

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. ARCHITETTURA AMBIENTE E TERRITORIO
S.O. AMBIENTE

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO - BERGAMO - MONTELLO

LOTTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO

STUDIO ACUSTICO

Relazione generale

SCALA:

--:--

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NB1R 02 D 22 RG IM0004 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emmissione esecutiva	A. Velocda	Febbraio 2020	A. Corvaja	Febbraio 2020	I.Legramandi	Febbraio 2020	C. Ercolani
B	Richiesta integrazioni MITE_Commissione Tecnica VIA/VAS	A. Velocda	Luglio 2021	A. Corvaja	Luglio 2021	I.Legramandi	Luglio 2021	Luglio 2021

PER EMISSIONE
ITALFERR S.p.A.
Dott.ssa Carolina Ercolani
S.O. Ambiente

File: NB1R02D22RGIM0004001B

n. Elab.:

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo STUDIO ACUSTICO				
	Relazione Generale	PROGETTO NB1R	LOTTO 02	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV B FOGLIO 1 di 37

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
	2.1 Legge Quadro 447/95	4
	2.2 D.P.R. 459/98	6
	2.3 DPR 142/04	7
	2.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)	9
3	CONCORSUALITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO	11
4	LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCORSUALITÀ	12
5	LIMITI ACUSTICI E AREE DI ESPANSIONE	14
6	LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI	15
7	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM	16
	7.1 Descrizione dei ricettori	16
	7.1.1 Il censimento dei ricettori	16
	7.2 Stima dei livelli acustici Ante Operam	18
8	GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	19
	8.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate	19
	8.2 Dati di input del modello	20
	8.2.1 Modello di esercizio	21
	8.2.2 Emissioni dei rotabili	22
	8.3 Taratura del modello di simulazione	23
9	CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE	25
10	METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO	26
	10.1 Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario	26

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	2 di 37

10.2	Le Barriere Antirumore: requisiti acustici delle barriere antirumore, tipologie di barriere antirumore utilizzate in relazione a materiali e colori.	28
10.3	Descrizione delle barriere antirumore	29
10.4	Gli interventi sugli edifici	32
11	LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI <i>POST MITIGAZIONE</i>	34

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	3 di 37

1 PREMESSA

Il presente rapporto contiene i risultati dello studio di impatto acustico relativo all'intervento di raddoppio della linea ferroviaria da Ponte San Pietro a Bergamo che rientra fra gli interventi inseriti nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia, nonché nell'Intesa sulle strategie e sulle modalità per lo sviluppo del SFR passeggeri, del trasporto merci e degli standard qualitativi per l'interscambio modale" sottoscritta tra RFI e Regione Lombardia nel dicembre 2016.

Lo studio acustico si estende sulla tratta Ponte San Pietro-Bergamo dalla pk Km 7+700 alla pk Km 0+000 circa.

Nelle planimetrie è stata rappresentata la nuova configurazione definitiva del tracciato ferroviario e dei layout delle fermate/stazioni.

L'iter metodologico seguito -nel rispetto del Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili cod. RFIDTCSIAMMAIFS001B del 21.12.2018- può essere schematizzato secondo le fasi di lavoro di seguito riportate:

- Individuazione dei valori limite di immissione secondo il DPR 459/98 (decreto sul rumore ferroviario), il DMA 29/11/2000 (piani di contenimento e di risanamento acustico) e DPR 142/04 (decreto sul rumore stradale), per tener conto dell'eventuale concorsualità del rumore prodotto dalle infrastrutture stradali presenti all'interno dell'ambito di studio.
- Caratterizzazione ante operam. In questa fase dello studio è stato analizzato il territorio allo stato attuale (situazione ante operam) identificando gli ingombri e le volumetrie di tutti i fabbricati presenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (300 m per lato).
- Livelli acustici post operam. Con l'ausilio del modello di simulazione SoundPLAN si è proceduto alla valutazione dei livelli acustici con la realizzazione del progetto in esame. Gli algoritmi di calcolo scelti per valutare la propagazione dell'onda sonora emessa dall'infrastruttura ferroviaria fanno riferimento al metodo Schall 03, DIN 18005. I risultati del modello di simulazione sono stati quindi messi a confronto con i limiti acustici della linea e con quelli eventualmente ridotti per la presenza infrastrutture concorrenti così come previsto da recenti provvedimenti normativi, costituiti in particolare dal D.M. 29 novembre 2000 che prevede la valutazione degli effetti di concorsualità in applicazione del DPR 30 marzo 2004, n° 142, che definisce i limiti e l'ampiezza delle fasce stradali, interagendo dunque con l'ambito ferroviario.
- Metodi per il contenimento dell'inquinamento acustico. In questa parte dello studio sono state descritte le tipologie di intervento da adottare indicandone i requisiti acustici minimi.
- Individuazione degli interventi di mitigazione. L'obiettivo è stato quello di abbattere l'impatto acustico mediante l'inserimento di barriere antirumore. Sono state a tale scopo previste barriere di altezza compresa tra 2,00m (tipo H0) e 7,50m (H10) sul piano del ferro.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	4 di 37

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Legge Quadro 447/95

In data 26/10/1995, viene pubblicata la Legge 26 ottobre 1995 n° 447 «*Legge quadro sull'inquinamento acustico*».

Detto strumento normativo, che sostituisce il D.P.C.M. 1 marzo 1991, affronta il tema dell'inquinamento acustico del territorio, ricomprendendo al suo interno le definizioni fondamentali e definendo competenze ed adempimenti necessari alla tutela dell'ambiente dal rumore.

La Legge Quadro indica le metodiche da adottare per il contenimento della problematica (piani e disposizioni in materia d'impatto acustico), e fornisce all'art. 2 comma 1 una definizione del fenomeno, dell'ambito di applicazione della normativa e delle sorgenti.

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 ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L. 15/08/91, n.277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive*».

Nella definizione riportata risultano quindi comprese le residenze e comunque tutti quegli ambienti ove risiedono comunità e destinati alle diverse attività umane, ai quali non viene in genere ristretto il concetto di ambiente abitativo.

Sempre all'interno dell'art. 2 comma 1. la Legge Quadro fornisce la definizione di sorgente di rumore suddividendole tra *sorgenti fisse* e *sorgenti mobili*.

In particolare vengono inserite tra le **sorgenti fisse** anche le infrastrutture stradali e ferroviarie:

«... le installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore, le infrastrutture stradali, ferroviarie, commerciali; ...; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.»

La Legge Quadro ribadisce la necessità che i comuni predispongano una **zonizzazione acustica comunale**. Le aree previste per la zonizzazione del territorio sono sei e sono così caratterizzate:

I - AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per l'utilizzazione, quali aree ospedaliere, scolastiche, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse naturalistico, ricreativo, culturale, archeologico, parchi naturali e urbani;

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	5 di 37

II - AREE PREVALEMENTEMENTE RESIDENZIALI

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, limitata presenza di attività commerciali, totale assenza di attività industriali ed artigianali;

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, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici;

IV - AREE DI INTENSA ATTIVITÀ UMANA

Rientrano in questa classe:

- le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenze di attività artigianali, con dotazione di impianti di servizi a ciclo continuo;
- le aree in prossimità* di strade di grande comunicazione, *di linee ferroviarie*, di aeroporti e porti;
- le aree con limitata presenza di piccole industrie;

V - AREE PREVALEMENTEMENTE INDUSTRIALI

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;

VI - AREE ESCLUSIVAMENTE INDUSTRIALI

Rientrano in questa classe le aree interessate da industrie a ciclo continuo prive di insediamenti abitativi.

Un aspetto innovativo della Legge Quadro è invece l'introduzione, accanto al criterio valore limite assoluto di immissione nell'ambiente e del criterio differenziale previsti dall'ex D.P.C.M., di altri metodi di valutazione dello stato e dell'inquinamento acustico ambientale, che di seguito vengono elencati:

- criterio del valore limite massimo di emissione;
- criterio dei valori di attenzione;
- criterio del valore di qualità.

Si rileva pertanto che la Legge analizza sotto diversi aspetti la problematica acustica imponendo, accanto ai limiti di tutela per i ricettori, dei limiti sulle emissioni delle specifiche sorgenti e degli obiettivi di qualità da perseguire nel tempo.

Per l'individuazione dei limiti di applicabilità e delle soglie numeriche relative a ciascun criterio di valutazione, la Legge 447/95 demanda al D.P.C.M. del 14/11/1997 «*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*».

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	6 di 37

Da tale D.P.C.M. resta, però, ancora una volta esclusa la regolamentazione delle infrastrutture di trasporto.

2.2 D.P.R. 459/98

Per quanto concerne la disciplina del rumore ferroviario, il D.P.C.M del 14/11/97, coerentemente con quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95, rimanda pertanto al D.P.R. n. 459 del 18/11/98.

Di seguito, si sintetizzano i contenuti salienti del regolamento.

Per le infrastrutture ferroviarie esistenti, per le loro varianti e per le nuove realizzazioni con velocità di progetto inferiore a 200 km/h in affiancamento a linee esistenti, a partire dalla mezzeria dei binari esterni e per ciascun lato, deve essere considerata una fascia di pertinenza dell'infrastruttura di 250 m.

Tale fascia deve a sua volta essere suddivisa in due parti:

FASCIA «A» pari a 100 m la più vicina alla sede ferroviaria

FASCIA «B» pari ad ulteriori 150 m più lontana da essa.

All'interno delle fasce suddette i valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura ferroviaria sono i seguenti:

1. Per scuole, ospedali, case di cura, e case di riposo il limite è di 50 dB(A) nel periodo diurno e di 40 dB(A) nel periodo notturno. Per le scuole vale solo il limite diurno;
2. Per gli altri ricettori posti all'interno della fascia «A» il limite è di 70 dB(A) nel periodo diurno e di 60 dB(A) nel periodo notturno;
3. Per gli altri ricettori posti all'interno della fascia «B» il limite è di 65 dB(A) nel periodo diurno e di 55 dB(A) nel periodo notturno;
4. Oltre la fascia di rispetto «B» valgono i limiti previsti dai piani di zonizzazione acustica comunali

Il rispetto dei limiti massimi di immissione, entro o al di fuori della fascia di pertinenza, devono essere verificati con misure sugli interi periodi di riferimento diurno (6-22) e notturno (22-6), in facciata degli edifici ed ad 1 m dalla stessa, in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Inoltre qualora, in base a considerazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, il raggiungimento dei predetti limiti non sia conseguibile con interventi sull'infrastruttura, si deve procedere con interventi diretti sui ricettori.

In questo caso, all'interno dei fabbricati, dovranno essere ottenuti i seguenti livelli sonori interni:

1. 35 dB(A) di Leq nel periodo notturno per ospedali, case di cura, e case di riposo;
2. 40 dB(A) di Leq nel periodo notturno per tutti gli altri ricettori;
3. 45 dB(A) di Leq nel periodo diurno per le scuole.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	7 di 37

I valori sopra indicati dovranno essere misurati al centro della stanza a finestre chiuse a 1,5 m di altezza sul pavimento.

2.3 DPR 142/04

In data 1 Giugno 2004 viene pubblicato il DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 30 marzo 2004, n. 142, - “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 per le infrastrutture stradali, così come previsto dal suddetto art. 5 del D.P.C.M. 14/11/1997, fissa le fasce di pertinenza a partire dal confine dell'infrastruttura (art. 3 comma 3) ed i limiti di immissione che dovranno essere rispettati.

Il DPR interessa come campo di applicazione le seguenti infrastrutture stradali così come definite dall'Art. 2 del Codice della Strada (D.L.vo n. 285 del 30/04/1992) e secondo le Norme CNR 1980 e direttive PUT per i sottotipi individuati ai fini acustici.

Sono in particolare indicate le seguenti classi di strade:

A - Autostrade

B - Strade extraurbane principali

C - Strade extraurbane secondarie suddivise in

Ca - a carreggiate separate e tipo IV CNR

Cb - tutte le altre strade extraurbane secondarie

D - Strade urbane di scorrimento

Da - a carreggiate separate e interquartiere

Db - tutte le altre strade urbane di scorrimento

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali

In particolare per le infrastrutture appartenenti alle categorie A, B, Ca è individuata una fascia di rispetto: di ampiezza complessivamente pari a 250 m misurata a partire dall'infrastruttura stradale per ciascun lato dell'infrastruttura.

Tale fascia per le infrastrutture esistenti è a sua volta suddivisa in:

Fascia "A" pari a 100 m dalla sede stradale;

Fascia "B" pari ad ulteriori 150 m più lontana dalla sede.

Per le altre tipologie di strada la fascia si riduce come segue:

tipo Cb fascia unica pari a 150 m

tipo Da e Db fascia unica pari a 100 m

tipo E ed F	fascia unica pari a 30 m
-------------	--------------------------

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	8 di 37

Per quanto concerne i limiti gli stessi sono stabiliti in maniera diversa in funzione del tipo di infrastruttura e a seconda che si tratti di infrastruttura di nuova realizzazione o di infrastruttura esistente e di sue varianti. Nella tabella seguente vengono riportati i limiti per le infrastrutture esistenti e in relazione alle diverse fasce di pertinenza.

TIPO (secondo C.d.S)	SOTTOTIPO AI FINI ACUSTICI (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	AMPIEZZA FASCIA	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		ALTRI RICETTORI	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
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 (carreggiate a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (carreggiate a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai comuni e conformi alla zonizzazione acustica			
F – locale		30				

* Per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 1 - Limiti acustici per le strade esistenti e assimilabili

Per quanto concerne il rispetto dei limiti, il DPR 142 stabilisce che lo stesso sia verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione.

Per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica, devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico.

Ove non sia tecnicamente conseguibile il rispetto dei limiti con gli interventi sull'infrastruttura, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui recettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) - Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- b) 40 dB(A) - Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	9 di 37

c) 45 dB(A) - Leq diurno per le scuole.

Tali valori sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento.

2.4 Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)

In data 6 Dicembre 2000, viene pubblicato il Decreto del Ministero dell'Ambiente n.141 del 29 Novembre 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"*.

Detto strumento normativo, stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione degli interventi antirumore, definendo, oltre agli obblighi del gestore, i criteri di priorità degli interventi, riportando inoltre in Allegato (Allegato 2) i criteri di progettazione degli interventi stessi (Allegato 3 – Tabella 1), l'indice dei costi di intervento e i criteri di valutazione delle percentuali dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in uno stesso punto.

In particolare all'art. 4 "Obiettivi dell'attività di risanamento", il Decreto stabilisce che le attività di risanamento debbano conseguire il rispetto dei valori limite del rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto così come stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art. 11 della Legge Quadro.

Nel caso di sovrapposizione di più fasce di pertinenza, il rumore immesso non deve superare complessivamente il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

Per quanto concerne le priorità di intervento, nell'Allegato 1 viene riportato la seguente relazione per il calcolo dell'indice di priorità P,

$$P = \sum R_i (L_i - L_i^*) \quad (I).$$

nella quale:

R_i è il numero di abitanti nella zona i-esima,

$(L_i - L_i^*)$ è la più elevata delle differenze tra i valori di esposizione previsti e i limiti imposti dalla normativa vigente all'interno di una singola zona;

Relativamente alle infrastrutture concorrenti, il Decreto stabilisce che l'attività di risanamento sia effettuata secondo un criterio di valutazione riportato nell'allegato 4 oppure attraverso un accordo fra i medesimi soggetti, le regioni e le province autonome, i comuni e le province territorialmente competenti.

Il criterio indicato dal decreto nell'Allegato 4 viene introduce il concetto di "Livello di soglia", espresso mediante la relazione

$$L_s = L_{zona} - 10 \cdot \log_{10} N \quad (II)$$

e definito come *"il livello cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente, avente rumore egualmente ponderato."*

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo STUDIO ACUSTICO				
Relazione Generale	PROGETTO NB1R	LOTTO 02	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV B	FOGLIO 10 di 37

Nella relazione (II) il termine N rappresenta il numero delle sorgenti interessate al risanamento, e L_{zona} è il limite assoluto di immissione. Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore di 10 dB(A) rispetto al valore della sorgente avente massima immissione ed inferiore al livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente stessa può essere trascurato.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	11 di 37

3 CONCURSUALITÀ DELLE SORGENTI DI RUMORE PRESENTI SUL TERRITORIO

La verifica di concorsualità, come indicata dall'Allegato 4 del 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 geometrico e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

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 sicuramente significativa e può essere trascurata, se la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dBA. Tale approccio può essere applicato a ricettori presenti sia all'interno sia all'esterno della fascia dell'infrastruttura principale.

Nell'area di progetto le sorgenti infrastrutturali che possono essere ritenute concorsuali sono le seguenti:

- SS 342 (Ambito Comuni di: Ponte San Pietro, Mozzo, Curno, Bergamo)
- SS 470DIR (Strada Statale della Valle Brembana -ambito Comune di Mozzo-)
- SS 591 (Ambito Comune di Bergamo)
- SS 42 (Ambito Comuni di: Bergamo, Seriate e Palazzo)
- SS 470 (Ambito Comune di Bergamo)
- SS 498 (Ambito Comune di Seriate)

La fascia di pertinenza delle infrastrutture considerate (fascia per strada esistente di tipo B del CdS con Fascia A 0-100m e fascia B 100-250m, di Tipo Ca del CdS con fascia A 0-100m e fascia B 100-250m, di Tipo Cb del CdS con fascia A 0-100m e fascia B 100-150m, fascia per strada di nuova realizzazione di Tipo C1 del CdS con fascia unica 0-2500m, fascia per strada esistente di Tipo Da del CdS con fascia unica 0-100metri come previsto D.P.R. 30/03/2004 n. 142) sono riportate nelle Planimetrie di Progetto NB1R02D22P6IM0004001 ÷ NB1R02D22P6IM0004010.

In riferimento a tali sorgenti, si è adottato il principio di concorsualità, così come definito nel DM 29/11/2000, e riportato in dettaglio nel paragrafo successivo.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	12 di 37

4 LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCONRSUALITÀ

Per individuare i limiti che ciascun ricettore deve rispettare si considera quanto indicato nel Decreto Attuativo per la regolamentazione dei limiti d'immissione delle infrastrutture ferroviarie del 18/11/98 n° 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447, e nel DMA 29/11/2000.

Come evidenziato nei riferimenti normativi, i limiti di riferimento variano in funzione del tipo di ricettore cui si fa riferimento e del numero di sorgenti presenti sul territorio che possono definirsi concorsuali con quella oggetto di analisi.

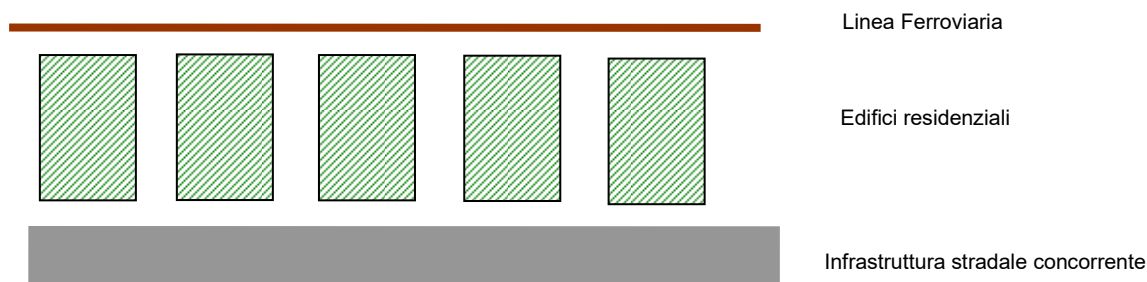
Per il tipo di ricettori, alcuni di essi assumono i limiti sia nel periodo diurno, sia nel periodo notturno, mentre altri nel solo periodo diurno: ciò perché il limite di riferimento è relativo al periodo in cui effettivamente l'edificio in questione è utilizzato in maniera continuativa.

Tipo di ricettore	Fascia A (0-100 m)		Fascia B (100-250 m)	
	Periodo diurno dB(A)	Periodo notturno dB(A)	Periodo diurno dB(A)	Periodo notturno dB(A)
Residenziale	70,0	60,0	65,0	55,0
Produttivo	70,0	-	65,0	-
Terziario	70,0	-	65,0	-
Ospedale/Casa di Cura	50,0	40,0	50,0	40,0
Scuola	50,0	-	50,0	-
Altro (utilizzo saltuario)	-	-	-	-

Tabella 2 - Limiti acustici in assenza di sorgenti concorsuali

Si fa presente che a prescindere dall'appartenenza geometrica ad una determinata fascia di pertinenza acustica, di fatto per il ricettore non assumono rilevanza le infrastrutture potenzialmente concorrenti che non insistono sullo stesso fronte rispetto all'infrastruttura principale oggetto di analisi.

Infatti ove la linea ferroviaria e l'infrastruttura stradale concorrente insistono su fronti opposti di nuclei di residenziali consolidati la presenza stessa dell'edificato costituisce uno ostacolo alla propagazione dell'uno o dell'altro contributo acustico e pertanto non vi è concorsualità effettiva.



	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	13 di 37

Nel complessivo dei ricettori compresi nel corridoio di studio acustico, si riscontrano casi di fabbricati esposti al rumore di una o due sorgenti. Nel primo caso e cioè nel caso di ricettori esposti al solo rumore della linea ferroviaria in questione, si applicano i valori limite sintetizzati nella Tabella A prima riportata. Mentre nel caso di concorsualità fra due o più infrastrutture, similmente a come si sta operando in altre regioni, i valori limite di riferimento sono stati calcolati imponendo che la somma dei contributi *egualmente ponderati* non superasse il valore della sorgente avente massima immissione.

Nell'area oggetto di studio le infrastrutture potenzialmente concorrenti presentano limiti differenziati in funzione della tipologia di infrastruttura. A tal proposito, qualora alcuni ricettori ricadano in fasce di pertinenza acustica con limiti diversi, si è utilizzata una formulazione più generale di quella riportata nell'Allegato 4 del DM 29/11/2000, che risulta valida anche nel caso di valori limite diversi (e che coincide con quella originale nel caso di valori limite uguali):

$$\max(L_1, L_2, \dots, L_N) = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i - \Delta}{10}} \right)$$

con: $L_1, L_2, \dots, L_N$ i singoli valori limite delle N infrastrutture coinvolte

Δ = riduzione egualmente ponderata dei singoli valori limite

Nella seguente tabella si riportano le possibili combinazioni di concorsualità indicando con la lettera "A" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni, con la lettera "B" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 65 dB(A) diurni e 55 dB(A) notturni.

Tabella B – Valori di soglia in presenza di sorgenti concorsuali

Fasce di pertinenza		Valori di soglia dell'infrastruttura ferroviaria	
Linea ferroviaria	Infrastruttura Stradale	Diurno dBA	Notturmo dBA
A	A	67.0	57.0
A	B	68.8	58.8
B	B	62.0	52.0
B	A	63.8	53.8

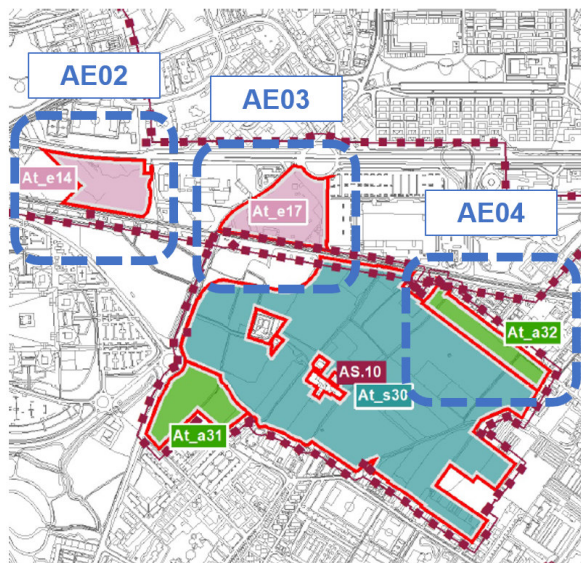
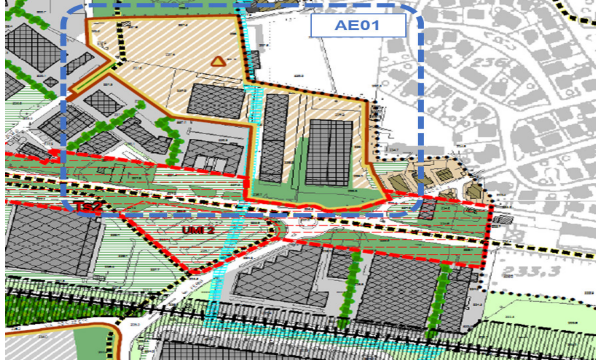
I limiti riportati in tabella si riferiscono a edifici residenziali; in caso di edifici adibiti ad attività commerciali o uffici saranno considerati unicamente i valori diurni, in quanto relativi al periodo di riferimento in cui è prevista la permanenza di persone.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	14 di 37

5 LIMITI ACUSTICI E AREE DI ESPANSIONE

Ai sensi del DPR 459/98, mediante l'analisi dei piani regolatori è stata eseguita una verifica delle aree di espansione (definite come ricettore nell'art.1, co.1, lett.e), che ricadono all'interno della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura in progetto e alle quali vanno applicati i limiti dettati da dette fasce, eventualmente decurtati del contributo di concorsualità.

Nello specifico, dall'analisi sono state individuate le seguenti aree (stralci dei PRG comunali):

Comune di Bergamo	
Area espansione/trasformazione	Funzioni ammesse
AE02	Residenza sociale (RS) e residenza temporanea (RS.3)
AE03	Residenza libera/convenzionata (RL) e residenza temporanea (RS.3)
AE04	Residenza libera/convenzionata (RL), residenza sociale (RS) e residenza temporanea (RS.3)
	AMBITI DI TRASFORMAZIONE (AT) E PROGETTI STRATEGICI DEL PIANO PUNTO 12 CAPO B TITOLO I - DPR 459/98 - INDICAZIONI E CRITERI 
Comune di Curno	
Area di espansione AE01	

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	15 di 37

6 LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI

Per l'articolo 4 e 5 del DPR 459/98 i ricettori che ricadono al di fuori della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura devono rispettare i limiti della tabella C del DPCM 14/11/97, ossia i limiti imposti dalle zonizzazioni acustiche comunali attraversate dalla linea ferroviaria. In ottemperanza a quanto previsto dalla Legge Quadro 447/95, i comuni interessati sono provvisti di Piano di zonizzazione acustica.

Le classi e le aree di zonizzazione acustica sono graficamente riportate nelle planimetrie di censimento ricettori dello studio acustico.

Nella tabella seguente si riporta lo stato di redazione e approvazione dei suddetti piani:

COMUNE	APPROVAZIONE
Ponte S.Pietro	D.C.C. n. 14 del 24/02/05
Mozzo	D.C.C. n. 19 del 22/06/07
Curno	D.C.C. n. 12 del 08/10/04
Bergamo	D.C.C. n. 183 del 15/12/14

Per quanto concerne la classificazione, in relazione alla varietà uso del suolo presente vi è una diversificazione delle aree e quindi dei limiti acustici previsti. Dall'analisi dei piani in questione emerge che il territorio interessato dalla linea di progetto, oltre la fascia di pertinenza acustica ferroviaria è per lo più classificato nei suddetti piani come zone di classe III - aree di tipo misto i cui limiti acustici sono pari a 60 dB(A) di giorno e a 50 dB(A) di notte e classe IV – intensa attività umana i cui limiti acustici sono pari a 65 dB(A) di giorno e a 55 dB(A) di notte.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	16 di 37

7 CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM

7.1 Descrizione dei ricettori

L'attuale linea ferroviaria a singolo binario attraversa le aree residenziali delle località tra Ponte San Pietro e Bergamo e si sviluppa principalmente a raso o rilevato basso. L'agglomerato urbano presenta aree prettamente residenziali su ambo i lati dell'infrastruttura ferroviaria che vanno concentrandosi man mano che si procede verso la città di Bergamo.

7.1.1 Il censimento dei ricettori

Nell'ambito delle analisi ante operam per la componente rumore è stato effettuato un dettagliato censimento dei ricettori.

Il censimento ha riguardato una fascia di 250 m per lato a partire dal binario esterno (fascia di pertinenza acustica ai sensi del DPR 459/98) in tutti i tratti di linea ferroviaria allo scoperto. L'indagine è stata estesa anche oltre tale fascia, fino a 300 metri, in caso di fronti edificati prossimi alla stessa.

È stata effettuata, in particolare, una verifica della destinazione d'uso ed altezza di tutti i ricettori. I risultati di tale verifica sono stati riportati, sulla cartografia numerica in scala 1:2.000 (elaborati NB1R02D22P6IM0004001÷005A).

Nelle planimetrie di censimento summenzionate, in merito ai ricettori censiti sono state evidenziate mediante apposita campitura colorata le informazioni di seguito descritte:

Tipologia dei ricettori

- Residenziale;
- Industriale, artigianale;
- Commerciale, servizi;
- Ruleri, dismessi, box e depositi;
- Pertinenza FS;
- Espropri/demolizioni.

Altezza dei ricettori

Indicato come numero di piani fuori terra.

Sono state altresì indicate le facciate cieche (assenza di infissi) dei ricettori.

L'attività di verifica ante operam è stata quindi completata con la redazione di schede di dettaglio in cui sono state riportate per ciascun fabbricato le informazioni riguardanti la localizzazione, lo stato e la consistenza e la relativa documentazione fotografica.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	17 di 37

Le schede sono riportate nel documento NB1R02D22SHIM0004001A.

- Di seguito viene fornita una descrizione delle informazioni contenute nelle schede:

A) Dati generali

- Codice ricettore individuato da un numero di quattro cifre XZZZ dove

X è un numero che indica la posizione del ricettore rispetto al binario

- 1 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)
- 2 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria A)
- 3 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)
- 4 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (fascia ferroviaria B)
- 5 lato dispari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)
- 6 lato pari rispetto la progressiva crescente di progetto (oltre 250 m)

ZZZ è il numero progressivo del ricettore anomalia

B) Dati localizzativi

- Comune
- Progressiva ferroviaria
- Distanza dalla linea ferroviaria in progetto valutata rispetto all'asse di tracciamento
- Tipologia linea

C) Dati caratteristici dell'edificio esaminato

- Numero dei piani
- Orientamento rispetto al binario
- Destinazione d'uso del ricettore

D) Caratterizzazione degli infissi

- Numero infissi fronte parallelo e/o obliqui

E) Altre sorgenti di rumore

F) Note

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	18 di 37

7.2 Stima dei livelli acustici Ante Operam

Sebbene il DPR 459/98 indichi esclusivamente limiti acustici per la ferrovia in progetto Post Operam e non contempli valutazioni in merito al criterio differenziale (confronto post/ante operam), a titolo meramente indicativo vengono comunque fornite Mappe isofoniche dello scenario Ante Operam (periodi diurno e notturno), relativamente al rumore di origine ferroviaria, in coerenza con i dettami del citato DPR 459/98, nelle aree in cui la ferrovia esistente rientra nell'ambito di studio acustico della linea in progetto.

Tali elaborati grafici *Mappe Acustiche - Ante Operam - H=4,00m da Piano Campagna* presentano codifica NB1R02D22N5IM0004001÷002A

Si fa presente che è stata comunque condotta una campagna di monitoraggio presso una sezione di misura che ha permesso la caratterizzazione della sorgente ferroviaria (punti PR) nonché la valutazione del clima acustico ambientale in corrispondenza delle 2 postazioni PS.

A tal proposito si riportano tabella riepilogative con indicazione dei risultati ottenuti presso le postazioni di misura dei rilievi effettuati, ove poter discernere tra rumore di origine ferroviaria ($L_{eq,tr}$) e rumore residuo ($L_{eq,r}$).

PR1	$L_{eq,TR}$	$L_{eq,R}$	$L_{eq,A}$
Giorno	62,2	54,1	62,8
Notte	53,3	48,2	54,5

PS1	$L_{eq,TR}$	$L_{eq,R}$	$L_{eq,A}$
Giorno	56,7	55,4	59,1
Notte	47,9	44,5	49,5

PS2	$L_{eq,TR}$	$L_{eq,R}$	$L_{eq,A}$
Giorno	49,4	56,1	56,9
Notte	41,2	45,4	46,8

Infine, nell'elaborato Output del modello di simulazione *Livelli acustici in facciata Ante Operam, Ante e Post Mitigazione* cod. NB1R02D22TTIM0004001B vengono altresì riportati i livelli sonori relativi a tale scenario Ante Operam presso ciascun piano di ogni ricettore ricadente nell'ambito di studio acustico.

Il territorio attraversato dal tracciato di progetto presenta aree prettamente residenziali su ambo i lati dell'infrastruttura ferroviaria che vanno concentrandosi man mano che si procede verso la città di Bergamo.

Si può supporre che il clima acustico ambientale Ante Operam a ridosso della fascia di pertinenza ferroviaria, oltre i 250 metri dal binario più esterno, sia rappresentato dal piano di classificazione acustica stilato dai Comuni ricadenti nell'ambito progettuale (Paragrafo 6), e che i livelli sonori delle aree degli altri comuni, non dotati di piano di classificazione acustica, rispettino i Limiti del D.P.C.M. 1/3/91.

Le classi e le aree di zonizzazione acustica sono graficamente riportate nelle planimetrie di censimento ricettori dello studio acustico

Si sottolinea come a detti livelli acustici contribuiscano anche infrastrutture viarie riportate al paragrafo 3. Altri contributi al clima acustico ambientale sono senza dubbio apportati dalle viabilità minori interferenti.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	19 di 37

8 GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

8.1 Illustrazione delle tecniche previsionali adottate

L'impatto prodotto dalle infrastrutture ferroviarie può essere valutato con l'ausilio di appositi modelli matematici di simulazione.

Un modello si basa sulla schematizzazione del fenomeno attraverso una serie di ipotesi semplificative che riconducono qualsiasi caso complesso alla somma di casi semplici e noti.

Per la previsione dell'impatto acustico della linea in analisi e per il dimensionamento degli interventi di abbattimento del rumore è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPLAN.

Tale modello è sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH sulla base di norme e standard definiti dalle ISO da altri standards utilizzati localmente come le Shall 03 e DIN 18005 emanate della Germania Federale, le ÖAL 30 Austriache e le Nordic Kilde 130.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per "raggi". Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi.

Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricevitore viene associata un porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto della parte intercettata. Pertanto sorgenti lineari come strade e ferrovie vengono discretizzate in tanti singoli punti sorgente ciascuno dei quali fornisce un contributo. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricevitore.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono evidenziati nei diagrammi di output. In tali schematizzazioni la lunghezza dei raggi è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione.

Quando un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple. A tal proposito l'operatore può stabilire il numero di riflessioni massimo che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto.

Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai *realistica e dettagliata*. Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici. Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	20 di 37

8.2 Dati di input del modello

L'applicazione del modello previsionale ha richiesto l'inserimento dei dati riguardanti i seguenti aspetti:

1. morfologia del territorio
2. geometria dell'infrastruttura
3. caratteristiche dell'esercizio ferroviario con la realizzazione degli interventi in progetto;
4. emissioni acustiche dei singoli convogli.

Si nota che i dati relativi ai punti 1 e 2 (morfologia del territorio e geometria dell'infrastruttura) sono stati derivati da cartografia vettoriale e dalle planimetrie, profili e sezioni di progetto. I dati territoriali sono stati verificati mediante l'analisi di foto aeree.

Lo standard di calcolo utilizzato è quello delle *Deutsche Bundesbahn* sviluppato nelle norme *Shall 03*. I parametri di calcolo adottati sono i seguenti:

Ordine di riflessione	2	Ponderazione	dB(A)
Max raggio di ricerca [m]	5000	Imposta bonus ferrovia di 5 dB	☐
Max.distanza riflessioni da Ric. [m]	200	Considera le superfici stradali come aree "hard" (G=0)	☒
Max.distanza riflessioni da Srg. [m]	50		
Tolleranza consentita (dB)	0,1		
Tolleranza consentita valida per..	risultato complessivo		

Nei paragrafi seguenti si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	21 di 37

8.2.1 Modello di esercizio

Di seguito si riportano nel dettaglio i dati di input utilizzati per l'esercizio ferroviario:

1. La tipologia di convogli in transito.
2. Il numero di transiti relativamente al periodo diurno e notturno per le diverse categorie di convogli.
3. lunghezza media di ciascuna tipologia di treno.

I dati di base relativi al traffico ferroviario sulla tratta Ponte San Pietro – Bergamo utilizzati nelle simulazioni sono stati ricevuti con la nota RFI.DCE.DAO.PFS/A0011/P/2018/0000357 del 14.02.2018:

Tratta Ponte San Pietro – Bergamo

RELAZIONE	VEICOLI	Treni al giorno ferial medio complessivi nelle due direzioni			Velocità (Km/h)
		Ore 6-22	Ore 22-6	Totale	
Lecco – Bergamo (–Aeroporto*)	Materiale tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	0	32	110
Milano – Porta Garibaldi – Carnate – Bergamo – Montello	Materiale tipo TSR (5 pezzi)	64	8	72	110
Ponte S.Pietro – Bergamo (– Aeroporto*)	Materiale tipo Coradia ETR 245 (5 casse)	32	8	40	110
* Validazione della destinazione in corso con Regione Lombardia					

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	22 di 37

Mentre per la tratta ferroviaria Treviglio Ovest – Bergamo (ed in particolare nell'ambito dell'ingresso in Bergamo che rientra nel corridoio di studio del presente PFTE) sono stati utilizzati i transiti previsti nel “*Progetto Definitivo del Raddoppio Linea Treviglio Ovest – Bergamo*” (doc. Studio Acustico, Relazione Generale cod. NM0000D26RGIM0006001B):

Tratta Treviglio Ovest - Bergamo			
Tipologia convogli	Numero transiti		
	diurni (ore 6-22)	notturni (ore 22-6)	totali
Reg	60	2	62
Taf	47	5	52
Merci	8	0	8
TOTALI	115	7	122

Lunghezza Convoglio (m)		
Reg	Taf	Merci
110	210	400

Tratto di Linea (Tratta Treviglio – Bergamo)		Stazione Fermata	Velocità di Transito (Km/h)		
<i>pk inizio</i>	<i>pk fine</i>		<i>Reg</i>	<i>Taf</i>	<i>Merci</i>
16+900	17+500	Stezzano	80	140	100
17+500	20+600		140	140	100
20+600	21+700	Bergamo	80	80	60

8.2.2 Emissioni dei rotabili

Nel modello di simulazione SoundPLAN sono stati utilizzati i valori di emissione treno contenuti nella “Banca dati delle emissioni della Tabella 2” contenuta nel Documento “Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000 – Relazione Tecnica”, redatto da RFI. Il modello di simulazione 3D è stato quindi oggetto di taratura come illustrato nel paragrafo successivo.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	23 di 37

8.3 Taratura del modello di simulazione

Per i dettagli circa le misure in campo si rimanda all'apposito "Report Misure di Rumore" (elaborato NB1R02D22RHIM0004001A), nel quale sono riportati anche tutte le grandezze acustiche acquisite per ciascun transito avvenuto nell'arco delle 24 ore della misura.

Tale campagna ha permesso:

- La caratterizzazione acustica delle diverse tipologie di materiale rotabile ad oggi in esercizio sull'attuale linea ferroviaria, con l'individuazione di un "Punto di Riferimento" PR posto in prossimità del binario di corsa
- La taratura del modello di simulazione acustica, con l'individuazione di due "Punti Significativi" PS posti in corrispondenza di altrettanti ricettori, a distanze crescenti dall'infrastruttura ferroviaria.

I dati così rilevati sono stati rielaborati per ottenere i seguenti dati associati ad ogni singolo transito:

- Data e ora di passaggio;
- Categoria commerciale;
- Origine e Destinazione del viaggio;
- Ora di inizio e fine evento sonoro;
- Durata in secondi dell'evento sonoro;
- Lunghezza del convoglio;
- Velocità di transito;
- Composizione (numero di locomotori e di vagoni o carri);
- Grandezze acustiche:
 - Lmax
 - Leq sulla durata dell'evento
 - SEL

Successivamente, tali informazioni sono state normalizzate e mediate per ottenere – per ciascuna tipologia di convoglio ferroviario transitato – le seguenti informazioni:

- Numero di transiti nel periodo diurno e nel periodo notturno;
- Velocità media di transito;
- SEL medio.

A partire dai dati così elaborati è stato anche possibile ricavare il valore del Livello Equivalente diurno e notturno sia nel PR che nei PS.

Prendendo a riferimento nel modello di simulazione i valori di emissione così come rilevati sperimentalmente, ed il Modello di Esercizio (numero di transiti avvenuti nelle 24 ore di misura) associato alla linea ferroviaria esistente, sono stati calcolati i Livelli Equivalenti diurni

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	24 di 37

e notturni in corrispondenza dei punti di misura e controllo PR e PS, ricavando i seguenti valori:

Sezione di Misura	punti di misura e controllo	Valori simulati		Valori misurati		Scarti simulati-misurati	
		Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n	Leq,d	Leq,n
SEZIONE 01	PR1	62,9	53,9	62,2	53,3	0,7	0,6
	PS1	56,4	48,1	56,7	47,9	-0,3	0,2
	PS2	51,6	42,5	49,4	41,2	1,2	1,3
	media degli scarti sui punti PS					0,5	0,7

In corrispondenza dei punti di controllo posizionati in corrispondenza di ricettori acustici (PS), si osserva una buona corrispondenza dei valori simulati rispetto a quelli misurati (con medie degli scarti leggermente superiori a +1 dBA, indice di una diffusa e contenuta sovrastima, che consente di poter operare di fatto in condizioni cautelative).

Per il Punto di Riferimento PR, sia nel periodo di riferimento diurno che nel periodo di riferimento notturno si ha una lieve sovrastima, condizione anch'essa cautelativa.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	25 di 37

9 CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE

L'applicazione del modello di simulazione sopra descritto ha permesso di stimare i livelli sonori con la realizzazione delle opere in progetto.

Da un primo esame si nota che i superamenti maggiori si verificano nel periodo notturno in virtù dei limiti più bassi.

Le valutazioni previsionali evidenziano l'impatto da rumore di origine ferroviaria con superamenti dei limiti acustici principalmente nel periodo notturno, nell'area è pertanto necessario prevedere idonei interventi di mitigazione che dovranno essere dimensionati in relazione al periodo più critico e cioè rispetto al periodo notturno.

E' possibile valutare il clima acustico ante mitigazione dall'elaborato "Studio Acustico: Livelli in facciata ante e post mitigazione" cod. NB1R02D22TTIM0004001A.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	26 di 37

10 METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO

10.1 Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario

Finanziato dall'Unione Europea con il Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) del periodo 2007-2013, il progetto **mitiga.rumore “Interventi alternativi di mitigazione del rumore ferroviario”** che prevedeva l'applicazione di un sistema di smorzatori di vibrazioni lungo la rotaia ed un sistema lubrificante del bordo della rotaia nei tratti curvilinei lungo la linea ferroviaria ai fini della mitigazione del rumore ferroviario, è stato sperimentato dalla Provincia di Bolzano in collaborazione con Rete Ferroviaria Italiana (RFI).

RFI ha permesso alla Provincia il montaggio in via sperimentale di questi due sistemi sulla linea del Brennero in due località distinte:

- in un tratto rettilineo tra i comuni di Bronzolo e di Ora sono installati due tipi diversi di smorzatori di vibrazioni rispettivamente della Schrey & Veit Srl (Link esterno) di Spremlingen (DE) e della TATA (Link esterno) commercializzati da UUDEN BV (Link esterno) di Arnhem (NL).



Ammortizzatori Schrey & Veit (Foto: Schrey & Veit, 2012)



Ammortizzatori Van Uuden (Foto: Van Uuden, 2012)

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	27 di 37

- in un tratto in curva nel territorio comunale di Laion, adiacente all'abitato di Chiusa è installato un impianto di lubrificazione delle rotaie della P.A.L. Italia (Link esterno) di Novate Milanese (IT), lubrificanti della ditta Lincoln.



Lubrificatore P.A.L. Italia (Foto: P.A.L. Italia; 2012)



Impianto lubrificazione P.A.L. Italia (Foto: P.A.L. Italia; 2012)

I risultati del Progetto “mitiga.rumore”:

I lubrificatori installati nell'ambito del centro abitato di Chiusa, hanno contribuito ad attenuare il rumore di circa 1,5 dB. Oltre alla riduzione del rumore, con l'impiego dei lubrificatori si spera di limitare la formazione del corrugamento per logorio della superficie delle rotaie.

I due tipi di ammortizzatori sono stati invece testati tra i Comuni di Bronzolo e di Ora su un tratto di binario rettilineo di 300m circa, che fosse il più omogeneo possibile e che non presentasse irregolarità. Nel dettaglio, la riduzione media del livello sonoro per i treni merci è stata leggermente inferiore ad 1 dB mentre quella per i treni passeggeri supera 1 dB.

La riduzione del rumore ottenuta con i due sistemi è mediamente di 1 dB, e come riportato nelle conclusioni da parte della Provincia di Bolzano, nonostante il risultato positivo, la lieve riduzione del rumore ottenuta dalla sperimentazione non è chiaramente percepibile all'orecchio umano.

Viene ritenuto pertanto che entrambi i sistemi non costituiscano uno strumento di risanamento efficace per il nostro territorio e che non siano adeguati alla struttura dei binari utilizzati oltre che non sempre realizzabili.

La documentazione completa del Progetto “mitiga.rumore” è consultabile sul sito internet della Provincia di Bolzano al seguente indirizzo web:

<http://ambiente.provincia.bz.it/rumore/interventi-mitigazione-rumore-ferroviario.asp>

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	28 di 37

10.2 Le Barriere Antirumore: requisiti acustici delle barriere antirumore, tipologie di barriere antirumore utilizzate in relazione a materiali e colori.

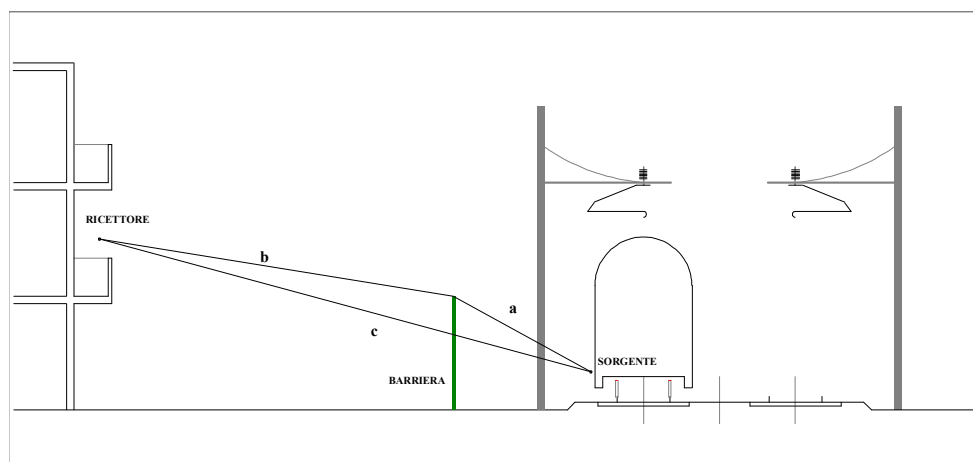
La scelta della tipologia di barriera antirumore è stata effettuata tenendo conto di tutti i criteri tecnici e progettuali atti a garantire l'efficacia globale dell'intervento. L'effetto di una barriera è condizionato dalla minimizzazione dell'energia acustica che, come noto, schematicamente si propaga attraverso:

1. l'onda diretta, che, se la barriera non è sufficientemente dimensionata, giunge in corrispondenza del ricettore senza essere condizionata da ostacoli;
2. l'onda che giunge al ricettore dopo essere stata diffratta dal bordo superiore della barriera;
3. l'onda diffratta dal bordo superiore della barriera, riflessa dal suolo e quindi diretta verso il ricettore;
4. l'onda che si riflette tra la barriera e le pareti laterali dei vagoni;
5. l'onda che giunge al ricettore per trasmissione attraverso i pannelli che compongono la barriera;
6. l'onda riflessa sulla sede ferroviaria, diffratta dal bordo superiore della barriera e quindi diretta verso il ricettore.
7. l'onda assorbita.

Per quanto riguarda i punti 1, 2, 3, e 6 risulta di importanza fondamentale il dimensionamento delle barriere in altezza lunghezza e posizione.

Relativamente ai punti 4, 5, e 7 invece sono maggiormente influenti le caratteristiche acustiche dei materiali impiegati e le soluzioni costruttive adottate in particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti della barriera. L'abbattimento prodotto da una barriera si basa comunque principalmente sulle dimensioni geometriche. L'efficienza di una barriera è infatti strettamente legata alla differenza tra il cammino diffratto sul top dell'elemento e il cammino diretto (δ):

$\delta = a+b-c$ = differenza tra cammino diretto e cammino diffratto (vedi figura)



	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	29 di 37

In particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti della barriera, attenendosi alle seguenti norme di carattere generale:

Il fonoisolamento deve essere di entità tale da garantire che la quotaparte di rumore che passa attraverso la barriera sia di almeno 15 dB inferiore alla quota di rumore che viene diffratta verso i ricettori dalla sommità della schermatura.

Il fonoassorbimento è l'attitudine dei materiali ad assorbire l'energia sonora su di essi incidente, trasformandola in altra forma di energia, non inquinante (calore, vibrazioni, etc). L'adozione di materiali fonoassorbenti è utile per:

- evitare una riduzione dell'efficacia schermante totale;
- evitare un aumento della rumorosità per gli occupanti dei convogli (effetto tunnel).

L'impiego di materiali fonoassorbenti è pertanto consigliabile nel caso ferroviario al fine di evitare una perdita di efficacia per le riflessioni multiple che si generano tra le pareti dei vagoni e la barriera stessa.

Per quanto concerne le proprietà fonoassorbenti, si suggerisce l'utilizzo di materiali con prestazioni acustiche particolarmente elevate e cioè almeno rispondenti ai coefficienti α relativi alla Classe Ia del Disciplinare Tecnico per le Barriere Antirumore delle Ferrovie dello Stato. Detti coefficienti sono riportati nella tabella seguente.

Freq.	α
125	0,30
250	0,60
500	0,80
1000	0,85
2000	0,85
4000	0,70

10.3 Descrizione delle barriere antirumore

La soluzione adottata deriva dai tipologici standard HS che RFI ha appositamente sviluppato, in considerazione dei ridotti spazi a disposizione è stato infatti necessario optare per una soluzione verticale che comunque richiamasse come variante il tipologico standard.

Le barriere previste sono costituite da pannelli fonoassorbenti in acciaio inox e/o pannelli trasparenti in vetro stratificato colorato.

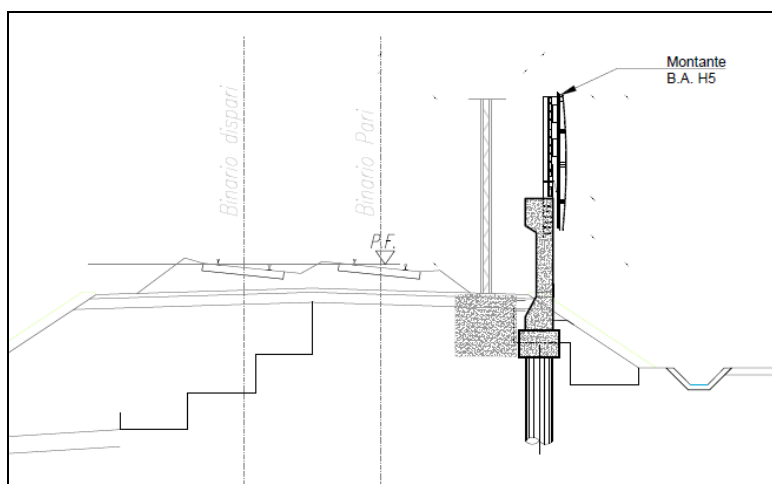
In presenza di muri, la barriera è collocata in posizione verticale sulla sommità dell'opera, per ovvi motivi logistici, consentendo altresì di poter ottenere il massimo rendimento acustico anche dello stesso muro.

Nei casi in cui non siano presenti muri, la pannellatura metallica fonoassorbente è posizionata (in posizione verticale) sullo specifico basamento in cls.

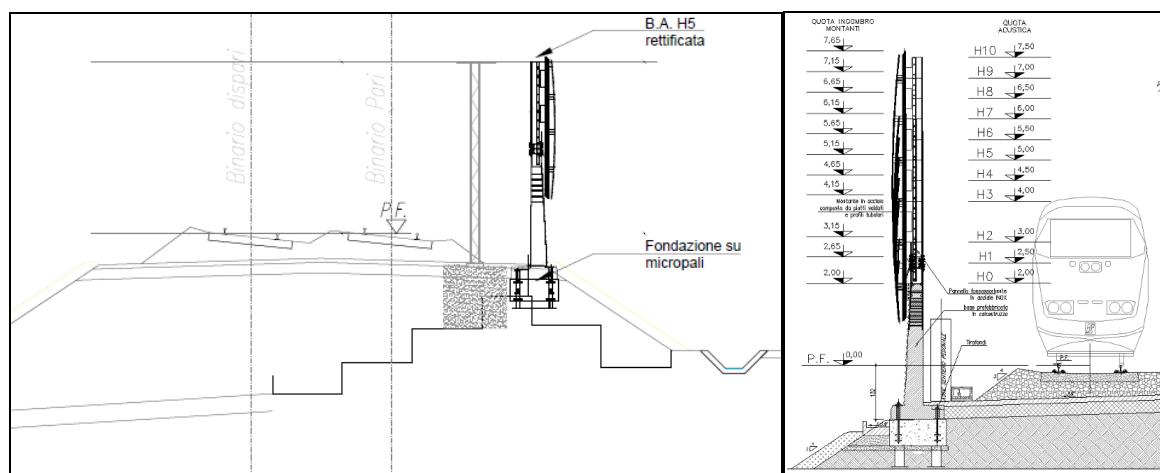
	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	30 di 37

Di seguito si riportano gli schemi esemplificativi delle soluzioni adottate e sopra descritte.

Barriera acustica su muro



Barriera acustica su basamento in cls



Il posizionamento dei pannelli fonoassorbenti lungo ogni tratto di intervento rispetta per quanto possibile le due misure seguenti:

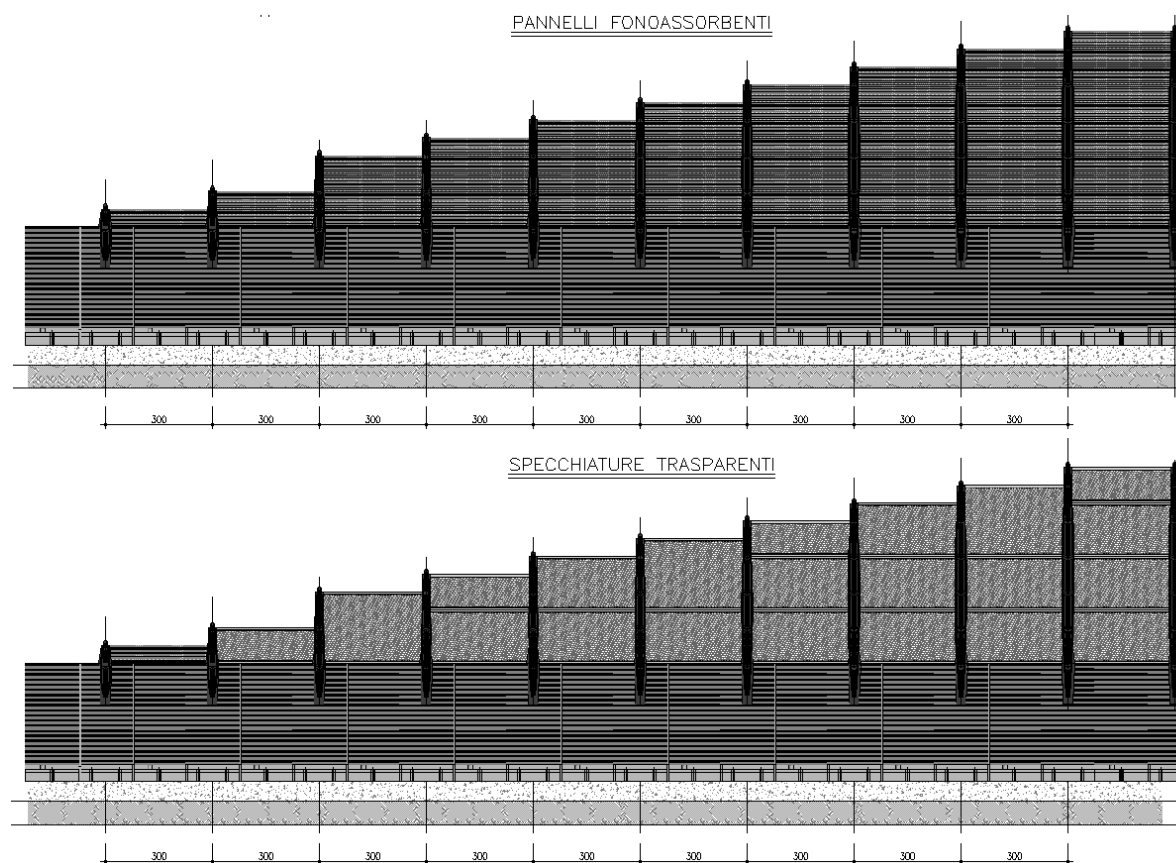
- altimetricamente: +2.00 m sul P.F.
- planimetricamente: distanza minima del montante dall'asse del binario più vicino pari a 3,70m circa, che in presenza dei muri di recinzione/protezione passa a 4,50m circa; inoltre tale distanza può essere modificata in presenza di situazioni particolari, come ad esempio i marciapiedi di fermata o di stazione oppure i camminamenti FFP

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	31 di 37

(*Fighting Fire Point*) posti agli imbocchi delle gallerie. In tali eventuali ambiti il posizionamento delle barriere antirumore viene adeguato anche nei file di simulazione acustica.

Per quanto riguarda gli ambiti di fermata o di stazione, nei file di simulazione sono stati inseriti anche i muri e le pensiline previste nei relativi elaborati di dettaglio, cui si rimanda per i particolari.

La pannellatura leggera da realizzarsi sopra la parte in cls, così come previsto dal tipologico appositamente studiato da RFI, sarà costituita da pannelli fonoassorbenti in acciaio inox e/o pannelli trasparenti in vetro stratificato colorato (vedi figura).



In corrispondenza delle opere d'arte è stata studiata una soluzione interamente in acciaio che richiama coerenza e continuità formale con la barriera sopra riportata.

Particolare cura è stata posta nella scelta delle colorazioni. La scelta è ricaduta su colorazioni in affinità cromatica con il contesto edilizio e territoriale.

In considerazione della lunghezza e dell'altezza degli interventi, l'indirizzo progettuale è stato infatti quello di sottolineare l'opera senza porsi in conflitto con l'ambiente circostante.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	32 di 37

10.4 Gli interventi sugli edifici

Per ricondurre -ove necessario- all'interno degli ambienti abitativi i livelli acustici entro specifici valori è possibile intervenire direttamente sugli edifici esposti.

Nel caso di interventi sull'edificio per garantire un miglior livello di comfort, si prospettano quindi le possibilità di seguito elencate in ordine crescente di efficacia:

a) *Sostituzione dei vetri con mantenimento degli infissi esistenti*

Questa soluzione può essere utilizzata nel caso in cui si vuole ottenere un isolamento interno ad un edificio fra 28 e 33 dB rispetto al rumore in facciata e gli infissi esistenti siano di buona qualità e tenuta.

b) *Sostituzione delle finestre*

Questa soluzione può essere adottata quando si desidera avere un isolamento fra 33 e 39 dB. A seconda delle prestazioni richieste è possibile:

1. installare la nuova finestra con conservazione del vecchio telaio, interponendo idonee guarnizioni, quando si vuole ottenere un isolamento fino ad un massimo di 35 dB;
2. installare una nuova finestra di elevate prestazioni acustiche con sostituzione del vecchio telaio, quando si vuole ottenere un isolamento di 36-39 dB.

Per ottenere isolamenti superiori a 37 dB è necessario in ogni caso prendere particolari precauzioni riguardo ai giunti di facciata (nel caso di pannelli prefabbricati di grosse dimensioni), alle prese d'aria (aspiratori, ecc.), ai cassonetti per gli avvolgibili, ecc.

c) *Realizzazione di doppie finestre*

Questa soluzione è impiegata nei casi in cui è necessario ottenere un isolamento di facciata compreso tra 39 e 45 dB. Generalmente l'intervento viene attuato non modificando le finestre esistenti, ed aggiungendo sul lato esterno degli infissi antirumore scorrevoli (in alluminio o PVC).

Con riferimento alla Norma UNI 8204 si sono stabilite tre classi R1, R2 e R3 per classificare i serramenti esterni a seconda del diverso grado di isolamento acustico RW da questi offerto.

La classe R1 include le soluzioni in grado di garantire un RW compreso tra 20 e 27 dB(A); la classe R2 le soluzioni che garantiscono un RW compreso tra 27 e 35 dB(A); la classe R3 tutte quelle soluzioni che offrono un RW superiore a 35 dB(A). I serramenti esterni che offrono un potere fonoisolante minore di 20 dB(A) non sono presi in considerazione.

In tabella sono riportate per ciascuna di queste classi alcune informazioni generiche delle soluzioni tecniche possibili in grado di garantire un fonoisolamento rientrante nell'intervallo caratteristico della classe.

Per ciascuna classe si è ritenuto opportuno offrire almeno due soluzioni tipo al fine di porre il decisore, in presenza di vincoli di natura tecnica, economica e sociale, nella condizione di operare delle scelte tra più alternative.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo STUDIO ACUSTICO				
Relazione Generale	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	33 di 37

CLASSE R1 - $20 \leq RW \leq 27$ dB(A)

- Vetro semplice con lastra di medio spessore (4÷6 mm), e guarnizioni addizionali. Doppio vetro con lastre di limitato spessore (3 mm), e distanza tra queste di almeno 40 mm.
-

CLASSE R2 - $27 \leq RW \leq 35$ dB(A)

- Vetro semplice con lastra di elevato spessore (8÷10 mm) e guarnizioni addizionali. Vetro stratificato antirumore con lastra di medio/elevato spessore (6÷8 mm) e guarnizioni addizionali.
 - Doppio vetro con lastre di medio spessore (4÷6 mm) guarnizioni addizionali e distanza tra queste di almeno 40 mm.
 - Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) senza guarnizioni addizionali.
-

CLASSE R3 - $RW > 35$ dB(A)

- Vetro stratificato antirumore di elevato spessore (10÷12 mm) e guarnizioni addizionali. Vetro camera con lastre di medio spessore (4÷6 mm), camera d'aria con gas fonoisolante e guarnizioni addizionali.
 - Doppia finestra con vetri semplici di spessore medio (4÷6 mm) e distanza tra le lastre di almeno 100 mm.
-

L'adozione di infissi antirumore può avere conseguenze in particolare sulla trasmissione di calore e sulla aerazione dei locali.

Gli aspetti che più frequentemente vengono infatti considerati come negativi, sono quelli relativi alla ventilazione ed al surriscaldamento dei locali nel periodo estivo. Ne consegue che gli infissi antifonici dovranno essere dotati anche di aeratori che potranno essere a ventilazione forzata o naturale.

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	34 di 37

11 LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI *POST MITIGAZIONE*

Il dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica è stato finalizzato all'abbattimento dai livelli acustici prodotti dall'infrastruttura ferroviaria.

La scelta progettuale è stata quella di privilegiare l'intervento sull'infrastruttura stessa.

Con l'ausilio del modello di simulazione *Soundplan* descritto nei paragrafi precedenti è stata effettuata la verifica e l'ottimizzazione delle opere di mitigazione.

Complessivamente è stata prevista la messa in opera di 7.873 metri di barriere antirumore, con l'utilizzo di moduli da +2,00m su p.f. +7,50m su p.f. per un totale di 33.930 metri quadri circa.

Gli interventi sono rappresentati graficamente nelle *Planimetrie di individuazione degli interventi di mitigazione acustica* (Doc NB1R02D22P6IM0004006 ÷ NB1R02D22P6IM0004010) ed indicate con dimensione e tipologia nella tabella seguente.

Si evidenzia che l'altezza dei manufatti è considerata sempre rispetto alla quota del piano del ferro eccetto dove eventualmente diversamente specificato:

Codice	Tipo BA	Altezza da Piano Ferro (m)	Km inizio	Km fine	Lunghezza [m]
<i>BA Lato Dispari - Tratta Bergamo_Ponte S.Pietro</i>					
BA 01D	Verticale	4,50	00+168	00+392	224
BA 02D	Verticale	4,00	00+392	00+415	23
BA 03D	Verticale	5,00	00+415	00+636	221
BA 04D	Verticale	4,00	00+636	00+658	22
BA 05D	Verticale	5,00	00+658	01+036	378
BA 06D	Verticale	4,00	01+036	01+060	24
BA 07D	Verticale	7,50	01+060	01+223	163
BA 08D	Verticale	7,50	01+255	01+370	115
BA 09D	Verticale	4,00	01+370	01+906	536
BA 010D	Verticale	3,00	04+964	05+191	227
BA 011D	Verticale	6,50	05+191	05+530	339
BA 012D	Verticale	2,00	05+530	05+907	377
BA 013D	Verticale	4,00	05+935	06+147	212
BA 014D	Verticale	2,00	06+519	06+735	216
BA 015D	Verticale	2,00	06+784	06+958	174
BA 016D	Verticale	2,00	07+476	07+726	250
Totale barriere lato binario dispari (metri)					3.501

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	35 di 37

Codice	Tipo BA	Altezza da Piano Ferro (m)	Km inizio	Km fine	Lunghezza [m]
<i>BA Lato Pari - Tratta Bergamo_Ponte S.Pietro</i>					
BA 01P	Verticale	3,00	00+345	00+929	584
BA 02P (*)	Verticale	3,00	20+700	20+800	100
BA 03P (*)	Verticale	5,00	20+584	20+700	116
BA 04P	Verticale	3,00	01+179	01+239	60
BA 05P	Verticale	7,50	01+268	01+613	345
BA 06P	Verticale	4,00	01+613	02+165	552
BA 07P	Verticale	3,00	02+165	02+593	428
BA 08P	Verticale	4,00	02+593	02+955	362
BA 09Pa	Verticale	4,00	02+995	03+332	337
BA 09Pb	Verticale	4,00	03+332	03+426	84
BA 10P	Verticale	3,00	04+538	05+113	575
BA 11P	Verticale	5,00	05+113	05+191	78
BA 12P	Verticale	4,50	05+191	05+531	340
BA 13P	Verticale	2,00	05+531	05+680	149
BA 14P	Verticale	2,50	06+049	06+311	262
BA 15P	Verticale	2,00	06+505	06+836	331
BA 16P	Verticale	3,00	06+958	07+399	441
BA 17P	Verticale	5,00	07+458	07+615	157
BA 18P	Verticale	4,00	07+615	07+681	66
Totale barriere lato binario pari (metri)					4.372

(*) le PK per queste BA sono relative alla Linea Treviglio-Bergamo

Per la realizzazione delle Barriere Antirumore previste in corrispondenza dei muri di recinzione o muri di sostegno, i montanti e la pannellatura verranno posati sulla testa dell'opera nei tratti coincidenti, con una elevazione in altezza tale da rispettare la quota acustica indicata in tabella riferita sempre al piano ferro.

Le barriere antirumore lungo linea sono state dimensionate sulla base degli output di simulazione acustica ante mitigazione tramite il software SoundPLAN descritto nei paragrafi precedenti, individuando le porzioni di territorio con presenza di ricettori residenziali e contestuale superamento dei limiti normativi.

Come si evince dall'elaborato "Studio Acustico: Livelli in facciata ante e post mitigazione" cod. NB1R02D22TTIM0004001A, a fronte del dimensionamento proposto degli interventi di

	PROGETTO DEFINITIVO				
	RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO				
Relazione Generale	Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo				
	STUDIO ACUSTICO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NB1R	02	D22 RG IM0004 001	B	36 di 37

mitigazione acustica lungo linea è possibile ridurre la propagazione dei livelli sonori prodotti con la realizzazione del progetto in esame, migliorando considerevolmente il clima acustico generale favorendo così il rispetto dei limiti dei livelli in facciata previsti dalla normativa.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i singoli piani dei ricettori per i quali è ipotizzato un superamento dei limiti esterni, mentre si rimanda al suddetto documento “Studio acustico: livelli in facciata ante e post mitigazione” per la visione completa di tutti i ricettori censiti:

A) Ricettori con destinazione d'uso di tipo residenziale:

	impatto residuo nel periodo diurno						Ante mitigazione				Post mitigazione			
	impatto residuo nel periodo notturno													
					Limite		Livello ante mitigazione		Impatto residuo		Livello post mitigazione		Impatto residuo	
Numero	Piano	Fascia di	Dir	Destinazione	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
Ricettore		pertinenza		d'uso	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)
1224	piano 4	AA	SW	Residenziale	67	57	65,8	59,7	-	2,7	64,6	58,5	-	1,5
1235B	piano 6	AA	SE	Residenziale	67	57	66,6	59,2	-	2,2	65,2	57,2	-	0,2
1235B	piano 7	AA	SE	Residenziale	67	57	66,3	58,8	-	1,8	65,3	57,4	-	0,4
2422	piano terra	A	NW	Residenziale	70	60	69,4	61,1	-	1,1	69,7	61,5	-	1,5
2422	piano 1	A	NW	Residenziale	70	60	70,3	62	0,3	2,0	70,8	62,6	0,8	2,6

B) Ricettori con destinazione d'uso di tipo scuola:

	impatto residuo nel periodo diurno						Ante mitigazione				Post mitigazione			
	impatto residuo nel periodo notturno													
					Limite		Livello ante mitigazione		Impatto residuo		Livello post mitigazione		Impatto residuo	
Numero	Piano	Fascia di	Dir	Destinazione	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
Ricettore		pertinenza		d'uso	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)	Leq dB(A)
1233	piano terra	S2	SW	Scuola	47	-	58	-	11,0	-	56,1	-	9,1	-
1233	piano 1	S2	SW	Scuola	47	-	62,5	-	15,5	-	59,9	-	12,9	-
1233	piano 2	S2	SW	Scuola	47	-	64	-	17,0	-	60	-	13,0	-
1234B	piano 1	S2	SE	Scuola	47	-	50,7	-	3,7	-	47,2	-	0,2	-
1234B	piano 2	S2	SE	Scuola	47	-	51,6	-	4,6	-	48,3	-	1,3	-

E' possibile visionare nel dettaglio le caratteristiche dei ricettori sopra riportati ed il tipo di intervento diretto previsto nel documento progettuale “Relazione degli interventi diretti” cod. NB1R02D22RGIM0004003A e nelle “Schede tecniche degli interventi diretti sui ricettori” cod. NB1R02D22SHIM0004002A.

Nelle successive fasi progettuali sarà possibile eseguire ulteriori approfondimenti dello studio acustico che permetteranno di verificare ed aggiornare il dimensionamento delle opere di

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE SAN PIETRO – BERGAMO – MONTELLO Lotto 2: PRG Ponte San Pietro e Raddoppio della Linea da Curno a Bergamo STUDIO ACUSTICO				
Relazione Generale	PROGETTO NB1R	LOTTO 02	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV B	FOGLIO 37 di 37

mitigazione lungo linea, ed eventualmente confermare e/o individuare nuove necessità di ulteriori azioni presso i ricettori non completamente mitigati (p.es. interventi diretti). Per questi ultimi, potrà essere opportunamente verificato -successivamente alla completa messa in opera delle barriere di mitigazione acustica lungo linea- il rispetto dei limiti, tramite opportune campagne di monitoraggio.