

AUTOSTRADA (A4) : TORINO - VENEZIA

TRATTO: MILANO - BERGAMO

ADEGUAMENTO DELLO SVINCOLO DI DALMINE

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE


ASPETTI AMBIENTALI

ACUSTICA

Relazione acustica

IL TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA Elenco Regione Piemonte - Determina Dir. n. 604 del 30/10/08 Ing. Giovanni Inzerillo Ord. Ingg. Milano n.A30969 RESPONSABILE PROGETTAZIONE ACUSTICA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Andrea Ceppi Ord. Ingg. Milano N. A26059	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

RIFERIMENTO PROGETTO			CODICE IDENTIFICATIVO				RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
110402	LL00	PD	DG	AMB	AC000	00000	RP	AC	0001	- 0	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER: Ing. Federica Ferrari Ord. Ingg. Milano N. A21082	SUPPORTO SPECIALISTICO:	REVISIONE	
			n.	data
			0	NOVEMBRE 2018
			1	-
			2	-
REDATTO:		VERIFICATO:	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
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	3
	NORMATIVA NAZIONALE	3
	2.1.1 <i>Il DMA 29.11.2000 sui piani di risanamento acustico delle infrastrutture</i>	3
	2.1.2 <i>Il D.P.R. 142/2004 recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare</i>	3
	NORMATIVA REGIONALE	6
	CLASSIFICAZIONI ACUSTICHE COMUNALI	6
3	CARATTERISTICHE TERRITORIALI E INSEDIATIVE	7
	CENSIMENTO DEI RICETTORI	7
	RICETTORI SENSIBILI	7
	SORGENTI DI RUMORE CONCORSALE	7
	3.1.1 <i>Metodologia per la considerazione della concorsualità</i>	7
	MONITORAGGIO ACUSTICO ANTE-OPERAM	9
	3.1.2 <i>Attuali sorgenti di rumore e monitoraggio acustico ante-operam</i>	9
4	ANALISI PREVISIONALE	10
	MODELLO DI CALCOLO	10
	4.1.1 <i>Il metodo francese</i>	10
	IL SOFTWARE SOUNDPLAN	11
	TARATURA DEL MODELLO DI CALCOLO	12
	DATI DI TRAFFICO IN INPUT PER LA PROGETTAZIONE ACUSTICA	12
	LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO	13
	SPECIFICHE DI CALCOLO	13
	CONFIGURAZIONI SIMULATE E VALUTATE	13
5	INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA	14
	INTERVENTI SULLA SORGENTE DI RUMORE	14
	INTERVENTI SULLA VIA DI PROPAGAZIONE	14
	INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI	14
6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ACUSTICHE IN FASE DI ESERCIZIO	15
7	OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI	16

1 PREMESSA

Il presente studio, assieme al progetto definitivo di cui fa parte, costituisce la “documentazione di impatto acustico” dell’adeguamento dello svincolo di Dalmine sull’autostrada A4 Milano – Bergamo

Questa documentazione è predisposta ai sensi dall’art. 8, comma 2 della LN 447/95 e delle specifiche norme regionali.

A tal fine è stato svolto uno specifico studio per l’analisi dell’impatto acustico derivante dal traffico transitante sulla nuova viabilità per la verifica della eventuale necessità di prevedere adeguati sistemi di abbattimento del rumore.

Obiettivo principale dello studio acustico è stato infatti il corretto dimensionamento funzionale delle barriere acustiche, coerente con le prescrizioni tecnico-legislative e con i vincoli progettuali.

Il presente studio riprende e aggiorna le elaborazioni acustiche eseguite per lo Studio Preliminare Ambientale redatto ai sensi dell’art.19 “Verifica di assoggettabilità” del D.Lgs. 152 del 3.IV.2006, come modificato dal D.Lgs. 104/2017.

Con Parere n. 2771 del 22/06/2018 il Ministero dell’Ambiente ha espresso parere positivo all’esclusione dalla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto impartendo una serie di prescrizioni la cui ottemperanza è demandata a specifici momenti dello sviluppo progettuale (progetto definitivo, progetto esecutivo) e più in generale dell’iniziativa (periodo di realizzazione dei lavori, fase di esercizio).

Le prescrizioni in materia di inquinamento acustico sono riportate nel seguito con l’indicazione di quanto svolto per la loro ottemperanza.

Per un descrizione completa delle caratteristiche tecniche dell’intervento si rimanda alla relazione di progetto.

Per le elaborazioni acustiche è stato utilizzato un modello matematico di simulazione acustica con il quale è stato possibile evidenziare su tutti i ricettori considerati il valore dei livelli sonori determinati dalle emissioni acustiche del traffico, ottenendo in questo modo l’output sulla base del quale sono stati simulati gli effetti mitigativi delle barriere acustiche.

Tabella 1–1: Prescrizioni formulate dal Ministero dell’Ambiente relative alla componenti rumore in fase di esercizio

N. Prescrizione	Testo
1	1.a approfondire gli studi e le verifiche effettuate sulla componente rumore incrementando le opere di mitigazione dell’impatto acustico in corrispondenza dei ricettori esposti previste in progetto, considerando i vincoli esistenti (edifici di stazione, limite delle proprietà autostradale);

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

NORMATIVA NAZIONALE

La normativa sul rumore è stata introdotta in Italia a partire dall'inizio degli anni '90 e attualmente è quasi giunta al termine l'adozione dei regolamenti di attuazione alla Legge Quadro 447/95.

In data 1 marzo 1991, in attuazione dell'art. 2 comma 14 legge 8.7.1986 n. 349, è stato emanato un D.P.C.M. che consentiva al Ministro dell'Ambiente, di concerto con il Ministro della Sanità, di proporre al Presidente del Consiglio dei Ministri la fissazione di limiti massimi di esposizione al rumore nell'ambiente esterno ed abitativo (di cui all'art. 4 legge 23.12.1978 n. 833). Al DPCM 1.3.1991 è seguita l'emanazione della Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447/1995 e, successivamente, il DPCM 14.11.1997 con il quale vengono determinati i valori limite di riferimento, assoluti e differenziali.

Il DPCM 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" integra le indicazioni normative in tema di disturbo da rumore espresse dal DPCM 1 marzo 1991 e dalla successiva Legge Quadro n° 447 del 26 ottobre 1995 e introduce il concetto dei valori limite di emissioni, nello spirito di armonizzare i provvedimenti in materia di limitazione delle emissioni sonore alle indicazioni fornite dall'Unione Europea. Il decreto determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione, i valori di qualità e i limiti differenziali, riferendoli alle classi di destinazione d'uso del territorio, riportate nella Tabella A dello stesso decreto e che corrispondono sostanzialmente alle classi previste dal DPCM 1 marzo 1991.

I limiti stabiliti nella Tabella C del DPCM 14.11.1997 sono applicabili al di fuori della fascia di pertinenza autostradale in base alla destinazione d'uso del territorio. Le disposizioni relative ai valori limite differenziali di immissione non si applicano alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture stradali.

Il rispetto dei valori limite all'interno e all'esterno della fascia infrastrutturale deve essere verificato a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici più esposti, con le tecniche di misura indicate dal Decreto 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

2.1.1 Il DMA 29.11.2000 sui piani di risanamento acustico delle infrastrutture

Il decreto 29.11.2000 "Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore", ai sensi dell'Art. 10, comma 5, della Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico" stabilisce che le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture hanno l'obbligo di:

- Individuare le aree in cui per effetto delle immissioni delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di immissione previsti;
- Determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti
- Presentare al comune e alla regione o all'autorità da essa indicata, ai sensi art. 10, comma 5, L447/95, il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

Nel caso di infrastrutture lineari di interesse nazionale o di più regioni, entro 18 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto devono essere individuate, con stime o rilievi, le aree di superamento dei limiti previsti, trasmettendo i dati alle autorità competenti.

Entro i successivi 18 mesi la società o l'ente gestore presenta ai comuni interessati, alle regioni o alle autorità da esse indicate, il piano di contenimento ed abbattimento del rumore.

Il Ministero dell'Ambiente, d'intesa con la Conferenza unificata, approva i piani relativi alle infrastrutture di interesse nazionale o di più regioni e provvede alla ripartizione degli accantonamenti e degli oneri su base regionale, tenuto conto delle priorità e dei costi dei risanamenti previsti per ogni regione e del costo complessivo a livello nazionale.

Gli obiettivi di risanamento devono essere conseguiti entro 15 anni dalla data di espressione della regione o dell'autorità da essa indicata. In assenza di parere in materia nei 3 anni successivi all'entrata in vigore del decreto, vale la data di presentazione del piano.

L'ordine di priorità degli interventi di risanamento è stabilito dal valore numerico dell'indice di priorità P la cui procedura di calcolo è indicata nell'Allegato 1 al decreto. Nell'indice di priorità confluiscono il valore limite di immissione, il livello di impatto della sorgente sonora sul ricettore, la popolazione esposta (n. abitanti equivalenti). Ospedali, case di cura e di riposo e le scuole vengono assimilate ad una popolazione residente moltiplicando rispettivamente per 4, 4 e 3 il numero di posti letto e il numero totale degli alunni.

Per le infrastrutture di interesse nazionale o regionale saranno stabiliti ordini di priorità a livello regionale. La regione, d'intesa con i comuni interessati, può stabilire un ordine di priorità diverso da quello derivato dall'applicazione della procedura di calcolo.

Nel caso di più gestori concorrenti al superamento del limite i gestori devono di norma provvedere all'esecuzione congiunta delle attività di risanamento.

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. Nelle aree in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza il rumore non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento (Art. 5) 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

Gli interventi sul ricettore sono adottati qualora non sia tecnicamente conseguibile il raggiungimento dei valori limite di immissione oppure quando lo impongano valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale.

2.1.2 Il D.P.R. 142/2004 recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare

Ambito di applicazione e definizioni

Il DPR 30 marzo 2004, n. 142 predisposto dall'ufficio studi e legislazione del Ministero dei Lavori Pubblici, contiene le disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447. Il decreto definisce le infrastrutture stradali in armonia all'art. 2 del DL 30 aprile 1992 n. 285 e sue successive modifiche e all'Allegato 1 al decreto stesso, con la seguente classificazione:

- A - Autostrade
- B - Strade extraurbane principali
- C - Strade extraurbane secondarie
- D - Strade urbane di scorrimento
- E - Strade urbane di quartiere
- F - Strade locali

Il decreto si applica alle infrastrutture esistenti e a quelle di nuova realizzazione e ribadisce che alle suddette infrastrutture non si applica il disposto degli Art. 2, 6 e 7 del DPCM 14.11.1997 (valori limite di emissione, valori di attenzione e valori di qualità). Da notare che il DPCM 14.11.1997 all'Art. 4 esclude l'applicazione del valore limite differenziale di immissione alle infrastrutture stradali.

Il decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore e, in particolare, fissa i limiti applicabili all'interno e all'esterno della fascia di pertinenza acustica e in ambiente abitativo. I limiti all'esterno devono essere verificati in facciata agli edifici, a 1 m dalla stessa, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

L'Art. 1 "Definizioni", puntualizza il significato di alcuni termini "chiave" per lo studio acustico:

- Infrastruttura stradale esistente: quella effettivamente in esercizio o in corso di realizzazione o per la quale è stato approvato il progetto definitivo alla data di entrata in vigore del decreto.
- Infrastruttura stradale di nuova realizzazione: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del decreto o comunque non ricadente nella definizione precedente.
- Confine stradale: limite della proprietà stradale quale risulta dagli atti di acquisizione o dalle fasce di esproprio del progetto approvato (in mancanza delle precedenti informazioni il confine è costituito dal ciglio esterno del fosso di guardia o della cunetta, o dal piede della scarpata se la strada è in rilevato o dal ciglio superiore della scarpata se la strada è in trincea).
- Fascia di pertinenza acustica: striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale per ciascuna lato dell'infrastruttura a partire dal confine stradale (di dimensione variabile in relazione al tipo di infrastruttura e compresa tra un massimo di 250 m e un minimo di 30 m). Per le infrastrutture di nuova realizzazione il corridoio progettuale ha una estensione doppia della fascia di pertinenza acustica (500 m per le autostrade) in caso di presenza di scuole, ospedali, case di cura e case di riposo.
- Ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza delle persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L.277/1991.
- Ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa, aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici, ecc.

Infrastrutture esistenti

Per le infrastrutture stradali esistenti di tipo A, B e Ca viene proposta una fascia di pertinenza estesa per 250 m dal confine stradale.

Questo ambito territoriale viene suddiviso in una fascia più vicina all'infrastruttura (Fascia A) di ampiezza 100 m e in una fascia più distante di larghezza 150 m (Fascia B). L'impostazione ricalca pertanto il Decreto Attuativo sul rumore ferroviario.

Per strade tipo Cb (tutte le strade extraurbane secondarie con l'esclusione delle strade tipo Ca) viene conservata una Fascia A di 100 m mentre la Fascia B viene ridotta a 50 m.

Le strade urbane di scorrimento Da e Db assumono una fascia unica di ampiezza 100 m mentre le strade urbane di quartiere tipo E e le strade locali di tipo F sono associate ad una fascia di pertinenza di 30 m.

I limiti di immissione per infrastrutture stradali esistenti sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 2-1: Valori limite assoluti di immissione per strade esistenti e assimilabili (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti) - tab 2, DPR 142/04

Tipo di strada	Sottotipi ai fini acustici (norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		100	50	40	70	60
		150			65	55
B - extraurbana principale		100	50	40	70	60
		150			65	55
C - extraurbana secondaria	Ca	100	50	40	70	60
		150			65	55
	Cb	100	50	40	70	60
		50			65	55
D - urbana di scorrimento	Da	100	50	40	70	60
	Db	100			65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 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

Infrastrutture di nuova realizzazione

Per le strade di nuova realizzazione di tipo A, B e C1 viene proposta una fascia di pertinenza estesa per 250 m dal confine stradale. Anche in questo caso l'impostazione ricalca il Decreto Attuativo sul rumore ferroviario.

Per strade tipo C2 è prevista una Fascia di 150 m mentre per quelle urbane di scorrimento la fascia è di 100 m. Nelle strade urbane di quartiere tipo E e le strade locali di tipo F sono associate ad una fascia di pertinenza di 30 m.

I limiti di immissione per nuove infrastrutture stradali sono riassunti nella tabella seguente.

Tabella 2–2: Valori limite assoluti di immissione per strade di nuova realizzazione - tab 1, DPR 142/04

Tipo di strada	Sottotipi ai fini acustici (DM 5.11.2001)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
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 - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 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

Qualora i valori indicati in Tabella 2–1 e Tabella 2–2 non siano tecnicamente raggiungibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o a carattere ambientale, si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti in ambiente abitativo:

- 35 dBA notturno per ospedali, case di cura e di riposo;
- 40 dBA notturno per tutti gli altri ricettori;
- 45 dBA diurno per le scuole.
-

Tali valori sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1.5 m dal pavimento.

Si precisa però che l'intervento oggetto di studio prevede l'adeguamento di un'infrastruttura autostradale esistente e pertanto ad esso si applicherebbero una fascia A di pertinenza di ampiezza 100 m con limiti 70/60 dBA e una fascia B di ampiezza 150 m, con limiti pari a 65/55 dBA.

In fase di Valutazione di Impatto Ambientale dell'ampliamento a 4 corsie dell'autostrada A4 tra Bergamo e Milano, antecedente l'emanazione del DPR 142/04, furono però adottati limiti indifferenziati tra Fascia A e Fascia B, pari a 65 dBA per il periodo diurno e 55 dBA per il periodo notturno, ossia i limiti poi previsti per le nuove infrastrutture.

Pertanto all'intervento in esame si applica il comma 2 dell'articolo 11 del DPR 142/04 regola il transitorio relativo agli eventuali progetti definitivi di infrastrutture approvati prima dell'entrata in vigore dello stesso:

Art. 11. - Disposizioni finali

1. [...]

2. Sono fatte salve le prescrizioni inserite nei provvedimenti di approvazione di progetti definitivi, qualora più restrittive dei limiti previsti, antecedenti alla data di entrata in vigore del presente decreto.

L'intervento in esame rientra nella casistica definita dal sopra riportato comma 2, pertanto i limiti di riferimento da considerare nella verifica del clima acustico post operam sono quelli definiti nella procedura approvativa del progetto di ampliamento, definiti basandosi sulle bozze e anticipazioni normative del successivo DPR 142/04.

Le fasce sono definite a partire dal ciglio stradale o dal confine di proprietà.

Decreto n. 194 del 19 agosto 2005

Il decreto legge 194, in attuazione alla direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, definisce le competenze e le procedure per l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche, per l'elaborazione e l'adozione dei piani d'azione e, infine, per assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico.

Le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto relativi a infrastrutture principali (nel caso stradale con più di 6 milioni di transiti all'anno) sono tenute ad elaborare la mappatura acustica entro il 30 giugno 2007, in conformità ai requisiti minimi stabiliti dall'allegato 4 e ai criteri che verranno adottati entro 6 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto.

Entro il 18 luglio 2008 le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto relativi a infrastrutture principali devono elaborare e trasmettere alla regione o alla provincia autonoma competente i piani d'azione e le sintesi di cui all'allegato 6 "Dati da trasmettere alla Commissione".

Restano ferme le disposizioni relative alle modalità, ai criteri ed ai termini per l'adozione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore stabiliti dalla legge n. 447 del 1995 e dalla normativa vigente in materia adottate in attuazione della stessa legge.

I piani d'azione previsti ai commi 1 e 3 recepiscono e aggiornano i piani di contenimento e di abbattimento del rumore prodotto per lo svolgimento dei servizi pubblici di trasporto, i piani comunali di risanamento acustico ed i piani regionali triennali di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico adottati ai sensi degli art. 3, comma 1, lettera i), art. 10, comma 5, 7 e 4, comma 2, della legge 447/1995.

Per quanto di interesse dei piani di contenimento e di abbattimento del rumore delle infrastrutture di trasporto stradali ai sensi del DM 29.11.2000 è necessario ricordare che:

- l'Allegato 2 "Metodi di determinazione dei descrittori acustici" del D.l. 194 indica che per il rumore da traffico veicolare, in attesa dell'emanazione dei decreti di cui all'Art. 6, può essere utilizzato il metodo di calcolo francese NMPB-Routes-96.
- I criteri e gli algoritmi per la conversione dei valori limite espressi in $Leq(6-22)$ e $Leq(22-6)$ secondo i descrittori acustici L_{den} e L_{night} verranno determinati entro 120 giorni dalla data di entrata in vigore del D.l. 194 con apposito decreto del presidente del consiglio dei ministri.
- Ai fini dell'elaborazione e della revisione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche si possono utilizzare i dati espressi nei descrittori acustici previsti

dalle norme vigenti Leq(6-22) e Leq(22-6), convertendoli nei descrittori Lden e Lnight sulla base dei metodi di conversione che verranno definiti entro 120 giorni con decreto del presidente del consiglio dei ministri.

NORMATIVA REGIONALE

La Legge della Regione Lombardia del 10 agosto 2001 n. 13, emanata in attuazione della legge 26 ottobre 1995, n. 447, "Legge quadro sull'inquinamento acustico, stabilisce criteri e termini per:

- le azioni di prevenzione dell'inquinamento acustico, come la classificazione acustica del territorio comunale, la previsione d'impatto acustico da produrre per l'avvio di nuove attività o per l'inserimento nel territorio di infrastrutture di trasporto;
- le azioni di risanamento dell'inquinamento acustico attraverso la predisposizione di piani da parte di soggetti pubblici e privati (piani di risanamento delle infrastrutture di trasporto, piani di risanamento comunali, piano regionale triennale d'intervento per la bonifica dell'inquinamento acustico,...).

In attuazione della Legge n. 447/1995, articoli 4 e 8 e della legge regionale n. 13/2001, la Giunta Regionale ha emanato, nella seduta dell'8 marzo 2002 con la deliberazione n. VII/8313, il documento "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico". La documentazione della quale si tratta deve consentire:

- la valutazione comparativa tra lo scenario con presenza e quello con assenza delle opere ed attività, per la previsione di impatto acustico;
- la valutazione dell'esposizione dei recettori nelle aree interessate alla realizzazione di scuole e asili nido, ospedali, case di cura e di riposo, parchi pubblici urbani ed extraurbani, nuovi insediamenti residenziali prossimi alle opere indicate dalla L. 447/95, articolo 8, comma 2, per la valutazione previsionale del clima acustico.

Sempre in attuazione della Legge n. 447/1995, articoli 4 e 8 e della legge regionale n.13/2001, la Giunta Regionale ha emanato, nella seduta del 2 luglio 2002 con la deliberazione n.VII/9776, il documento "Criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale".

La zonizzazione acustica fornisce il quadro di riferimento per valutare i livelli di rumore presenti o previsti nel territorio comunale e, quindi, la base per programmare interventi e misure di controllo o riduzione dell'inquinamento acustico. Obiettivi fondamentali sono quelli di prevenire il deterioramento di aree non inquinate e di risanare quelle dove attualmente sono riscontrabili livelli di rumorosità ambientale superiori ai valori limite. La zonizzazione è inoltre un indispensabile strumento di prevenzione per una corretta pianificazione, ai fini della tutela dall'inquinamento acustico, delle nuove aree di sviluppo urbanistico o per la verifica di compatibilità dei nuovi insediamenti o infrastrutture in aree già urbanizzate.

CLASSIFICAZIONI ACUSTICHE COMUNALI

L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale e altresì il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, auto-

rizzatorie, ordinatorie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore indicate dalla Legge Quadro.

All'esterno delle fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie si applicano i limiti assoluti di immissione definiti in sede di classificazione acustica comunale.

Non essendo noto a priori il contributo al ricettore dovuto alle altre sorgenti acustiche presenti sul territorio, nel presente studio si assume cautelativamente come limite di riferimento per il rumore autostradale il limite assoluto di immissione diminuito di 5 dB, corrispondente quindi ai valori di emissione previsti dalla classificazione acustica comunale.

Il Comune di Dalmine, con Delibera C.C n°40 del 20/07/2018 ha adottato la propria Classificazione Acustica, riportata in stralcio all'interno dell'allegato PAC0004.

3 CARATTERISTICHE TERRITORIALI E INSEDIATIVE

CENSIMENTO DEI RICETTORI

L'identificazione e classificazione tipologica del sistema ricettore è stata svolta in base a sopralluoghi e rilievi estesi all'ambito territoriale di studio interessato dall'asse principale e dalle opere connesse.

Per l'asse principale è stata adottata una estensione di 300 m dal ciglio stradale; il corridoio contiguo all'infrastruttura stradale è stato rilevato con lo scopo di identificare:

- le destinazioni d'uso prevalenti degli edifici: residenziale, residenziale in progetto, edifici dismessi o ruderi, attività commerciali, attività artigianali e industriali, edifici religiosi e monumentali, asili, scuole, istituti superiori o universitari, ospedali, case di cura, case di riposo, impianti sportivi, parchi e aree naturalistiche, pertinenze non adibite a presenza umana permanente (box, tettoie, magazzini), servizi quali municipi, musei, centri sociali, stazioni, ecc.;
- il n. di piani complessivi e abitati, il numero di infissi per ogni piano e per ciascun fronte esposto;
- l'orientamento del fronte principale rispetto alla sorgente di rumore (parallelo, perpendicolare, ruotato);
- la tipologia strutturale (muratura, cemento armato, acciaio);
- lo stato di conservazione (buono, medio, cattivo);
- la presenza di eventuali ostacoli alla propagazione del rumore;
- la presenza di infrastrutture concorsuali o altre sorgenti di rumore.

Le codifiche dei ricettori riportate negli elaborati del censimento vengono sempre univocamente utilizzate nello studio acustico al fine di identificare i punti di calcolo e di verifica acustica.

Nelle tavole allegate "PAC0004" sono riportate le localizzazioni dei ricettori, le destinazioni d'uso e i codici assegnati.

RICETTORI SENSIBILI

Ai sensi del DPR 142/2004 sono considerati ricettori sensibili:

- gli edifici scolastici di ogni ordine e grado;
- le case di cura;
- le case di riposo;
- gli ospedali.

Dal censimento effettuato non è emersa la presenza di ricettori sensibile all'interno delle fasce di pertinenza nell'area oggetto dell'intervento.

SORGENTI DI RUMORE CONCORSALE

In fase di predisposizione dello studio è stato verificato anche il tema della concorsualità acustica con le altre infrastrutture di trasporto limitrofe.

La verifica condotta ha evidenziato che nel territorio interessato dal presente progetto è presente come infrastruttura acusticamente concorsuale la Tangenziale Sud di Bergamo.

3.1.1 Metodologia per la considerazione della concorsualità

Il metodo nel seguito proposto per considerare la concorsualità di altre infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie sui limiti di fascia dell'infrastruttura allo studio, è basato sulle indicazioni normative, considerando però che le disposizioni di legge vigenti non sono, per alcuni aspetti, pienamente esaustive: per questo motivo nella scelta del metodo si è cercato di operare scelte equilibrate e cautelative nei confronti dei ricettori.

La verifica di concorsualità, come indicata dall'Allegato 4 DM 29.11.2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto", richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrica e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

La significatività, al fine di non introdurre problematiche interpretative rispetto alle quali il quadro normativo attuale è carente, viene sempre verificata nel periodo notturno.

Identificazione di significatività della sorgente concorsuale (Fase 1)

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concorsualità, è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concorsuale. La sorgente concorsuale non è significativa, e può essere pertanto trascurata, se sussistono le seguenti due condizioni:

- a) i valori della rumorosità causata dalla sorgente secondaria sono inferiori al limite di soglia, L_S , dato dalla relazione $L_S = L_{zona} - 10 \log_{10}(n-1)$, dove n è il numero totale di sorgenti presenti ed L_{zona} è il massimo dei limiti previsti per ognuna delle singole sorgenti concorsuali;
- b) la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dB(A).

Operativamente si procede nel seguente modo:

1. definizione dei punti di verifica acustica considerando la sorgente principale (facciate più esposte, 1 punto per ogni piano);
2. svolgimento dei calcoli previsionali ante mitigazione per lo scenario di progetto, periodo diurno e notturno, previa taratura del modello di calcolo, per la sorgente principale su tutti i piani;
3. previsione di impatto acustico della sorgente concorsuale. Il modello del terreno utilizzato per la simulazione della sorgente A4 accoglie le infrastrutture di trasporto concorsuali. Si tiene così conto delle infrastrutture stradali primarie considerate nello studio del traffico e delle linee ferroviarie. Per le infrastrutture stradali concorsuali viene utilizzato il traffico relativo allo scenario a lungo termine scelto per lo scenario di progetto. I calcoli previsionali svolti per le sorgenti concorsuali nei punti di verifica acustica terranno conto del modello

del terreno dettagliato predisposto per la sorgente principale e, conseguentemente, degli effetti di schermatura degli edifici e del terreno;

4. associazione dei livelli di impatto delle sorgenti concorsuali al singolo punto di verifica acustica della sorgente principale;
5. verifica di significatività della sorgente concorsuale in base alle condizioni a) e b).

Tale approccio si applica solo ai ricettori all'interno della fasce di pertinenza stradale. Per i ricettori esterni alla fascia di pertinenza si considerano i limiti previsti dalle classificazioni acustiche comunali così come previsto dall'Art. 3 del DPCM 14.11.1997 in cui si dice che "per le infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, ... i limiti di cui alla tabella C allegata al presente decreto non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza, individuate nei relativi decreti attuativi. All'esterno di tali fasce dette sorgenti concorrono al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione".

Si precisa che nel caso in esame, per essere maggiormente cautelativi nei confronti dei ricettori presenti nell'area di studio, si sono considerate tutte le sorgenti censite sempre concorsuali all'interno delle relative fasce acustiche.

Definizione dei limiti di soglia (Fase 2)

Se la sorgente concorsuale è significativa, sia la sorgente principale sia quella concorsuale devono essere risanate nell'ambito delle rispettive attività di risanamento che andrebbero coordinate tra i soggetti coinvolti. I limiti di zona (limiti di fascia o limiti di classificazione acustica) non sono sufficienti a controllare la sovrapposizione degli effetti e devono essere definiti dei livelli di soglia.

In questo modo si vincolano le sorgenti sonore a rispettare limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo previsto per ogni singolo ricettore.

In particolare:

1. Alla fine della Fase 1 si perviene ad una scomposizione dei punti di verifica acustica, e quindi dei ricettori, in due insiemi caratterizzati da concorsualità significativa o non significativa.
2. Nel caso in cui la concorsualità non sia significativa, si applica il limite di fascia della infrastruttura principale.
3. Nel caso in cui la concorsualità sia significativa e il punto sia contenuto ad esempio in due fasce di pertinenza uguali (A+A oppure B+B), considerando le sorgenti di rumore egualmente ponderate, il livello di soglia è calcolabile come da Allegato 4 DMA 29.11.2000:

$$L_S = L_{zona} - 10 \log_{10}(n)$$

La riduzione dei limiti di fascia (o di classificazione acustica) assume pertanto valore minimo di 3 dBA nel caso di una sorgente principale + una sorgente concorsuale. Nei casi di 2 e 3 sorgenti concorsuali oltre alla sorgente principale le riduzioni diventano:

- 5 db(A) nel caso le sorgenti concorsuali siano 3 (1 principale + 2 concorsuali);
- 6 db(A) nel caso le sorgenti in totale siano 4 (1 principali + 3 concorsuali).

4. Nel caso in cui la concorsualità sia significativa e il punto sia contenuto in due fasce di pertinenza diverse (A+B oppure B+A), si attua una riduzione paritetica dei limiti di zona tale

che dalla somma dei due livelli di soglia si pervenga al valore massimo delle fasce sovrapposte. In presenza di due sorgenti, i limiti applicabili saranno ridotti di una quantità ΔLeq ottenuta in modo da soddisfare la seguente equazione:

$$10 \log_{10} [10^{(L_1 - \Delta Leq)/10} + 10^{(L_2 - \Delta Leq)/10}] = \max(L_1, L_2)$$

con L_1 ed L_2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente.

Un'analoga formula si utilizza in caso di presenza di 3 o più infrastrutture concorsuali.

Riassumendo, a seconda di come di sovrappongono le fasce di pertinenza delle due infrastrutture, si distinguono i seguenti casi (i limiti applicabili sono ottenuti sottraendo ai limiti imposti alla sola A4, il ΔLeq ottenuto in base all'equazione precedente):

Tabella 3-1: Limiti di soglia per l'A4 nel caso di una sola infrastruttura concorsuale

Altra infrastruttura		Autostrada A4	
		Fascia A	Fascia B
	Fascia A	67 dB(A) Leq diurno	63,8 dB(A) Leq diurno
		57 dB(A) Leq notturno	53,8 dB(A) Leq notturno
	Fascia B o Fascia unica da 250 metri	68,8 dB(A) Leq diurno	62 dB(A) Leq diurno
		58,8 dB(A) Leq notturno	52 dB(A) Leq notturno

Tabella 3-2: Limiti di soglia per l'A4 nel caso di due infrastrutture concorsuali

Limiti per Fascia A della Autostrada A4			
		Infrastruttura 1	
		Fascia A	Fascia B
Infrastruttura 2	Fascia A	65,2 dB(A) Leq diurno	66,4 dB(A) Leq diurno
		55,2 dB(A) Leq notturno	56,4 dB(A) Leq notturno
	Fascia B	66,4 dB(A) Leq diurno	67,9 dB(A) Leq diurno
		56,4 dB(A) Leq notturno	57,9 dB(A) Leq notturno
Limiti per Fascia B della Autostrada A4			
		Infrastruttura 1	
		Fascia A	Fascia B
Infrastruttura 2	Fascia A	61,4 dB(A) Leq diurno	62,9 dB(A) Leq diurno
		51,4 dB(A) Leq notturno	52,9 dB(A) Leq notturno
	Fascia B	62,9 dB(A) Leq diurno	60,2 dB(A) Leq diurno
		52,9 dB(A) Leq notturno	50,2 dB(A) Leq notturno

Si specifica che, nel caso in cui la concorsualità venisse verificata su un solo piano di un edificio, la riduzione dei limiti di riferimento viene poi applicata all'intero edificio (cioè a tutti i ricettori di quell'edificio).

Si ribadisce che nel caso in esame, per essere maggiormente cautelativi nei confronti dei ricettori presenti nell'area di studio, la tangenziale sud di Bergamo è stata sempre considerata concorsuale all'interno delle relative fasce acustiche.

MONITORAGGIO ACUSTICO ANTE-OPERAM

3.1.2 Attuali sorgenti di rumore e monitoraggio acustico ante-operam

Il clima acustico attuale è stato caratterizzato nell'ambito della predisposizione dello Studio di Impatto Ambientale per l'ampliamento alla 4^a corsia dell'autostrada A4.

Ai fini di una caratterizzazione completa del clima acustico lungo l'autostrada oggetto dell'indagine, sono state effettuate 3 diverse tipologie di misure:

- misure di tipo A: misura di 7 giorni ciascuna, con postazioni fisse non assistite da operatore, integrate su un tempo pari a 60 minuti, durante l'intero arco della giornata, per una settimana;
- misure di tipo B: misura di 24 ore con postazione fisse non assistite da operatore, integrate su un tempo pari a 60 minuti, durante l'intero arco della giornata;
- misure di tipo C: misura di breve periodo (da 20 a 30 minuti) con postazione mobile assistita da operatore. Per evitare di rilevare esclusivamente i picchi di rumore dovuti all'incremento di traffico del week – end, per le misure di breve periodo è stata esclusa la finestra temporale compresa tra le 15:00 del venerdì e le 12:00 del lunedì successivo. In ciascun punto sono state svolte almeno 4 misure sia diurne che notturne con le seguenti modalità:
 - due – tre misure diurne, della durata di 30 minuti, la prima in ora di punta, ossia tra le 7:00 e le 9:30 oppure tra le 17:30 e le 19:30, e la seconda in ora di morbida, rispettivamente tra le 13:00 e le 17:30 e/o tra le 9:30 e le 13:00;
 - misure notturne, della durata di 20 minuti, la prima tra le 23:00 e le 1:00, la seconda tra le 1:00 e le 5:00.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle misure eseguite nei comuni di Osio Sopra, Dalmine e Stezzano.

Tabella 3–3: Punti di Rilievo del Clima Acustico per progetto A4

Punto	Comune	Descrizione del Sito di Misura	Distanza A4 (m)	Risultati Misure dB(A)		Classificazione acustica
A17	Osio Sopra	Via XXV Aprile n° 35 - strada fondo chiuso - presenza barriere.	10	64,6	61,6	Classe III
B20	Stezzano	Da Via Bassa su strada sterata fino alle serre - presenza linea ferroviaria	100	68,0	63,8	Classe IV
B27	Stezzano	In prossimità della "Cascina Fornoca"	50	57,9	58,1	Classe IV
C18	Dalmine	Via Don Seghezzi, fronte rotatoria e sottopasso - tratto autostradale ad un livello più alto (+5m) rispetto ai ricettori	50	65,1	59,2	Classe II
C19	Dalmine	Via Piemonte, incrocio con Via Tre Venezie, a fianco dell'abitazione con n° civico 22 - presenza svincolo autostradale	90	58,7	56,2	Classe III

In generale i risultati dei rilievi fonometrici hanno evidenziato le seguenti condizioni:

- Rilievi diurni: il traffico locale (dovuto alla presenza di svincoli, cavalcavia, strade per i centri industriali, ecc.) e, in singoli punti, di adduzione all'autostrada contribuisce in maniera significativa al valore del livello sonoro misurato; questo si evidenzia maggiormente nelle misure di breve periodo.
- Rilievi notturni: la minore presenza di traffico e la maggiore velocità degli autoveicoli determinano, talvolta, un aumento del livello equivalente misurato.

Per il periodo notturno si evidenzia un costante superamento del limite adottato come obiettivo nel SIA (55 dBA) e anche del limite di Fascia A previsto dal DPR 142/04 (60 dBA).

Nella tabella seguente si riportano le misure delle ulteriori indagini acustiche svolte nel 2017 in corrispondenza di due punti significativi, denominati rispettivamente PS1, presso il ricettore 32 e PS2 presso il ricettore 60. I risultati di tali indagini confermano l'esubero dai limiti di riferimento nel punto PS1 ed il rispetto dei limiti di Fascia A della tangenziale sud di Bergamo nel punto PS2.

Tabella 3–4: Punto di Rilievo del Clima Acustico 2017

Punto	Comune	Descrizione del Sito di Misura	Distanza A4 (m)	Risultati Misure dB(A)	
PS1	Dalmine	Via Piemonte 1	20	64.1	58.1
PS2	Dalmine	Via Tre Venezie, 37	235	61.7	56.3

I risultati di dettaglio dei rilievi fonometrici eseguiti sono riportati nelle schede di misura allegata (**PAC0003**).

4 ANALISI PREVISIONALE

MODELLO DI CALCOLO

4.1.1 Il metodo francese

Il Decreto Legge 194/2005, in attuazione alla direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, raccomanda, per la stima del rumore da traffico veicolare, l'utilizzo del metodo di calcolo ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)», citato in «Arreté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese « XPS 31-133».

La direttiva europea raccomanda il metodo francese in via provvisoria per gli Stati membri che non dispongono di un metodo nazionale e per quelli che desiderano cambiare il metodo di calcolo. Le linee guida per l' utilizzo dei modelli di calcolo sono espresse nella Raccomandazione 2003/613/CE pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea in data 22/08/2003.

Il «Nouvelle Methode de Prevision de Bruit» NMPB, è stato messo a punto da alcuni noti Istituti francesi costituenti i Servizi Tecnici del Ministère de l'Equipement (CSTB, SETRA, LCPC, LRPC). Il modello è rivolto esclusivamente alla modellazione del rumore da traffico stradale ed è nato come evoluzione di un metodo risalente agli anni '80 (esposto nella «Guide de Bruit» del 1980) e proposto ufficialmente per essere di ausilio agli Enti pubblici ed agli studi professionali privati nelle attività di previsione riguardanti il rumore.

Le caratteristiche salienti del NMPB sono sicuramente:

- la possibilità di modellare il traffico stradale con dettagli relativi al numero di corsie, flussi di traffico, caratteristiche dei veicoli, profilo trasversale delle strade, altezza delle sorgenti, ecc.;
- l'attenzione rivolta alla propagazione su lunga distanza;
- la definizione di due diverse condizioni meteorologiche standard, definite come «condizioni favorevoli alla propagazione» e «condizioni acusticamente omogenee», allo scopo di arrivare ad una definizione di previsione dei livelli sonori sul lungo periodo.

Emissione acustica

In NMPB-Routes-96 il calcolo dell'emissione si basa sul livello di potenza sonora del singolo veicolo, che implica pertanto la suddivisione della sorgente stradale in singole sorgenti di rumore assimilate a sorgenti puntiformi.

Il livello di potenza sonora è ricavato a partire da un normogramma che riporta il livello equivalente orario all'isofonica di riferimento dovuto a un singolo veicolo in funzione della velocità per differenti categorie di veicoli, classi di gradiente e caratteristiche del traffico.

Il livello di potenza sonora corretto in funzione del numero di veicoli leggeri e di veicoli pesanti nel periodo di riferimento e della lunghezza della sorgente stradale viene a sua volta scomposto in bande di ottava in accordo alla norma EN 1793-3:1997. Da considerare inoltre che:

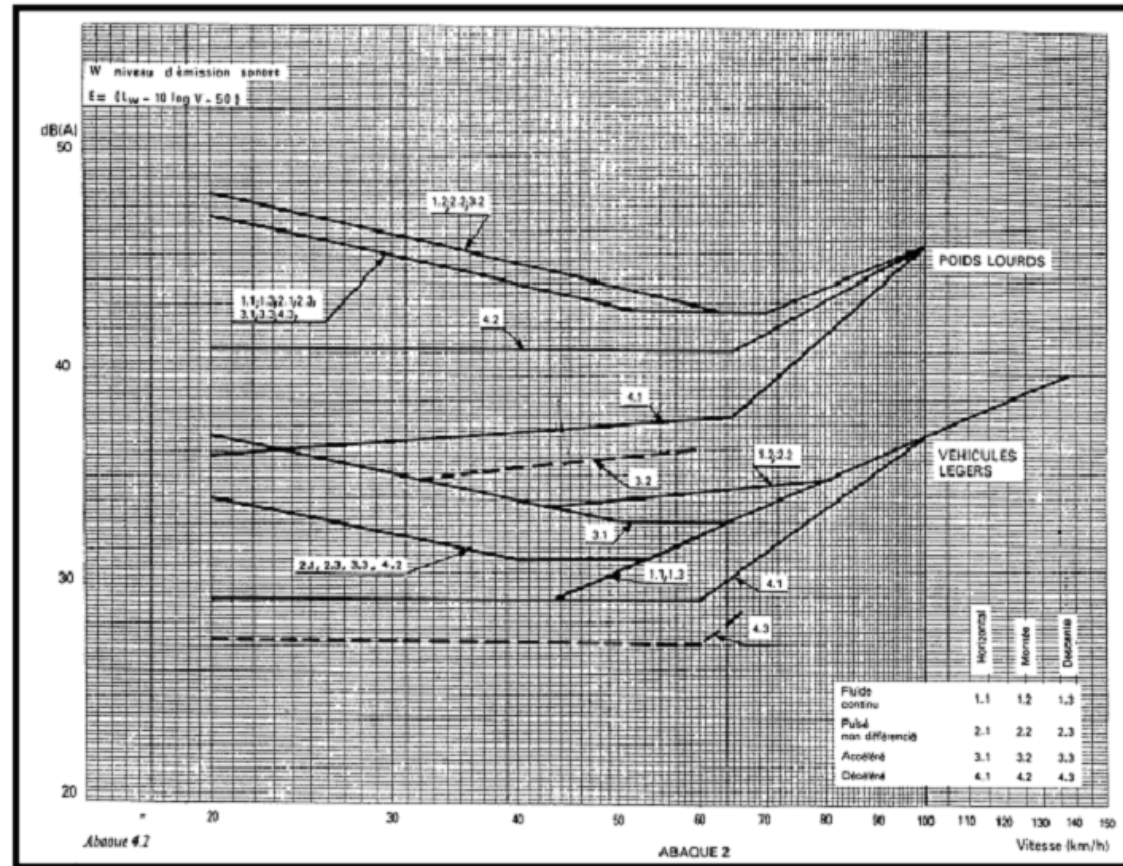
- la sorgente viene localizzata a 0.5 m di altezza dal piano stradale. La distanza di riferimento del livello di emissione è a 30 m dal ciglio stradale ad un'altezza di 10 m;
- il livello di emissione diminuisce con la velocità su valori bassi di transito, rimane costante per velocità medie e aumenta per velocità alte;
- le categorie di veicoli prese in considerazione sono due: veicoli leggeri (GVM fino a 3.5 tonnellate) e veicoli pesanti (GVM superiore a 3.5 tonnellate);

- non sono previsti valori di volumi di traffico caratteristici in funzione della categoria della strada e dell'intervallo di riferimento. Vengono invece distinte quattro tipologie di flusso veicolare:
 - «Fluid continuous flow» per velocità all'incirca costanti;
 - «Pulse continuous flow» per flusso turbolento con alternanza di accelerazioni e decelerazioni;
 - «Pulse accelerated flow» con la maggior parte dei veicoli in accelerazione;
 - «Pulse decelerated flow» con la maggior parte dei veicoli in decelerazione.
- la pavimentazione stradale considerata è di tipo standard, ma sono apportabili correzioni compatibili con la ISO 11819-1 in funzione del tipo di asfalto e delle velocità;
- l'influenza della pendenza della strada è inclusa nel normogramma. Sono distinti tre casi: pendenza fino al 2%, pendenza superiore al 2% in salita e pendenza superiore al 2% in discesa.

I parametri richiesti dal NMPB per caratterizzare le sorgenti del traffico stradale sono essenzialmente legati al flusso orario Q del traffico veicolare: tale flusso permette di calcolare il valore di emissione sonora a partire dagli abachi 4.1 e 4.2 della «Guide du Bruit des Transports terrestres – Partie IV: Methode détaillée route» del 1980.

Tali abachi indicano per lettura diretta il valore del livello sonoro equivalente su un'ora in dB(A) (chiamato emissione sonora E) generato dalla circolazione di un veicolo leggero o di un veicolo pesante.

Figura 4-1: Valore del livello sonoro equivalente su un'ora in dB(A) generato dalla circolazione di un veicolo leggero o di un veicolo pesante



La relazione finale utilizzata per calcolare il livello di potenza acustica di una sorgente puntiforme L_{AWi} rappresentante un tratto omogeneo di strada è dunque:

$$L_{AWi} = [(E_{VL} + 10 \log Q_{VL}) + (E_{PL} + 10 \log Q_{PL})] + 20 + 10 \log(I_i) + R(j)$$

dove sono:

- E_{VL} ed E_{PL} : i livelli di emissione calcolati con l'abaco per i veicoli leggeri e pesanti;
- Q_{VL} e Q_{PL} : i corrispondenti flussi orari;
- I_i : la lunghezza in metri del tratto di strada omogeneo;
- $R(j)$: il valore dello spettro di rumore stradale normalizzato tratto dalla EN 1793-3.

Propagazione acustica

La attenuazione del suono lungo linea di propagazione acustica è definita in base a:

- Divergenza geometrica - Il decremento del livello di rumore con la distanza (A_{div}) avviene secondo una propagazione sferica.
- Assorbimento atmosferico - Attenuazione del livello di rumore in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria (A_{atm}). In NMPB le condizioni standard sono 15°C e 70% di umidità. Vanno considerati valori opportuni di coefficienti di assorbimento in accordo con ISO 9613-1 per valori diversi della temperatura e umidità relativa.

- Effetto del terreno - L'attenuazione del terreno è valutata in modo differente in relazione alle condizioni meteorologiche di propagazione. In condizioni favorevoli il termine è calcolato in accordo al metodo indicato nell'ISO 9613-2. In condizioni omogenee è introdotto un coefficiente G del terreno, che è nullo per superfici riflettenti. In questo caso $A_{grd} = -3$ dB.

Il risultato finale della previsione a lungo termine ($L_{i,LT}$) è ottenuto sommando i contributi derivanti dalle due condizioni "tipo", ovviamente ponderati secondo le percentuali di effettiva presenza sul sito considerato.

$$L_{i,LT} = 10 \log \left[p_i \cdot 10 \left(\frac{L_{iF}}{10} \right) + (1 - p_i) \cdot 10 \left(\frac{L_{iH}}{10} \right) \right],$$

dove L_{iF} è il livello globale calcolato in presenza di condizioni favorevoli alla propagazione per una percentuale p_i di presenze annuali, mentre L_{iH} è l'analogo livello calcolato per condizioni omogenee; cautelativamente, il modello non considera condizioni sfavorevoli alla propagazione acustica.

E' importante osservare che lo scopo di tale metodo non è, dunque, quello di descrivere tutte le situazioni meteo osservabili in un particolare sito, ma di approssimarle, rappresentandole con due tipi di situazioni atmosferiche convenzionali.

IL SOFTWARE SOUNDPLAN

Per la simulazione del rumore generato dal traffico stradale è stato utilizzato il modello previsionale SoundPLAN versione 7.3. Il modello messo a punto tiene in considerazione le caratteristiche geometriche e morfologiche del territorio e dell'edificato presente nell'area di studio, la tipologia delle superfici e della pavimentazione stradale, i traffici ed i relativi livelli sonori indotti, la presenza di schermi naturali alla propagazione del rumore, quale ad esempio lo stesso corpo stradale.

I calcoli sono stati svolti utilizzando il metodo del ray-tracing e sono basati sugli algoritmi e sui valori tabellari contenuti nel metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96.

La procedura di simulazione è la parte centrale e più delicata dello studio acustico, presentandosi la necessità di gestire informazioni provenienti da fonti diverse e di estendere temporalmente ad uno scenario di lungo periodo i risultati di calcolo. È stato pertanto necessario:

- realizzare un modello vettoriale tridimensionale del territorio "DTM Digital Terrain Model" esteso a tutto l'ambito di studio del tracciato autostradale in progetto;
- realizzare un modello vettoriale tridimensionale dell'edificato "DBM Digital Building Model", che comprende tutti i fabbricati indipendentemente dalla loro destinazione d'uso;
- definire gli effetti meteorologici sulla propagazione del rumore;
- definire i coefficienti di assorbimento per il terreno e gli edifici;
- definire i dati di traffico di progetto da assegnare alle linee di emissione.

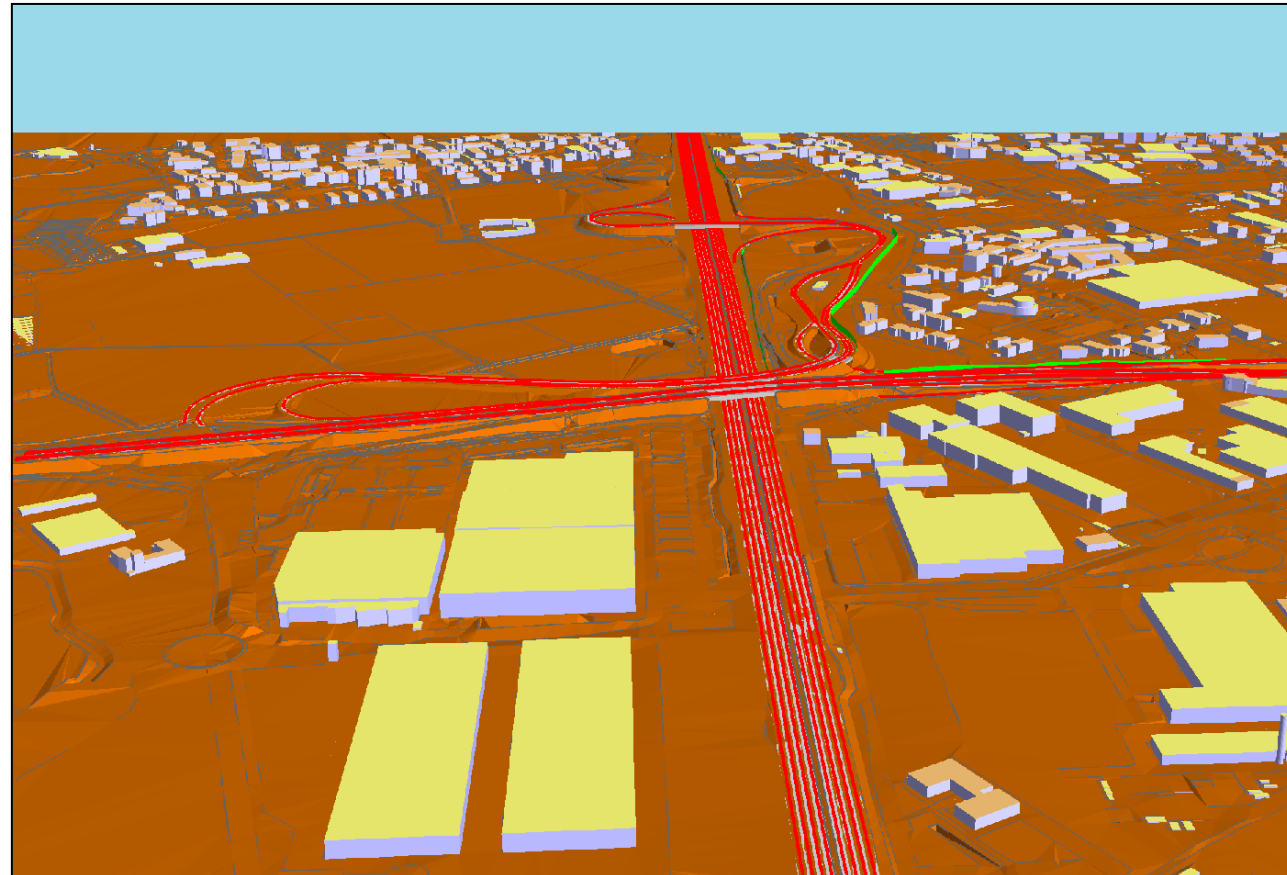
In particolare il modello geometrico 3D finale contiene:

- morfologia del territorio;
- tutti i fabbricati di qualsiasi destinazione d'uso, sia quelli considerati ricettori sia quelli considerati in termini di ostacolo alla propagazione del rumore;
- altri eventuali ostacoli significativi per la propagazione del rumore;
- cigli marginali delle infrastrutture stradali in progetto, inclusi gli svincoli, e delle opere connesse esistenti, in variante o di nuova realizzazione.

Per una migliore gestione dei dati di ingresso e di uscita dal modello di calcolo Soundplan sono stati definiti e utilizzati dei protocolli di interscambio dati con un GIS (“Geographical Information System”).

Nella immagine seguente è riportata, a titolo di esempio, una vista 3D del progetto.

Figura 4-2: Vista 3D del modello geometrico ricostruito



TARATURA DEL MODELLO DI CALCOLO

La verifica dell’attendibilità del modello previsionale (calibrazione) è stata effettuata verificando gli esiti delle valutazioni modellistiche in corrispondenza delle postazioni di monitoraggio descritte nel paragrafo 3.1.2.

Utilizzando i dati di traffico rilevati nella settimana di misura (sull’autostrada e alla stazione di esazione) è stata svolta una simulazione per la verifica dell’attendibilità del modello. L’esito della verifica è riportato in Tabella 4–1.

Il risultato del processo di taratura ha evidenziato una buona corrispondenza tra valori simulati e valori misurati, con una leggera sovrastima dei risultati (1,3 dB in periodo diurno e 1,2 dB in periodo notturno) che costituisce un primo margine di sicurezza in favore dei ricettori potenzialmente disturbati; i risultati di dettaglio del processo di taratura, sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 4–1: esito verifica taratura modello di simulazione

Punto	Viabilità	Limiti		Rilevati		Simulati		Differenza	
		Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
PS1	A4+ Svincolo	65	55	64,1	58,1	65,9	60,1	+1,8	+2
PS2	Tangenziale Sud BG	70	60	61,7	56,3	62,5	56,7	+0,8	+0,4

L’ubicazione planimetrica delle postazioni è riportata negli allegati grafici “PAC005”.

Un ulteriore margine di sicurezza è determinato dal fatto che le valutazioni di impatto acustico per la fase di esercizio sono state eseguite con scenario di riferimento al 2025, ipotizzando significativi incrementi di traffico rispetto alla situazione ante operam.

Pur avendo proiettato la simulazione di impatto al 2025, non sono state considerate le evoluzioni tecnologiche del parco veicoli circolante, che probabilmente determineranno una progressiva riduzione delle emissioni acustiche dei veicoli, specialmente per quanto riguarda il rumore generato dai motori dei mezzi pesanti.

Di conseguenza, le previsioni acustiche eseguite in base al modello di simulazione sono da ritenersi in favore di sicurezza per i ricettori potenzialmente disturbati, poiché i principali fattori di incertezza sono stati considerati in una ottica di sovrastima dei risultati.

DATI DI TRAFFICO IN INPUT PER LA PROGETTAZIONE ACUSTICA

I dati di traffico relativi allo scenario futuro di progetto proiettato al 2025 sono stati estratti dallo studio trasportistico, nell’ambito del quale sono stati calcolati i traffici medi suddivisi per veicoli leggeri e pesanti nel periodo diurno (6-22) e notturno (22-6). Si è proceduto quindi a ricavare il flusso medio orario nei periodi di riferimento, e a suddividerlo nelle singole corsie di marcia. In particolare i dati di traffico alla barriera di esazione sono i seguenti

TGMA ATTUALE 2016:

Veicoli Complessivi bidirezionali allo Svincolo: 26770, di cui 21494 leggeri, 3074 Commerciali e 2203 pesanti

TGMA PROGETTO al 2025:

Veicoli Complessivi bidirezionali allo Svincolo: 32974, di cui 26562 leggeri, 3654 Commerciali e 2752 pesanti

TGMA PROGRAMMATICO al 2025:

Veicoli Complessivi bidirezionali allo Svincolo: 29178, di cui 23343 leggeri, 3364 Commerciali e 2471 pesanti

Incremento del progetto al 2025 rispetto all’attuale:

Leggeri e Commerciali: +18%
Pesanti: +20%

Incremento del progetto al 2025 rispetto al programmatico al 2025

Leggeri: +11%
Pesanti: +10%

Per ulteriori dettagli si rimanda allo Studio di Traffico associato al presente progetto.

LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI CALCOLO

Il calcolo dei livelli di rumore in ambiente esterno e la conseguente identificazione delle aree di superamento devono essere svolte, in base alle indicazioni del DPR 142/2004, a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione. Il DM29.11.2000, pur con diversa definizione (punto di maggiore criticità della facciata più esposta) ripropone l'attenzione sul fatto che nella fase di programmazione delle attività di risanamento l'identificazione delle aree di superamento deve sempre essere basata sulla condizione di maggiore esposizione del ricettore.

La localizzazione della facciata e del punto di massima esposizione non sono sempre noti a priori, dipendendo dalla geometria del problema e, in particolare, dalle condizioni di schermatura degli edifici e ostacoli naturali circostanti al ricettore, dal dislivello tra sorgente autostradale e punto di calcolo, dall'importanza delle componenti di rumore riflesso e diffratto rispetto alla componente di rumore che raggiunge direttamente il ricettore. Di conseguenza, sono stati calcolati i livelli di pressione sonora su tutte le facciate degli edifici, dimensionando le opere di bonifica sulla facciata che è risultata più esposta.

SPECIFICHE DI CALCOLO

I calcoli acustici con il modello previsionale Soundplan sono stati svolti utilizzando i seguenti parametri:

- Coefficiente di assorbimento del terreno pari a 0,5 nelle aree edificate e a 1 nelle aree verdi
- Ordine di riflessione: 3
- Distanza massima delle riflessioni dai ricettori: 200 m
- Distanza massima delle riflessioni dalle sorgenti: 50 m
- Raggio di ricerca: 1000 m
- Ponderazione: dB(A)
- Errore tollerato 0.01 dB

CONFIGURAZIONI SIMULATE E VALUTATE

Sono stati simulati i seguenti scenari:

- **Scenario 1: stato attuale**
È stata simulata la sorgente autostradale attuale senza la presenza dell'intervento in progetto.
- **Scenario 2: stato di progetto non mitigato anno 2025**
È stata simulata la sorgente autostradale allo stato futuro, secondo le caratteristiche planoaltimetriche fornite dal progetto stradale.
- **Scenario 3: stato di progetto mitigato anno 2025**
È stata simulata la sorgente autostradale allo stato futuro, secondo le caratteristiche planoaltimetriche fornite dal progetto stradale. Sono state, inoltre, introdotte le barriere antirumore a protezione degli edifici maggiormente esposti.

I risultati delle simulazioni acustiche sono riportati nelle tavole "PAC0006", "PAC0007" e nella tabella "PAC0002".

5 INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

INTERVENTI SULLA SORGENTE DI RUMORE

Il primo intervento da prendere in considerazione per la mitigazione dell'impatto acustico è la riduzione del rumore alla sorgente, come suggerisce il buon senso ed impone il DMA 29/11/2000.

Tale provvedimento si applica agendo su due fronti:

- la riduzione delle emissioni acustiche dei veicoli, mediante miglioramento del parco circolante
- la stesura di asfalto a bassa emissione acustica.

Nel caso specifico, lungo tutta l'infrastruttura in esame è già in uso asfalto drenante; di conseguenza, l'adozione di tale pavimentazione è stata considerata sia nelle simulazioni dello stato di fatto che in quelle dello stato di progetto, e non sono previste ulteriori riduzioni della sorgente acustica nello scenario con mitigazioni.

Riguardo alla riduzione delle emissioni acustiche dei veicoli nei prossimi anni, sebbene essa sia auspicabile e prevedibilmente applicata in ottemperanza alle normative comunitarie sempre più stringenti, si è preferito non considerare tale aspetto che non dipende direttamente dal gestore dell'infrastruttura, ed adottare cautelativamente i coefficienti di emissione standard contenuti nel database NMPB-Routes 96.

INTERVENTI SULLA VIA DI PROPAGAZIONE

Il secondo intervento di mitigazione, nella scala di priorità previste dalla normativa, è l'inserimento di ostacoli sulla via di propagazione del rumore.

La progettazione acustica ha consentito di definire la localizzazione, la geometria (altezza, lunghezza), e la tipologia di barriere antirumore più idonea a mitigare l'impatto sui ricettori. In particolare, sono state indicate le situazioni in cui è opportuno prevedere barriere fonoassorbenti per impedire la riflessione del suono sul lato opposto della autostrada e le situazioni in cui è necessario inserire barriere integrate; nei casi in cui è indicata genericamente barriera "fonoisolante" è possibile prevedere un tipologico con elementi anche totalmente trasparenti. L'elenco delle barriere antirumore è riportato nella tabella seguente.

Si precisa che, al fine di ottemperare alla prescrizione 1.a del Ministero dell'Ambiente e Territorio, si è provveduto a potenziare le mitigazioni previste nello Studio Preliminare Ambientale, al fine di garantire un significativo miglioramento dei livelli acustici attesi presso i ricettori più esposti. Nella **Tabella 5-1** sono quindi riportate, per un più semplice confronto, le barriere precedentemente previste e quelle dell'attuale Progetto Definitivo.

Tabella 5-1: Barriere in progetto

Studio Preliminare Ambientale			Progetto Definitivo		
ID Barriera	Lunghezza (m)	Altezza (m)	ID Barriera	Lunghezza (m)	Altezza (m)
FO01	95	3	FO01	24	3
			FO02	26	4
			FO03	45	5
FO02	130	5	FO04	376	6
FO03	172	4			
FO04	75	3			

Le quattro barriere potenziate hanno uno sviluppo complessivo di circa 472 m, pari a una superficie di 2655 m².

Nell'allegato "PAC0006" sono riportati in forma grafica i risultati della simulazione acustica senza mitigazioni nello scenario di progetto, mentre nell'allegato "PAC0007" sono riportati in forma grafica i risultati della simulazione acustica con presenza di mitigazioni.

In particolare, sono riportati gli edifici (residenziali e sensibili) per i quali risultano rispettati o superati i limiti di legge previsti in assenza di mitigazioni.

INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI

Il DPR 142/04 prevede espressamente la possibilità di ricorrere a interventi diretti sui ricettori qualora considerazioni di carattere tecnico, economico od ambientale rendano difficoltosi gli interventi sulla sorgente o con pannelli antirumore.

Nel caso di ricettori isolati, di edifici molto alti antistanti l'infrastruttura, o di ricettori direttamente affacciati su strade urbane, l'intervento maggiormente conveniente ed efficace è l'insonorizzazione diretta degli edifici.

Sebbene ogni situazione particolare costituisca un caso a sé, con la necessità quindi di effettuare valutazioni diagnostiche accurate, in linea di massima si può affermare che l'azione prioritaria per migliorare l'isolamento acustico globale delle facciate debba essere rivolta alle superfici vetrate in esse presenti.

Per un maggior dettaglio nella definizione degli interventi, si può far riferimento al seguente schema di possibili soluzioni, riportate qui di seguito in ordine crescente di efficacia acustica:

- sostituzione dei vetri tradizionali con speciali vetri antirumore (doppi vetri o vetri multistrato di maggior spessore);
- sostituzione degli infissi con speciali infissi antirumore, eventualmente del tipo autoventilato;
- realizzazione di doppi infissi, in aggiunta a quelli esistenti.

Su tutti i ricettori in cui, dopo aver applicato gli interventi alla sorgente e sulla via di propagazione, si preveda un livello di pressione sonora in facciata superiore ai limiti previsti dalla normativa vigente, è stata eseguita una stima preliminare del livello di pressione sonora in ambiente interno, e tale livello è stato confrontato con i limiti previsti dal DPR142/04. Non essendo ovviamente possibile in questa fase eseguire misure di fonoisolamento in ogni edificio, la stima del livello interno ha utilizzato come dato di input il livello di pressione sonora simulato in facciata, a cui è stata applicata una riduzione di 20 dB dovuta all'involucro dell'edificio.

La scelta di ipotizzare un fonoisolamento di facciata pari a 20 dB è frutto dell'esperienza maturata in numerose campagne di monitoraggio acustico in cui è stato rilevato che, anche in presenza di edifici di non recente costruzione e in stato di conservazione non ottimale, il suddetto valore è certamente garantito.

In considerazione quindi dei valori notturni previsti per la fase post operam, sempre significativamente minori di 60 dBA, non risulta mai necessario prevedere la verifica del rispetto del limite normativo per il rumore interno notturno (pari a 40 dBA).

6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI ACUSTICHE IN FASE DI ESERCIZIO

Nel file allegato "PAC002" sono documentati i livelli ante e post mitigazione previsti sui ricettori, in corrispondenza di ogni piano fuori terra, a 1 metro di distanza dalla facciata più esposta.

In Tabella 6-1 viene presentata una sintesi dei risultati in cui si evidenzia la variazione del numero di ricettori residenziali fuori dai limiti normativi nelle tre ipotesi di calcolo: nello stato attuale, nello stato di progetto senza mitigazioni e nello stato di progetto con mitigazioni.

In Tabella 6-2 è riportato il numero di potenziali interventi diretti nelle tre ipotesi di calcolo.

In

Tabella 6-3 sono invece riportati gli abitanti per cui si stima un livello in facciata superiore ai 55 dB(A); il numero di abitanti è stato stimato sulla base della superficie di ogni edificio, ipotizzando circa 33 mq a testa.

Dall'analisi dei risultati si evince che nello stato attuale vi è superamento dei livelli limite di riferimento, e in alcuni casi anche di quelli previsti dal DPR142/04, per tutto il fronte di edifici antistante lo svincolo (edifici 1, 2, 3, 8, 9, 10, 14, 25, 27, 32, 33, 51, 52), quasi tutti posti lungo Via Piemonte).

La realizzazione dell'adeguamento in progetto comporta un ulteriore sensibile incremento per i ricettori più vicini alla nuova rampa che scavalcherà l'autostrada A4 (ai superamenti precedenti si aggiungono quelli sugli edifici n. 4, 12, 21): l'esubero medio è di circa 4 dBA.

L'inserimento delle barriere acustiche permette di migliorare significativamente il clima acustico dell'area e di mitigare completamente la maggior parte dei ricettori.

Per l'edificio 32 si rileva, ai piani più alti, un modesto esubero dei limiti ridotti per effetto della concorsualità acustica con la Tangenziale Sud di Bergamo. Va però rilevato che la facciata maggiormente esposta al rumore autostradale di tali edifici è quella opposta, e quindi più protetta, rispetto all'infrastruttura concorsuale, è quindi del tutto lecito attendersi che su tali facciate il contributo delle emissioni di tale infrastruttura sia sostanzialmente irrilevante rispetto a quello autostradale.

Si fa inoltre che l'edificio n. 51, è stato realizzato successivamente all'approvazione del progetto di ampliamento dell'autostrada A4 a 4 corsie e all'approvazione del DPR 142/04, ed è pertanto applicabile quanto previsto dall'art. 8 comma 2.

Art. 8.

Interventi di risanamento acustico a carico del titolare

[...] 2. In caso di infrastrutture di cui all'articolo 1, comma 1, lettere c), d) (NOTA: ampliamenti), e) ed h), gli interventi per il rispetto dei propri limiti di cui agli articoli 4, 5 e 6 sono a carico del titolare della concessione edilizia o del permesso di costruire, se rilasciata dopo la data di approvazione del progetto definitivo dell'infrastruttura stradale per la parte eccedente l'intervento di mitigazione previsto a salvaguardia di eventuali aree territoriali edificabili di cui all'articolo 1, comma 1, lettera l), necessario ad assicurare il rispetto dei limiti di immissione ad

una altezza di 4 metri dal piano di campagna.

In tal senso si rileva che le mitigazioni acustiche previste permettono di conseguire i limiti (ridotti per la concorsualità) per i primi tre piani dell'edificio, cioè fino a circa 9m dal piano campagna.

Tabella 6-1: Ricettori residenziali oltre i limiti

Piani Ricettori residenziali fuori limite nello scenario		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	20	27%
Post operam non mitigato	27	36%
Post operam mitigato	2	3%
- variazione rispetto a:	Attuale	-90%
	Post operam non mitigato	-92%

Tabella 6-2: Verifiche interventi diretti

Verifiche interventi diretti nello scenario		Incidenza su numero totale di ricettori
Attuale	2	3%
Post operam non mitigato	3	4%
Post operam mitigato	0	0%
- variazione rispetto a	Attuale	-100%
	Post operam non mitigato	-100%

Tabella 6-3: Stima del numero di abitanti in edifici esposti a livelli superiori a 55 dB(A) notturni

Esposizione > 55 nello scenario		Incidenza su numero totale di abitanti
Attuale	154	19%
Post operam non mitigato	194	24%
Post operam mitigato	12	2%
- variazione rispetto a	Attuale	-92%
	Post operam non mitigato	-94%

Nel complesso, si può stabilire che, con la realizzazione delle mitigazioni previste nel progetto in esame, i livelli di impatto acustico si riducono notevolmente andando a migliorare il clima acustico e l'esposizione attuali dell'area in studio.

7 OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI

Per chiarezza espositiva in questo capitolo vengono espone le attività svolte in ottemperanza alle prescrizioni formulate nel Parere n. 2771 del 22/06/2018 del Ministero dell'Ambiente, nel quale viene espresso parere positivo all'esclusione dalla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto impartendo una serie di prescrizioni la cui ottemperanza è demandata a specifici momenti dello sviluppo progettuale (progetto definitivo, progetto esecutivo) e più in generale dell'iniziativa (periodo di realizzazione dei lavori, fase di esercizio).

Le prescrizioni in materia di inquinamento acustico sono riportate nel seguito con l'indicazione di quanto svolto per la loro ottemperanza.

Per un descrizione completa delle caratteristiche tecniche dell'intervento si rimanda alla relazione di progetto.

Per le elaborazioni acustiche è stato utilizzato un modello matematico di simulazione acustica con il quale è stato possibile evidenziare su tutti i ricettori considerati il valore dei livelli sonori determinati dalle emissioni acustiche del traffico, ottenendo in questo modo l'output sulla base del quale sono stati simulati gli effetti mitigativi delle barriere acustiche.

Tabella 7-1: Prescrizioni formulate dal Ministero dell'Ambiente relative alla componente rumore in fase di esercizio.

N. Prescrizione	Testo
1.1.1	1.a Approfondire gli studi e le verifiche effettuate sulla componente rumore incrementando le opere di mitigazione dell'impatto acustico in corrispondenza dei ricettori esposti previste in progetto, considerando i vincoli esistenti (edifici di stazione, limite delle proprietà autostradale).

RISOLUZIONE.

A seguito della prescrizione si è proceduto ad incrementare le mitigazioni acustiche previste nello studio Preliminare Ambientale, modificandone l'altezza, come meglio indicato nella **Tabella 5-1**, di seguito riportata, per maggiore comodità.

Tali modifiche hanno permesso di sanare la quasi totalità di ricettori attualmente fuori limite (18 su 20).

Rispetto al Progetto Preliminare Ambientale, il potenziamento delle barriere ha consentito di migliorare il clima acustico notturno dello scenario mitigato di circa 0,9 dBA, mentre gli esuberi dei limiti sono passati da 7 ricettori a 2, confermando la validità delle mitigazioni proposte.

Si precisa infine che gli unici due esuberi residui, si riferiscono agli ultimi piani di due edifici, i cui limiti sono stati ridotti per effetto della concorsualità acustica con la Tangenziale Sud di Bergamo.

Studio Preliminare Ambientale			Progetto Definitivo		
ID Barriera	Lunghezza (m)	Altezza (m)	ID Barriera	Lunghezza (m)	Altezza (m)
FO01	95	3	FO01	24	3
			FO02	26	4
			FO03	45	5
FO02	130	5	FO04	376	6
FO03	172	4			
FO04	75	3			