

AUTOSTRADA (A1) : MILANO – NAPOLI

AMPLIAMENTO ALLA QUARTA CORSIA DEL TRATTO MILANO SUD (Tang. Ovest) – LODI

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOSTRADA A1

OPERE COMPLEMENTARI

BARRIERE ACUSTICHE – PARTE GENERALE

Relazione descrittiva

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Arch. Enrico Francesconi
Ord. Arch. Milano N.16888

**RESPONSABILE ARCHITETTURA
E PAESAGGIO**

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Francesca Di Noto
Ord. Ingg. Milano N. 30472

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Orlando Mazza
Ord. Ingg. Pavia N. 1496

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO				RIFERIMENTO DIRETTORIO						RIFERIMENTO ELABORATO				Ordinatore:
Codice	Commessa	Lotto Cod.	Sub- Prog. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	tipologia	WBS progressivo	PARTE D'OPERA	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	00
1	19959	L	L	00	PEAU	OP	CF	0000	000000	D	AUA	0010	0	SCALA: -



PROJECT MANAGER:

Ing. Ilaria Lavander
Ord. Ingg. Milano N. 29830

REDATTO:

-

SUPPORTO SPECIALISTICO:

VERIFICATO:

-

REVISIONE

n.	data
0	DICEMBRE 2017
1	
2	-
3	-
4	-

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Stefano Storoni

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

Sommario

1. GENERALITA'	2
1.1 PREMESSA	2
2. QUADRO CONOSCITIVO E SCELTE PROGETTUALI.....	6
2.1 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO ATTRAVERSATO	9
2.2 QUADRO NORMATIVO E LEGISLATIVO	14
2.3 REQUISITI GENERALI DELLE BARRIERE ACUSTICHE	15
2.3.1 <i>Requisiti acustici</i>	15
2.3.2 <i>Requisiti non acustici</i>	16
2.3.3 <i>Requisiti di durabilità</i>	20
2.3.4 <i>Requisiti di manutenzione</i>	20
2.3.5 <i>Requisiti relativi ai materiali</i>	20
2.4 VERIFICA IN OPERA DELLE CARATTERISTICHE ACUSTICHE	22
2.5 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI ESECUTIVE	24
3. TIPOLOGIE ARCHITETTONICHE ADOTTATE	32

1. GENERALITA'

1.1 PREMESSA

Il presente elaborato si riferisce alla descrizione del progetto esecutivo delle barriere acustiche da realizzarsi nell'ambito dell'intervento riguardo la realizzazione della quarta corsia dell'A1 nel tratto compreso Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi.

Le barriere fonoassorbenti si inseriscono nell'intervento che si sviluppa dalla progressiva 4+882 in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50, fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della Barriera di Milano Sud (dalla progressiva Km 8+668 alla progressiva Km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16,524 Km.

Gli interventi progettuali apportati sono stati tali da utilizzare quanto più possibile l'attuale sede stradale e conservare le opere d'arte già predisposte all'ampliamento, al fine di ridurre l'impatto ambientale dell'intervento. In particolare nel tratto della variante di Lodi Vecchio, realizzata da TAV nel 2005 (dalla pk 17+716 alla pk 21+176), viene mantenuto il tracciato esistente: andamento planimetrico, pendenze trasversali, spartitraffico esistente. Il progetto per questo tratto prevede unicamente l'ampliamento della sezione trasversale da tre a quattro corsie.

Il territorio in cui si colloca il tratto di autostrada A1 oggetto di ampliamento alla quarta corsia è caratterizzato dalla presenza di numerosi centri urbani più o meno densi e compatti, organizzati in un territorio con caratteristiche agricole ancora ben marcate. Tale configurazione territoriale fa emergere una importante ricorrenza di zone di confine, o di "bordo", tra aree urbanizzate ed agricole.

L'intervento, esteso per circa 16,5 Km, interessa 7 comuni ricadenti nelle province di Milano e di Lodi:

- San Giuliano Milanese (MI);
- Melegnano (MI)
- Cerro al Lambro (MI);
- San Zenone al Lambro (MI);
- Tavazzano (LO)
- Lodi Vecchio (LO)
- Borgo San Giovanni (LO).

L'intervento rientra tra quelli previsti della Convenzione Unica alla concessione per l'esercizio di tratte autostradali stipulata tra Autostrade per l'Italia S.p.A. e Anas, stipulata in data 12/10/2007 ed approvata con legge n. 101 del 06/06/2008. In base all'art. 15 di tale Convenzione, Autostrade per l'Italia ha in corso un importante programma di investimenti che ha l'obiettivo di migliorare la fluidità del traffico e l'accessibilità della rete.

L'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi, trova giustificazione in considerazione del notevole incremento di traffico che negli ultimi anni ha interessato il tratto in esame, nell'assicurare i necessari livelli di servizio e di sicurezza dell'autostrada, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici ed i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione.

Il progetto delle barriere antifoniche prevede la valutazione dell'impatto acustico correlato all'esercizio dell'infrastruttura autostradale ed è volta alla verifica dei livelli di emissione sonora prodotti dal traffico veicolare in transito sulla nuova infrastruttura nonché al dimensionamento dei necessari interventi di mitigazione, qualora vengano individuate situazioni di criticità all'interno dell'ambito di studio ivi considerato. A tale proposito, quindi, dopo avere individuato i recettori presenti all'interno delle fasce di pertinenza acustica specifiche del tracciato autostradale, si è proceduto alla stima puntuale dei livelli sonori ed alla valutazione della propagazione sonora mediante specifico modello di simulazione.

Il progetto propone quindi la realizzazione di una serie di interventi mediante l'utilizzo di barriere verticali in corrispondenza dei ricettori esposti, al fine di riportare i livelli acustici entro i limiti di soglia prescritti.

Nelle planimetrie di progetto sono quindi indicate le localizzazioni e le dimensioni delle mitigazioni acustiche previste (Figura 1 e 2).

L'obiettivo primario del contenimento delle emissioni acustiche deve essere accompagnato da valutazioni sul piano architettonico e dell'impatto ambientale (effetti visivi e percettivi dell'utente dell'infrastruttura e di chi ne sta al di fuori), in funzione dei contesti attraversati (urbani, extraurbani, punti di particolare pregio storico o paesaggistico), in modo tale da conseguire risultati apprezzabili sulla qualità complessiva del sistema infrastrutturale e dell'ambiente.

In particolare la tipologia di barriera e lo schema cromatico che si prevede di utilizzare sono stati scelti in coerenza con gli interventi attualmente in corso da parte di Autostrade per l'Italia nell'ambito di altri interventi di potenziamento della rete e del Piano per il contenimento e l'abbattimento del rumore stradale lungo tutta la rete in concessione: le pannellature metalliche fonoassorbenti sono strutturate con l'utilizzo di acciaio corten e presentano la parte sommitale in materiale trasparente (PMMA).



Figura: 1: planimetria di progetto con ubicazione barriere antifoniche –parte 1



Figura: 2: planimetria di progetto con ubicazione barriere antifoniche –parte 2

Nei pressi di San Giuliano Milanese si collega con la Tangenziale Ovest di Milano. Attraversa la Pianura Padana correndo parallela alla Via Emilia, con tre corsie più quella di emergenza per senso di marcia. All'inizio degli anni '90 è stato realizzato l'ampliamento a tre corsie e, nel 2006, nel tratto Modena-Bologna è stata realizzata la quarta corsia.

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 4+882 (in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50) fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della barriera di Milano Sud (dalla progr. km 8+668 alla progr. km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16.524 km.

Sia per il tratto iniziale tra la tangenziale ovest e la barriera di Milano sud che per il tratto successivo dalla barriera allo svincolo di Lodi si prevede l'ampliamento alla 4° corsia della sede stradale. Il tratto corrispondente alla barriera di Milano Sud non necessita di intervento in quanto la sezione stradale è di larghezza idonea per raccordarsi con gli interventi di ampliamento alla quarta corsia a monte e a valle.

1.2 FINALITÀ DEL PROGETTO E LIVELLO DI INTERESSE

Nell'ambito delle attività da svolgere legate alla Convenzione Unica tra Autostrade per l'Italia S.p.A. ed ANAS, si prevede l'ammodernamento e l'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi.

L'intervento rientra tra quelli previsti della Convenzione Unica alla concessione per l'esercizio di tratte autostradali stipulata tra Autostrade per l'Italia S.p.A. e Anas, stipulata in data 12/10/2007 ed approvata con legge n. 101 del 06/06/2008.

In base all'art. 15 di tale Convenzione, Autostrade per l'Italia ha in corso un importante programma di investimenti che ha l'obiettivo di migliorare la fluidità del traffico e l'accessibilità della rete.

L'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi, trova giustificazione in considerazione del notevole incremento di traffico che negli ultimi anni ha interessato il tratto in esame, nell'assicurare i necessari livelli di servizio e di sicurezza dell'autostrada, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici ed i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione.

2. QUADRO CONOSCITIVO E SCELTE PROGETTUALI

L'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi, trova giustificazione in considerazione del notevole incremento di traffico che negli ultimi anni ha interessato il tratto in esame, nell'assicurare i necessari livelli di servizio e di sicurezza dell'autostrada, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici ed i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione.

L'A1, nella numerazione delle autostrade italiane e chiamata anche Autostrada del Sole, risulta la più lunga tra quelle attualmente in esercizio. Asse meridiano principale della rete autostradale italiana, ha una lunghezza complessiva di 759,6 km. L'inaugurazione del primo tronco, da Milano a Parma, risale al 1958 e l'intera opera venne completata nel 1964 (Figura 3).



Figura: 3: tratto di A1 - immagine ante operam. 300 metri dalla barriera MI Sud a Melegnano, direzione sud.

Oggi l'A1 ha inizio nella zona sud-est di Milano come prosecuzione della Tangenziale Est di Milano.

Il percorso attuale tra la Tangenziale Est e lo svincolo di San Donato Milanese è una variante del percorso originario con il quale l'A1 terminava direttamente nel centro abitato di Milano. Nei pressi di San Giuliano Milanese si collega con la Tangenziale Ovest di Milano.

Attraversa la Pianura Padana correndo parallela alla Via Emilia, con tre corsie più quella di emergenza per senso di marcia. All'inizio degli anni '90 è stato realizzato l'ampliamento a tre corsie e, nel 2006, nel tratto Modena-Bologna è stata realizzata la quarta corsia.

L'intervento si sviluppa dalla progressiva 4+882 (in corrispondenza della Tangenziale Ovest di Milano - A50) fino alla progressiva 21+922 ad esclusione della barriera di Milano Sud (dalla progr. km 8+668 alla progr. km 9+254), per uno sviluppo complessivo di 16.524 km. (Figura 2.2).

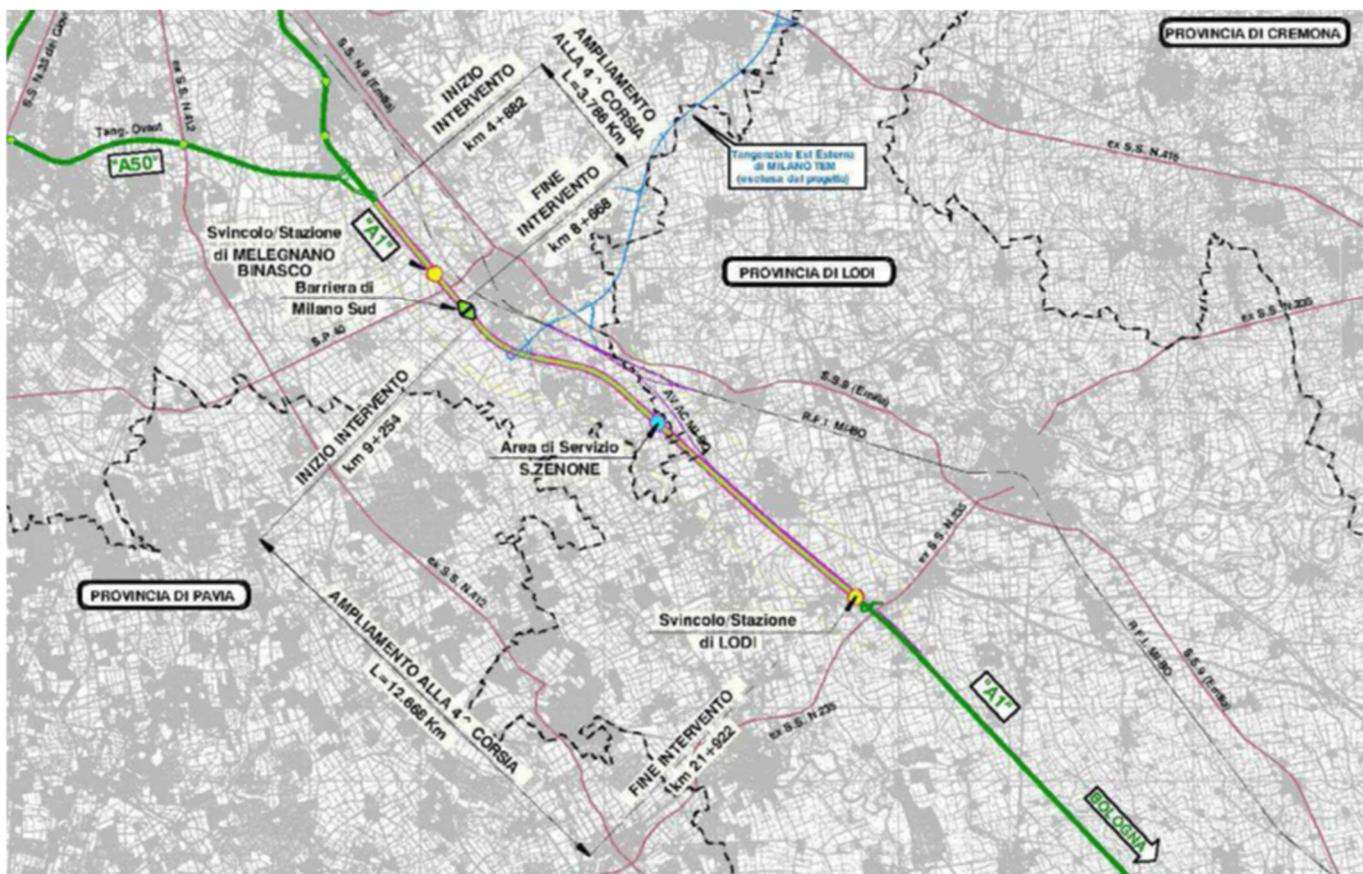


Figura: 4: tratte di intervento per l'ampliamento alla 4° corsia. Inquadramento territoriale.

Le modifiche progettuali apportate sono state tali da utilizzare quanto più possibile l'attuale sede stradale e conservare le opere d'arte già predisposte all'ampliamento, al fine di ridurre l'impatto ambientale dell'intervento. (Figura 4)

In particolare nel tratto della variante di Lodi Vecchio, realizzata da TAV nel 2005 (dalla pk 17+716 alla pk 21+176), viene mantenuto il tracciato esistente: andamento planimetrico, pendenze trasversali, spartitraffico esistente.

Il progetto per questo tratto prevede unicamente l'ampliamento della sezione trasversale da tre a quattro corsie.

SEZIONE TIPO DI PROGETTO
 BARRIERE ACUSTICHE E MURO DI SOSTEGNO

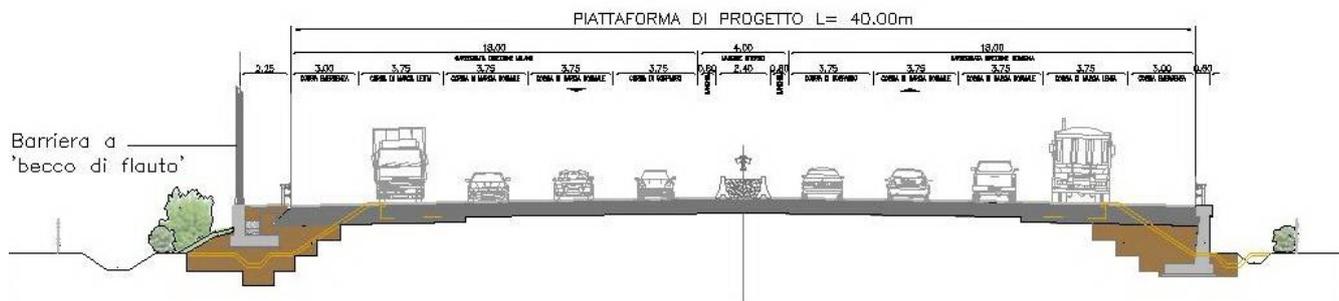


Figura: 5: sezione trasversale tipica della sede stradale.

Sia per il tratto iniziale tra la tangenziale ovest e la barriera di Milano sud che per il tratto successivo dalla barriera allo svincolo di Lodi si prevede l'ampliamento alla 4° corsia della sede stradale. Il tratto corrispondente alla barriera di Milano Sud non necessita di intervento in quanto la sezione stradale è di larghezza idonea per raccordarsi con gli interventi di ampliamento alla quarta corsia a monte e a valle.

Nell'ambito delle attività da svolgere legate alla Convenzione Unica tra Autostrade per l'Italia S.p.A. ed ANAS, si prevede l'ammodernamento e l'ampliamento alla quarta corsia dell'Autostrada A1 Milano - Napoli nel tratto compreso tra la barriera di Milano Sud (Tangenziale Ovest) e lo svincolo di Lodi.

2.1 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO ATTRAVERSATO

L'area di studio interessa, dal punto di vista amministrativo, il territorio di due Province: una piccola porzione a sud della provincia di Milano e la parte nord-occidentale della provincia di Lodi. Dal punto di vista morfologico, invece, il territorio presenta caratteri omogenei laddove si riscontra un ambito unitario dominato dalla presenza di attività agricole, supportate da una fitta rete idrografica di derivazione dei corsi d'acqua naturali (il fiume Lambro e l'Adda).

La Regione Lombardia individua sette "Grandi unità di paesaggio", ciascuna delle quali include le "Unità di paesaggio". Le "Grandi unità" derivano dagli incroci più significativi tra gli elementi componenti il paesaggio dando prevalenza agli elementi strutturali e geomorfologici fondamentali (altimetria, struttura del suolo, dominanza delle acque, climax). La loro funzione è quella di descrivere e differenziare le grandi unità geografiche che definiscono il paesaggio.

Le "unità di paesaggio" costituiscono sotto ambiti delle "grandi unità di paesaggio". In esse prevalgono le specifiche caratterizzazioni e omogeneità morfologico-ambientali paesistiche sia del paesaggio agrario che del paesaggio urbano con una espressione del dettaglio molto più approfondita. Dalla caratterizzazione di questi ambiti derivano poi scelte e indirizzi rispetto ai quali sono impostate le normative provinciali e locali.

Il PTR (Piano Territoriale Regionale) classifica il paesaggio in sette "Grandi unità tipologiche di paesaggio" e nelle relative "Unità di paesaggio"; l'infrastruttura oggetto dello Studio di Impatto Ambientale ricade nella "Grande unità di paesaggio" della "Fascia della bassa pianura" e nelle due "Unità di Paesaggio" dei "Paesaggi delle fasce fluviali" e "Paesaggi della bassa pianura irrigua" (Figura 6).

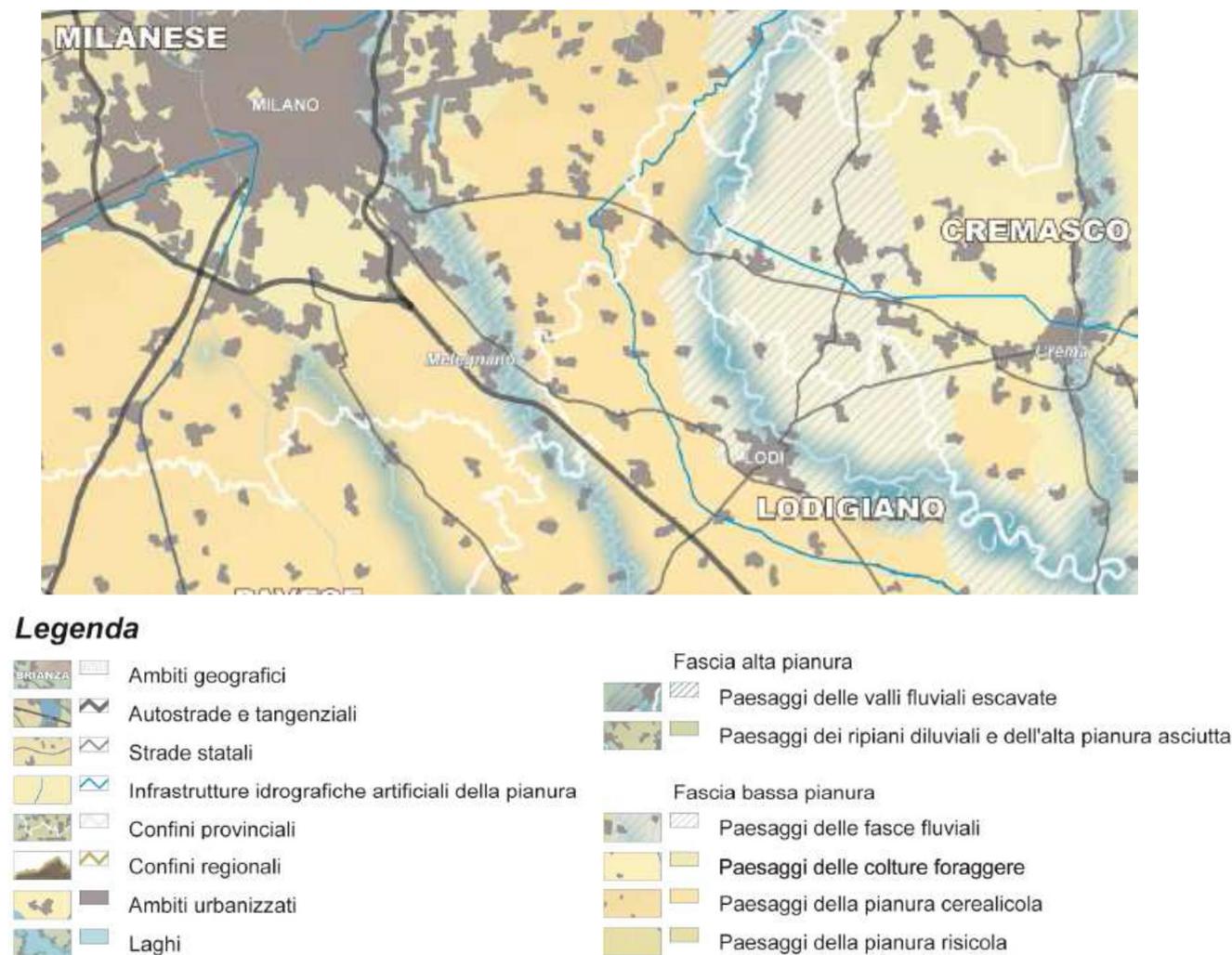


Figura: 6: Stralcio PTR

La fascia della bassa pianura è caratterizzata da elementi che tradizionalmente stavano ad indicare la specificità del paesaggio della bassa pianura lombarda, sono mutati nel corso degli anni: in primo luogo va posta l'organizzazione agricola basata sulla grande cascina, la minor densità urbana, il carattere geometrico del disegno dei campi, lo sviluppo in rettilineo delle strade, dei filari, dei canali irrigatori, la regolare distribuzione dei centri abitati. Oggi vi si sono aggiunti i serbatoi idrici sopraelevati e, in qualche caso, i silos e gli edifici multipiani intorno ai centri maggiori. Le riconversioni del paesaggio basso-lombardo degli ultimi decenni riguardano la diversa organizzazione agricola. Diversamente che nell'alta pianura, qui non è diffuso il fenomeno dell'agricoltura part-time, che è solitamente legata alla presenza dell'industria. Si tratta ancora di un'agricoltura tradizionale, di un'attività produttiva specializzata, spesso avanzatissima nelle sue tecniche e nelle sue forme di meccanizzazione.

Questo ambito territoriale si inserisce in un contesto più ampio che è quello della pianura irrigua a sud di Milano di cui sono note l'importanza e il ruolo da punto di vista della produzione e trasformazione del paesaggio agricolo, sin dalle prime bonifiche dell'undicesimo secolo a cura dei monaci benedettini che qui si sono insediati.

Le peculiarità, i valori storico-testimoniali e le particolari condizioni di rilevanza della attività e del paesaggio agricolo di queste aree ed il loro particolare rapporto con Milano, sono state negli anni oggetto di interesse da parte della pianificazione del territorio di area vasta (a partire dal primo Piano Intercomunale Milanese del 1976) che ne hanno da sempre promosso la tutela e la valorizzazione.

La spinta per la tutela e la valorizzazione di questo contesto si è concretizzata da parte della Regione Lombardia nel 1990 con la istituzione del "Parco Agricolo Sud Milano" che, a partire dalla sua stessa denominazione di "parco agricolo" segnala la sua specificità e il suo forte legame rispetto al riconoscimento del ruolo dell'agricoltura nella

conservazione e nella produzione di paesaggio.

Il Parco Agricolo Sud Milano interessa un terzo del territorio della provincia di Milano, compresa una parte significativa dell'ambito interessato dalle opere in esame; esso include, nell'area interessata alla quarta corsia dell'A1, i comuni di San Giuliano Milanese, Melegnano e Cerro al Lambro.

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio milanese risentono degli avvenimenti geologici succedutisi dal tardo Miocene fino a tutto il Quaternario. Dopo la forte fase erosiva su tutto l'arco prealpino di età miocenica che ha formato i canyons degli attuali laghi prealpini si sono succedute fasi di trasgressioni e regressioni marine. Nel Villafranchiano si succedono episodi di sedimentazione di depositi fluvio-lacustri, deltizi e di piana costiera, caratterizzati in prevalenza da granulometrie non grossolane (sabbie fini, limi, argille) per il predominare di condizioni di acque a bassa energia.

In seguito al sollevamento delle unità villafranchiane ed alla loro erosione si sono verificate diverse fasi trasgressive i cui depositi marini e continentali hanno riempito le incisioni e sono stati a loro volta erosi. Nei solchi vallivi così creati si deposero ghiaie e sabbie anche in grandi spessori che con il tempo sono state cementate.

Con il Pleistocene l'area viene interessata da episodi glaciali, convenzionalmente raggruppati nelle tre fasi Mindel, Riss e Würm, che diedero luogo alla deposizione di estesi depositi fluvio-glaciali nelle aree pedemontane. Fasi erosive interglaciali formano un sistema di terrazzi che attualmente occupa la porzione più alta della pianura ai piedi degli anfiteatri morenici e la media pianura.

Dal Pleistocene superiore all'Olocene si è avuto un lento innalzamento che ha provocato la formazione di dorsali e depressioni successivamente colmate dai depositi alluvionali più recenti, fino a costituire potenti accumuli di materiale ghiaioso sabbioso.

L'assetto morfologico del territorio è rappresentato da un'estesa piana fluvio-glaciale incisa, solo nella parte settentrionale, dal Fiume Lambro e caratterizzata da variazioni altimetriche molto limitate (si passa da circa 100 m s.l.m. nella zona Nord a circa 75 m s.l.m. in prossimità dello svincolo di Lodi mentre in corrispondenza del F. Lambro si raggiungono quote di circa 70 m s.l.m.). Si individua inoltre una traccia di paleoalveo morfologicamente poco accentuato, ad andamento meandriforme, formato probabilmente dal Fiume Lambro o dall'Adda ed attualmente percorso dal canale irriguo Cavo Sillaro (Figura 2.1.2).

Alla scala dell'opera risultano estremamente importanti i processi legati all'azione delle acque di deflusso superficiale e quelle legate all'azione dell'uomo (l'area è caratterizzata infatti da un'elevata antropizzazione che ne condiziona l'assetto naturale) che ha comportato una profonda modificazione del paesaggio, con la realizzazione di una fitta rete di canali irrigui.

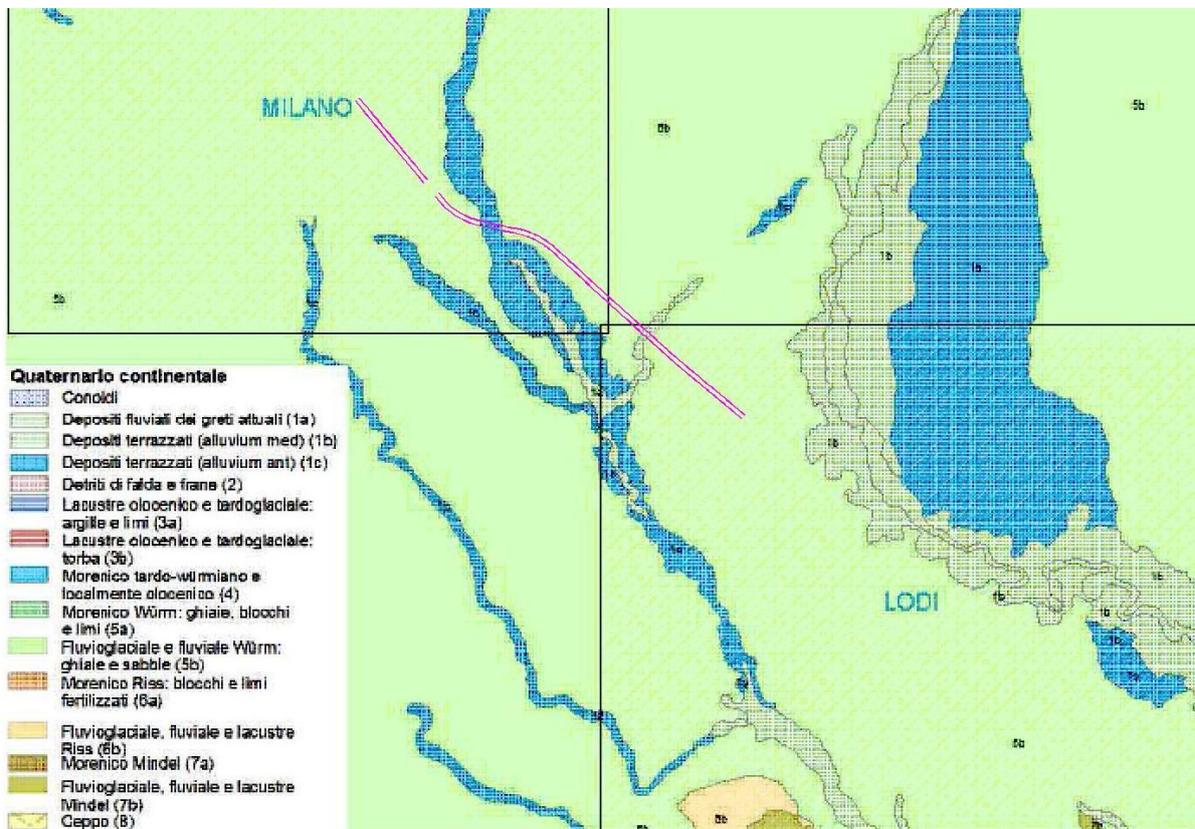


Figura: 7: Stralcio della Carta geologica regionale per l'area interessata.

Beni storico architettonici localizzati in ambito extra-urbano vincolati ai sensi del comma 1 dell'Art. 10 del Dlgs 42/04

In questa categoria rientra solo un bene tra quelli interferiti, si tratta Opera idraulica sul Cavo Lorini – Marocco e lo stesso tratto di Cavo interessato dai lavori di ampliamento.

Il Cavo Lorini - Marocco è stato realizzato nei primi dell'800 nel pieno del fervore della modernizzazione della agricoltura lombarda. Si tratta di una delle più grandi opere idrauliche della prima metà del secolo. La grande opera consisteva nella costruzione di un corso d'acqua che attraversava il territorio di Sordio e serviva per l'irrigazione della zona sud-orientale del milanese, pressoché sterile perché di natura sabbiosa; il canale giunge fino nel pavese.

Il Cavo Marocco origina come derivazione del Colatore Addetta in località Zoate (comune di Tribiano, provincia di Milano). Scorre nel territorio lodigiano a partire dalla frazione Cologno di Casalmaiocco, per poi entrare nella provincia di Milano e nuovamente in quella di Lodi, prima di terminare il suo percorso in territorio pavese, immettendosi nella Roggia Grande.

Il canale nasce come opera privata ad iniziativa Dei sigg. Zaccaria e Lorini, a cui si sostituisce l'Avv. Marocco a seguito delle difficoltà finanziarie dei primi. Il progetto fu eseguita dall'Ing. Carlo Parea. Il Cavo Nuovo, poi Lorini – Marocco, rimane di proprietà della famiglia Marocco l'800.

Il cavo fu iniziato nel 1805/1806, in pieno periodo napoleonico e terminato nel 1817 in piena restaurazione. Ulteriori interventi si sono protratti fino agli anni 30 dell'800, data che per alcune fonti è quello dell'inizio delle concessioni irrigue.

Questo canale ha origine del già citato Canale Addetta del Consorzio Muzza, con un manufatto di presa e regolazione dotato di scaricatore di emergenza nell'Addetta stessa.

In regime irriguo estivo, la sua portata è fissata in 8,00 mc/sec, che possono salire a 10,00 mc/sec in caso di massima piena.

Una volta sottopassato il ponte dell'Autostrada A1, quasi in fregio alla carreggiata sud, è presente un importante nodo idraulico, costituito da un sostegno sul canale a n°2 paratoie, con uno sfioratore a sifone laterale e un manufatto per la derivazione di un cavo irriguo in riva sinistra (Figura 8).



Figura: 8: nodo idraulico in prossimità del Comune di San Zenone al Lambro.

Quest'ultimo è regolato da n° 2 paratoie alloggiare in piccolo fabbricato coperto.

A valle di tale fabbricato, e prima del sostegno, è stato installato un sifone di sfioro per regolare ulteriormente la portata nel canale principale.

Per l'ampliamento dell'A1 è necessaria la demolizione del manufatto e la sua traslazione a ovest.

Proseguendo poi a valle con una tratta rettilinea di circa 500 m, il canale stesso sovrappassa il Fiume Lambro per attuare l'irrigazione dei terreni a sud di Cerro al Lambro.

Il Cavo Marocco è classificato dal Piano Ittico Provinciale di Lodi come corso d'acqua di interesse piscatorio. Il piano pone come specifico obiettivo di tutela il mantenimento di condizioni di idoneità ad un soddisfacente esercizio della pesca dilettantistica.

L'intervento in esame interessa un territorio ove sono presenti numerosi edifici storici diffusi connessi all'antico sistema delle marcite e (prevalentemente articolato su grandi aziende imperniate sulla cascina con bovini che presentavano superfici variabili dai 100 ai 200 ha di Superficie agricola utilizzata). Sono presenti anche numerosi centri storici che, a parte Lodi Vecchio, non hanno dimensioni ragguardevoli e consistono in aggregati di funzioni ordinarie – Parrocchie, Ville padronali, Edifici pubblici - su cui si sono impennati, con una recente crescita edilizia significativa, i centri maggiori del territorio: Riozzo, Cerro al Lambro, San Zenone al Lambro e in Parte Borgo S. Giovanni. In alcuni casi l'espansione dell'urbano ha assorbito anche Cascine, un tempo isolate, inglobandole nel territorio urbanizzato, se non nel perimetro del centro storico.

La dinamica che ha portato a questa commistione di edilizia recente e vestigia sette - ottocentesche è in parte dipesa anche dalla profonda ristrutturazione e aggregazione delle entità comunali di base che preesistevano. Per tutto l'ottocento, fino al 1930 si registrano accorpamenti di comuni e solitamente l'espansione edilizia degli anni '60 si è concentrata nel capoluogo facendolo emergere realmente come centro ordinatore.

Lungo il percorso vi sono numerosi beni tutelati dalla pianificazione provinciale o comunale; per ognuno di essi è stata approntata una scheda e valutato le possibili interferenze visive. Ove presenti il progetto è stato adeguato, inserendo barriere acustiche in larga parte trasparenti.

L'intervento, trattandosi di realizzazione di due corsie per lato che per tutto il tracciato si sviluppa su di un sedime parzialmente già predisposto e con ampliamenti simmetrici, non appare suscettibile se non di limitati miglioramenti alle tecniche adottate ordinariamente (ad es. l'inserimento di barriere antifoniche trasparenti nei punti in cui sono maggiormente visibili beni tutelati).

Gli elementi di maggiore impatto paesaggistico sono individuabili nelle barriere antifoniche di maggiore lunghezza che sono state contenute nel numero e previste con coloriture prevalentemente compatibili con i colori dei manufatti storici presenti (colore bruno rossiccio cor-ten).

Sempre per quanto riguarda le barriere acustiche si richiama la scelta progettuale di realizzare i maggiori tratti possibili (nel rispetto della sicurezza) in materiale trasparente e di far terminare quelle opache con un graduale passaggio alla trasparenza, in modo da evitare il più possibile l'effetto "muro".

Nell'attraversamento dei corsi d'acqua tutelati non sono previste la realizzazione di nuove strutture nel corpo d'acqua, per cui non si prevedono danni ambientali e paesaggistici.

Lungo tutto il tracciato sono predisposti al piede dei rilevati delle fasce prevalentemente arbustive che concorrono a ridurre la geometricità del passaggio tra il rilevato e l'aperta campagna.

Beni storico architettonici localizzati in ambito extra-urbano vincolati ai sensi dell'art. 136 del D.lgs. 42/04



Basilica di S. Bassiano

Figura: 9: I primi edifici di Lodi Vecchio (LO) e in lontananza, all'orizzonte, l'Asse dell'A1.

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 (fonoassorbimenti, 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 Parte 6: Caratteristiche intrinseche - Valore in sito di isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo sonoro diretto

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: 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 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 recepirlo), 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, α_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 1793-6; 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 diffratta; 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*, ΔDI .

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 α

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

Per quanto riguarda l'impiego di materiali trasparenti (il cui indice DL α 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 C₀ (prodotto non testato) e le classi C₁ e C₄ (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 C₂ e C₅ 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 C₃ e C₆ 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 incombustibili;

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.

È 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.

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 la 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 le CEN/TS 1793-5 e CEN/TS 1793-6.

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. È 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 1793-6 - 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 α_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_α per prodotti sottoposti a prova, in accordo alla UNI EN 1793-1;
- ✓ DL_{RI} 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_α (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 1793-6; viene misurato il sound insulation index, SI.

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

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

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 ₀	B ₁	B ₂	B ₃
Fonoassorbimento	A ₀	rosso	rosso	rosso	rosso
	A ₁	rosso	blu	blu	blu
	A ₂	rosso	blu	blu	verde
	A ₃	rosso	blu	verde	verde
	A ₄	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 B1, quindi B2 o B3.

Indice di fonoassorbimento DL_{α}

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.

Categoria	DL_{α} dB
A₀	Non determinato
A₁	< 4
A₂	da 4 a 7
A₃	da 8 a 11
A₄	> 11

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

	Caduta frammenti						
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
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	Blu	Verde	Blu	Blu	Rosso
Barriera con materiali speciali (innovativi non qualificati)	Verde	Verde	Blu	Verde	Blu	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:

- le classe C₀ (prodotto non testato) e le classi C₁ e C₄ (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 C₂ e C₅ 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.);
- le classi C₃ e C₆ 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 ₁	C ₂	C ₃
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 C₁ o C₂ 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

	Protezione ambientale	Riflessione luce	Trasparenza
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								
Mono materiale - metallo -								
Mono materiale - calcestruzzo -								
Mono materiale - legno -								
Mono materiale - trasparente -								
Barriera con materiali speciali (innovativi non qualificati)								
Barriera con forma standard (verticale)								
Barriere con forme speciali (curve/inclinate, architettoniche)								
Muri cellulari (legno, calcestruzzo)								
Barriere verdi, dune con vegetazione								

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	Blu	Verde
Mono materiale - trasparente -	Verde	Blu	Blu	Blu	Verde	Verde	Verde	Verde
Barriera con materiali speciali (non qualificati)	Verde	Blu	Blu	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

La **FO-001** si sviluppa in corrispondenza della barriera di esazione di Melegnano, per una lunghezza complessiva di 56 metri, lungo il ciglio sud dell'autostrada. E' composta, planimetricamente, da due campate di bordo lunghe 18 metri ciascuna con passo dei montanti di 3 metri, e da una campata centrale lunga 20 metri con passo dei montanti di 4 metri. La barriera fonoassorbente è semitrasparente alta complessivamente 4 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da tre pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 1 metro in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Le **FO-003 e FO-004** sono barriere fonoassorbente consecutive poste lungo il ciglio nord dell'autostrada nel tratto compreso tra la barriera di Melegnano e l'interconnessione TEEM (si collegano al tratto di barriere esistenti realizzate nell'ambito TEEM) . Entrambe sono di altezza 6 m, la prima di tipo trasparente, la seconda semitrasparente.

Il tratto di barriera fonoassorbente trasparente è alta complessivamente 6 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da un pannello con guscio in acciaio cor-ten, alto= 50 cm e, in sommità, da tre pannelli fonoisolanti alti 2+2+1 metri in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Il tratto di barriera fonoassorbente semitrasparente è alta complessivamente 6 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da sette pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 2 metri in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

All'inizio della FO-003 e al termine della FO-004 sono previste due campate di bordo di 24 metri ciascuna con passo montanti di 3 metri. Il tratto centrale ha invece passo montanti pari a 4 m a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m.

Tra i montanti 82 e 83 delle FO-003 e i montanti 148 e 149 delle FO-004 sono state previste un'uscita di servizio (un'uscita ogni 500 m circa di barriere continue).

Le **FO-005 e FO-006** sono barriere fonoassorbente consecutive poste lungo il ciglio nord dell'autostrada nel tratto compreso tra la barriera di Melegnano e l'interconnessione TEEM (sono successive al tratto di barriere esistenti già citate) . Le FO-005 sono di altezza 6 m, le FO-006 sono di altezza 5 m, entrambe sono semitrasparenti.

Il tratto di barriera fonoassorbente semitrasparente di altezza 6 metri è strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da sette pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 2 metri in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Il tratto di barriera fonoassorbente semitrasparente di altezza 5 metri è strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da sette pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 1 metro in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

All'inizio della FO-005 e al termine della FO-006 sono previste due campate di bordo di 24 e 21 metri ciascuna con passo montanti di 3 metri. Il tratto centrale ha invece passo montanti pari a 4 m a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m.

Le **FO-007** sono barriere fonoassorbenti poste lungo il ciglio nord dell'autostrada in corrispondenza dell'abitato di Ceregallo (tra il fiume Lambro e il cavalcavia SP204).

E' composta, planimetricamente, da due campate di bordo lunghe 18 metri ciascuna con passo dei montanti di 3 metri, e da una lunga campata centrale con passo dei montanti di 4 metri a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m.

La barriera fonoassorbente è semitrasparente alta complessivamente 4 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da tre pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 1 metro in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Le **FO-008, FO-009 e FO-010** sono barriere fonoassorbente consecutive poste lungo il ciglio sud dell'autostrada appena prima del cavalcavia SP204 a cavallo del ponte sul Lorini-Marocco. Le FO dell'intera tratta sono di altezza 5 m di tipo semitrasparente.

Per l'intero tratto la barriera fonoassorbente è strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da sette pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 1 metro in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

All'inizio della FO-008 e al termine della FO-010 sono previste due campate di bordo di 21 e 27 metri ciascuna con passo montanti di 3 metri. Il tratto centrale ha invece passo montanti pari a 4 m a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m. Parte delle FO-008 è montata su muro di sostegno, anziché su rilevato così come la FO-009 che è montata direttamente sul ponte del Lorini Marocco. Nel tratto in avvicinamento al cavalcavia SP204, la FO-010 sale sul rilevato con 3 campate da 3 m ad altezza variabile (4 m, 3 m, 2 m).

Le **FO-011** sono barriere fonoassorbenti poste lungo il ciglio sud dell'autostrada appena dopo il cavalcavia SP204.

La tratta è composta, planimetricamente, da due campate di bordo lunghe 36 m e 24 m ciascuna con passo dei montanti di 3 metri, e da una lunga campata centrale con passo dei montanti di 4 metri a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m. Nel tratto in avvicinamento al cavalcavia SP204, la FO-011 sale sul rilevato con 4 campate da 3 m ad altezza variabile (4 m, 3 m, 2 m).

La tratta di barriera fonoassorbente trasparente è alta complessivamente 6 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da un pannello con guscio in acciaio cor-ten, alto= 50 cm e, in sommità, da tre pannelli fonoisolanti alti 2+2+1 metri in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Le **FO-012** sono barriere fonoassorbenti poste lungo il ciglio sud dell'autostrada appena dopo l'area di servizio di San Zenone.

E' composta, planimetricamente, da due campate di bordo lunghe 18 metri ciascuna con passo dei montanti di 3 metri, e da una lunga campata centrale con passo dei montanti di 4 metri a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m.

La barriera fonoassorbente è trasparente alta complessivamente 4 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da un pannello con guscio in acciaio cor-ten, alto= 50 cm e, in sommità, da 2 pannelli fonoisolante alto rispettivamente 2 e 1 metro in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Le **FO-013, FO-014 e FO-015** sono barriere fonoassorbenti consecutive poste lungo il ciglio nord dell'autostrada posti in corrispondenza dell'abitato di Lodi Vecchio. Le FO dell'intera tratta sono di altezza 6 m di tipo semitrasparente.

La tratta è composta, planimetricamente, da due campate di bordo lunghe 24 m ciascuna con passo dei montanti di 3 metri, e da una lunga campata centrale con passo dei montanti di 4 metri a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m. La FO-014 è montata direttamente sullo scatolare di via Piave.

La tratta di barriera fonoassorbente semitrasparente è alta complessivamente 6 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da sette pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 2 metri in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

Tra i montanti 119 e 120 delle FO-015 è prevista un'uscita di servizio (un'uscita ogni 500 m circa di barriere continue).

Le **FO-017, FO-018 e FO-019** sono barriere fonoassorbenti consecutive poste lungo il ciglio sud dell'autostrada posti in corrispondenza dell'abitato di Borgo San Giovanni. Le FO dell'intera tratta sono di altezza 5 m di tipo semitrasparente.

La tratta è composta, planimetricamente, da due campate di bordo lunghe 21 m ciascuna con passo dei montanti di 3 metri, e da una lunga campata centrale con passo dei montanti di 4 metri a meno di alcuni punti singolari (scavalco opere d'arte) dove è stato necessario prevedere pannelli con passo montanti pari a 3 m. La FO-018 è montata direttamente sul Ponte Sillaro 2.

La tratta di barriera fonoassorbente semitrasparente è alta complessivamente 5 metri e strutturata con un pannello prefabbricato in C.A. alto 50 cm che viene posizionato sopra il cordolo in C.A. di fondazione, previa messa in opera di una guarnizione per la tenuta acustica, da sette pannelli con guscio in acciaio cor-ten, alti= 50 cm e, in sommità, da un pannello fonoisolante alto 1 metro in vetro trasparente temperato con PVB trasparente incolore e serigrafia per la protezione dell'avifauna.

3.1 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 generale tipologia di barriera acustica è stata scelta in modo da garantire l'omogeneità con le barriere acustiche recentemente installate anch'esse realizzate con pannelli in acciaio cor-ten (Figura 10).



Figura 10: barriera esistente

Pertanto sono state adottate barriere fonoassorbenti composte da pannelli in acciaio cor-ten 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.

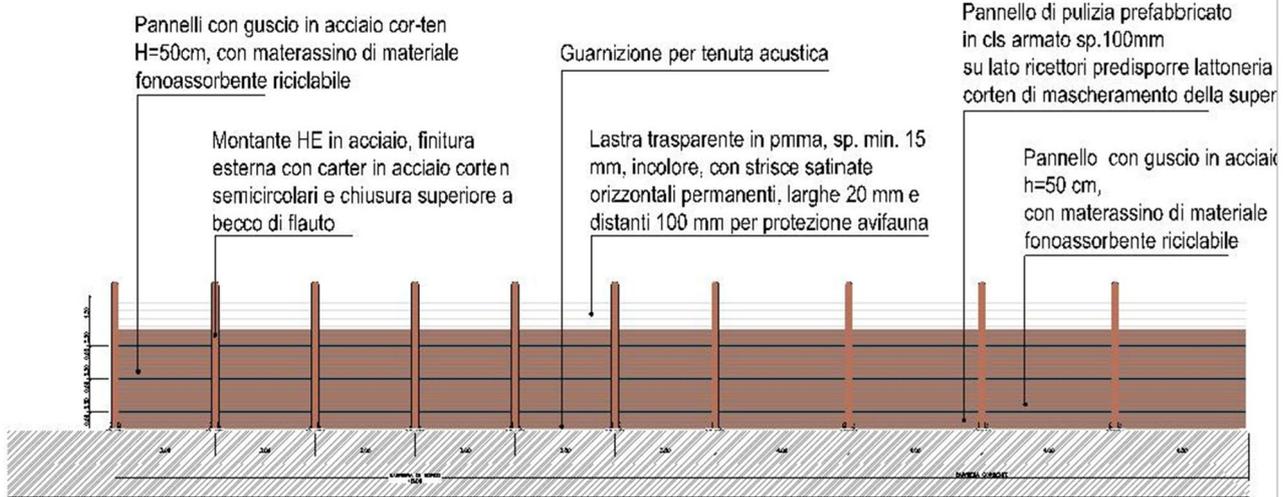
In prossimità di abitazioni o di siti frequentati, ed in presenza di ponti e viadotti, devono essere utilizzati cordini di ancoraggio della lastra al montante, con funzione di ritenuta dei frammenti in caso di rottura.

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 1 metro.

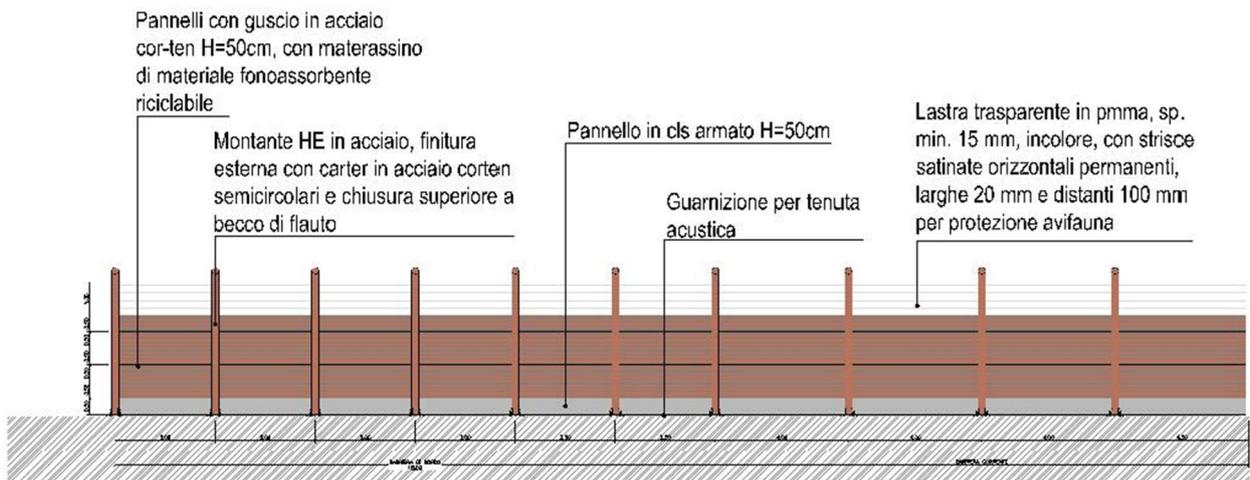
L'esito delle ricerche condotte in fase di progettazione unitamente ai vincoli al contorno sopra indicati ha condotto quindi all'individuazione delle seguenti tipologie per il progetto esecutivo dell'intervento.

- Barriera denominata **Tipo 1A** semitrasparente, di altezza pari a 4 m, costituita da pannelli con guscio in acciaio cor-ten, con montante in acciaio cor-ten e pannello basale in CLS armato.
- Barriera denominata **Tipo 1B** trasparente, di altezza pari a 4 m, costituita da pannelli con guscio in acciaio cor-ten, con montante in acciaio cor-ten e pannello basale in CLS armato.
- Barriera denominata **Tipo 2** semitrasparente, di altezza pari a 5 m, costituita da pannelli con guscio in acciaio cor-ten, con montante in acciaio cor-ten e pannello basale in CLS armato.
- Barriera denominata **Tipo 3A** semitrasparente, di altezza pari a 6 m, costituita da pannelli con guscio in acciaio cor-ten, con montante in acciaio cor-ten e pannello basale in CLS armato.
- Barriera denominata **Tipo 3B** trasparente, di altezza pari a 6 m, costituita da pannelli con guscio in acciaio cor-ten, con montante in acciaio cor-ten e pannello basale in CLS armato.

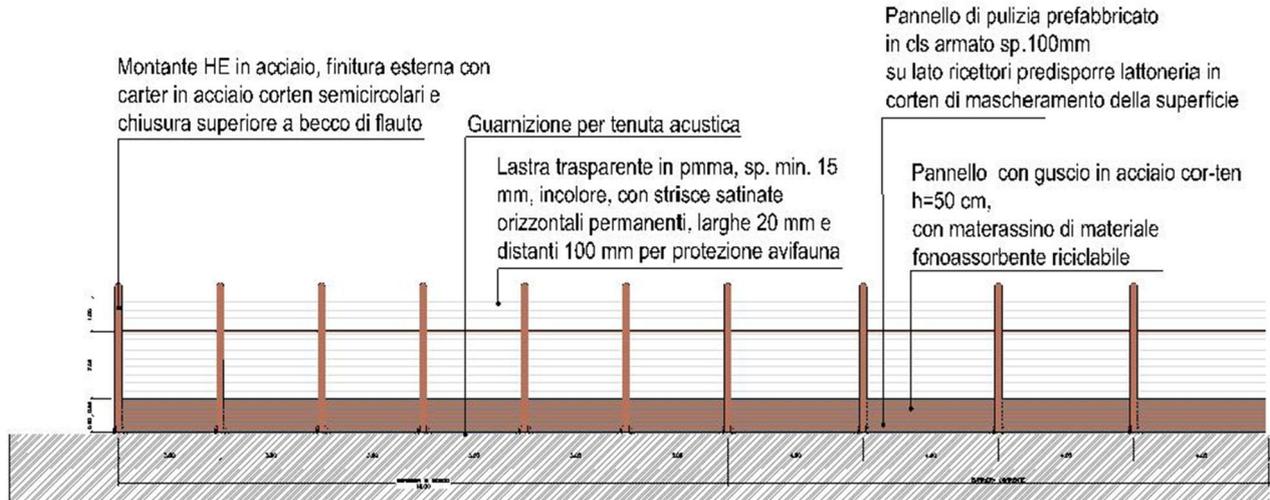
BARRIERA TIPO 1 - A H 4m
FOA SEMITRASPARENTE
 lato ricettore



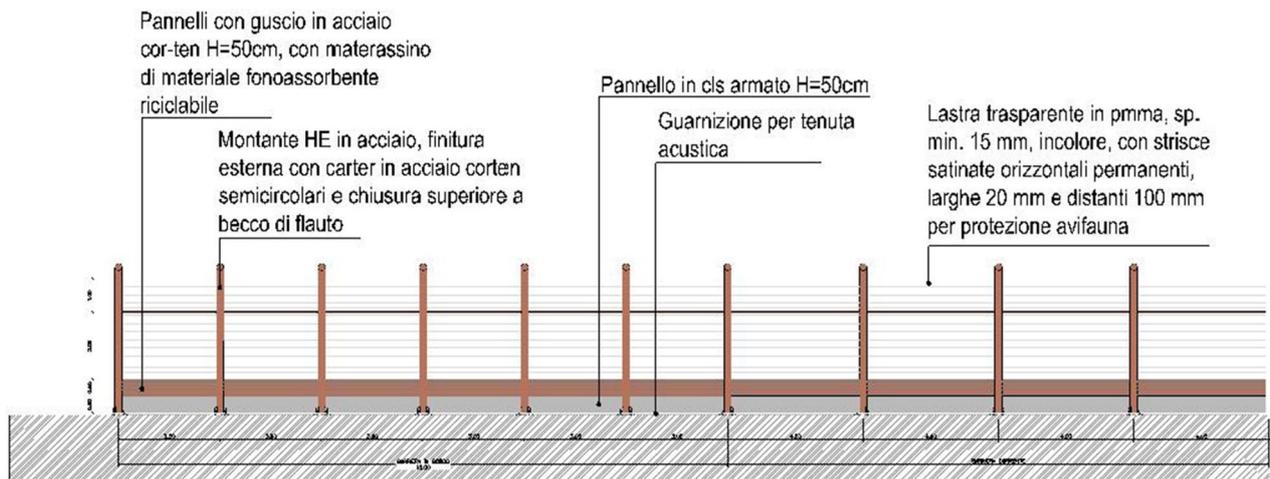
BARRIERA TIPO 1 - A H 4m
FOA SEMITRASPARENTE
 lato autostrada



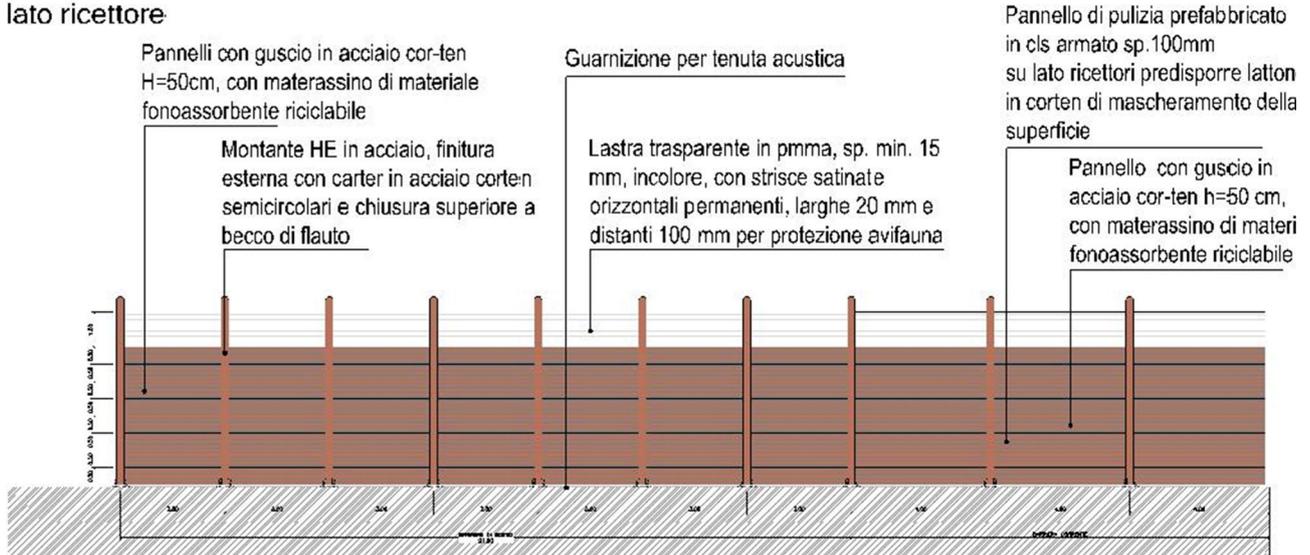
BARRIERA TIPO 1 - B H 4m
 FOA TRASPARENTE
 lato ricettore



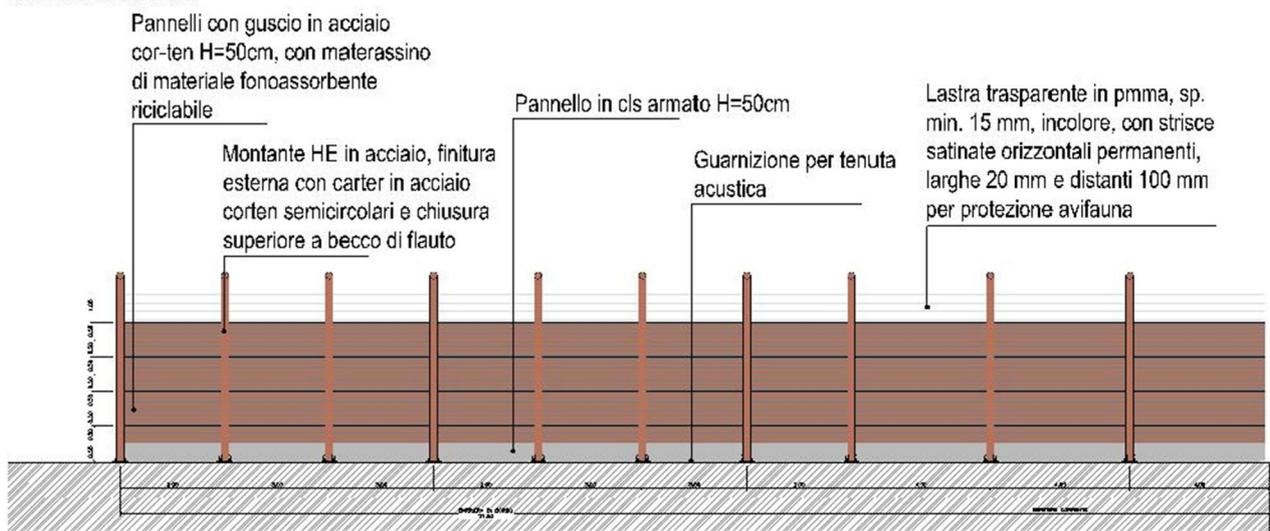
BARRIERA TIPO 1 - B H 4m
 FOA TRASPARENTE
 lato autostrada



BARRIERA TIPO 2 H 5m
FOA SEMITRASPARENTE
 lato ricettore

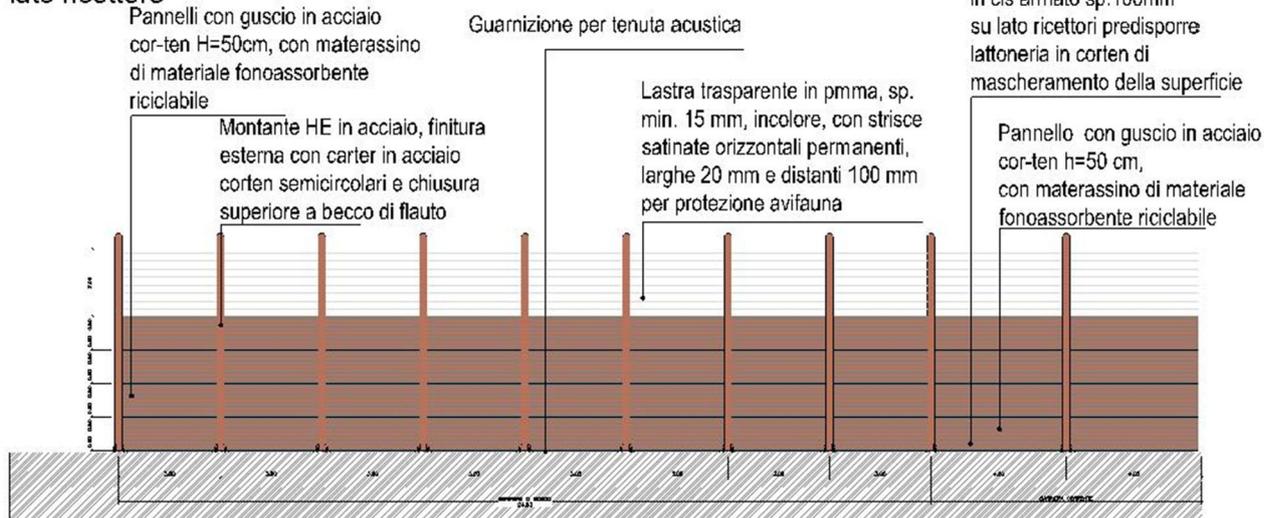


BARRIERA TIPO 2 H 5m
FOA SEMITRASPARENTE
 lato autostrada



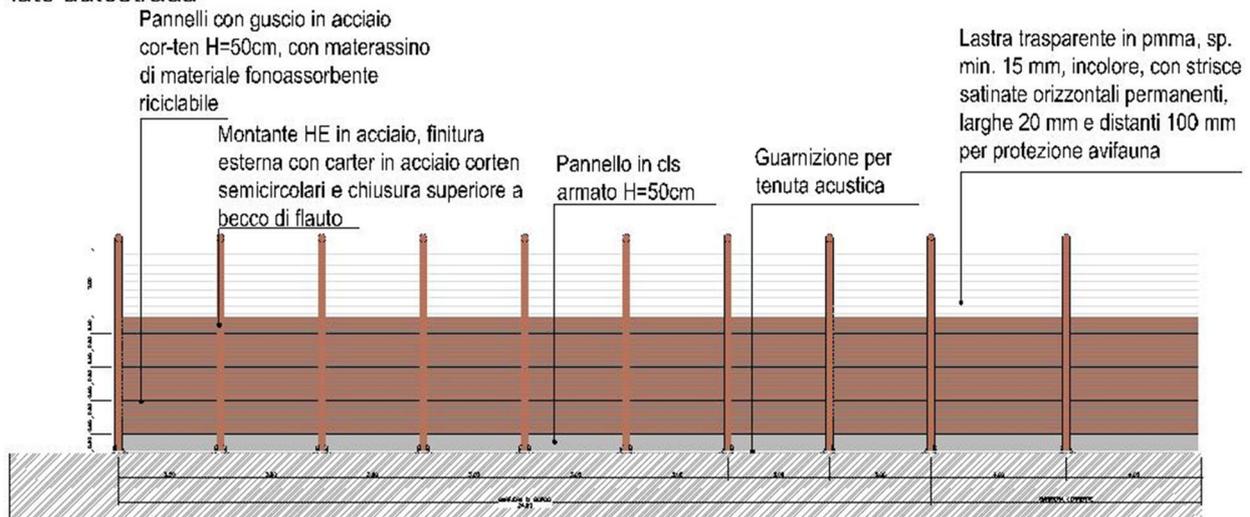
BARRIERA TIPO 3 - A
FOA SEMITRASPARENTE
 lato ricettore

H 6m



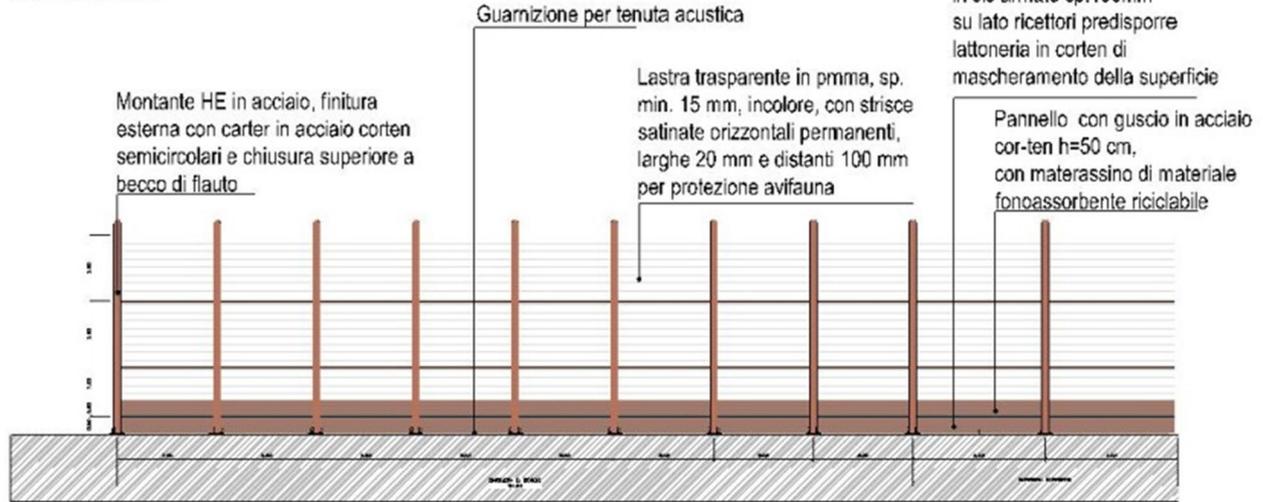
BARRIERA TIPO 3 - A
FOA SEMITRASPARENTE
 lato autostrada

H 6m



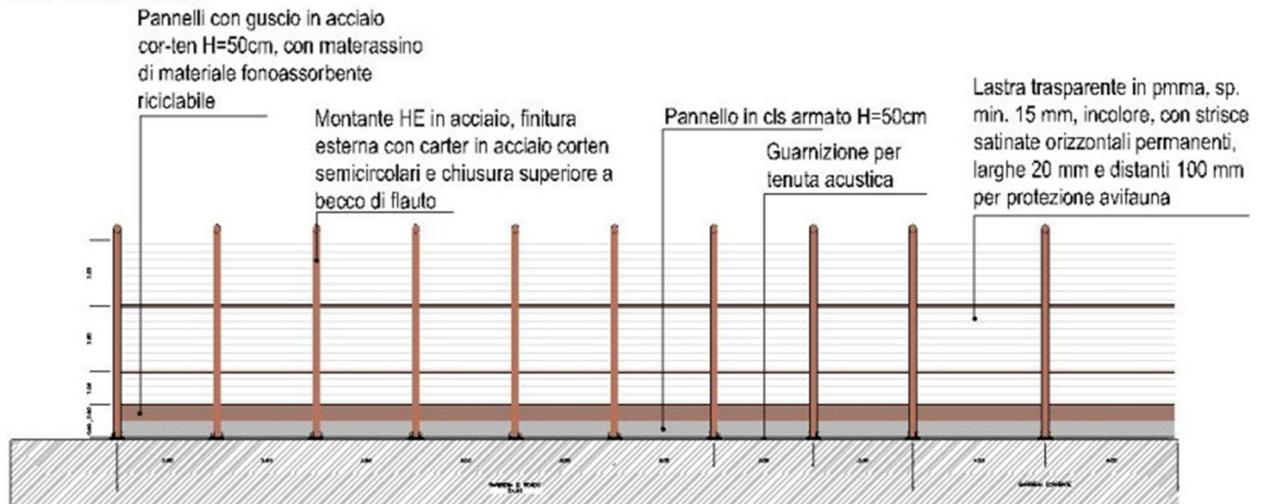
BARRIERA TIPO 3 - B
FOA TRASPARENTE
 lato ricettore

H 6m



BARRIERA TIPO 3 - B
FOA TRASPARENTE
 lato autostrada

H 6m



Le tipologie di barriere si differenziano principalmente per l'altezza (6, 5 e 4 metri), e per la disposizione delle campate intermedie. Per tutte le tipologie il passo dei montanti verticali sarà corrispondente a metri 3.00 per le campate di bordo e metri 4.00 per la campata centrale a meno di situazioni particolari.

Il progetto descrive anche il mutuo rapporto delle barriere con le sottostrutture ed in generale con la condizione in cui vanno ad essere calate, sopra rilevato o opera d'arte.

L'insieme delle tipologie descrive nel dettaglio gli elementi che compongono l'elevazione di ogni singola barriera acustica, come riportato negli elaborati di progetto.

Partendo da una rapporto pannelli opachi / pannelli semitrasparenti pari a 75 / 25 %, come già descritto e come riportato nelle tipologie 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 dalla sede stradale verso il territorio circostante;
- Evitare l'ombreggiamento di ricettori e loro relativi spazi esterni di pertinenza;
- Mantenere interservisibilità tra valori paesaggistici riconosciuti;
- Caratterizzare formalmente l'elevazione degli interventi particolarmente lunghi;
- Segnalare la presenza delle uscite di sicurezza e fornire maggiore interservisibilità in questi punti.

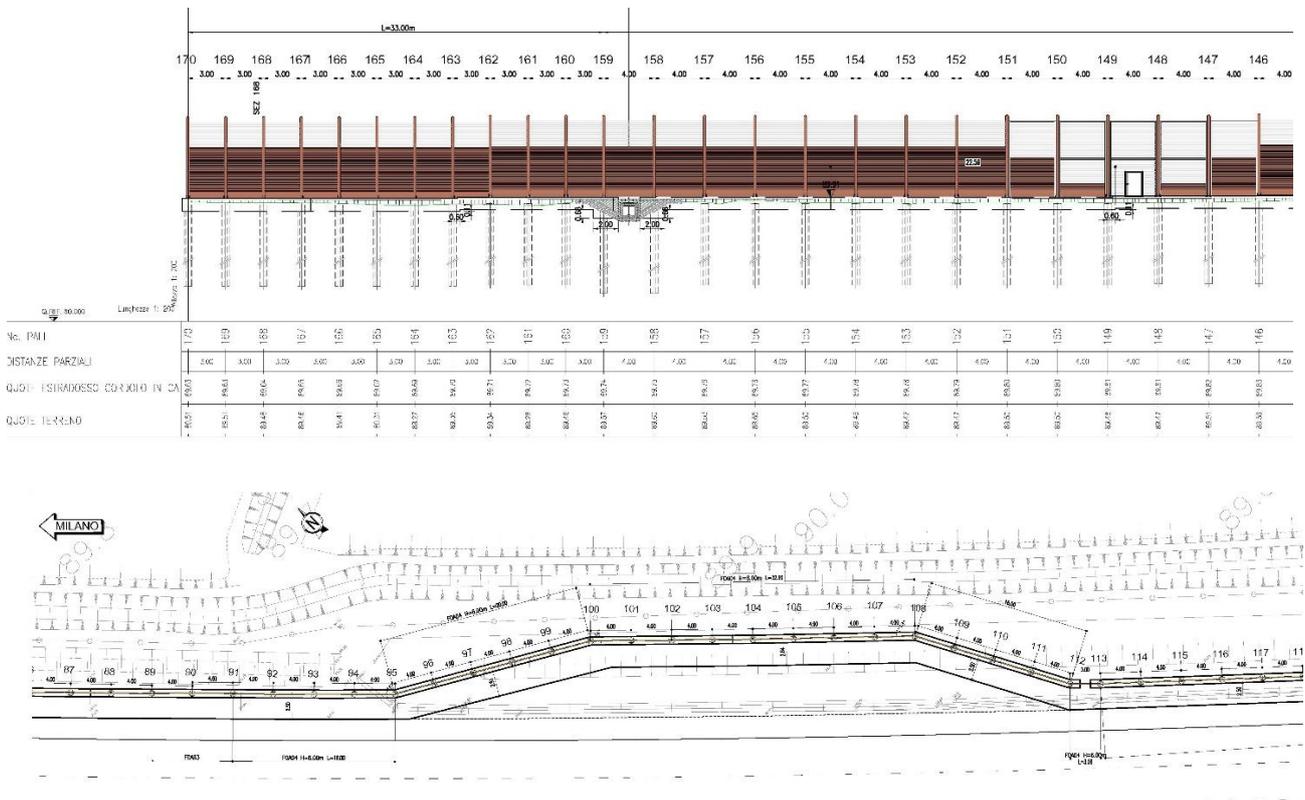
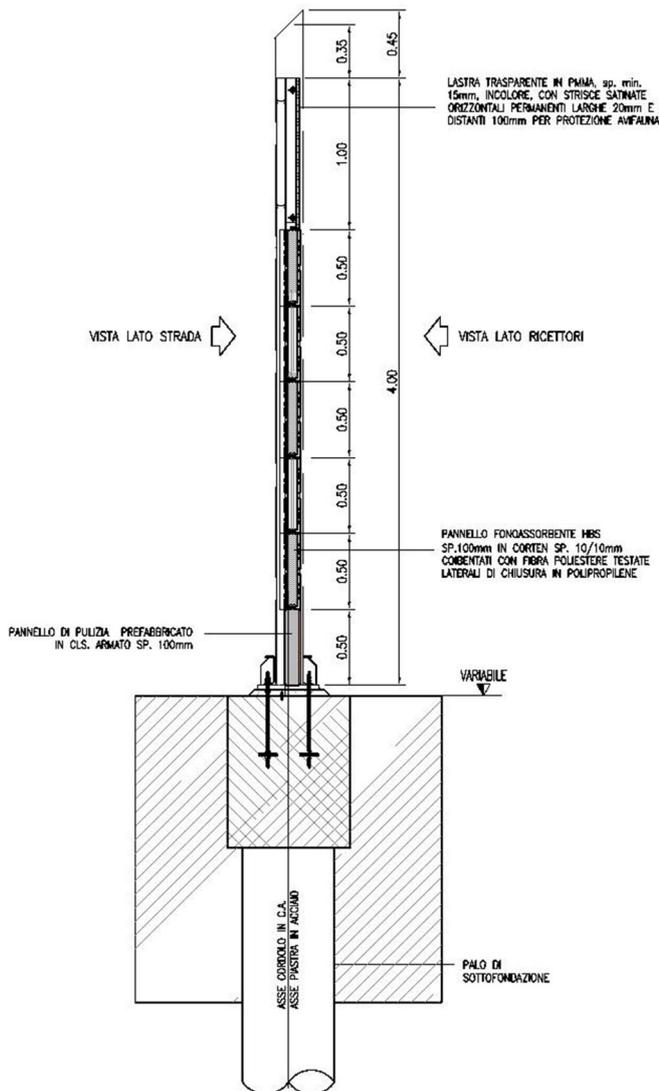


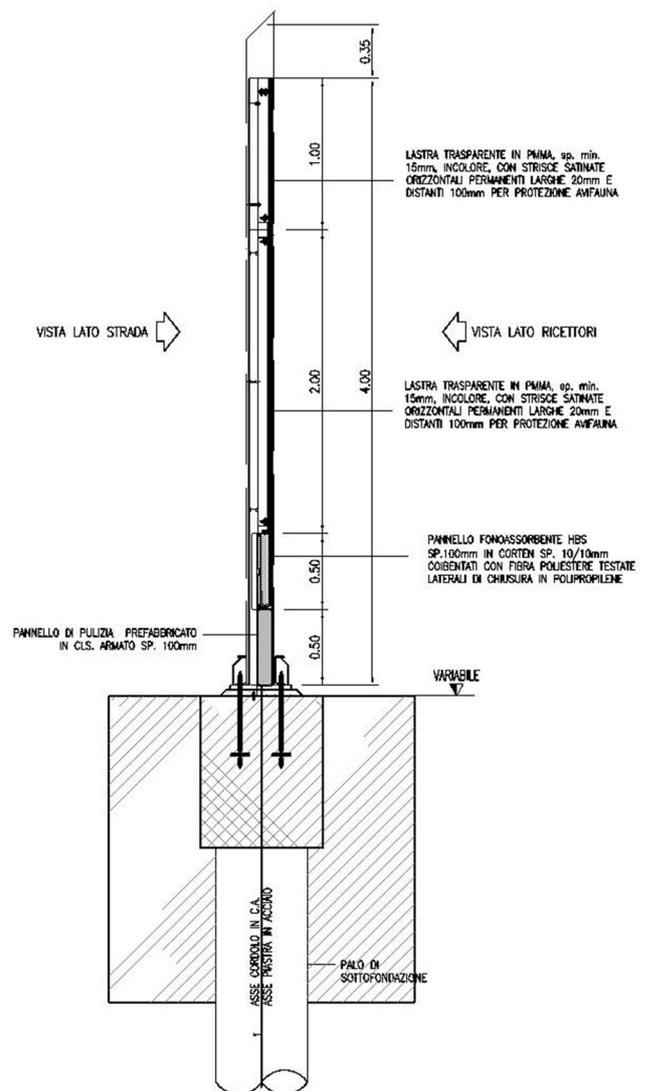
Figura 10: Esempio di svilupata e planimetria

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.

TIPO 1A H = 4.00 m
 Scala 1:25



TIPO 1B H = 4.00 m
 Scala 1:25



TIPO 2 H = 5.00 m
 Scala 1:25

