza

*Matrice della pericolosità derivante dalla proiezione di frammenti*

	<b>Caduta frammenti</b>						
	<b>C<sub>0</sub></b>	<b>C<sub>1</sub></b>	<b>C<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>3</sub></b>	<b>C<sub>4</sub></b>	<b>C<sub>5</sub></b>	<b>C<sub>6</sub></b>
Mono materiale - metallo -	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu
Mono materiale - calcestruzzo -	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu
Mono materiale - legno -	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu	Rosso
Mono materiale - trasparente -	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu	Rosso
Barriera con materiali speciali (innovativi non qualificati)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu	Rosso

I codici cromatici adottati hanno il seguente significato:

**verde** : materiale di possibile impiego/caratteristica non critica

**blu** : materiale di possibile impiego/caratteristica da certificarsi caso per caso

**rosso** : materiale di impiego non consigliato/caratteristica critica

La selezione della classe, può essere effettuata secondo i seguenti criteri generali:

- La classe C<sub>0</sub> (prodotto non testato) e le classi C<sub>1</sub> e C<sub>4</sub> (formazione di frammenti “non conformi” con energie di impatto rispettivamente di 0.5 e 6.0 kJ) possono essere applicate esclusivamente in casi in cui si ha la certezza che la caduta di frammenti, a seguito di impatti con le energie previste dalla norma, è “impossibile” o sicuramente non pericolosa per i ricettori o gli utenti dell’autostrada;
- le classi C<sub>2</sub> e C<sub>5</sub> possono essere adottate quando è considerata accettabile la proiezione di frammenti “non pericolosi” (ad esempio quando non ci sono infrastrutture di trasporto sottostanti le barriere, i ricettori non si trovano nelle immediate vicinanze della barriera, la forma e tipologia di barriera è tale per cui i frammenti possono essere proiettati solo verso l’esterno dell’autostrada, ecc.);
- la classi C<sub>3</sub> e C<sub>6</sub> devono essere adottate nei casi in cui è importante garantire che non ci sia caduta di frammenti (ad esempio con ricettori molto vicini o con infrastrutture di trasporto immediatamente sottostanti le barriere).

*Matrice della resistenza al fuoco*

	Resistenza al fuoco		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Mono materiale - metallo -	Verde	Verde	Blu
Mono materiale - calcestruzzo -	Verde	Verde	Blu
Mono materiale - legno -	Verde	Blu	Blu
Mono materiale - trasparente -	Verde	Blu	Blu
Barriera con materiali speciali (innovativi non qualificati)	Blu	Blu	Blu

I codici cromatici adottati hanno il seguente significato:

**verde** : materiale di possibile impiego/caratteristica non critica

**blu** : materiale di possibile impiego/caratteristica da certificarsi caso per caso

**rosso** : materiale di impiego non consigliato/caratteristica critica

Si ricorda che il test previsto dalla norma UNI-EN 1794-2 prevede l’innesco delle fiamme alla base della barriera così come prevista a progetto, e quindi anche i materiali facilmente “incendiabili” potrebbero risultare idonei da un punto di vista della certificazione.

In altre parole, il test valuta il comportamento la barriera nel suo insieme nel caso di esposizione alle fiamme provocate da piccoli incendi (tipicamente sterpaglie, foglie, vegetazione) e non costituisce quindi un elemento di discriminazione/selezione dei singoli materiali.

Considerando quindi le prestazioni di ciascuna classe come delle soglie “minime” di certificazione delle proprietà dei materiali, valgono i seguenti criteri generali:

- materiali di classe C<sub>1</sub> o C<sub>2</sub> non si utilizzano in situazioni in cui è probabile che siano effettuate operazioni di incendio di sterpaglie/stoppie (ambienti rurali, sezione a raso o rilevato medio).

*Matrice delle caratteristiche di sicurezza secondaria*

	<b>Protezione ambientale</b>	<b>Riflessione luce</b>	<b>Trasparenza</b>
Mono materiale - metallo -			Non applicabile
Mono materiale - calcestruzzo -		Non Applicabile	Non applicabile
Mono materiale - legno -		Non applicabile	Non Applicabile
Mono materiale - trasparente -			
Barriera con materiali speciali (innovativi non qualificati)			

In **blu** sono indicate le combinazioni di “possibile impiego/caratteristica da certificarsi caso per caso”.

La selezione operabile in base ai parametri protezione ambientale, riflessione luce e trasparenza non è logicamente connessa a particolari situazioni ambientali o di impiego, ma si basa principalmente sull’esistenza o meno di adeguate certificazioni.

Inoltre è importante sottolineare che i vari materiali utilizzati possono fornire prestazioni diverse in base anche a finiture/lavorazioni superficiali, quali verniciature, goffrature ecc.

### C. Funzionalità paesaggistiche e di adattamento al corpo/sezione stradale

La due matrici seguenti fornisce delle indicazioni per indirizzare gli abbinamenti di materiali in funzione di:

- tipologia della sezione stradale
- presenza di punti singolari (svincoli, corsie accelerazione/decelerazione)
- distanza degli edifici fronteggianti l'infrastruttura
- presenza di edifici/infrastrutture sotto le opere antirumore
- barriere di elevata altezza (impatto ambientale)
- tipologia dell'ambiente circostante l'infrastruttura (rurale, urbanizzato, aree protette)

	Funzionale relativa al corpo stradale/edificato							
	Sezione stradale a raso	Sezione stradale in rilevato	Sezione stradale in trincea	Sezione stradale su opera d'arte	Svincoli, rampe ingresso/uscita	Edifici/infrastrutture a ridosso delle barriere	Edifici/infrastrutture sottostanti le barriere	Barriere di altezza superiore a 4,5 m
Barriera standard - verticale - 25% trasparente	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Green
Mono materiale - metallo -	Green	Green	Green	Blue	Red	Red	Green	Blue
Mono materiale - calcestruzzo -	Green	Green	Green	Blue	Red	Red	Blue	Blue
Mono materiale - legno -	Green	Green	Green	Blue	Red	Red	Blue	Blue
Mono materiale - trasparente -	Green	Green	Blue	Green	Green	Red	Red	Blue
Barriera con materiali speciali (innovativi non qualificati)	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Barriera con forma standard (verticale)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Blue
Barriere con forme speciali (curve/inclinate, architettoniche)	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green
Muri cellulari (legno,calcestruzzo)	Green	Green	Red	Red	Red	Blue	Red	Red
Barriere verdi, dune con vegetazione	Green	Green	Red	Red	Red	Blue	Red	Red

	Inserimento paesaggistico							
	Nessuna richiesta	Richieste particolari degli Enti Locali	Aree rurali poco urbanizzate	Aree urbanizzate non di pregio	Aree urbanizzate di tipo generico	Aree urbanizzate di pregio	Aree di elevato pregio paesaggistico	Aree protette o di interesse naturalistico
Barriera standard - verticale - 25% trasparente	Verde	Blu	Verde	Verde	Blu	Rosso	Blu	Blu
Mono materiale - metallo -	Verde	Blu	Verde	Verde	Blu	Rosso	Rosso	Rosso
Mono materiale - calcestruzzo -	Verde	Blu	Verde	Verde	Blu	Rosso	Rosso	Rosso
Mono materiale - legno -	Verde	Blu	Verde	Verde	Blu	Blu	Verde	Verde
Mono materiale - trasparente -	Verde	Blu	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Barriera con materiali speciali (non qualificati)	Verde	Blu	Verde	Rosso	Rosso	Rosso	Rosso	Rosso
Barriera con forma standard (verticale)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Barriere con forme speciali (curve/inclinate, architettoniche)	Verde	Blu	Rosso	Rosso	Blu	Blu	Blu	Blu
Muri cellulari (legno,calcestruzzo)	Verde	Blu	Verde	Rosso	Rosso	Rosso	Blu	Blu
Barriere verdi, dune con vegetazione	Verde	Blu	Verde	Rosso	Rosso	Rosso	Blu	Blu

I codici cromatici adottati per entrambe le tabelle hanno il seguente significato:

**verde** : materiale/soluzione di possibile impiego/situazione non critica

**blu** : materiale/soluzione di possibile impiego/situazione da valutarsi caso per caso

**rosso** : materiale/soluzione di impiego non consigliato/situazione critica

### 3. TIPOLOGIE ARCHITETTONICHE ADOTTATE

In generale tipologia di barriera acustica è stata scelta in modo da garantire l'omogeneità con le barriere acustiche recentemente installate sul tratto di A9 Lainate-Chiasso, interessato dal potenziamento dell'autostrada alla terza corsia, anch'esse realizzate con pannelli in alluminio verniciati.



Figura 4: barriera esistente posizionata lungo l'autostrada A9, in carreggiata nord al Km 11+919



Figura 5: barriere esistenti posizionate lungo l'autostrada A9, al Km 12+899

Pertanto sono state adottate barriere fonoassorbenti composte da pannelli in alluminio verniciato di colorazione verde con interno in materiale fonoassorbente.

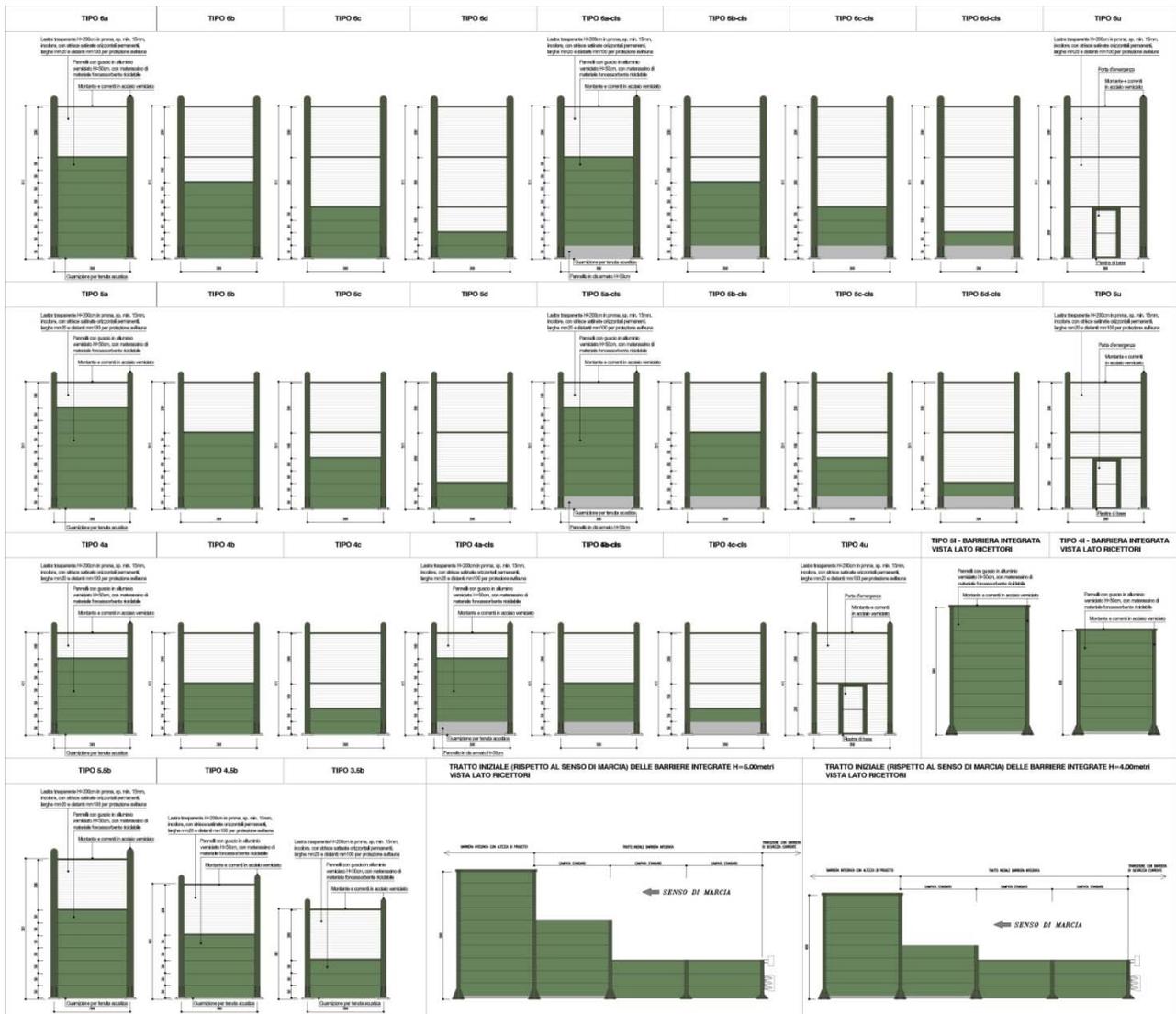
Per ogni altezza prevista, è stata individuata la quota parte di PMMA, quindi di lastra trasparente collocata nella parte alta superiormente ai pannelli fonoassorbenti, con caratteristiche dimensionali compatibili con le dimensioni standard esistenti sul mercato e ottimali rispetto alle esigenze di inserimento ambientale ed in funzione del livello di assorbimento acustico richiesto.

In prossimità di abitazioni o di siti frequentati, ed in presenza di ponti e viadotti, devono essere utilizzati cordini di ancoraggio della lastra al montante, con funzione di ritenuta dei frammenti in caso di rottura.

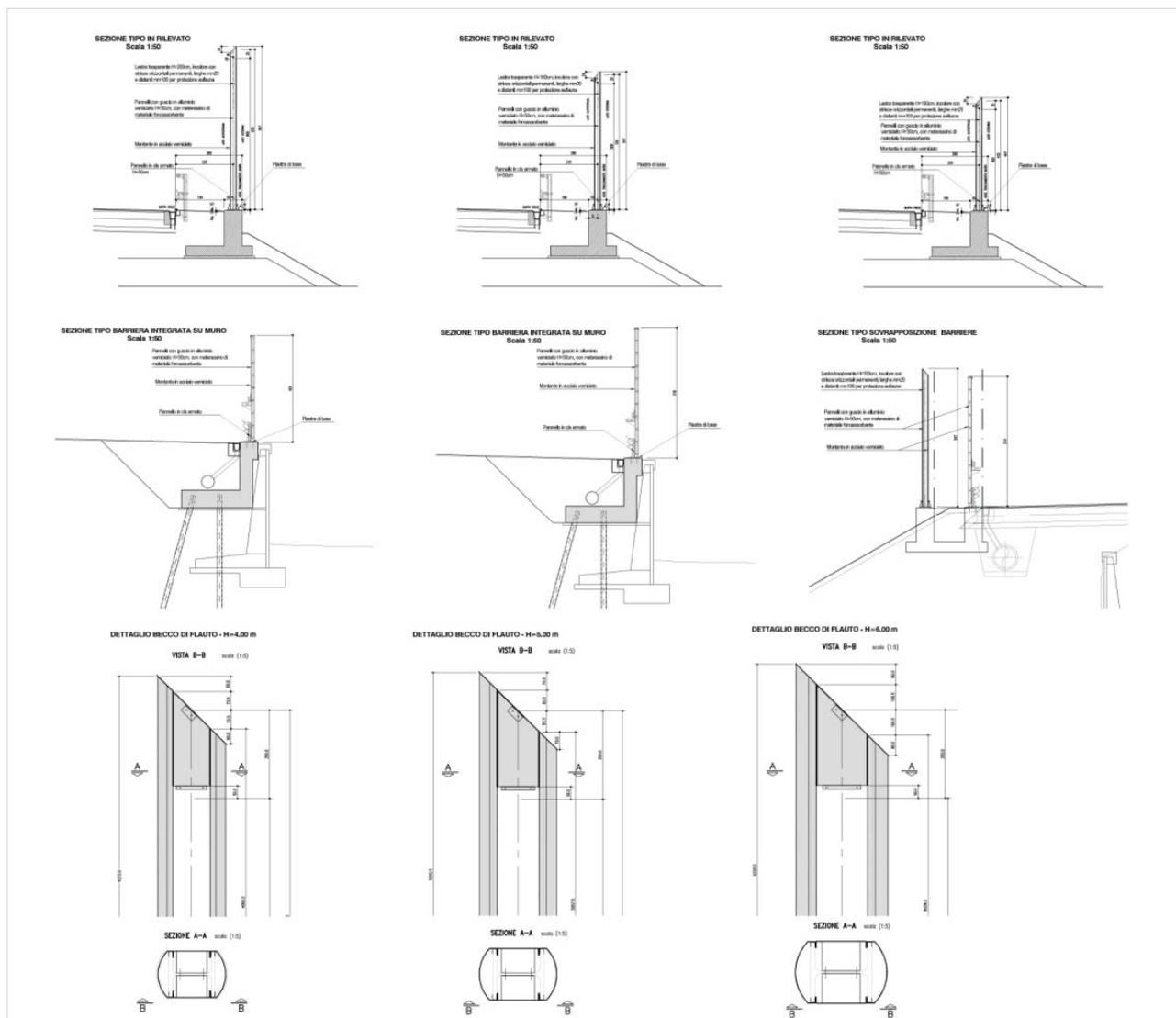
Entrando nel dettaglio, l'impiego di pannelli trasparenti (PMMA) in linea generale si prevede in percentuale pari al 25% della superficie totale della barriera, contro il restante 75% in materiale fonoassorbente, considerando comunque che, volendo tuttavia ricorrere a finestrate di altezza standard (1 o 2 metri), per motivi di natura economica (evitare sfridi) ma anche per ottenere disegni con un certo rigore formale, nella generalità dei casi la parte trasparente ha altezza pari a 1m.

L'esito delle ricerche condotte in fase di progettazione unitamente ai vincoli al contorno sopra indicati ha condotto quindi all'individuazione delle seguenti tipologie per il progetto esecutivo dell'intervento, rappresentate nella Figura 6:

- Barriera denominata **Tipo 6** e relative sottoclassi, di altezza pari a 6 m, costituita da pannelli in alluminio verniciato e PMMA, con montante a becco di flauto in acciaio verniciato, eventuale pannello basale in CLS o variante con uscita di sicurezza;
- Barriera denominata **Tipo 5** e relative sottoclassi, di altezza pari a 5 m, costituita da pannelli in alluminio verniciato e PMMA, con montante a becco di flauto in acciaio verniciato, eventuale pannello basale in CLS o variante con uscita di sicurezza;
- Barriera denominata **Tipo 4** e relative sottoclassi, di altezza pari a 4 m, costituita da pannelli in alluminio verniciato e PMMA, con montante a becco di flauto in acciaio verniciato, eventuale pannello basale in CLS o variante con uscita di sicurezza;
- Barriere denominate **Tipo 5.5b**, **4.5b** e **3.5b** per altezze intermedie, costituite da pannelli in alluminio verniciato e PMMA, con montanti a becco di flauto in acciaio verniciato;
- Barriera denominata **Tipo 5I**, integrata alla barriera di sicurezza e di altezza pari a 5 m, costituita da pannelli in alluminio verniciato e montanti in acciaio verniciato;
- Barriera denominata **Tipo 4I**, integrata alla barriera di sicurezza e di altezza pari a 4 m, costituita da pannelli in alluminio verniciato e montanti in acciaio verniciato;
- I **tratti iniziali** delle barriere tipo 5I e 4I, da realizzarsi in approccio alle stesse nel senso di marcia.



**Figura 6: tipologie architettoniche previste in progetto**

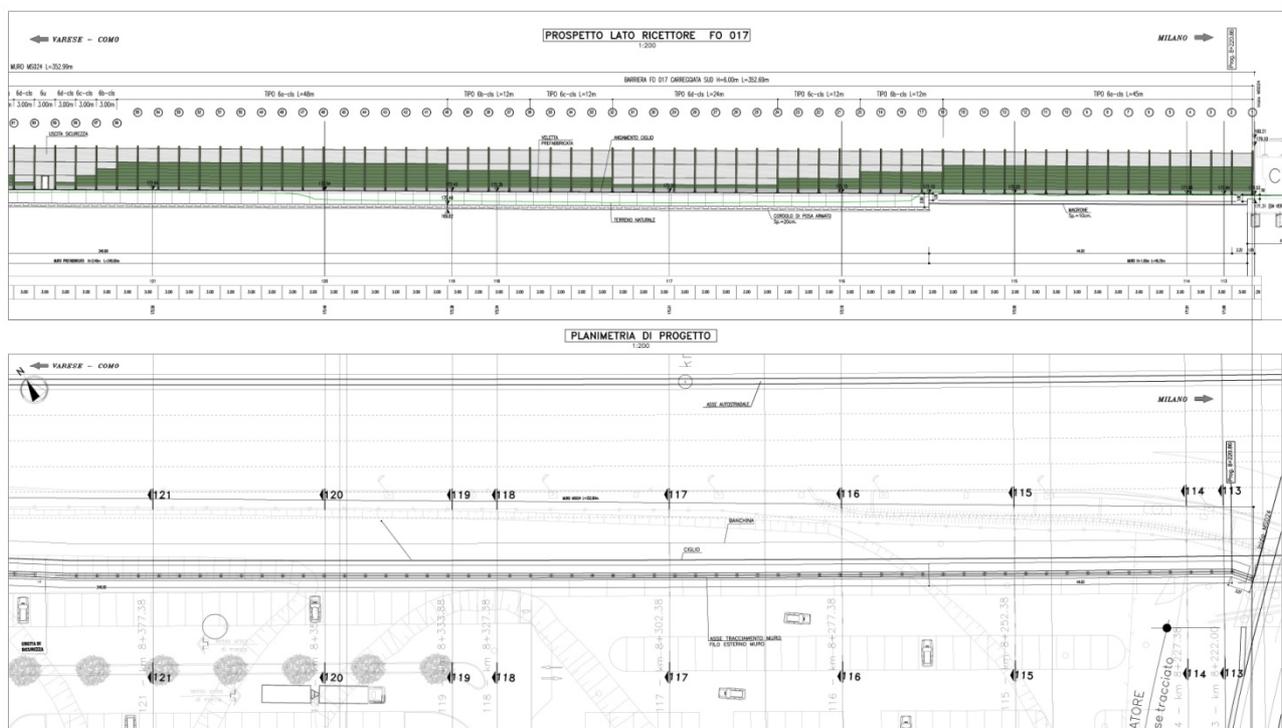


**Figura 7: dettagli architettonici delle barriere in rapporto alla condizione di installazione**

Le tipologie di barriere si differenziano principalmente per l'altezza (6, 5, 4 metri e misure intermedie), con le due tipologie particolari delle barriere integrate (5 e 4 metri di altezza) e dei loro tratti iniziali. Per tutte le tipologie eccetto quelle integrate il passo dei montanti verticali sarà corrispondente a metri 3.00.

All'interno della stessa classe di altezza le varie tipologie si differenziano per la presenza o meno del pannello di pulizia in calcestruzzo armato (sempre previsto quando la barriera è installata lungo tratti autostradali in rilevato o su opera d'arte), per la differente composizione della parte trasparente in PMMA e per l'eventuale presenza della porta di emergenza. Il progetto descriva anche il mutuo rapporto delle barriere con le sottostrutture ed in generale con la condizione in cui vanno ad essere calate (rilevato, opera d'arte, transizione barriera disaccoppiata con barriera integrata), come riportato in Figura 7.

L'insieme delle tipologie descritte nel dettaglio gli elementi che compongono l'elevazione di ogni singola barriera acustica, come riportato negli elaborati di progetto, con mostrato in Figura 8.



**Figura 8: esempio di una tavola di progetto, dove al prospetto lato ricettore con l'indicazione delle tipologie previste è associata la pianta con l'indicazione del contesto esterno all'infrastruttura**

La scelta dei colori per la verniciatura ha previsto una perfetta continuità con l'intervento lungo l'autostrada A8, utilizzando i RAL indicati in Figura 9.

**TABELLA COLORI**

<b>MONTANTI E CORRENTI</b>	<b>RAL 6003</b>
<b>PANNELLI FONOASSORBENTI</b>	<b>RAL 6011</b>

**Figura 9: codici RAL di riferimento per la verniciatura**

Partendo da una rapporto pannelli opachi / pannelli trasparenti pari a 75 / 25 %, come già descritto e come riportato nelle tipologie 6a, 5a e 4a la variazione del rapporto pieno/vuoto nel prospetto è stata oggetto di un

apposita analisi paesaggistica e visuale del territorio attraversato, che ha tenuto in conto i seguenti elementi condizionanti:

- Necessità di tutelare visuali di pregio dall'autostrada verso il territorio circostante;
- Evitare l'ombreggiamento di ricettori e loro relativi spazi esterni di pertinenza;
- Mantenere intervisibilità tra valori paesaggistici riconosciuti;
- Caratterizzare formalmente l'elevazione degli interventi particolarmente lunghi;
- Segnalare la presenza delle uscite di sicurezza e fornire maggiore intervisibilità in questi punti.

Infine si sono approfonditi i dettagli costruttivi e formali della parte inferiore della barriera a contatto con la fondazione, in relazione al materiale ed alle sue caratteristiche dimensionali per dare una corretta soluzione ai problemi manutentivi e di sicurezza.