

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA–BARI–TARANTO

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA
DEL TRATTO RIMINI NORD–PEDASO

TRATTO: ANCONA NORD – ANCONA SUD

PROGETTO ESECUTIVO

AU – CORPO AUTOSTRADALE

OPERE COMPLEMENTARI – BARRIERE ANTIFONICHE

Relazione acustica generale


Impresa di costruzioni 	A.T.I. Progettazione 	Mandatari    
---	---	--

RAPPRESENTANTE ATTIVITA' PROGETTAZIONE Ing. Paolo Cucino	IL PROGETTISTA Ing. Marco Meneguzzer	DIRETTORE TECNICO Ing. Marco Meneguzzer
---	---	--

WBS – Rif. elaborato – Sistema di codifica AUTOSTRADE					DATA: MARZO 2011	INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Paolo Mazzalai
DIRETTORIO		FILE			SCALA: -----	
-----	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo		
-----	1 1 1 4 2 5 0 1	A U A	0 5 0 0	-		

RAPPRESENTANTE ESECUZIONE LAVORI Ing. Luigi Pellegrini	REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
	A	Emissione	MARZO 2011	Meneguzzer	Meneguzzer	Mazzocchi
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-

Nome file: AUA0500.dwg

VISTO DELLA COMMITTENTE	 Società per azioni
-------------------------	--

INDICE

1. STUDIO ACUSTICO.....	3
1.1 PREMESSA	3
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
1.2.1 <i>Normativa nazionale</i>	3
1.3 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI.....	11
1.4 MODELLO PREVISIONALE DEL CLIMA ACUSTICO.....	12
1.5 IMPATTI IN FASE DI ESERCIZIO	15
1.5.1 <i>Metodologia di analisi</i>	15
1.5.2 <i>Revisione dello scenario futuro in seguito al Decreto VIA del Ministero dell’Ambiente</i>	16
2. BARRIERE ACUSTICHE	21
2.1 QUADRO NORMATIVO E LEGISLATIVO	21
2.2 REQUISITI GENERALI DELLE BARRIERE ACUSTICHE	23
2.2.1 <i>Requisiti acustici</i>	24
2.2.2 <i>Requisiti non acustici</i>	26
2.2.3 <i>Requisiti di durabilità</i>	32
2.2.4 <i>Requisiti di manutenzione</i>	33
2.2.5 <i>Requisiti relativi ai materiali</i>	33
2.3 CRITERI PER LA DEFINIZIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI ESECUTIVE.....	37
2.4 SOLUZIONI INDIVIDUATE	48
2.5 CRITERI PROGETTUALI PER LA RISOLUZIONE DEI PUNTI SINGOLARI	51

ALLEGATI:

- **Allegato 1: Risultati simulazioni acustiche**
- **Allegato 2: Carta degli interventi di mitigazione**

1. STUDIO ACUSTICO

1.1 Premessa

La finalità delle analisi condotte per lo studio dell'inquinamento acustico nelle diverse fasi di progettazione è la determinazione e valutazione degli impatti acustici indotti nella fase di esercizio del progetto, ottenuti effettuando il confronto tra il clima acustico attuale, quello che è possibile prevedere a seguito dell'ampliamento dell'autostrada con l'inserimento della terza corsia e i limiti previsti della normativa vigente.

In particolare in fase di progettazione definitiva si è provveduto in primo luogo a verificare e recepire le prescrizioni contenute nel decreto con cui è stato espresso il giudizio di compatibilità ambientale positiva da parte dei Ministeri dell'Ambiente e dei Beni Culturali. Inoltre sono state esaminate le conseguenze acustiche derivanti dalle modifiche al progetto intervenute tra la fase preliminare e quella definitiva e dalle soluzioni progettuali individuate nel progetto delle barriere acustiche (a questo riguardo si vedano il Capitolo 2 e gli elaborati grafici specifici relativi alle barriere acustiche).

1.2 Riferimenti normativi

1.2.1 Normativa nazionale

1.2.1.1 D.P.C.M. 1/3/1991

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 Marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" si propone di stabilire "limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e della esposizione urbana al rumore, in attesa dell'approvazione dei decreti attuativi della Legge Quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico, che fissi i limiti adeguati al progresso tecnologico ed alle esigenze emerse in sede di applicazione del presente decreto".

I limiti ammissibili in ambiente esterno sono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, sulla base di indicatori di natura urbanistica (densità di popolazione, presenza di attività produttive, presenza di infrastrutture di trasporto...)

suddividono il proprio territorio in zone diversamente “sensibili”. A tali zone, descritte nella tabella 1 del D.P.C.M. 1/3/91 e riportate in tabella 1/1.2.1, sono associati valori di livello di rumore, limite diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A (L_{eqA}), corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali.

Tab. 1/1.2.1 – Definizione delle classi di zonizzazione acustica del territorio

CLASSE I - Aree particolarmente protette
Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
CLASSE II - Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali
CLASSE III - Aree di tipo misto
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici
CLASSE IV - Aree di intensa attività umana
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.
CLASSE V - Aree prevalentemente industriali
Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
CLASSE VI - Aree esclusivamente industriali
Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi

Tab. 2/1.2.1 - Limiti di immissione di rumore per Comuni con Piano Regolatore

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00÷22:00	NOTTURNO 22:00÷6:00
Territorio nazionale	70	60
Zona urbanistica A	65	55
Zona urbanistica B	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Tab. 3/1.2.1 - Limiti di immissione di rumore per Comuni senza Piano Regolatore

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00÷22:00	NOTTURNO 22:00÷6:00
Zona esclusivamente industriale	70	70
Tutto il resto del territorio	70	60

Tab. 4/1.2.4 - Limiti di immissione di rumore per Comuni che adottano la zonizzazione acustica

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00÷22:00	NOTTURNO 22:00÷6:00
I Aree protette	50	40
II Aree residenziali	55	45
III Aree miste	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

1.2.1.2 Legge del 26/10/1995, n°447

Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, in relazione ai seguenti punti:

- Definizioni: nell'art. 2 sono descritte le sorgenti sonore i valori limite di emissione, di immissione, di attenzione e di qualità e la figura e la relativa attività del tecnico competente in acustica.
- Ruoli di competenza: negli art. 3, 4, 5, 6 sono rispettivamente descritte le specifiche competenze a livello statale, regionale, provinciale e comunale.
- Contenuti del Piano di risanamento acustico.
- Indicazione delle opere infrastrutturali e/o tipologie edilizie per la cui realizzazione, modifica o potenziamento è necessaria una documentazione di impatto acustico.
- Nell'art. 11 si afferma inoltre che dovranno essere “emanati regolamenti di esecuzione, distinti per sorgente sonora relativamente alla disciplina dell'inquinamento acustico avente origine dal traffico veicolare, ferroviario, marittimo ed aereo”.

In particolare la Legge Quadro fa riferimento agli ambienti abitativi, definiti come: *“ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati alle attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L. 15/8/91, N°277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive”*.

1.2.1.3 D.P.C.M. 14/11/97

Individua i valori limite di emissione, immissione, attenzione e qualità di cui all'art. 2 della legge 447/95. In questo decreto, però, *si evidenzia che per le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali ecc. i limiti suddetti non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza*, a loro volta individuate dai decreti attuativi previsti dalla legge quadro (art. 11). In particolare il decreto attuativo relativo al rumore prodotto da traffico stradale è stato approvato di recente, e se ne riportano i punti essenziali allo studio acustico nel paragrafo 1.2.1.7.

1.2.1.4 D.M.A. 16/3/1998

Definisce i requisiti della strumentazione utilizzata per le misure; in particolare:

- Le misure di livello equivalente dovranno essere effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994;
- I filtri e i microfoni utilizzati per le misure devono essere conformi, rispettivamente, alle norme EN 61260/19995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994, EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995;
- La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, deve essere controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942/1988. Le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0.5 dB.

Nell'Allegato A al DMA sono riportate delle definizioni di alcune espressioni e grandezze utilizzate in acustica; gli Allegati B, C e D contengono rispettivamente: i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore in genere, i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore stradale e ferroviario e le modalità di presentazione dei risultati. Per quanto riguarda il rumore da traffico stradale, essendo questo un fenomeno avente carattere di casualità o pseudo-casualità, il monitoraggio deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad una settimana.

1.2.1.5 D.M.A. 29/11/2000

Il decreto emanato dal Ministero dell'Ambiente, previsto dall'articolo 10, comma 5 della Legge Quadro, stabilisce che gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture stradali hanno l'obbligo di:

- individuare le aree in cui per effetto delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di emissione;
- determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti;
- presentare al Comune, alla Regione o all'autorità competente da essa indicata il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

I contenuti essenziali del piano di risanamento consisteranno nella:

- Individuazione degli interventi e relative modalità di esecuzione,
- indicazione delle eventuali altre infrastrutture di trasporto concorrenti all'immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
- indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
- motivazioni per eventuali interventi sui ricettori.

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art.11 della Legge Quadro.

Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento devono essere effettuati secondo la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente rumorosa,
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore;
- direttamente sul ricettore.

L'Allegato 4 "*Criterio di valutazione delle percentuali dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto*", riporta nel dettaglio i criteri da seguire nella verifica dell'effettiva concorsualità acustica di altre sorgenti sonore. Vengono date le seguenti definizioni:

- *Livello di immissione prodotto dalla sorgente i-ma (L_i)*: rappresenta il valore di rumore immesso nell'ambiente esterno dalla singola sorgente i-ma;
- *Valori limite assoluti d'immissione (L_{zona})*;
- *Livello di soglia (L_S)*: livello cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente, avente rumore egualmente ponderato;

$$L_S = L_{zona} - 10 \log_{10} N$$

dove N rappresenta il numero delle sorgenti interessate dal risanamento.

Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore di 10 dB(A) rispetto al livello della sorgente avente massima immissione ed inferiore al livello di soglia calcolato con il numero delle sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente può essere trascurato.

1.2.1.6 D.P.R. 19/3/2004, n°142

Le disposizioni del decreto si applicano:

1. alle infrastrutture esistenti e al loro ampliamento in sede, alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;
2. alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Il decreto individua le fasce di pertinenza delle diverse tipologie di strade, attenendosi alla classificazione del Codice della strada e stabilisce inoltre i rispettivi limiti di immissione (limiti di pressione sonora ammissibili all'interno delle fasce di pertinenza) distinti per strade esistenti e strade di nuova realizzazione e riportati nelle tabelle 5/1.2.1 e 6/1.2.1, facenti parte dell'Allegato 1 del DPR.

All'Articolo 6 "*Interventi per il rispetto dei limiti*", viene specificato come, qualora i valori limite per le infrastrutture non siano tecnicamente conseguibili ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzi l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 40 db(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- 45 dB(A) leq diurno per le scuole.

Tab. 5/1.2.1– Limiti normativi per strade esistenti

TIPO DI STRADA (secondo codice della strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo (*)		ALTRI RICETTORI	
			Diurno dBA	Notturno dBA	Diurno dBA	Notturno dBA
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E – urbane di quartiere		30	Definiti dai comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM del 14.11.1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6 comma 1 lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				
(*) . Per le scuole vale il solo limite diurno						

Tab. 6/1.2.1 – Limiti normativi per strade di nuova realizzazione

TIPO DI STRADA (secondo codice della strada)	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (DM 5.11.01 Norme funz. e geom. per la costruz. delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo (*)		ALTRI RICETTORI	
			Diurno dBA	Notturno dBA	Diurno dBA	Notturno dBA
A - autostrada		250	50	40	65	55
B – extraurbana principale		250	50	40	65	55
C – Extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D – urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E – urbane di quartiere		30	Definiti dai comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM del 14.11.1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6 comma 1 lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				
(*) . Per le scuole vale il solo limite diurno						

1.3 Individuazione dei ricettori

Per quanto riguarda il censimento dei ricettori è stata effettuata un'attività di indagine con lo scopo di individuare e caratterizzare tutti quegli edifici che sono da considerare critici dal punto di vista dell'impatto acustico conseguente all'ampliamento dell'autostrada. Tali dati sono importanti, fra l'altro, per la corretta imputazione del modello di simulazione, per il quale è necessario conoscere il numero dei piani degli edifici di cui si vuole simulare il fenomeno acustico in modo più dettagliato.

I ricettori censiti (intesi come numero di piani) sono stati in totale 818, ripartiti per comune d'appartenenza come indicato in tabella. L'elenco completo dei ricettori censiti è riportato in allegato.

Tab. 1/1.3 – Ricettori censiti

Comune	N° ricettori censiti
Ancona	556
Osimo	79
Camerata Picena	48
Chiaravalle	112
Falconara	23

Nell’area di indagine sono presenti anche 3 edifici scolastici per un totale di 5 piani, tutti situati nel comune di Ancona. Due di essi (edifici 582 e 583) sono al di fuori della fasce di pertinenza acustiche a circa 260 m dall’autostrada, mentre il terzo (edificio 547) si trova in fascia B a circa 125 m dall’autostrada.

Complessivamente il 27% dei ricettori è localizzato in fascia A e il restante 73% in fascia B o fuori dalle fasce.

1.4 Modello previsionale del clima acustico

Il software utilizzato per l’analisi predittiva del clima acustico, sia nella fase di cantierizzazione che nella fase di esercizio dell’infrastruttura di progetto, è il modello di simulazione della propagazione acustica in ambiente esterno MITHRA. In tale software sono presi in considerazione fattori come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, le barriere di rumore, il tipo di terreno o anche gli effetti meteorologici. Scegliendo il modulo appropriato, MITHRA permette di essere utilizzato per studiare il fenomeno acustico generato da rumore stradale, ferroviario, industriale e di cantiere.

Il modello di simulazione MITHRA è stato elaborato da parte del CSTB (Centre for the Science and Technology of Buildings) di Grenoble, ed è stato utilizzato in numerose applicazioni dalla fine degli anni '80.

Il software del modello è stato sviluppato in accordo alle indicazioni degli standard ISO 9613-2.

MITHRA consente di determinare la propagazione acustica in campo esterno prendendo in considerazione numerosi parametri e fattori legati:

- alla localizzazione, alla forma ed all'altezza degli edifici;
- alla topografia dell'area di indagine;
- alle caratteristiche fonoassorbenti e/o fonoriflettenti del terreno;
- alla tipologia costruttiva del tracciato stradale o ferroviario;
- alla presenza di eventuali ostacoli schermanti;
- alle caratteristiche acustiche della sorgente;
- al numero dei raggi sonori;
- alla distanza di propagazione;
- al numero di riflessioni;
- all'angolo di emissione dei raggi acustici;
- alla dimensione ed alla tipologia delle barriere antirumore.

MITHRA utilizza un algoritmo veloce per la ricerca dei percorsi acustici tra le sorgenti di rumore e i ricettori in un sito complesso che permette la riduzione di queste difficoltà. Questo algoritmo usa un certo numero di ipotesi semplificatrici permettendo l'uso di un modello a raggi seguendo un metodo inverso di tracciamento dai ricettori.

I percorsi sono rappresentati da raggi che sono diretti, diffratti, riflessi (dal terreno o da facciate verticali) o una combinazione degli ultimi due. Non essendoci limiti nell'ordine di riflessioni e diffrazioni, l'algoritmo si adatta bene sia in configurazioni "chiuse" come il centro di una grande città con una forte densità costruttiva che in configurazioni "aperte" come le zone extraurbane o le regioni montagnose dove assume importanza nella propagazione del suono l'influenza dell'effetto suolo.

In MITHRA sono stati implementati tre metodi di calcolo di propagazione acustica tra la sorgente e il ricettore:

- CSTB.92, metodo sviluppato dal CSTB
- ISO9613, metodo derivato dalla ISO9613-2 standard
- NMBP96, metodo sviluppato da un gruppo di lavoro costituito dai seguenti laboratori: CERTU, CSTB, LCPC, SETRA, in accordo con il decreto del 5 maggio 1996 relativo alla previsione del rumore da traffico stradale

Gli ultimi due metodi permettono di prendere in considerazione le condizioni meteorologiche di un sito, nella previsione di un indicatore come un livello equivalente a lungo termine (un anno o più).

Gli algoritmi di ricerca per il percorso di propagazione acustica tra sorgente e ricettore sono basati su tre ipotesi essenziali:

- il tipo di configurazione urbana, in cui la maggior parte delle superfici riflettenti sono verticali (eccetto il terreno);
- le sorgenti di rumore possono essere schematizzate in elementi lineari;
- la potenza acustica delle suddette sorgenti è definita per unità di lunghezza.

La prima ipotesi permette di considerare il problema della ricerca dei raggi in due dimensioni. Se la seconda ipotesi è verificata, è possibile lanciare i raggi dal ricettore. La terza ipotesi risolve uno dei problemi legati all'uso di un metodo a raggi dovuto al fatto che l'obiettivo da raggiungere non è un punto, ma l'elemento di una linea. Il metodo è una generalizzazione del classico metodo da "manuale" dove si considera la strada vista dal ricettore sotto un certo angolo.

Inizialmente, sono lanciati N raggi dal ricettore in tutte le direzioni nel piano orizzontale. Ogni raggio è l'asse di un settore angolare $d\sigma$. La traiettoria del raggio è definita da una successione di impatti. Ogni impatto è l'intersezione di un raggio con un segmento che definisce il sito. A questo step il vero percorso di propagazione potrebbe non essere stato identificato. È comunque necessario considerare tutte le possibilità che sono:

- il raggio passa sopra alcuni ostacoli (con o senza diffrazione), per esempio il raggio taglia il corrispondente segmento di sito;
- il raggio è riflesso da un muro verticale, per esempio il raggio è riflesso specularmente dal segmento.

In questo modo, da un raggio lanciato, più possibili percorsi possono essere generati ogni volta che il raggio incontra un segmento rappresentante un muro verticale. La generazione delle diramazioni è stoppata per i raggi che raggiungono i limiti di sito, o quando la distanza coperta è più grande di un limite fissato dall'utente.

La generazione delle diramazioni è molto veloce poiché:

- origina pochi calcoli;
- può essere limitata da test logici.

Il secondo step permette l'identificazione del percorso di propagazione nello spazio tridimensionale. Per ogni traiettoria nel piano orizzontale, viene definita una sezione verticale che interessa il terreno e gli ostacoli considerando l'altitudine dei segmenti che sono stati impattati. Sono considerate solo le sezioni corrispondenti a percorsi fisicamente possibili e vengono abbandonati i raggi che non tagliano il segmento di sorgente. Il metodo di ricerca si adatta bene al computo. È molto veloce perché solo i percorsi fisicamente possibili sono calcolati, mentre gli altri vengono eliminati con test logici.

1.5 Impatti in fase di esercizio

1.5.1 Metodologia di analisi

L'impatto acustico derivante dal traffico transitante sull'autostrada A14 nel tratto Ancona Nord – Ancona Sud è stato stimato tramite l'applicazione del modello descritto in precedenza svolgendo le seguenti attività elementari:

- Localizzazione dei punti di calcolo posti in corrispondenza di ogni singolo ricettore entro la fascia indagata, in corrispondenza dei quali viene effettuata la verifica di impatto acustico.
- Acquisizione del modello tridimensionale del territorio da parte del codice di calcolo e dei livelli di potenza acustica all'infrastruttura autostradale, in relazione ai flussi di traffico (si veda il paragrafo seguente).
- Valutazione dei livelli di pressione sonora nei punti di calcolo individuati nello scenario senza mitigazioni.
- Individuazione e modellazione degli interventi di mitigazione (barriere antirumore).
- Valutazione dei livelli di pressione sonora nei punti di calcolo individuati con l'inserimento degli interventi di mitigazione e confronto dei valori simulati con gli obiettivi di mitigazione.

1.5.2 Revisione dello scenario futuro in seguito al Decreto VIA del Ministero dell'Ambiente

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministero dei Beni culturali, nell'esprimere giudizio positivo circa la compatibilità ambientale del progetto di ampliamento dell'autostrada A14 nel tratto Ancona Nord – Ancona Sud ha richiesto la revisione dello studio acustico per *“trovare soluzioni atte ridurre al massimo le situazioni che presentano livelli sonori equivalenti sulle facciate degli edifici con valori superiori alle indicazioni normative (necessariamente per i superamenti con $Leq > 3$ dBA), garantendo comunque la climatizzazione dell'ambiente”*.

La revisione dello studio acustico inoltre *“dovrà assumere come input di traffico quello relativo ai valori più onerosi nello scenario di progetto ovvero traffico giornaliero riferito al periodo estivo e al giorno feriale”*.

In relazione all'ultimo punto, in fase di progetto definitivo si è provveduto ad aggiornare le analisi acustiche utilizzando come input di traffico quello riferito al periodo estivo (comprendente i mesi di giugno, luglio e agosto) riportato nello studio di traffico contenuto nello Studio di Impatto Ambientale.

In tabella è riportato il Traffico Giornaliero Medio per il periodo neutro e per quello estivo, e la relativa incidenza dei mezzi pesanti. L'anno di riferimento è il 2030.

Tab. 1/1.4 – Traffico giornaliero Medio previsto al 2030

Tratta Elementare	TGM Totali Bidirezionali	Incidenza mezzi pesanti	TGM Totali Bidirezionali	Incidenza mezzi pesanti	Variazione TGM
Ancona N. - Ancona Ovest	68024	28,5%	85033	26,9%	25%
Ancona Ovest - Ancona S.	51506	28,5%	69375	26,9%	35%

Si evidenzia che la variazione del TGM è significativa soprattutto nel tratto tra il futuro svincolo di Ancona Ovest (non compreso nel presente progetto) e quello di Ancona Sud. Parallelamente all'aumento dei flussi di traffico si osserva una diminuzione dell'incidenza dei

mezzi pesanti rispetto al totale dei veicoli transitanti e anche un leggero scadimento dei livelli di servizio attesi.

La variazione dell'input di traffico ha comportato un conseguente aumento delle emissioni acustiche compreso tra circa +0.8 dBA tra Ancona Nord e Ancona Ovest e +1.1 dBA tra Ancona Ovest e Ancona Sud.

Conseguentemente all'aumento delle emissioni acustiche si è proceduto a modificare alcune barriere acustiche dimensionate per il progetto definitivo sottoposto a Valutazione di Impatto Ambientale al fine di compensare l'effetto negativo determinato dal nuovo input di traffico e ridurre i superamenti dei limiti normativi e gli interventi diretti.

Le modifiche apportate alle barriere acustiche sono le seguenti:

- innalzamento della barriera FOA3S da 4 a 5m;
- innalzamento della barriera FOA5S da 4 a 5m;
- innalzamento della barriera FOA14S da 2,5 a 3m;
- innalzamento della barriera FOA9S da 4,5 a 5m;
- innalzamento della barriera FOA20S da 3,5 a 5m;
- inserimento di una nuova barriera (FOA38S) in carreggiata sud al km 217+060 di lunghezza 120m e altezza 5m;
- inserimento di una nuova barriera (FOA38S) in carreggiata sud al km 227+337 di lunghezza 200m e altezza 3,5m.

Nelle tabelle seguenti viene riportato l'elenco delle barriere acustiche previste nel progetto esecutivo e i ricettori presso i quali effettuare gli interventi diretti, mentre in allegato si riportano i livelli acustici post mitigazione stimati considerando i volumi di traffico del periodo estivo.

Tab. 2/1.4 – Barriere acustiche di progetto

Codice barriera	Progr. iniziale	Progr. finale	Lunghezza (m)	Altezza (m)
FOA1S L	213.740	213.932	194.20	5
FOA2N L	213.755	213.935	179.00	4,5
FOA3S L	213.932	214.011	78.00	5

Codice barriera	Progr. iniziale	Progr. finale	Lunghezza (m)	Altezza (m)
FOA4S L	214.011	214.139	126.00	5
FOA5S L	214.139	214.220	81.00	5
FOA6N L	216.225	216.395	170.00	5
FOA7N L	216.395	216.565	170.00	4
FOA8S L	216.665	216.783	117.50	5
FOA09N L	216.810	216.923	113.00	5
FOA38S L	217.060	217.180	132.00	5
FOA10N L	217.472	217.657	186.54	4.5
FOA11N L	217.657	217.817	159.82	2.5
FOA12S L	218.207	218.340	132.00	5
FOA13N L	218.440	218.631	191.00	3.5
FOA14S L	218.660	218.933	134+142.50	2.5 - 3
FOA15S L	219.403	219.668	265.00	5
FOA16N L	219.710	219.834	124.00	3
FOA17N L	219.945	220.034	85.00	2.5
FOA18N L	220.400	220.561	161.00	5
FOA19S L	220.400	220.655	255.00	5
FOA20S L	221.520	221.721	201.81	5
FOA21N L	225.400	225.500	102.00	5
FOA22S L	225.400	225.722	320.00	5
FOA23N L	226.585	226.715	129.80	5
FOA24N L	226.715	226.815	100.00	3.5
FOA25N L	226.815	226.945	130.00	5
FOA26N L	227.367	227.567	200.00	3.5
FOA27S L	227.955	228.114	161.00	3
FOA28S L	228.114	228.229	116.00	2.5
FOA29N L	228.330	228.692	357.75	5
FOA30N L	228.691	228.902	216.78	4
FOA31N L	228.902	229.156	116+132	3
FOA32S L	228.740	229.168	178.5+111 +138	4.5
FOA33S L	229.215	229.315	101.00	5
FOA34N L	229.580	229.847	265.00	5
FOA35N L	229.930	230.133	39+153	5
FOA36N L	230.500	230.857	177.5+178.5	5
FOA37S L	230.620	230.880	97+163	5

Tab. 3/1.4 – Interventi diretti

Comune	Edificio	N. di piani su cui intervenire
Chiaravalle	31	1
Chiaravalle	43	2
Chiaravalle	54	1
Chiaravalle	59	1
Chiaravalle	58	1
Chiaravalle	65	1
Chiaravalle	66	1
Camerata P.	138	1
Camerata P.	139	1
Camerata P.	153	1
Camerata P.	160	1
Ancona	124	1
Ancona	168	1
Ancona	169	1
Ancona	176	1
Ancona	187	1
Ancona	193	1
Ancona	194	1
Ancona	197	2
Ancona	198	2
Ancona	199	2
Ancona	200	1
Ancona	214	1
Ancona	217	1
Ancona	229	2
Ancona	231	2
Ancona	232	2
Ancona	234	2
Ancona	263	1
Ancona	264	1
Ancona	266	1
Ancona	267	1
Ancona	268	2
Ancona	276	1
Ancona	252	1
Ancona	257	1
Ancona	284	1
Ancona	321	1
Ancona	322	1
Ancona	324	2
Ancona	443	2
Ancona	444	1
Ancona	447	2
Ancona	454	1
Ancona	455	2
Ancona	456	1
Ancona	460	2

Comune	Edificio	N. di piani su cui intervenire
Ancona	461	2
Ancona	465	1
Ancona	474	3
Ancona	480	1
Ancona	485	1
Ancona	488	2
Ancona	489	2
Ancona	490	1
Ancona	493	3
Ancona	494	1
Ancona	497	2
Ancona	500	1
Ancona	503	2
Ancona	504	1
Ancona	507	2
Ancona	514	3
Ancona	524	1
Ancona	525	1
Ancona	592	2
Ancona	595	3
Ancona	596	1
Ancona	597	2
Ancona	599	2
Ancona	600	1
Ancona	603	1
Osimo	634	2
Osimo	1	1
Osimo	4	2
Osimo	5	1
Osimo	6	1
Osimo	7	1
Osimo	10	1
Osimo	11	1
Osimo	13	1
Osimo	14	2
Osimo	15	3
Osimo	17	2
Osimo	22	1
Osimo	43	3
Osimo	52	1
Camerano	50	2

2. BARRIERE ACUSTICHE

Nel seguito sono esposte le “linee guida” che hanno accompagnato la progettazione esecutiva tipologica delle barriere antirumore per la riduzione dell’inquinamento acustico.

2.1 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*”, la cui pubblicazione ha reso obbligatoria la marcatura CE di prodotto.

All’interno del complesso quadro normativo riguardante le barriere acustiche ed i loro componenti, assume particolare rilievo la **Norma UNI 11160 – “Linee guida per la progettazione, esecuzione e collaudo di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto via terra (stradali e ferroviarie)”**. La norma, pubblicata nel settembre 2005, è stata messa a punto dalle due commissioni UNI competenti in materia, Acustica e Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture. Si propone come linee guida e tratta, in maniera sistematica e coordinata, i requisiti per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo dei sistemi antirumore, trattando i seguenti argomenti:

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

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

Si riportano qui di seguito le principali:

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

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

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

- Parte 1 : Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico
- Parte 2 : Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico
- Parte 3 : Spettro normalizzato del rumore da traffico
- Parte 4 : Caratteristiche intrinseche – Valori in sito della diffrazione sonora
- Parte 5: Caratteristiche intrinseche – Valori in sito della riflessione sonora e dell’isolamento acustico per via aerea

Norma UNI EN 1794 – CARATTERISTICHE MECCANICHE DI SICUREZZA E AMBIENTALI

- Parte 1 : Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità
- Allegato A : Carico del vento e carico statico
- Allegato B : Peso proprio
- Allegato C : Impatto di pietre
- Allegato D : Sicurezza in caso di collisione dei veicoli

- Parte 2 : requisiti generali di sicurezza e ambientali
- Allegato A : Resistenza al fuoco
- Allegato B : Pericolo di caduta di frammenti di barriera
- Allegato C : Compatibilità ecologica
- Allegato D : Uscite di sicurezza

- Allegato E : Riflessione della luce
- Allegato F : Trasparenza

Norme europee specifiche sono:

EN 14389-1 (*Road traffic noise reducing devices – Procedure for assessing long term performance – Part 1: Acoustic characteristics*)

EN 14389-2 (*Road traffic noise reducing devices – Procedure for assessing long term performance – Part 2: Non-Acoustical characteristics*).

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 é soggetta alla legislazione sugli appalti pubblici (**Decreto Legislativo n. 163 12.04.2006**).

2.2 REQUISITI GENERALI DELLE BARRIERE ACUSTICHE

Alle barriere acustiche si richiedono sia proprietà direttamente connesse alla loro funzione (caratteristiche acustiche) sia 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 EN 14388; i requisiti di durabilità delle caratteristiche acustiche e non acustiche sono specificati nelle EN 14389-1 e EN 14389-2.

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 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.

2.2.1 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 1793-5; viene misurato il *sound insulation index*, SI

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

Il requisito della **diffrazione al bordo superiore** riguarda i dispositivi aggiunti per migliorare l'efficacia acustica agendo sull'energia 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 .

2.2.1.1 Indice di fonoisolamento DLR

Poiché l'indicazione progettuale generale prevede che 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 rientrare nella categoria B3 (valori di DLR superiori a 24), in quanto gli IL previsti nei progetti acustici variano da 11 a 19 dBA.

2.2.1.2 Indice di fonoassorbimento $DL\alpha$

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

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

Sarà 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.

2.2.2 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 nelle tavole tipologiche alle quali si rimanda per maggiori approfondimenti.

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 dei ponti, 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 l'Appaltatore 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.

L'Appaltatore deve 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 incombustibili 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 incombustibili non devono sviluppare in caso d'incendio fumi densi e/o tossici né produrre gocce o fili incandescenti che possano essere trasportati dal vento.

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

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

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

- quali sono i singoli che costituiscono il sistema antirumore, usando i termini chimici piuttosto che quelli commerciali;
- quali sono le sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante il ciclo vitale della barriera,

- quali sono le sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco della barriera;
- ogni componente fisica o chimica che potrebbe causare il rilascio nell'ambiente di componenti potenzialmente tossici, deve essere dichiarata
- se alcuni materiali sono interamente o in parte riciclati, la percentuale di tali componenti deve essere indicata
- quali dei materiali costituenti possono venire riciclati ed in quale misura.

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

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

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

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

L'appendice E della 1794-2 non prescrive un valore limite per la **riflessione della luce**; tuttavia è bene disporre di valori di riflessività misurati in conformità al metodo di prova prescritto; ovunque necessario occorre adottare particolari accorgimenti (utilizzando eventualmente particolari tipi di vernici) per evitare fenomeni di riflessione ottica diurna e notturna, causando abbagliamenti e compromettendo 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.

2.2.3 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 EN 14389-1. Secondo questa norma è onere del produttore di sistemi antirumore dichiarare la durabilità delle caratteristiche acustiche di ogni tipologia di elemento acustico prodotto.

La durabilità delle caratteristiche acustiche deve essere espressa dalla degradazione delle prestazioni (indice di valutazione di *reflection index* e *sound insulation index*), in decibel, in funzione degli anni di installazione della barriera. Essa può essere stabilita in due modi: con soluzioni descrittive basate sull'esperienza pregressa o con prove prestazionali secondo la CEN/TS 1793-5.

Relativamente alla **durabilità delle caratteristiche non acustiche**, la EN 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.

2.2.4 Requisiti di manutenzione

I **requisiti di manutenzione** (cfr. EN 14389-1 e EN14389-2) 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.

2.2.5 Requisiti relativi ai materiali

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In presenza di viadotti, ponti o comunque in prossimità di aree urbanizzate e siti frequentati dovranno essere utilizzate lastre in PMMA rinforzate all'interno con filamenti in poliammide con funzioni di collegamento dei frammenti in caso di rottura e relativi cavetti di ancoraggio. E' in genere consigliato l'utilizzo di lastre in PMMA colorate o con abrasioni orizzontali per 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).

2.3 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				
	A ₁				
	A ₂				
	A ₃				
	A ₄				

I codici cromatici adottati hanno il seguente significato:

verde : impiego possibile/consigliato

rosso : impiego non consigliato

blu : impiego possibile, da valutarsi caso per caso

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

Indice di fonoassorbimento DL_α

Materiali riflettenti (ad esempio il polimetilmetacrilato) 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 isolamento (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

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	Verde	Verde	Verde	Blu	Rosso
Barriera con materiali speciali	(innovativi non qualificati)	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Blu	Rosso

I codici cromatici adottati hanno il seguente significato:

verde : materiale di possibile impiego/caratteristica non critica

rosso : materiale di impiego non consigliato/caratteristica critica

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

La selezione della classe, può essere effettuata 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).

Matrice della resistenza al fuoco

		Resistenza al fuoco		
		C ₁	C ₂	C ₃
Mono materiale	- metallo -	Green	Green	Blue
Mono materiale	- calcestruzzo -	Green	Green	Blue
Mono materiale	- legno -	Green	Blue	Blue
Mono materiale	- trasparente -	Green	Blue	Blue
Barriera con materiali speciali	(innovativi non qualificati)	Blue	Blue	Blue

I codici cromatici adottati hanno il seguente significato:

verde : materiale di possibile impiego/caratteristica non critica

rosso : materiale di impiego non consigliato/caratteristica critica

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

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 forniscono 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)

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

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

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

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

	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	Green	Blue	Green	Green	Blue	Red	Blue	Blue
Mono materiale - metallo -	Green	Blue	Green	Green	Blue	Red	Red	Red
Mono materiale - calcestruzzo -	Green	Blue	Green	Green	Blue	Red	Red	Red
Mono materiale - legno -	Green	Blue	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Green
Mono materiale - trasparente -	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green
Barriera con materiali speciali (non qualificati)	Green	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red
Barriera con forma standard (verticale)	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Barriere con forme speciali (curve/inclinate, architettoniche)	Green	Blue	Red	Red	Blue	Blue	Blue	Blue
Muri cellulari (legno,calcestruzzo)	Green	Blue	Green	Red	Red	Red	Blue	Blue
Barriere verdi, dune con vegetazione	Green	Blue	Green	Red	Red	Red	Blue	Blue

2.4 SOLUZIONI INDIVIDUATE

L'esito delle ricerche condotte in fase di progettazione definitiva, prima, ed esecutiva, poi, ha condotto all'individuazione delle seguenti tipologie utilizzabili per il progetto esecutivo:

- Barriera denominata 'Becco di flauto':
 - struttura in acciaio con montanti a sezione circolare tagliati in sommità a "becco di flauto", fissati con piastra di ancoraggio al cordolo di fondazione;
 - pannelli fonoassorbenti con guscio in lega di alluminio forato verniciato con fibre o materie plastiche, ciascuno di altezza pari a 50cm;
 - eventuale (nella quasi totalità dei casi) primo pannello in calcestruzzo armato di pulizia, di altezza pari a 50cm, quando la barriera acustica è posta lungo tratti autostradali in rilevato, su opere d'arte maggiori o minori oppure su testa muri di sostegno (di sottoscarpa).
 - lastre trasparenti in polimetilmetacrilato (PMMA)

- Barriera 'integrata', di sicurezza e antirumore:
 - struttura in acciaio con montanti HE;
 - pannelli metallici fonoassorbenti

Quest'ultima barriera è prevista esclusivamente in condizioni di forte carenza di spazi laterali, ed il suo utilizzo è vincolato alla effettiva omologazione del sistema.

La tipologia "Becco di flauto" è prevista per le altezze di metri 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, 5.00. La barriera integrata, per la quale sono studiate le caratteristiche in relazione alle altezze delle diverse tipologie oggi in commercio, è prevista per altezze di metri 3.00, 4.00 e 5.00 m.

Tutte le tipologie prevedono un passo standard dei montanti verticali corrispondente a metri 3.00.

Per ogni tipologia di barriera, e per ogni altezza possibile 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 (quando il fattore estetico / paesaggistico si rivela predominante, quando si è in prossimità di abitazioni) 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 utilizzate lastre rinforzate con fili di poliammide integrati e cordini di ancoraggio, con funzione di collegamento 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.

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 si troveranno queste percentuali di materiale trasparente:

- per barriere H = 5.00, 4.50, 4.00, 3.50: pannello in PMMA H=1 metro
- per barriere H = 3.00, 2.50: nessun pannello in PMMA.

Questo discorso è valido nella generalità dei casi; per casi particolari, ad esempio in presenza di piazzole di sosta con uscita di sicurezza, è stata aumentata la superficie di materiale trasparente.

Alla stessa maniera è stata considerata una diversa e più diffusa collocazione dei pannelli in PMMA per particolari esigenze architettoniche e ambientali, previa verifica della presenza di ricettori e dei relativi livelli di pressione acustica simulati.

In questo senso sono state proposte cinque soluzioni cromatiche differenti della barriera acustica, di qualsiasi tipo essa sia, ciascuna delle quali definisce i colori dei suoi tre elementi

costituenti principali: montante (cornici e accessori metallici compresi), PMMA (quando previsto), pannello in alluminio (si veda tabella riassuntiva sottostante).

	barriera verde 1	barriera verde 2	barriera blu	barriera beige	barriera grigia
MONTANTI	RAL 6001	RAL 6003	RAL 5009	RAL 7006	RAL 7011
PANNELLI	RAL 6017	RAL 6011	RAL 5015	RAL 1001	RAL 7001
PMMA	Tipo Forest Green	Tipo Forest Green	Tipo Midnight Blue	Tipo Smooky brown	Tipo Clear

In relazione ai contesti attraversati dall'infrastruttura è possibile utilizzare una delle cinque combinazioni di colori, tenendo presenti i criteri seguenti:

- la barriera verde, nelle due alternative, quando prevale l'elemento naturale ad esempio prati, boschi, campi seminati, etc.
- la barriera blu in presenza di corsi d'acqua o del mare.
- la barriera beige o la barriera grigia in ambiti urbani.

Il pannello di pulizia in calcestruzzo, quando è presente, assumerà una connotazione cromatica neutra (colore naturale del cls) che prescinde dai contesti attraversati.

Si sono infine 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.

Per il corretto posizionamento della barriera acustica in relazione alla barriera di sicurezza si deve far riferimento alle considerazioni ed agli schemi grafici contenuti nel paragrafo 2.2. Salvo i casi di forte carenza di spazi laterali, ove è previsto l'uso della barriera integrata, verrà sempre mantenuto uno spazio sufficiente per il corretto funzionamento della barriera di sicurezza, evitando ogni interferenza con la barriera acustica in caso di urto di un veicolo in svio.

2.5 CRITERI PROGETTUALI PER LA RISOLUZIONE DEI PUNTI SINGOLARI

Per le diverse configurazioni architettoniche e strutturali della barriera in funzione della tipologia del corpo autostradale (fondazione in rilevato, fondazione in trincea, muro di controripa, muro di sottoscarpa, opera d'arte minore, viadotto) si sono approfonditi gli schemi già definiti negli studi preparatori del progetto definitivo e nei successivi aggiornamenti.

In particolare si è proceduto a definire il criterio progettuale riferito alle situazioni di barriere lungo tratti autostradali in trincea.

In tali situazioni l'andamento della barriera acustica, nonché della fondazione sulla quale essa insiste, segue quello del ciglio superiore della trincea e le differenze di quota sono assorbite da scalettamenti della fondazione di 1.00m. Qui, essendo la rotazione massima di ciascun modulo di 3.00m di barriera equivalente a 3°, anche l'andamento della fondazione dovrà seguire il profilo superiore della trincea con variazioni angolari inferiori o uguali a 3° per ogni interasse di montante.

Come accennato in precedenza, sono possibili configurazioni della barriera acustica diverse da quelle standard, nelle quali il rapporto tra la superficie trasparente e quella opaca sia superiore al 25% generalmente previsto.

Tutto questo nei tratti di autostrada in cui particolari caratteristiche ambientali, storico-architettoniche o panoramiche lo richiedano, oppure in corrispondenza di punti particolari (ad esempio uscite di emergenza in piazzole di sosta che è necessario segnalare perchè se ne abbia una percezione visiva il più possibile immediata). In questi casi quindi si è proceduto, per ciascuna altezza, a definire lo schema e la disposizione degli elementi opachi e di quelli trasparenti secondo il principio di uno svuotamento progressivo, aumentando gradualmente la superficie di PMMA, sino al modulo porta di emergenza che è completamente trasparente.

Si è definito l'andamento della barriera in prossimità di opere di scavalco: cavalcavia retto a una luce, retto a tre luci, obliquo a tre luci. Pure in questi casi, sempre nella stessa logica, la barriera si abbassa gradualmente (questa volta seguendo gli schemi standard di

configurazione), subito prima e subito dopo la pila, o la spalla dell'opera che ne interrompe la continuità.

Relativamente alla risoluzione progettuale per il posizionamento delle barriere in presenza di livelletta non orizzontale, sono state individuate diverse possibilità di installazione.

Per pendenze contenute (sino al 4%), il posizionamento della barriera è realizzato perpendicolarmente alla livelletta (montanti con relative piastre di ancoraggio 'normali' alla testa della fondazione che viene realizzata parallela al ciglio stradale, con i pannelli che corrono paralleli).

Per pendenze maggiori, per esempio in presenza di muri andatori di portali di galleria, di rampe di svincolo, la soluzione individuata prevede la scalettatura delle fondazioni (e quindi delle barriere) la cui livelletta è comunque sempre orizzontale; la logica con cui determinare i salti di quota deve rispondere a criteri di ordine formale e razionalità costruttiva: sono preferibili salti di quota corrispondenti ad un metro o multipli del metro, (i pannelli fonoassorbenti hanno un'altezza standard di 50 cm), comunque mai superiori ai 2.00m. Sono in ogni caso da evitare salti di quota minimi e casuali, preferendo scarti più decisi e netti con un disegno pulito e razionale.