

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

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

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA
TRATTA PIADENA - MANTOVA

STUDIO ACUSTICO
Relazione Generale

SCALA:

-

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

N M 2 5 0 3 D 2 2 R G I M 0 0 0 4 0 0 1 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	R. Azzarito	Aprile 2020	A. Corvaja	Aprile 2020	M. Berlingieri	Aprile 2020	C. Ercolani Giugno 2022 PER EMISSIONE ITALFERR S.p.A. Dott.ssa Carolina Ercolani S.O. Ambiente
B	Revisione Interna	R. Azzarito	Maggio 2020	A. Corvaja	Maggio 2020	M. Berlingieri	Maggio 2020	
C	Emissione esecutiva	R. Azzarito	Giugno 2022	A. Corvaja	Giugno 2022	M. Berlingieri	Giugno 2022	

File: NM2503D22RGIM0004001C

n. Elab.:

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
2.1	Legge Quadro 447/95	5
2.2	D.P.R. 459/98	6
2.3	D.P.R. 142/04	7
2.4	Decreto per la predisposizione degli interventi antirumore da parte dei gestori delle infrastrutture (DM 29/11/2000)	10
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	15
6	LIMITI ACUSTICI E ZONIZZAZIONE ACUSTICA NEI COMUNI INTERESSATI	21
7	CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM	22
7.1	Descrizione dei ricettori	22
7.1.1	Il censimento dei ricettori	22
8	GLI IMPATTI CON LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	24
8.1	Illustrazione delle tecniche previsionali adottate	24
8.2	Dati di input del modello	25
8.2.1	Modello di esercizio	26
8.2.2	Emissioni dei rotabili	28
8.3	Caratterizzazione acustica della sorgente e taratura del modello di simulazione	30
9	CONSIDERAZIONI SUI LIVELLI SONORI ANTE MITIGAZIONE	32
10	METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO	33
10.1	Requisiti acustici	33

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

10.2 Descrizione delle barriere antirumore	35
10.3 Gli interventi sugli edifici	36
11 LE OPERE DI MITIGAZIONE SUL TERRITORIO E I LIVELLI ACUSTICI <i>POST MITIGAZIONE</i>	38

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

1 PREMESSA

Nel Programma Regionale Mobilità e Trasporti della Regione Lombardia è riportata la pianificazione di “Riqualficazione Milano – Codogno – Cremona - Mantova”. Tale voce, oltre a citare gli interventi di raddoppio conclusi nel 2015 tra la località Cavatigozzi e Cremona, riporta anche l’intervento di raddoppio, proposto in maniera selettiva, sull’intera tratta.

Recentemente sulla linea sono stati firmati impegni e convenzioni attuative che hanno interessato la Regione Lombardia e Rete Ferroviaria Italiana. L’obiettivo commerciale, alla base di questi interventi, è creare le condizioni per l’incremento della regolarità sulla relazione regionale Milano – Mantova ed un suo successivo potenziamento, nonché raggiungere la frequenza di un treno/h per direzione.

Successivi approfondimenti svolti dalle strutture territoriali di RFI congiuntamente alla Regione Lombardia, hanno messo in evidenza la necessità di approfondire la tratta prioritaria di raddoppio, anche alla luce del modello di esercizio che sarà adottato dalla Regione stessa.

La linea ha inoltre un notevole interesse merci legato, non solo alla presenza degli impianti industriali raccordati, ma anche al fatto che tale linea fa parte del corridoio alternativo al Mediterraneo.

In quest’ottica, il presente Progetto Definitivo, compendia gli interventi necessari, nell’ambito della linea Codogno – Cremona – Mantova, all’attivazione prioritaria della tratta Piadena – Mantova, 1^ fase funzionale del raddoppio della linea in oggetto.

L’opera si sviluppa nella bassa pianura lombarda, ad una quota compresa tra i 60 e i 20 metri s.l.m. andando da ovest verso est; lo sviluppo della tratta è di circa 34km tra le località di Piadena (km 55+286 LS) e Mantova (km 89+557 LS).

La 1^ fase del progetto prevede i seguenti interventi:

Raddoppio tratta Piadena – Bozzolo: raddoppio con tratti in variante tramite la realizzazione di un nuovo binario ad interasse di circa 22.50 m dall’attuale, da eseguirsi in presenza di esercizio ferroviario;

Raddoppio tratta Bozzolo – Mantova: raddoppio in stretto affiancamento da eseguirsi in interruzione prolungata di esercizio ferroviario.

Il progetto prevede, nell’ambito della realizzazione nuova della sede ferroviaria a doppio binario, dei relativi impianti ed apparati tecnologici e di trazione elettrica, inoltre la riqualficazione delle Stazioni e dei PRG di Piadena, Bozzolo e Marcaria, della Fermata di Castellucchio e del PRG di Mantova. È prevista, ancora, la soppressione di tutti i PL di linea tramite realizzazione di opportune nuove opere sostitutive.

L’intervento, nel suo complesso, grazie all’incremento delle prestazioni della linea, si caratterizza come un potenziamento dei collegamenti regionali e merci attualmente programmati.

L’iter metodologico seguito - nel rispetto del Manuale di Progettazione RFI delle Opere Civili cod. RFI DTC SI AM MA IFS 001 B 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 della concorsualità del rumore prodotto dalle

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

infrastrutture stradali presenti all'interno dell'ambito di studio. Al di fuori della fascia di pertinenza acustica ferroviaria si analizzano i limiti dettati dalle Classificazioni Acustiche dei Comuni interessati.

- 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 con particolare riguardo alla destinazione d'uso, all'altezza e allo stato di conservazione dei ricettori potenzialmente impattati e ricadenti nella fascia di pertinenza acustica ferroviaria (250 m per lato); tale analisi è stata estesa fino a 300m per lato, per tener conto di eventuali primi fronti edificati presenti al di fuori della fascia di pertinenza ferroviaria. Sono state altresì censite le aree di espansione residenziale da PRG.
- Livelli acustici ante mitigazione. 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, eventualmente ridotti per la presenza infrastrutture stradali concorrenti così come previsto dal D.M. 29 novembre 2000.
- 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 le eccedenze acustiche dai limiti di norma mediante l'inserimento di barriere antirumore. Sono state quindi previste barriere di altezza variabile tra 2,00m (tipo H0V) e 7,50m (tipo H10V) sul piano del ferro.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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;

II - AREE PREVALENTEMENTE 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;

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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 PREVALENTEMENTE 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 del valore 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*».

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.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

Per le Infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h, a partire dalla mezzeria dei binari esterni e per ciascun lato, deve essere considerata una fascia di pertinenza dell'infrastruttura di ampiezza pari a 250 m, suddivisa a sua volta in due fasce: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di m 150, denominata fascia B.

All'interno di tali fasce 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 dBA nel periodo diurno e di 40 dBA nel periodo notturno. Per le scuole vale solo il limite diurno;
2. Per i ricettori posti all'interno della fascia A di pertinenza ferroviaria, il limite è di 70 dBA nel periodo diurno e di 60 dBA nel periodo notturno;
3. Per i ricettori posti all'interno della fascia B di pertinenza ferroviaria, il limite è di 65 dBA nel periodo diurno e di 55 dBA nel periodo notturno;
4. Oltre la fascia di pertinenza, 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 (h. 6÷22) e notturno (h. 22÷6), in facciata degli edifici e 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 dBA di Leq nel periodo notturno per ospedali, case di cura, e case di riposo;
2. 40 dBA di Leq nel periodo notturno per tutti gli altri ricettori;
3. 45 dBA di Leq nel periodo diurno per le scuole.

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

2.3 D.P.R. 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.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

Il D.P.R. 142/04 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 sottocategorie ai sensi del D.M. 5.11.02 per le strade di nuova realizzazione e secondo le norme CNR 1980 e direttive PUT per le strade esistenti e assimilabili)

D - Strade urbane di scorrimento (suddivise in sottocategorie secondo le norme CNR 1980 e direttive PUT per le strade esistenti e assimilabili)

E - Strade urbane di quartiere

F - Strade locali

Il Decreto individua, differentemente per le strade di nuova realizzazione o per le strade esistenti e assimilabili, l'ampiezza delle fasce di pertinenza ed i relativi limiti associati per ogni sottotipo di infrastruttura stradale, come riportato nelle tabelle seguenti:

Strade di nuova realizzazione

TIPI DI STRADA Secondo codice della strada	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo D.M. 5.11.02 - Norme funz. E geom. Per la costruzione delle strade)	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 - extraurbane principali		250	50	40	65	55
C - extraurbane secondarie	C 1	250	50	40	65	55
	C 2	150	50	40	65	55
D - urbane di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbane di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come previsto dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F - locali		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

Strade esistenti e assimilabili (ampliamento in sede, affiancamenti e varianti)

TIPI DI STRADA Secondo codice della strada	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo Norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(a)	Notturmo dB(a)	Diurno dB(a)	Notturmo dB(a)
A- autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbane principali		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbane secondarie	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbane di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E - urbane di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come previsto dall'art. 5, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F - locali		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

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 evidenzia l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui recettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

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

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

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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”*.

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 dBA 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.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

3 CONCONSORIALITÀ 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 aree di sovrapposizione tra 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.

Nell'area di progetto le infrastrutture stradali che possono essere ritenute concorsuali sono costituite da:

- Autostrada di Progetto Cremona-Mantova: Strada di nuova realizzazione di Tipo A (250m Fascia Unica);
- Tangenziale Sud di Mantova: Strada esistente di Tipo B (100m (Fascia A) + 150m (Fascia B))
- Strada Provinciale ex SS 10: Strada esistente di Tipo Ca (100m (Fascia A) + 150m (Fascia B));

I dati relativi ai tracciati di progetto dell'Autostrada Cremona-Mantova sono stati forniti dalla Regione Lombardia e integrati con le informazioni riportate nella VIA del progetto pubblicata sul portale SILVIA della Regione Lombardia (vedi seguente link: <http://silvia.regione.lombardia.it/silvia/jsp/schede/schedaSintesi.jsf;jsessionid=C2DA62D3294B07AA12AF53CD51C72969.tomcat3?idProcedura=04000100000150&titolo=V.I.A.%20Nazionali>).

Le fasce di pertinenza considerate sono riportate nelle Planimetrie di censimento dei ricettori e nelle Planimetrie di localizzazione degli interventi di mitigazione acustica (elaborati NM2503D22P6IM0004001÷22; NM2503D22P6IM0004023÷44).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

4 LIMITI ACUSTICI E APPLICAZIONE DELLE CONCURSUALITÀ

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.

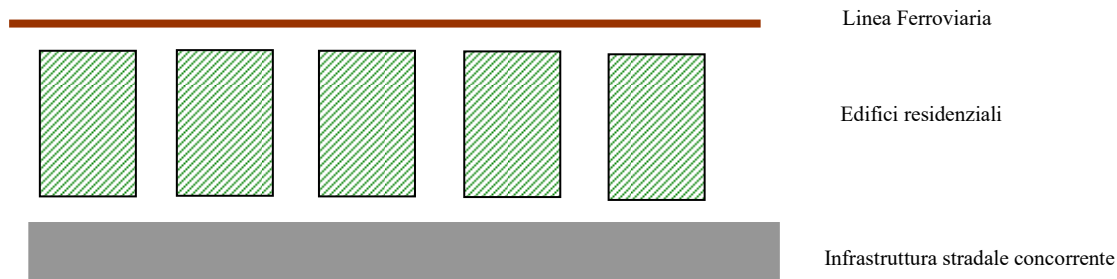
Tabella A – Valori di riferimento in assenza di sorgenti concorsuali

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

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'edificio costituisce un ostacolo alla propagazione dell'uno o dell'altro contributo acustico e pertanto non dovrebbe sussistere concorsualità effettiva (invece cautelativamente attribuita nel presente studio).

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C



Nel complessivo dei ricettori censiti, 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 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 presenti nel progetto indicando con la lettera "A" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 70 dBA diurni e 60 dBA notturni, con la lettera "B" e "Fascia Unica" la fascia di pertinenza acustica caratterizzata dal valore limite di 65 dBA diurni e 55 dBA notturni.

Tabella B – Valori di soglia in presenza di sorgenti concorsuali

Fasce di pertinenza			Valori di soglia dell'infrastruttura ferroviaria	
Linea ferroviaria	Infrastruttura Stradale Esistente	Infrastruttura Stradale di Nuova Realizzazione	Diurno dBA	Notturmo dBA
A	A	-	67.0	57.0
A	B	Fascia Unica	67.9	57.9
A	B	-	68.8	58.8
B	B	-	62.0	52.0
B	A	-	63.8	53.8

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA				
	TRATTA PIADENA - MANTOVA				
PROGETTO DEFINITIVO					
STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NM25	03	D22 RG IM0004 001	C	14 di 41

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.

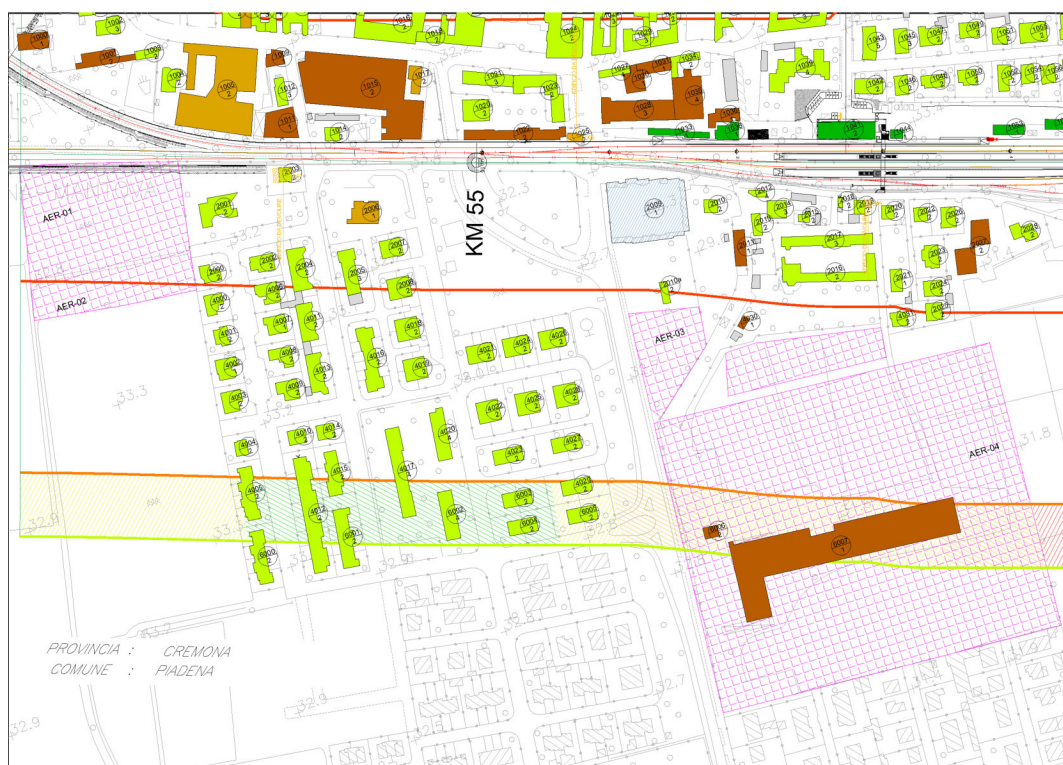
	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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, comma1, lettera 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. Per ogni area di espansione residenziale si è individuata una o più postazioni (AERxx) rappresentative ove effettuare le simulazioni acustiche (*con punto di calcolo posto a 4 metri dal piano campagna*) e quindi garantire il rispetto dei limiti di norma su tutta l'area. Le aree di espansione e l'individuazione delle postazioni di simulazione sono riportati sia nelle planimetrie di censimento ricettori (NM2503D22P6IM0004001÷22) che nelle planimetrie degli interventi di mitigazione acustica (NM2503D22P6IM0004023÷44). La tabella di dettaglio relativa ai livelli sonori simulati sono riportati nell'elaborato Livelli Acustici in Facciata Ante e Post Mitigazione (NM2503D22TTIM0004001).

Nello specifico, dall'analisi sono state individuate le seguenti aree:

Comune di Piadena



Area a Sud e Sud-Ovest della Stazione di Piadena, in parte edificata. Punti di simulazione posizionati sia nella Fascia A che Fascia B di pertinenza acustica ferroviaria.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NM25	03	D22 RG IM0004 001	C	16 di 41

STUDIO ACUSTICO
Relazione Generale

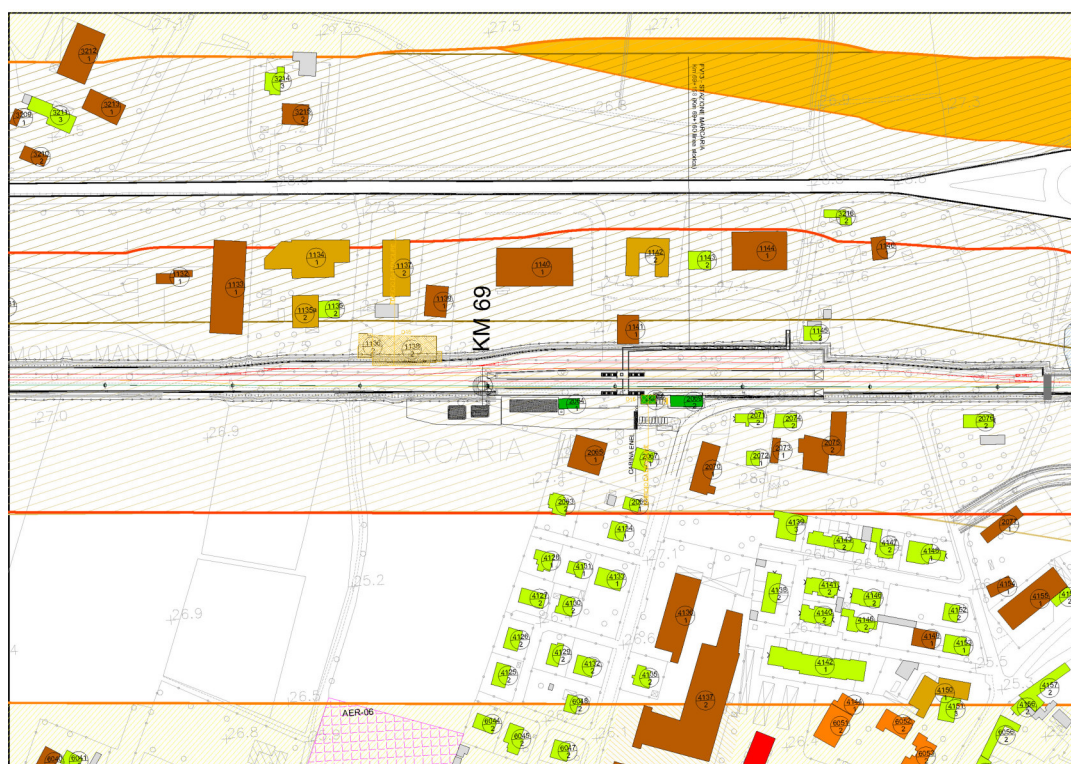
Comune di Bozzolo



Area a Sud-Ovest della Stazione di Bozzolo, non edificata. Punti di simulazione posizionati sia nella Fascia A che Fascia B di pertinenza acustica ferroviaria

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NM25	03	D22 RG IM0004 001	C	17 di 41

Comune di Marcaria



Area a Sud-Ovest della Stazione di Marcaria, non edificata. Punto di simulazione posizionato al limite della Fascia B di pertinenza acustica ferroviaria

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	PROGETTO	LOTTO	DOCUMENTO	REV	FOGLIO
	NM25	03	D22 RG IM0004 001	C	18 di 41

STUDIO ACUSTICO
Relazione Generale

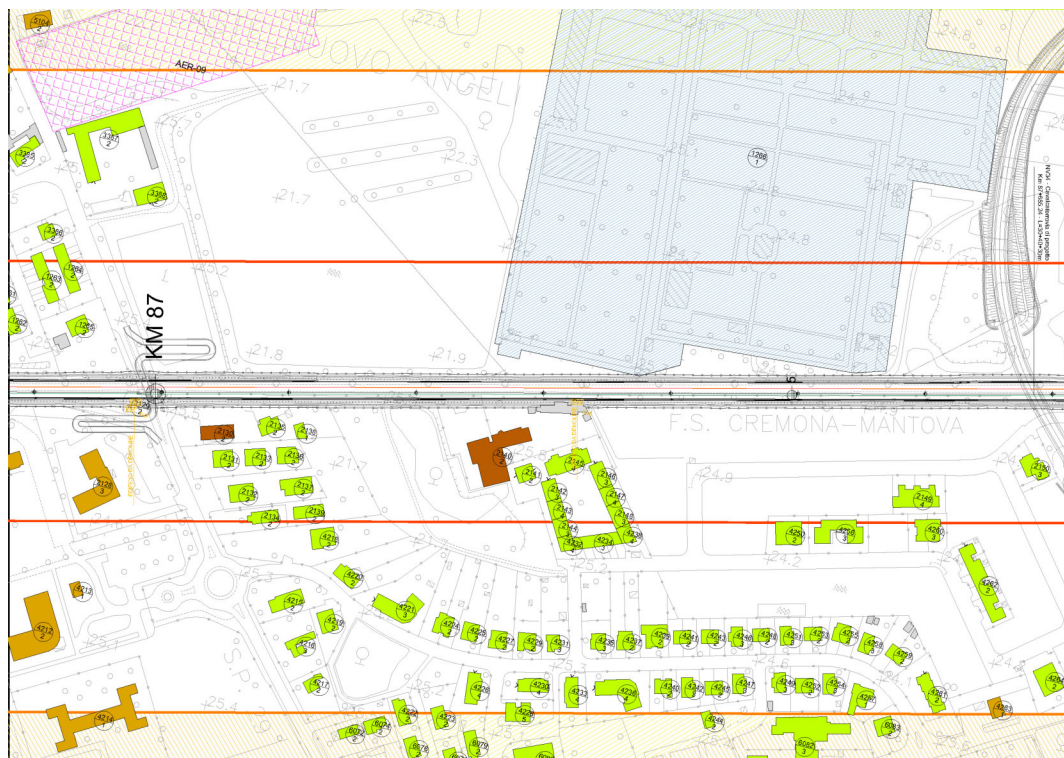
Comune di Castellucchio



Area a Nord-Ovest della Stazione di Castellucchio, non edificata. Punti di simulazione posizionati sia nella Fascia A che Fascia B di pertinenza acustica ferroviaria

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

Comune di Mantova



Area posta a Sud della Frazione di Castelnuovo Angeli, in parte edificata. Punto di simulazione posizionato al limite della Fascia B di pertinenza acustica ferroviaria

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

Comune di Mantova



Area posta nella zona Est della Frazione di Dosso del Corso, in parte edificata. Punto di simulazione posizionato nella Fascia B di pertinenza acustica ferroviaria

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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. Nella tabella seguente si riporta lo stato di redazione e approvazione dei suddetti piani, aggiornato a Marzo 2020.

COMUNE	ESTREMI ZONIZZAZIONE ACUSTICA COMUNALE
PIADENA DRIZZONA	D.C.C. N°26 del 22.05.2014
VOLTIDO	D.C.C. n. 2 del 14/03/04
CALVATONE TORNATA	D.C.C. N°25 del 05.07.2013
TORNATA	D.C.C. n. 9 del 08.05.13
BOZZOLO	D.C.C. n.7 del 21/01/05
SAN MARTINO DALL'ARGINE	D. C.C. N. 51 del 30/12/05
MARCARIA	D. C.C. N. 58 del 30/11/05
CASTELLUCCHIO	Approvato con DCC n 46 del 08.10.2004 Pubblicato sul BURL n. 47 del 17.11.2004
RODIGO	delibera consiglio n 48 del 22 ottobre 2012
CURTATONE	DelibCCn80_8-10-2004-
MANTOVA	D. C.C. n. 7 del 04.02.2005 (adozione) DCC n. 58 del 22/11/2010 (approvazione)

Le classi acustiche dei piani di classificazione acustica comunale sono state rappresentate nelle Planimetrie di censimento dei ricettori (elaborati NM2503D22P6IM0004001÷22).

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.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

7 CARATTERIZZAZIONE ANTE OPERAM

7.1 Descrizione dei ricettori

Il tracciato di progetto di raddoppio della linea ferroviaria si sviluppa interamente allo scoperto per ca. 35 km, per lo più a raso e in rilevato, all'interno del territorio della provincia di Cremona e Mantova. Le zone attraversate sono poco o mediamente abitate, fatta eccezione per le aree nei pressi delle stazioni ferroviarie e nei comuni di Piadena e di Mantova, ove si ricade in terreno densamente abitato.

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 ca. 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 1:2000 (elaborati NM2503D22P6IM0004001÷22).

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;
- Commerciale e Servizi;
- Industriale e Artigianale;
- Monumentale/religioso;
- Asili, Scuole, Università
- Ruederi, 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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.

Le schede sono riportate nel documento NM2503D22SHIM0004001.

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

ZZZ è il numero progressivo del ricettore

B) Dati localizzativi

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

C) Dati caratteristici dell'edificio esaminato

- Numero dei piani
- orientamento
- Destinazione d'uso del ricettore
- Stato conservazione

D) Caratterizzazione degli infissi

- Numero infissi fronte parallelo e/o obliqui

E) Caratterizzazione del corpo ferroviario

F) Descrizione porzione di territorio tra edificio e infrastruttura

- Destinazione d'uso terreno
- Altre sorgenti di rumore

G) Note

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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.

Grazie alla sua versatilità e ampiezza del campo applicativo, è all'attualità il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia è in uso a centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni, Società e studi di consulenza.

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 ricettore viene associata una 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 ricettore.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono evidenziati nei diagrammi di output. In tali schematizzazioni la lunghezza del raggio 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

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati.

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 appositamente prodotta per il progetto definitivo e dalle planimetrie, profili e sezioni di progetto. I dati territoriali sono stati verificati mediante i sopralluoghi in campo effettuati nel corso di elaborazione del censimento dei ricettori.

Per quanto concerne lo standard di calcolo, è stato utilizzato quello delle Deutsche Bundesbahn, sviluppato nelle norme Shall 03. I parametri di calcolo utilizzati sono invece 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 (dB)	0,010		
Tolleranza rispettata per ..	risultato complessivo		

Per l'elaborazione del DGM (Digital Ground Model) sono stati implementati nel modello i seguenti elementi:

- Punti quota
- Curve di livello
- Bordi stradali
- Bordi del rilevato ferroviario
- Sommità e base di rilevati e trincee

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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

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

Di seguito si riporta il modello di esercizio utilizzato per il dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica:

Tratta Piadena – Mantova					
Relazione	Veicoli	Treni al giorno ferialo medio complessivi nelle due direzioni			
		Ore 6 → 22	Ore 22 → 6	Totale	Lunghezza
Milano Centrale – Mantova	Materiale tipo Coradia ETR 245 in doppia composizione (2x5 pezzi)	32	4	36	165
Cremona – Piadena – Mantova	Materiale tipo Coradia ETR 245 (5 pezzi)	8	0	8	82,2
Merci tipo Corridoio*	Lungh. 750 m 2000 tonn	6	3	9	750
Altri merci*	Lungh. 550 m 1500 tonn	9	5	14	550

Le velocità di percorrenza sono riportate nella tabella seguente:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

PROFILO DELLE VELOCITA' ASSE PROGETTO PIADENA MANTOVA									
Velocità max di rango									
Piadena - Mantova senso dispari					Mantova - Piadena senso pari				
Progressiva	A	B	C		Progressiva	A	B	C	
55,286 Piadena					55,286 Piadena				
	100	155	160			100	155	160	
61,794 -					61,794 -				
	100	135	140			100	135	140	
63,794 Bozzolo					63,794 Bozzolo				
	100	155	160			100	155	160	
78,659 Marcaria					78,659 Marcaria				
	100	155	160			100	155	160	
85,557					85,557				
	100	125	125			100	155	160	
87,557 -					87,557 -				
	60	65	65			60	65	65	
89,365 -					89,365 -				
	60	65	65			60	65	65	
89,425 -					89,425 -				
	60	65	65			60	65	65	
89,450 -					89,450 -				
	60	65	65			60	65	65	
89,557 Mantova					89,557 Mantova				

Oltre alla linea ferroviaria di progetto sono stati tenuti in considerazione anche i contributi dei traffici ferroviari circolanti sulle altre linee che si diramano dalla Linea Piadena-Mantova e nello specifico:

- Linea Brescia-Piadena-Parma:

Tratta Piadena - San Giovanni in Croce		Treni/giorno feriale medio		
Relazione	Servizio	Rotabile	6 -> 22 (diurno)	22 -> 6 (notturno)
Piadena - San Giovanni in Croce	REG	ALn 668 (3101-3250) (2M)	17	1
San Giovanni in Croce - Piadena	REG	ALn 668 (1001-1120) (2M)	17	1
		ALn 668 (1901-1942) (2M)		
Piadena - San Giovanni in Croce	Merci		-	-
San Giovanni in Croce - Piadena	Merci		-	-
Tratta Piadena - Canneto sull'Oglio		Treni/giorno feriale medio		
Relazione	Servizio	Rotabile	6 -> 22 (diurno)	22 -> 6 (notturno)
Piadena - Canneto sull'Oglio	REG	ALn 668 (3101-3250) (2M)	12	-
Canneto sull'Oglio - Piadena	REG	ALn 668 (1001-1120) (2M)	12	-
		ALn 668 (1901-1942) (2M)		
Piadena - Canneto sull'Oglio	Merci		-	-
Canneto sull'Oglio - Piadena	Merci		-	-

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

- Linea Verona-Mantova-Modena:

Tratta Mantova - Borgochiesanuova		Treni/giorno feriale medio		
<i>Relazione</i>	<i>Servizio</i>	<i>Rotabile</i>	<i>6 -> 22 (diurno)</i>	<i>22 -> 6 (notturno)</i>
Mantova - Borgochiesanuova	REG	E464 np (4 casse) E464 np (6 casse)	15	1
Borgochiesanuova - Mnatova	REG	ETR 103 (3 casse) ETR 350 (5 casse)	14	2
Mantova - Borgochiesanuova	ES	ETR 485 (9 casse)	1	
Borgochiesanuova - Mnatova	ES			1
Mantova - Borgochiesanuova	Merci	E483 (16 carri)	2	1
Borgochiesanuova - Mnatova	Merci	E191 (5 carri)	2	2

- Linea Mantova-Monselice:

Tratta Mantova - Mantova Frassine		Treni/giorno feriale medio		
<i>Relazione</i>	<i>Servizio</i>	<i>Rotabile</i>	<i>6 -> 22 (diurno)</i>	<i>22 -> 6 (notturno)</i>
Mantova - MantovaF.	REG	ETR343 (4casse)	7	1
MantovaF. - Mantova	REG		8	2
Mantova - MantovaF.	Merci	E412 (20 carri) E483 (13 carri)	3	1
MantovaF. - Mantova	Merci	E483 (19 carri)	4	-

Come velocità di percorrenza dei treni sono state utilizzate quelle riportate nel Fascicolo di Linea discretizzate per direzione.

8.2.2 Emissioni dei rotabili

Le emissioni sonore da associare ad ogni tipologia di convoglio ferroviario previsto nel Modello di Esercizio di progetto sono state ricavate da una campagna di rilievi fonometrici appositamente eseguita. Per i dettagli si rimanda all'apposito elaborato "Report dei Rilievi Fonometrici" (codifica elaborato NM2503D22RHIM0004002), 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 4 "Punti di Riferimento" PR posti in prossimità del binario di corsa
- La taratura del modello di simulazione acustica, con l'individuazione di 8 "Punti Significativi" PS (due per ogni punto di Riferimento PR) 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:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

- 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 nei quattro PR che negli otto PS.

La documentazione di progetto evidenzia come la linea in progetto risponda alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità (regolamenti UE - sottosistema “Infrastruttura”, “Sicurezza nelle gallerie” e “Controllo-comando e Segnalamento”).

Pertanto, per caratterizzare le emissioni dei convogli transitanti si è potuto far riferimento ai “valori limite relativi al rumore in transito”, così come definiti dalla Tabella 4 del Regolamento UE n. 1304/2014 – Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “Materiale rotabile – rumore”, di seguito riportata.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

Categoria del sottosistema materiale rotabile	$L_{pAeq,Tp}$ (80 km/h) [dB]	$L_{pAeq,Tp}$ (250 km/h) [dB]
Locomotive elettriche e OTM a trazione elettrica	84	99
Locomotive diesel e OTM a trazione diesel	85	n.d.
EMU	80	95
DMU	81	96
Carrozze	79	n.d.
Carri (normalizzati APL = 0,225) (*)	83	n.d.
(*) Per APL si intende il numero di assi diviso per la distanza tra i respingenti [m ⁻¹]		

Tabella 4 del Regolamento UE n. 1304/2014 – Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “Materiale rotabile – rumore”

Il software SoundPLAN, del quale Italferr si avvale per effettuare le simulazioni acustiche per modellizzare una sorgente ferroviaria impone l’input di fattori quali la distanza dal binario alla quale si ottiene un determinato livello sonoro e la velocità con la quale il treno transita lungo il binario stesso.

I valori della Tabella STI sono riferiti a singoli passaggi di unità, alle velocità di 80 km/h e, dove disponibili, di 250 km/h e sono relativi al tempo di transito, definito dalla ISO/FDIS 3095:2013 (E).

Per la stima delle emissioni dei treni circolanti nello scenario futuro, sono stati pertanto sommati i contributi delle singole unità che, assemblate, compongono tali treni.

In via cautelativa le emissioni STI sono state associate solo all’80% dei treni merci futuri, mentre per il restante 20% e per gli altri treni passeggeri le emissioni sono rimaste invariate rispetto allo stato attuale.

Si riportano di seguito le emissioni calcolate a 25 metri di distanza dal binario alla velocità pari a 100 km/h dei treni merci di progetto.

Tipo convoglio	SEL@25m,100km/h dB(A)	Leq@25m,100km/h dB(A)
Merci	92,7	45,1

8.3 Caratterizzazione acustica della sorgente e taratura del modello di simulazione

Inserendo nella libreria del modello di simulazione i valori di emissione così come rilevati sperimentalmente, ed il Modello di Esercizio effettivo (numero di transiti realmente avvenuti nelle 24

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

ore di misura) associato alla linea ferroviaria esistente, sono stati calcolati i Livelli Equivalenti diurni 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	54,7	63,9	54,4	63,6	0,3	0,3
	PS1a	50,2	59,5	49,5	58,4	0,7	1,1
	PS1b	54,9	63,6	54,1	62,6	0,8	1,0
	media degli scarti sui punti PS					0,8	1,1
SEZIONE 02	PR2	57,6	63,3	57,2	63,1	0,4	0,2
	PS2a	48,3	51,5	47,3	52,3	1,0	1,2
	PS2b	40,2	44,5	39,2	42,9	1,0	1,6
	media degli scarti sui punti PS					1,0	1,4
SEZIONE 03	PR3	64,3	69,2	63,5	68,5	0,8	0,7
	PS3a	48,3	53,1	47,3	52,3	1,0	0,8
	PS3b	46,1	49,7	48,6	48,0	-2,5	1,7
	media degli scarti sui punti PS					-0,8	1,3
SEZIONE 04	PR4	59,7	57,1	59,5	56,7	0,2	0,4
	PS4a	54,3	52,2	53,8	51,4	0,5	0,8
	PS4b	61,0	58,6	60,9	58,9	0,1	-0,3
	media degli scarti sui punti PS					0,3	0,3

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 intorno a +1 dBA, indice di una diffusa e contenuta sovrastima, che consente di poter operare di fatto in condizioni cautelative).

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

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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 di progetto.

In generale, lungo la linea in progetto, da un primo esame si nota che i superamenti maggiori si verificano nel periodo notturno in virtù dei limiti più bassi.

È risultato pertanto necessario prevedere idonei interventi di mitigazione che sono stati dimensionati in relazione al periodo più critico e pertanto, come detto, rispetto al periodo notturno.

Per una visualizzazione cromatica dei livelli sonori lungo tutto il tracciato, sono state prodotte le Mappe Acustiche Isofoniche (Doc. NM2503D22N5IM0004001÷08), relative ad un'altezza da piano campagna pari a 4 metri.

Le tabelle di dettaglio relative ai livelli sonori simulati sono riportate nell'elaborato "*Livelli Acustici in facciata Ante e Post Mitigazione*" cod. NM2503D22TTIM0004001.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

10 METODI PER IL CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO

Nei paragrafi seguenti si forniscono alcune note descrittive sui requisiti acustici delle barriere antirumore, sulle tipologie di barriere utilizzate in relazione alle prestazioni acustiche.

10.1 Requisiti acustici

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:

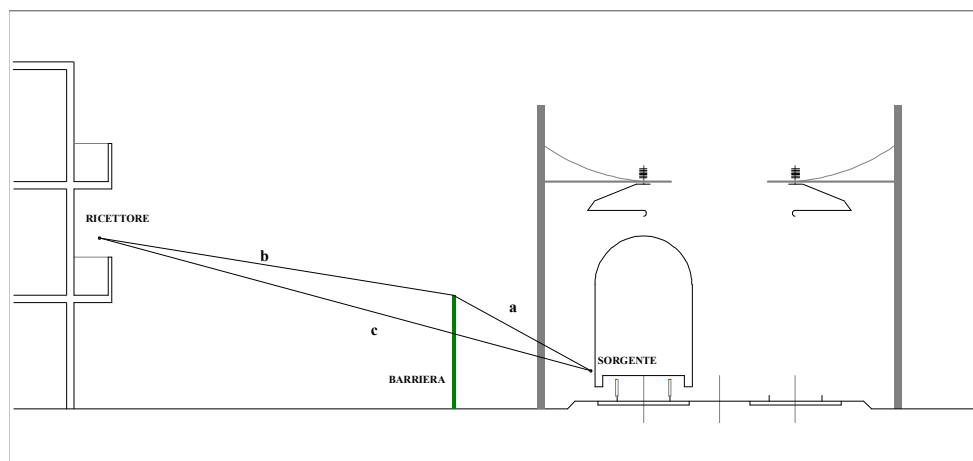
1. l'onda diretta, che, se la barriera non è sufficientemente dimensionata, giunge in corrispondenza del ricettore senza essere condizionata da ostacoli;
2. l'onda che giunge al ricettore dopo essere stata diffratta dal bordo superiore della barriera;
3. l'onda diffratta dal bordo superiore della barriera, 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. 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)

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C



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 quota parte 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, dovranno essere utilizzati 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

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

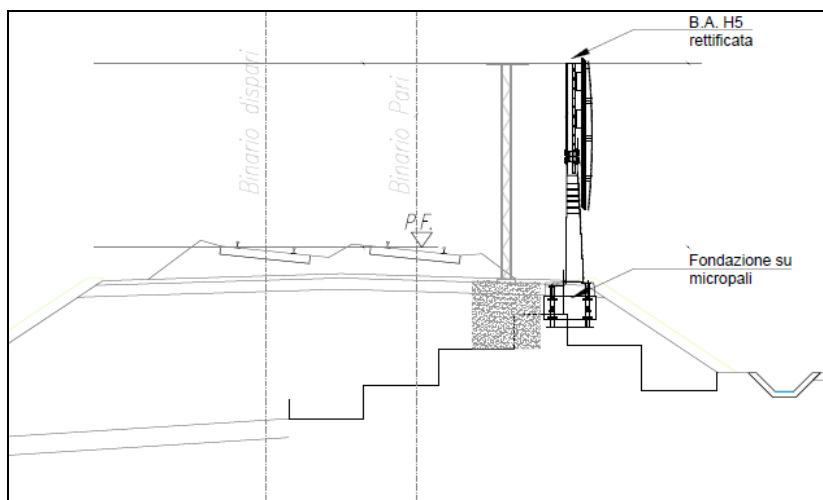
10.2 Descrizione delle barriere antirumore

La soluzione di barriera antirumore adottata per questo progetto è stata condivisa durante l'iter progettuale con la committenza (riesame intermedio) e vista la presenza di lunghi tratti di opere di sostegno di recinzione, nonché la necessità di risolvere le numerose interferenze puntuali con i sostegni della TE, per uniformità di sezione tipo sono state applicate, lungo tutta la tratta, le barriere antirumore tipo "HS" rettificata (cfr. All.26 alla Sezione I – Parte II del MdP RFI 2018)

La barriera prevista è fonoassorbente con pannelli in acciaio inox posizionati (in posizione verticale) su apposito basamento in cls.

Di seguito si riporta lo schema esemplificativo della soluzione adottata e sopra descritta.

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: distanza minima dal piano del ferro pari a +2.00 m.
- planimetricamente: distanza minima del montante dall'asse del binario più vicino pari a 4 m; tale distanza può essere modificata in presenza di situazioni particolari, come i marciapiedi di fermata o di stazione oppure ad esempio i muri di recinzione in corrispondenza dei nuclei abitativi attraversati.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

10.3 Gli interventi sugli edifici

Per ricondurre almeno 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).

Essendo la normativa UNI 8204 ritirata ma non sostituita è stata presa come riferimento per la classificazione degli infissi e per le caratteristiche fonoisolanti di essi. Vi 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 la soluzione in grado di garantire un RW compreso tra 20 e 27 dBA; la classe R2 le soluzioni che garantiscono un RW compreso tra 27 e 35 dBA; la classe R3 tutte quelle soluzioni che offrono un RW superiore a 35 dBA. I serramenti esterni che offrono un potere fonoisolante minore di 20 dBA 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.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

CLASSE R1 - $20 \leq RW \leq 27$ dBA

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

CLASSE R2 - $27 \leq RW \leq 35$ dBA

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

CLASSE R3 - $RW > 35$ dBA

- Vetro stratificato antirumore di elevato spessore (10÷12 mm) e guarnizioni aggiuntive. Vetro camera con lastre di medio spessore (4÷6 mm), camera d'aria con gas fonoisolante e guarnizioni aggiuntive.
 - 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 fonoisolanti dovranno essere dotati anche di aeratori che dovranno garantire il ricambio di aria necessario.

	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

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

Il dimensionamento degli interventi di protezione acustica è stato finalizzato all’abbattimento dei livelli acustici prodotti nel periodo notturno in virtù dei superamenti maggiori, dovuti ai limiti di norma più restrittivi.

La scelta progettuale per le mitigazioni acustiche dei ricettori ricadenti all’interno dell’ambito dello studio acustico lungo tutta la tratta della linea Piadena-Mantova, è stata quella di privilegiare l’intervento sull’infrastruttura: a tal fine sono stati previsti schermi acustici lungo linea per tutti i ricettori impattati all’interno della fascia di pertinenza acustica ferroviaria che hanno permesso di riportare entro i limiti di norma la quasi totalità dei ricettori che presentano superamenti ante mitigazioni.

Al di fuori di tale fascia, dall’analisi dei limiti dei Piani di Classificazione Acustica dei Comuni interessati, non si riscontrano eccedenze dei limiti interni.

È stato altresì analizzato il clima acustico in corrispondenza delle Aree di Espansione Residenziale dai Piani Regolatori Generali dei Comuni interessati (vedi cap. 5), non rilevando superamenti dei limiti di norma in corrispondenza dei ricettori in campo libero simulati dopo l’inserimento degli interventi mitigativi.

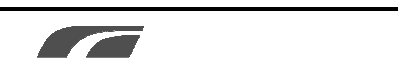
Con l’ausilio del modello di simulazione *SoundPLAN* descritto nei paragrafi precedenti è stata effettuata la verifica e l’ottimizzazione delle barriere acustiche sopra menzionate e di seguito elencate.

BARRIERE ANTIRUMORE - PD RADDOPPIO LINEA PIADENA-MANTOVA								
Codice Barriera	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lungh m	Tipologia Sede Ferroviaria
BASN_P_01	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 54+696	Km 54+970	274 m	Raso/Rilevato
BASN_P_02	Pari	Codogno-Mantova	H10V	7,50 m	Km 55+169	Km 55+262	95 m	Raso/Rilevato
BASN_P_03	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 55+262	Km 55+443	195 m	Raso/Rilevato
BASN_P_04	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 63+816	Km 63+944	129 m	Raso/Trincea
BASN_P_05	Pari	Codogno-Mantova	H10V	7,50 m	Km 63+944	Km 64+072	129 m	Raso/Trincea
BASN_P_06	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 69+170	Km 69+469	303 m	Raso/Trincea
BASN_P_07	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 70+348	Km 70+519	171 m	Raso/Rilevato
BASN_P_08	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 72+116	Km 72+312	196 m	Raso/Rilevato
BASN_P_09	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 74+380	Km 74+603	223 m	Raso/Rilevato
BASN_P_10	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 74+815	Km 74+912	97 m	Raso/Rilevato
BASN_P_11	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 78+150	Km 78+463	313 m	Raso/Rilevato
BASN_P_12	Pari	Codogno-	H0V	2,00 m	Km 80+528	Km 80+739	211 m	Raso/Rilevato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

BARRIERE ANTIRUMORE - PD RADDOPPIO LINEA PIADENA-MANTOVA

Codice Barriera	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lungh m	Tipologia Sede Ferroviaria
		Mantova						
BASN_P_13	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 80+915	Km 81+120	205 m	Raso/Rilevato
BASN_P_14	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 82+716	Km 83+200	484 m	Raso/Rilevato
BASN_P_15	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 84+600	Km 84+708	108 m	Raso/Rilevato
BASN_P_16	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 85+275	Km 85+406	131 m	Raso/Rilevato
BASN_P_17	Pari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 85+585	Km 85+738	153 m	Raso/Rilevato
BASN_P_18	Pari	Codogno-Mantova	H5V	5,00 m	Km 86+459	Km 86+985	526 m	Raso/Trincea
BASN_P_19	Pari	Codogno-Mantova	H1V	2,50 m	Km 86+985	Km 87+414	429 m	Raso/Trincea
BASN_P_20	Pari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 87+414	Km 87+908	494 m	Raso/Trincea
BASN_P_21	Pari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 87+908	Km 88+400	492 m	Raso/Trincea
BASN_D_01	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 54+950	Km 55+095	145 m	Raso/Trincea
BASN_D_02	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 55+309	Km 55+766	461 m	Raso/Trincea
BASN_D_03	Dispari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 55+960	Km 56+300	340 m	Raso/Trincea
BASN_D_04	Dispari	Codogno-Mantova	H1V	2,50 m	Km 62+150	Km 62+325	175 m	Raso/Trincea
BASN_D_05	Dispari	Codogno-Mantova	H10V	7,50 m	Km 63+819	Km 63+966	150 m	Raso/Trincea
BASN_D_06	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 69+190	Km 69+318	136 m	Raso/Trincea
BASN_D_07	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 71+150	Km 71+350	200 m	Raso/Rilevato
BASN_D_08	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 71+902	Km 72+026	124 m	Raso/Rilevato
BASN_D_09	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 73+533	Km 73+794	261 m	Raso/Rilevato
BASN_D_10	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 78+300	Km 78+649	353 m	Raso/Trincea
BASN_D_11	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 79+516	Km 79+652	136 m	Raso/Trincea
BASN_D_12	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 81+465	Km 81+635	170 m	Raso/Rilevato
BASN_D_13	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 82+800	Km 83+050	250 m	Raso/Rilevato
BASN_D_14	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 83+200	Km 83+516	316 m	Raso/Rilevato
BASN_D_15	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 83+828	Km 84+101	273 m	Raso/Rilevato
BASN_D_16	Dispari	Codogno-Mantova	H0V	2,00 m	Km 84+550	Km 84+725	175 m	Raso/Rilevato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA - MANTOVA PROGETTO DEFINITIVO				
	STUDIO ACUSTICO Relazione Generale	PROGETTO NM25	LOTTO 03	DOCUMENTO D22 RG IM0004 001	REV C

BARRIERE ANTIRUMORE - PD RADDOPPIO LINEA PIADENA-MANTOVA								
Codice Barriera	Lato	Linea	Modalità realizzazione	Altezza da p.f.	Km inizio	km fine	Lungh m	Tipologia Sede Ferroviaria
BASN_D_17	Dispari	Codogno-Mantova	H3V	4,00 m	Km 85+749	Km 85+880	131 m	Raso/Rilevato
BASN_D_18	Dispari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 86+375	Km 87+050	675 m	Raso/Trincea
BASN_D_19	Dispari	Codogno-Mantova	H2V	3,00 m	Km 88+116	Km 88+565	449 m	Raso/Trincea
BASN_MV_01*	Pari	Verona-Mantova-Modena	H0V	2,00 m	Km 59+724	Km 59+859	135 m	Trincea
BASN_MV_02*	Dispari	Verona-Mantova-Modena	H0V	2,00 m	Km 59+730	Km 59+844	114 m	Trincea

BARRIERE LATO PARI LINEA CODOGNO-MANTOVA	5.358,00 m
BARRIERE LATO DISPARI LINEA CODOGNO-MANTOVA	4.920,00 m
BARRIERE LINEA VERONA-MANTOVA-MODENA	249,00 m
TOTALE BARRIERE	10.527,00 m

* Le pk sono riferite alla Linea Verona-Mantova-Modena, calcolate dalla progressiva del FV Mantova km 61+082

Come si evince dalla tabella riepilogativa degli interventi di mitigazione, si è reso necessario prevedere ulteriori interventi mitigativi anche sulla linea ferroviaria Verona-Modena al fine di riportare a norma i livelli sonori di alcuni ricettori a ridosso di tale linea, ma ricadenti nell'ambito di studio del progetto in esame.

Gli interventi di mitigazione acustica sono rappresentati graficamente ed indicati con dimensione e tipologia nella *Planimetria di localizzazione degli interventi di mitigazione acustica* (codifica elaborati NM2503D22P6IM0004023÷44), inoltre in tali planimetrie sono evidenziati anche i tratti ferroviari con la presenza dei Muri di Recinzione i quali, avendo un'altezza di ca 2,00m dal piano ferro, fungono da schermo alla propagazione del rumore ferroviario.

Gli estremi della schermatura acustica indicati nella tabella potranno subire minime modifiche in fase di progettazione e realizzazione in funzione delle reali condizioni al contorno, ma comunque di entità tale da non modificare l'efficacia mitigativa complessiva. Laddove la continuità delle barriere antirumore non è stata possibile per interferenza con altre opere di progetto (fabbricati di stazione, accessi, ecc.) dovrà essere ristabilita nel caso in cui, nelle fasi successive, la localizzazione di tali opere non dovesse coincidere col progetto in esame.

Come si evince dai dati riportati negli Output del modello di calcolo (elaborato "*Livelli Acustici in facciata Ante e Post Mitigazione*" NM2503D22TTIM0004001), a fronte del dimensionamento proposto degli interventi di mitigazione acustica lungo linea è possibile abbattere considerevolmente i livelli sonori prodotti con la realizzazione del progetto in esame in corrispondenza dei ricettori protetti da barriera antirumore, garantendo quasi ovunque il rispetto dei limiti imposti dalla normativa vigente.