

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J41C09000000005

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

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

STUDIO VIBRAZIONALE

Relazione Generale

SCALA:

-

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

I B 0 Q 3 A R 2 2 R G I M 0 0 0 4 0 0 2 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	F. Rocchi	Gen 2021	R. Azzarito	Gen 2021	C. Mazzocchi	Gen 2021	C. Ercolani Marzo 2022
B	Emissione Esecutiva	R. Azzarito	Sett 2021	A. Corvaja	Sett 2021	C. Mazzocchi	Sett 2021	PER EMISSIONE ITALFERR S.p.A. Dot.ssa Carolina Ercolani S.O. Ambiente
C	Emissione per richieste integrazioni MITe	C. Giannobile	Marzo 2022	A. Corvaja	Marzo 2022	C. Mazzocchi	Marzo 2022	

File: IB0Q3AR22RGIM0004002C

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

INDICE

1	Premessa	2
2	Riferimenti legislativi	4
2.1	ISO 2631 “Valutazione sull’esposizione del corpo umano alle vibrazioni”	4
2.2	UNI 9614 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”	5
2.3	UNI 9916 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”	7
3	Area di studio	10
3.1	Inquadramento territoriale	10
3.2	Inquadramento geologico	13
4	La modellazione acustica previsionale	16
4.1	Le vibrazioni indotte in fase di esercizio	16
4.2	Caratterizzazione della sorgente vibrazionale ferroviaria	17
4.3	La propagazione delle vibrazioni nel terreno	20
4.4	La propagazione delle vibrazioni nelle strutture edilizie	23
4.4.1	Risposta degli edifici alle vibrazioni	23
4.4.2	Accoppiamento terreno – fondazioni edificio	25
4.4.3	Trasmissione attraverso l’edificio	26
4.4.4	Risonanze strutturali dei solai	26
4.4.5	Individuazione delle vibrazioni trasmesse a ciascun edificio e stima della risposta	28
4.4.6	Rumore trasmesso per via solida dalle strutture	29
4.5	Il modello di propagazione delle vibrazioni assunto per le verifica del disturbo	30
5	Le vibrazioni indotte dall’opera in progetto	40
5.1	La valutazione delle vibrazioni	40
5.2	Modello di esercizio di progetto	41
5.3	I risultati delle analisi previsionali	44
5.3.1	Livelli vibrazionali indotti dal singolo transito	44
5.3.2	Livelli vibrazionali complessivi indotti dal modello di esercizio di progetto	49
5.4	Individuazione delle aree di potenziale disturbo e delle soluzioni mitigative	56
6	Conclusioni	62
7	Allegato: SCHEDE DI CENSIMENTO RICETTORI VIBRAZIONI IN GALLERIA	65

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C	FOGLIO 2 di 66

1 PREMESSA

Il presente documento contiene i risultati dello studio relativo agli effetti vibrazionali in termini di disturbo indotti dall'esercizio della linea di progetto Lotto 3A Circonvallazione di Trento secondo il modello di esercizio atteso con il quadruplicamento dell'intera linea Verona-Brennero. L'obiettivo dello studio vibrazionale è quello di individuare le aree di potenziale criticità in termini di disturbo da vibrazioni, gli eventuali ricettori ubicati all'interno delle stesse e quindi le soluzioni mitigative più opportune affinché siano risolte eventuali condizioni di interferenza.

Per la tematica delle vibrazioni non esiste nell'attuale quadro legislativo un riferimento normativo che disciplini gli effetti indotti sul territorio interessato dalla sorgente. Esistono specifiche norme tecniche che costituiscono un riferimento nella fase di progettazione per la valutazione degli effetti vibrazionali sugli edifici sia in termini di danno (rif. UNI 9916) sia in termini di disturbo alle persone (UNI 9614). Si evidenzia che in tale sede le analisi vibrazionali sono finalizzate alla valutazione del disturbo delle vibrazioni ferroviarie in corrispondenza degli edifici residenziali e/o sensibili. Misure sperimentali eseguite in più occasioni in ambito ferroviario hanno evidenziato infatti che, negli edifici contermini l'infrastruttura, i livelli di vibrazione prodotti dal transito dei convogli sono generalmente inferiori ai livelli di riferimento forniti dalla norma UNI 9614 che, valutando il disturbo alle persone, è più restrittiva della UNI 9916 da prendere in considerazione per la valutazione del danno agli edifici.

L'area oggetto dello studio è ubicata nel territorio della Provincia Autonoma di Trento; il nuovo tracciato ferroviario si sviluppa tra la località Acquaviva a sud e Roncafort a Nord, interamente nel Comune di Trento. Il territorio attraversato si sviluppa sulla sinistra orografica della Val d'Adige tra i confini della Val Lagarina fino al tessuto insediativo della città di Trento. Lo sviluppo della tratta è di circa 14 km, di cui di circa 11 km in galleria.

In linea generale gli effetti delle vibrazioni ferroviarie interessano un'area limitata del territorio circostante l'infrastruttura. Per la valutazione del disturbo è stata considerata una fascia di studio di ampiezza pari a 50 m rispetto all'asse del binario più esterno. Analogamente per la tratta ferroviaria che si sviluppa in galleria sono state considerate le porzioni di territorio nelle quali la distanza tra il piano del ferro e il piano campagna risulta inferiore ai 50 m. All'interno

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>3 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	3 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	3 di 66								

delle suddette aree sono stati censiti tutti gli edifici indicando, oltre che l'altezza in termini di piani fuori terra, anche la destinazione d'uso.

Il lavoro tiene conto delle indicazioni delle norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, e si basa anche sui risultati della campagna di rilievi vibrometrici eseguiti nell'ambito di un contesto territoriale, infrastrutturale ed emissivo ritenuto con analoghe caratteristiche e a cui si fa riferimento per la caratterizzazione della sorgente ferroviaria. La caratterizzazione della sorgente emissiva ha permesso oltre che individuare i livelli di emissioni specifici per ciascuna tipologia di convoglio (Lunga Percorrenza, Merci, Regionale, etc.) anche le modalità di propagazione delle onde vibrazionali nel terreno.

L'analisi dei livelli vibrometrici dalla sorgente ai ricettori prossimi alla linea ferroviaria viene effettuata distinguendo le tipologie di convogli effettivamente transitanti sulla ferrovia, le condizioni geologiche che costituiscono il terreno tra ferrovia e ricettori e la tipologia di ricettore in termini di struttura e numero di piani. I risultati ottenuti dalle analisi previsionali sviluppate tengono conto inoltre sia di una condizione di disturbo associata al singolo transito ferroviario sia di una condizione complessiva associata all'esercizio della linea ferroviaria secondo il modello di traffico atteso.

Il valore complessivo di accelerazione che tiene conto anche del modello di esercizio all'orizzonte temporale di progetto, è confrontato con i limiti indicati dalle norme tecniche per il periodo diurno (07-22) e il periodo notturno (22-07), così come previsto dal "*Manuale di Progettazione delle Opere Civili di RFI (cod. RFI DTCSIAMMAIFS001D di dicembre 2020)*".

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. Esistono invece numerose norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "*Evaluation of human exposure to whole body vibration / "Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)"*". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*".

Si riporta di seguito la principale normativa tecnica esistente in riferimento all'aspetto ambientale vibrazioni.

2.1 ISO 2631 "*Valutazione sull'esposizione del corpo umano alle vibrazioni*"

La ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione a_{rms} definito come:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

dove $a(t)$ è l'accelerazione in funzione del tempo, T è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione. La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava) che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X, Y e alla combinazione dei tre assi. L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrante della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base delle accelerazioni e delle velocità al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie). Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione r.m.s. perpendicolarmente alla superficie vibrante. Nel caso di edifici residenziali in cui non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può essere usato da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate in tre assi.

2.2 UNI 9614 “Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo”

La norma è sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2. Tuttavia, sebbene le modalità di misura siano le stesse, la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore di accelerazione r.m.s. ponderato in frequenza, il quale è confrontato con una serie di valori limite dipendenti dal periodo di riferimento (giorno, dalle 7:00 alle 22:00, e notte, dalle 22:00 alle 7:00) e dalle destinazioni d'uso degli edifici. Generalmente, tra le due norme, la UNI 9614 si configura come più restrittiva.

I livelli di soglia indicati dalla suddetta norma sono riportati nella tabella seguente:

Luogo	Accelerazione [m/s ²]	L [dB]
Aree critiche	$3.3 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni (notte)	$5.0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (giorno)	$7.2 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$14.4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28.8 \cdot 10^{-3}$	89

Tabella 1 – Valori di soglia di vibrazione relativi al disturbo alle persone (UNI 9614)

Considerato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul soggetto esposto. Tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo. I simboli dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza e del corrispondente livello sono rispettivamente, a_w e

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C	FOGLIO 6 di 66

L_w . Quest'ultimo, espresso in dB, è definito come $L_w = 20 \log_{10} (a_w / 10^{-6} \text{ ms}^{-2})$. Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo l'asse z prevede una attenuazione di 3 dB per ottava tra 4 e 1 Hz, una attenuazione nulla tra 4 e 8 Hz ed una attenuazione di 6 dB per ottava tra 8 e 80 Hz. Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo gli assi x e y prevede un'attenuazione nulla tra 1 e 2 Hz e una attenuazione di 6 dB per ottava tra 2 e 80 Hz. La banda di frequenza 1-80 Hz deve essere limitata da un filtro passabanda con una pendenza asintotica di 12 dB per ottava. Nel caso la postura del soggetto esposto non sia nota o vari nel tempo, va impiegato il filtro definito nel prospetto I della norma, ottenuto considerando per ogni banda il valore minimo tra i due filtri suddetti. In alternativa, i rilievi su ogni asse vanno effettuati utilizzando in successione i filtri sopraindicati; ai fini della valutazione del disturbo verrà considerato il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza più elevato. Nell'Appendice della norma UNI 9614, che non costituisce parte integrante della norma, si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve essere svolta confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con una serie di valori limite riportati nei prospetti II e III. Quando i valori o i livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto. Nel caso di vibrazioni di tipo impulsivo è necessario misurare il livello di picco dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza; tale livello deve essere successivamente diminuito di 3 dB al fine di stimare il corrispondente livello efficace. I limiti possono essere adottati se il numero di eventi impulsivi giornalieri non è superiore a 3. Nel caso si manifestino più di 3 eventi impulsivi giornalieri i limiti fissati per le abitazioni, gli uffici e le fabbriche vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata, moltiplicandoli per un fattore correttivo F. Nessuna riduzione può essere applicata per le aree critiche. Nel caso di impulsi di durata inferiore a 1 s si deve porre $F = 1.7 \cdot N^{-0.5}$. Per impulsi di durata maggiore si deve porre $F = 1.7 \cdot N^{-0.5} \cdot t^{-k}$, con $k = 1.22$ per pavimenti in calcestruzzo e $k = 0.32$ per pavimenti in legno. Qualora i limiti così calcolati risultassero inferiori ai limiti previsti per le vibrazioni di livello stazionario, dovranno essere adottati questi ultimi valori.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

2.3 UNI 9916 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici”

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui viene richiamata, sebbene non faccia parte integrante della norma, la DIN 4150, parte 3. La norma UNI 9916 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica. Altro scopo della norma è di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

Gli edifici sono classificati secondo tre tipologie:

- costruzioni residenziali e costruzioni strutturalmente simili;
- costruzioni industriali e costruzioni strutturalmente simili;
- costruzioni che, per la loro sensibilità particolare alle vibrazioni, non rientrano nella classificazione delle prime due categorie o sono di grande valore intrinseco (per esempio edifici monumentali soggetti a tutela).

La Norma fornisce infine una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo due livelli:

- *Danno di architettonico (o di soglia):* effetto residuo delle vibrazioni che determina alterazione estetica o funzionale dell'edificio senza comprometterne la stabilità strutturale o la sicurezza degli occupanti. Il danno architettonico si presenta in molti casi con la formazione o l'accrescimento di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o sulle superfici intonacate o nei giunti di malta delle costruzioni in mattoni
- *Danno maggiore:* Effetto che si presenta con la formazione di fessure più marcate, distacco e caduta di gesso o pezzi di intonaco fino al danneggiamento di elementi strutturali (per esempio fessure nei pilastri e nelle travature, apertura di giunti).

L'Appendice D della UNI9916 contiene i criteri di accettabilità dei livelli della velocità massima con riferimento alla DIN 4150. Per velocità massima è da intendersi la velocità

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

massima di picco (peak component particle velocity). Per le vibrazioni di breve durata (quelle per cui sono da escludere problemi di fatica e amplificazioni dovute a risonanza nella struttura interessata), i limiti sono riportati nel seguente prospetto:

Classe	Tipo di Edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s				
		Fondazioni			Piano Alto	Solai Componente Verticale
		1-10Hz	10-50Hz	50-100Hz	Per tutte le frequenze	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 ($f = 1\text{Hz}$) a 40 ($f=50\text{Hz}$)	Varia linearmente da 40 ($f = 1\text{Hz}$) a 50 ($f=50\text{Hz}$)	40	20
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 ($f = 1\text{Hz}$) a 15 ($f=50\text{Hz}$)	Varia linearmente da 5 ($f = 1\text{Hz}$) a 20 ($f=50\text{Hz}$)	15	20
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 ($f = 1\text{Hz}$) a 8 ($f=50\text{Hz}$)	Varia linearmente da 8 ($f = 1\text{Hz}$) a 10 ($f=50\text{Hz}$)	8	3/4

Per frequenze oltre in 100Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100Hz

Tabella 2 Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni a breve durata sulle costruzioni

Per le vibrazioni permanenti invece i valori di riferimento sono riportati nel seguente prospetto:

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>9 di 66</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	9 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	9 di 66								

Classe	Tipo di Edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v. in mm/s Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzione strutturalmente simili	10
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	25

Tabella 3 Valori di riferimento per le componenti orizzontali della velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni durature sulle costruzioni

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

3 AREA DI STUDIO

3.1 Inquadramento territoriale

La linea ferroviaria di nuova realizzazione connessa al progetto della Circonvallazione di Trento interessa il territorio ad est della città di Trento. Il tracciato si sviluppa principalmente in galleria a partire dalla pk 84+287 della linea Verona-Brennero a sud di Trento fino alla pk 98+100 sempre della linea storica a nord del capoluogo.

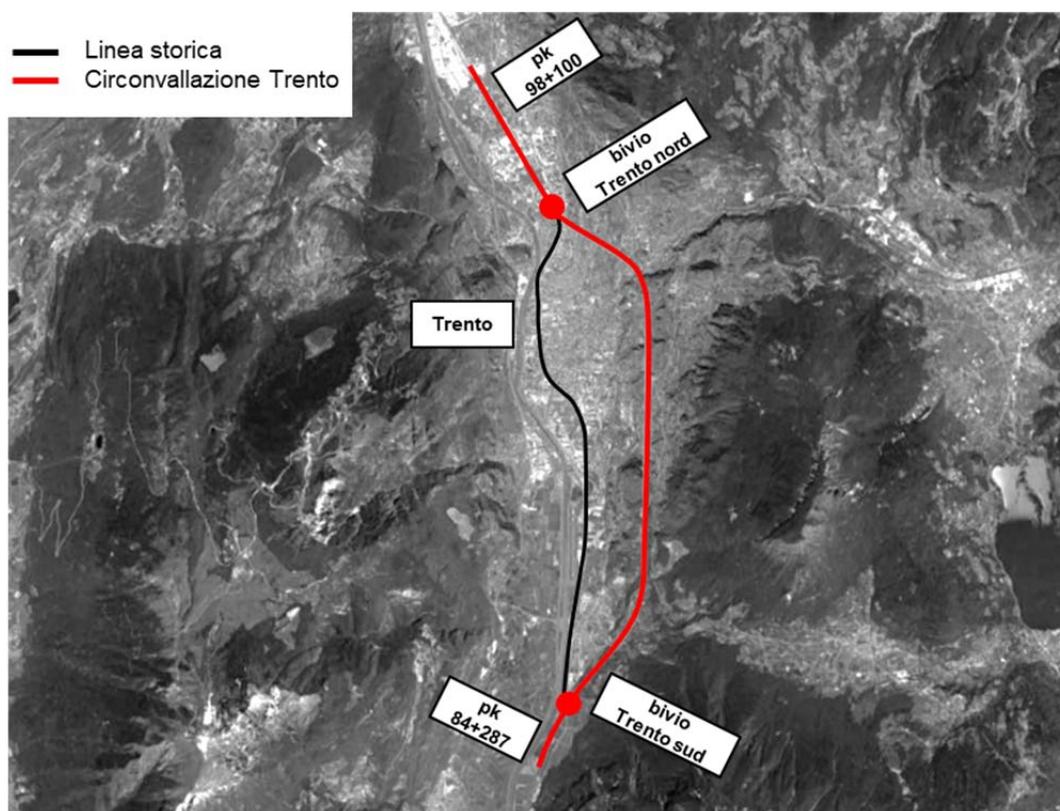


Figura 1 Inquadramento territoriale

Come detto in linea generale gli effetti delle vibrazioni interessano limitatamente il territorio contermina allo sviluppo della linea. L'ambito di studio è quindi definito da una fascia di ampiezza pari a 50 m per lato a partire dal binario più esterno. Per le tratte in galleria l'ambito di studio è stato esteso alle porzioni di territorio laddove la distanza tra il piano del ferro e il piano campagna è inferiore ai 50 m.

Lo studio vibrazionale quindi è stato sviluppato oltre che per le tratte allo scoperto della linea in progetto anche per le tratte in galleria che ricadono nella categoria di cui sopra. Di seguito si riportano gli stralci planimetrici delle aree di studio specifiche per le tratte in galleria individuando la fascia di 50 m a partire dall'asse del binario più esterno.

--- Ambito di studio vibrazioni in galleria (fascia 50 m)

Ricettori

- | | |
|--|--|
|  Residenziale |  Industriale |
|  Commerciale |  Oggetto di esproprio |

Bivio Trento Sud
Imbocco sud gallerie Circonvallazione

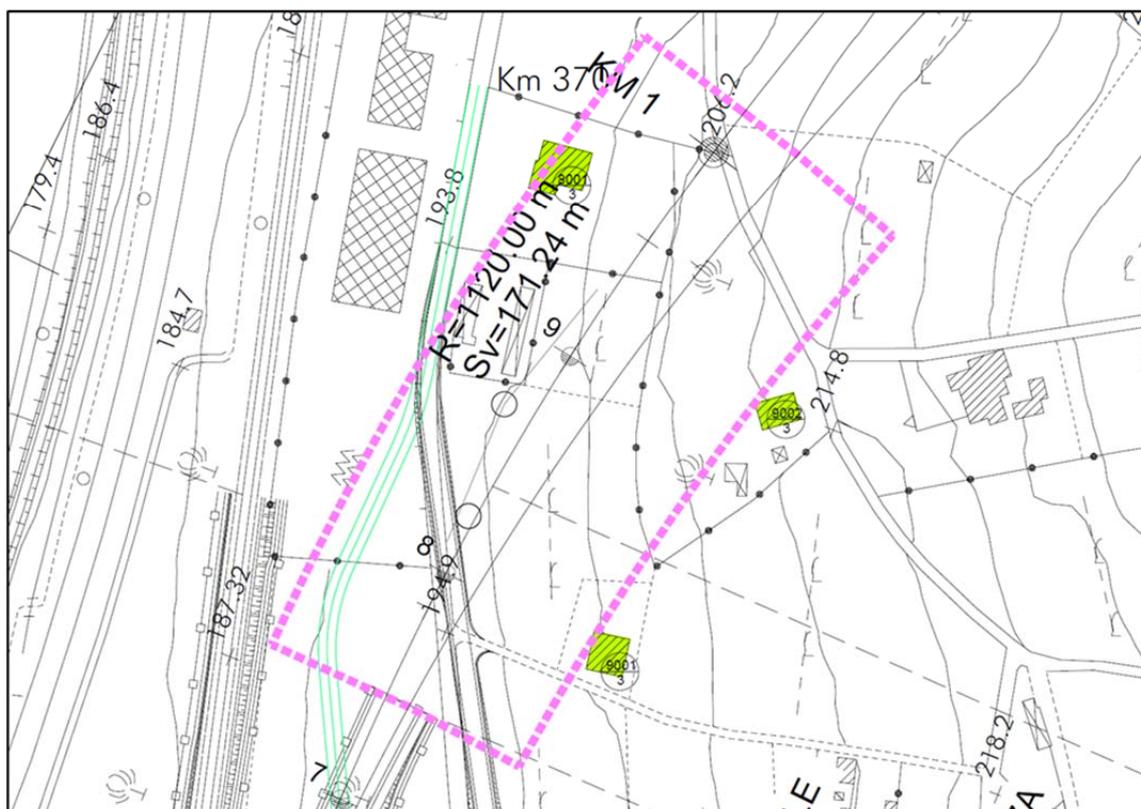
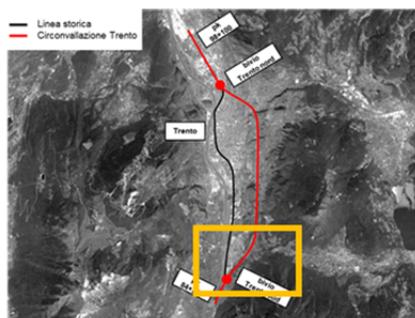


Figura 2 Stralci planimetrico area di studio per le vibrazioni in galleria in prossimità del Bivio Sud della Circonvallazione e dell'imbocco delle gallerie

--- Ambito di studio vibrazioni in galleria (fascia 50 m)

Ricettori

- | | |
|--|--|
|  Residenziale |  Industriale |
|  Commerciale |  Oggetto di esproprio |

Bivio Trento Nord
Imbocco nord gallerie Circonvallazione

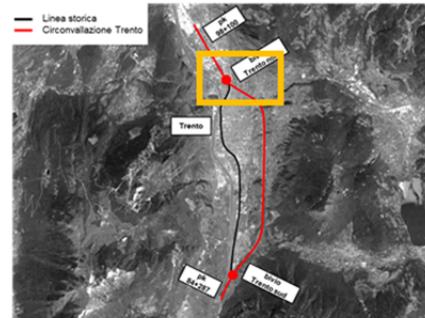


Figura 3 Stralcio planimetrico area di studio per le vibrazioni in galleria in prossimità del Bivio Nord della Circonvallazione e dell'imbocco delle gallerie

All'interno di tali aree è stato sviluppato quindi un censimento dei ricettori analogo a quello sviluppato per lo studio acustico. Questi sono stati censiti con i codici 8xxx e 9xxx le cui schede sono riportate in allegato. Per quanto riguarda invece le tratte allo scoperto si è fatto riferimento al censimento ricettori sviluppato per lo studio acustico.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>13 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	13 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	13 di 66								

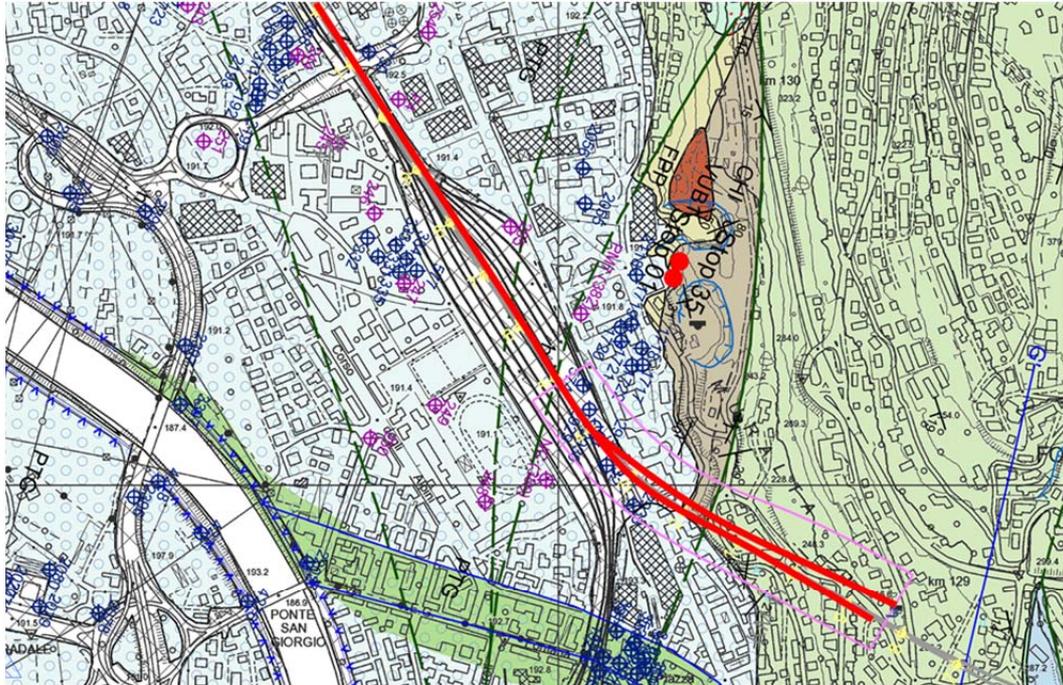
Si sottolinea nuovamente quindi come le aree di studio assunte nel presente studio vibrazionale siano quelle relative alle tratte della linea ferroviaria di progetto sia allo scoperto che in galleria, limitatamente ad una fascia di ampiezza pari a 50 m dall'asse del binario più esterno assunta come pertinenziale per la valutazione del disturbo da vibrazioni nel caso di infrastrutture ferroviarie. Con riferimento alle tratte ferroviarie in galleria escluse dallo studio, si ritiene che l'effetto vibrazionale indotto dal transito dei convogli ferroviari sia trascurabile in virtù di una distanza tra sorgente e ricettore superiore ai 50 m e tale per cui l'onda vibrazionale risulti sufficientemente attenuata.

3.2 Inquadramento geologico

Le caratteristiche geologiche caratterizzanti l'ambito di studio delle vibrazioni sono state estratte dagli elaborati di progetto inerenti la geologia e ai quali si rimanda per un maggior dettaglio circa tali aspetti.

Di seguito si riportano gli stralci della tavola geologica limitatamente alle aree di interesse ovvero la tratta iniziale a sud in corrispondenza del Bivio Trento Sud, comprendendo anche l'area di studio delle vibrazioni in prossimità dell'imbocco alla galleria, e la tratta finale a nord in prossimità del Bivio Nord e del relativo imbocco della galleria.

In linea generale dagli stralci riportati nelle figure seguenti per le due aree territoriali oggetto di studio si evince come la natura dei terreni sia prevalentemente di tipo sabbie, argille, ghiaie.



	<p>SINTEMA POSTGLACIALE ALPINO (PTG) Ghiaie, sabbie e limi a stratificazione orizzontale o incrociata (depositi alluvionali). Limi, argille, torbe localmente con livelli sabbiosi, a stratificazione orizzontale (depositi palustri e lacustri). <i>Diamicton</i> a supporto di clasti e/o matrice, massivi o con orizzonti di ghiaie e sabbie mal selezionate (<i>debris flow</i> e di origine mista). Blocchi e ghiaie eterometriche, <i>diamicton</i> a supporto di clasti e/o matrice (accumuli gravitativi). Ghiaie con elementi angolosi di provenienza locale (detrito di versante e di falda), localmente di grandi dimensioni (detrito a grossi blocchi). Depositi colluviali. Travertini. Depositi antropici. Limite superiore coincidente con la superficie topografica. Spessore oltre 80 metri.</p>
	<p>SINTEMA DEL GARDA (SGD) <i>Diamicton</i> massivi, a supporto di matrice limoso-sabbiosa, con clasti eterometrici addensati (<i>till</i> d'alloggiamento). <i>Diamicton</i> massivi a supporto di clasti e/o di matrice, (<i>till</i> d'ablazione e <i>till</i> indifferenziato). Sabbie e ghiaie clinostratificate e limi laminati, a luoghi intercalati ai precedenti depositi (depositi di contatto glaciale e glaciolacustri). Ghiaie massive o mal stratificate con livelli sabbiosi (depositi fluvio-glaciali). Ghiaie a struttura aperta o supporto di clasti subangolari (depositi di <i>debris flow</i>). <i>Diamicton</i> massivi a grossi blocchi (<i>rock glacier</i>). Depositi eolici. Limite inferiore erosivo con PG, NG, DV, FC; limite superiore inconforme con SGD12, SGD13, PTG e PTG3. Spessore massimo oltre 30 m.</p>

— Tratta ferroviaria di studio — Ambito di studio vibrazioni in galleria (fascia 50 m)

Figura 4 Inquadramento geologico ambito di studio tratta finale (area bivio Trento nord)

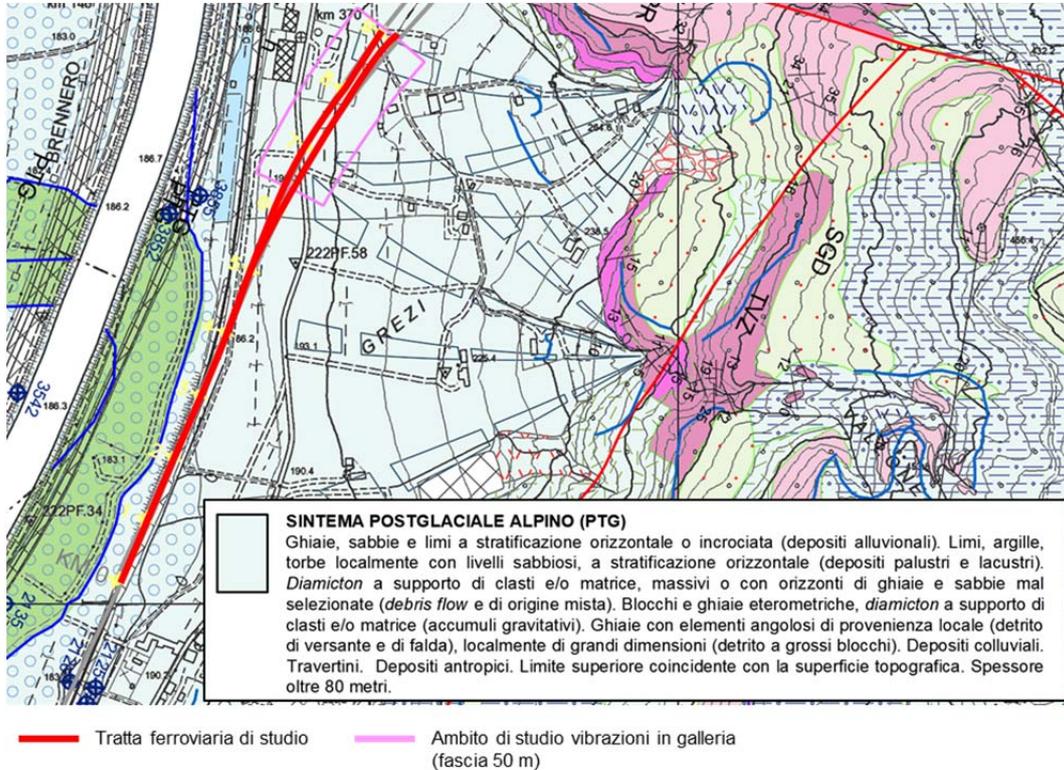


Figura 5 Inquadramento geologico ambito di studio tratta iniziale (area bivio Trento sud)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

4 LA MODELLAZIONE ACUSTICA PREVISIONALE

4.1 Le vibrazioni indotte in fase di esercizio

L'esercizio di una linea ferroviaria è fonte di sollecitazioni dinamiche nel terreno circostante. I treni che si muovono su un percorso ferrato eccitano i binari e il relativo sottofondo su cui essi poggiano.

Le cause di tali vibrazioni sono da ricondursi all'interazione del sistema veicolo/armamento/struttura di sostegno e dipendono da diversi fattori quali la tipologia di convoglio, le velocità di esercizio le caratteristiche dell'armamento, la tipologia di terreni e non ultimo le caratteristiche strutturali dei fabbricati.

In generale gli aspetti che intervengono nel condizionare l'importanza del disturbo vibrazionale negli edifici si possono riassumere nei seguenti punti:

- Interazione ruota- rotaia
- Velocità del treno
- Comportamento corpo ferroviario: tipo e dimensioni della linea (tunnel, trincea, superficie, rilevato, viadotto); spessore delle pareti della infrastruttura in tunnel o in trincea
- Trasmissione nel terreno: natura e caratteristiche del suolo; leggi di attenuazione nel suolo
- Trasmissione agli edifici: distanza plano-altimetrica tra linea e fondazioni edificio; caratteristiche del sistema fondazionale degli edifici; caratteristiche strutturali degli edifici.

Nei successivi sotto paragrafi vengono esaminati nel dettaglio i più importanti aspetti che influenzano il disturbo vibrazionale e le modalità con cui sono stati considerati nell'elaborazione del modello previsionale.

Le vibrazioni così generate si propagano nel terreno circostante, sia terreno o roccia, sotto forma di vibrazioni per via solida. Le modalità di propagazione dipendono dalla composizione del terreno, che può influenzare pesantemente l'ampiezza e la stessa velocità di propagazione. Quando l'onda vibrazionale incontra un edificio, la vibrazione può essere percepita sia sotto forma di vibrazione (vibrazioni trasmesse al corpo) sia sotto forma di rumore re-irradiato (di bassa frequenza).

Tali fenomeni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta e sugli edifici. Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. Le vibrazioni possono causare danni agli edifici in alcune situazioni, o in presenza di

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati e prolungati livelli di sollecitazione dinamica. Tali situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'annoyance.

L'obiettivo dello studio vibrazionale è proprio quello di valutare l'entità delle vibrazioni indotte dall'esercizio della linea ferroviaria e verificare l'eventuale presenza di condizioni di disturbo sui ricettori in modo da individuare preventivamente una soluzione mitigativa tale da annullare le criticità riscontrate.

4.2 Caratterizzazione della sorgente vibrazionale ferroviaria

La sorgente vibrazionale di origine ferroviaria consiste di fatto nel movimento del treno lungo le rotaie e delle diverse forze che nascono nell'interazione fra ruota, rotaia e struttura di appoggio della rotaia.

Il treno in fase di fermo esercita una forza statica data dal peso trasmesso dalle ruote alle rotaie e distribuito dalla rotaia stessa, dalle traversine, dal supporto (ballast,...) sul terreno. In questo caso si parla di carico statico.

Quando il treno si muove ad una determinata velocità questa forza si sposta insieme al treno stesso, ma a causa delle imperfezioni e irregolarità superficiali di ruota, rotaia nonché delle variazioni nel tipo di supporto della rotaia, il carico statico eserciterà una forza dinamica che si trasforma in vibrazioni generate nel punto di contatto ruota-rotaia e che vengono trasmesse nel terreno circostante.

La sorgente vibrazionale ferroviaria è quindi data dal sistema treno-armamento in quanto dipende sia dalle caratteristiche del treno che da quelle del corpo ferroviario che trasmette l'emissione vibrazionale nel terreno intorno l'infrastruttura.

In linea generale i parametri che influenzano il livello e le caratteristiche delle vibrazioni indotte dal passaggio del treno sono:

- Vibrazioni indotte dalla risposta della struttura del binario:
 - Carico statico assiale (peso del treno e spaziatura interassiale)
 - Geometria e composizione del treno (tipo, lunghezza,..)
 - Velocità del treno
- Interfaccia ruota-rotaia
 - Imperfezioni della ruota (eccentricità, sbilanciamento, zone piatte, asperità)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

- Andatura instabile dei veicoli ferroviari
- Accelerazione e decelerazione del treno
- Caratteristiche della rotaia
 - Massa, rigidità, smorzamento della rotaia
 - Imperfezioni e coefficiente di difettosità
 - Qualità della rotaia (corrugamenti, corrosione, asperità, giunti,...)
 - Curve e chicane (forze centrifughe)
- Variazioni nella struttura di supporto
 - Geometria e rigidità della struttura di supporto (traversine, ballast e terreno)
 - Presenza di ghiaccio

Un aumento del carico assiale aumenta ovviamente il carico dinamico generato dal passaggio del treno. Il raddoppio del carico assiale può aumentare i livelli di vibrazione da 2 a 4 dB (Kurzweil, 1979). La composizione dei treni ha inoltre un impatto notevole sulla generazione di vibrazioni, così come la velocità stessa del treno può portare a notevoli incrementi di vibrazione: secondo Kurzweil (1979) un raddoppio della velocità può comportare un aumento di vibrazione da 4 a 6 dB (cfr. paragrafo successivo).

Interazione ruota-rotaia

Le imperfezioni superficiali della ruota e della rotaia sono la causa principale delle vibrazioni. Nel primo caso le tipiche irregolarità superficiali sono le zone lisce (piatte) della ruota per effetto della frenatura. Le irregolarità della rotaia possono essere costituite invece da giunti fra spezzoni di rotaia (rotaie non saldate), corrugamenti, asperità o altro ancora. Secondo Kurzweil questi difetti possono aumentare i livelli di vibrazione da 10 a 20 dB.

Oltre a quelle menzionate, altre cause di vibrazione possono essere ricondotte alla presenza di curve, alle accelerazioni e/o decelerazioni del treno, alla guida instabile dei veicoli, etc.

Le variazioni nella struttura di supporto delle rotaie dipendono dalla geometria, rigidità e spaziatura fra le traversine. Il contatto tra la traversina e il ballast incide sulla emissione vibrazionale: una traversina che può perdere il contatto con il ballast sottostante oppure essere supportata meglio dallo stesso genera una discontinuità di resistenza (minore o maggiore a seconda del caso) al passaggio del treno e quindi una differente propagazione della vibrazione nel terreno. E' piuttosto comune individuare un picco corrispondente alla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

frequenza della spaziatura delle traversine e in funzione della velocità del treno. Anche la rigidità e l'eterogeneità del ballast possono influenzare le forze generate dal transito del treno. Come descritto sopra, il carico generato dai treni è dovuto ad un carico statico, dovuto al peso del treno, e ad un carico dinamico, generato dalle imperfezioni della rotaia, ruote, struttura di appoggio. I carichi dinamici variano il carico (e quindi la forza) complessiva trasmessa nella misura percentuale relativa al carico statico descritta nella seguente tabella.

Tipo di carico	Carico	Contributo
Statico	Peso del treno	100%
Dinamico	Contributo quasi-statico nelle curve	10-40%
“	Contributo dovuto ad asperità delle rotaie	50 – 300%
“	Contributo dovuto ad asperità delle ruote	50 – 300 %
“	Contributo dovuto ad accelerazioni e frenature	5 – 20 %

Velocità dei treni

La velocità del treno ha un effetto significativo sul disturbo vibrazionale negli edifici, anche se spesso inferiore a quanto potrebbe essere atteso sulla base di considerazioni soggettive.

I livelli di vibrazione variano con legge logaritmica in base dieci in funzione delle variazioni nella velocità del treno, ossia:

$$L = L_0 + 10 \div 20 \cdot \log\left(\frac{V}{V_0}\right)$$

dove:

- L e L_0 sono i livelli di vibrazione in decibel
- V e V_0 sono le rispettive velocità di transito dei treni

Dalla relazione sopra riportata si evince che al raddoppiare della velocità di transito si produce un incremento variabile tra i 3 e i 6 dB nei livelli di vibrazione e ciò in maniera indipendente dalla frequenza.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

Corpo ferroviario

La vibrazione prodotta dai veicoli ferroviari attraverso la rotaia e la traversina su cui poggia raggiunge la struttura di appoggio sottostante, che può essere costituita da ballast (pietrisco di granulometria definita) o da strutture più o meno complesse in grado di attenuare le vibrazioni (dove si ritiene necessario allo scopo di ridurre l'impatto verso ricettori sensibili). A seconda della tipologia di corpo ferroviario la propagazione delle vibrazioni differisce notevolmente.

Nel caso di tracciati caratterizzati dalla presenza di tratti in rilevato le vibrazioni al terreno la vibrazione si propaga dalla struttura di supporto delle rotaie al terreno sottoforma di onde elastiche. Queste sono generalmente comprese tra i 20 e gli 80 Hz, con livelli di accelerazione dell'ordine di 60-70 dB¹, per distanze da 15 a 30 metri dalla linea ferroviaria con velocità di esercizio sino a 100 Km/h. Altresì il tipico spettro di frequenza generato dal transito di treni in gallerie è compreso fra 4 Hz e alcune centinaia di Hz. Vi possono essere picchi di frequenza compresi fra 80 e 100 dB.

4.3 La propagazione delle vibrazioni nel terreno

La propagazione delle vibrazioni nel terreno è un fenomeno molto complesso da determinare in quanto strettamente dipendente dalle caratteristiche specifiche del sito di studio sulla base delle caratteristiche morfologiche, tipologiche del terreno, etc.

Seppur esistono in letteratura numerosi modelli che permettono il calcolo della propagazione delle vibrazioni ferroviarie, modelli che vanno da equazioni di tipo empirico a modelli BEM/FEM, nel caso in oggetto si è ritenuto opportuno rifarsi a dati sperimentali specifici all'ambito di studio.

In linea generale la propagazione delle onde vibrazionali nel terreno è funzione di due principali fenomeni di attenuazione.

L'attenuazione geometrica per una linea di emissione di lunghezza infinita (lunghezza del treno maggiore della distanza sorgente-ricettore) si esprime come:

$$A_g = 20 \cdot \log_{10} \left((d+d_0)/d \right)^n$$

¹ 0 dB \cong 1 μ m/s²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

dove:

- $d+d_0$: distanza dall'asse della linea ferroviaria
- d_0 : distanza di riferimento
- $n=0,5$ per galleria, $n=1$ per tracciato di superficie

La varietà delle conformazioni morfologiche del terreno comporta le maggiori incertezze di valutazione della propagazione delle vibrazioni. I fattori che possono influire nella determinazione dell'attenuazione nel terreno sono molteplici. I più determinanti sono costituiti dalla natura del mezzo, dal suo grado di costipazione, dall'attrito statico fra i granuli e quindi dalla granulometria, dalla fratturazione del mezzo, dalla presenza di acqua, e da altri fattori la cui differente combinazione può determinare gradi di attenuazione differenti in mezzi litologicamente simili.

Agli effetti dell'analisi del terreno alle azioni dinamiche risulta quindi determinante la suddivisione tra rocce lapidee (tipo A nella norma UNI 9916) e rocce sciolte (da tipo B a tipo F nella norma UNI 9916).

In generale le rocce lapidee trasmettono tutta la gamma di frequenze, e principalmente le più alte, mentre le rocce sciolte lasciano passare solo le basse frequenze, che comunque corrispondono a quelle di risposta degli edifici. Inoltre, mentre le rocce lapidee difficilmente possono subire variazioni di struttura sotto sollecitazioni dinamiche, le rocce sciolte, risultano di gran lunga più sensibili. La loro risposta alla azione di disturbo è diversa a seconda che l'intensità del disturbo sia lieve o al contrario forte: in altre parole il comportamento dei materiali sciolti è fortemente non lineare. Nel primo caso non si ha una vera variazione della struttura mentre nel secondo caso la vibrazione produce per tutte le rocce sciolte un assestamento e quindi una riduzione di porosità. Ciò avviene in misura maggiore per le rocce incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti.

L'analisi delle caratteristiche geolitologiche degli strati superficiali del terreno è finalizzata al riconoscimento dei parametri correlabili alla propagazione delle vibrazioni nel terreno. I valori tipici di densità, velocità di propagazione e fattore di perdita, noti esclusivamente per alcune classi geologiche e in presenza di un ammasso omogeneo, sono riassunti nella sottostante tabella.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

Tipo di terreno	Densità [t/m ³]	Velocità di propagazione [m/s]	Fattore di perdita η
Roccia compatta	2.65	3500	0.01
Sabbia, limo, ghiaia, loess	1.6	600	0.1
Argilla, terreni argillosi	1.7	1500	0.2÷0.5

L'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno è stata calcolata con la formula:

$$A_t = 4,34 \cdot \Omega \cdot \eta \cdot x / c \text{ con } c = (E/d)^{1/2}$$

dove:

- x: distanza dall'asse della linea ferroviaria
- Ω : frequenza [rad*s⁻¹]
- η : coeffic. di assorbimento del terreno (fattore di perdita)
- c: velocità di propagazione dell'onda longitudinale nel terreno
- E: modulo elastico
- d: densità del terreno

L'attenuazione dovuta alle discontinuità del terreno è stata considerata in modo semplificato ammettendo che l'onda di compressione si sposti dal suolo "a" al suolo "c" e che incida perpendicolarmente alla superficie di separazione dei due mezzi:

$$A_i = 20 \cdot \log[(1 + d_c \cdot c_c / d_a \cdot c_a) / 2]$$

dove:

- d_c, d_a = densità dei suoli "c" e "a"
- c_c, c_a = velocità di propagazione nei suoli "c" e "a"

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

4.4 La propagazione delle vibrazioni nelle strutture edilizie

4.4.1 Risposta degli edifici alle vibrazioni

Il modello di propagazione illustrato in precedenza si riferisce ai soli fenomeni che avvengono nel terreno, supposto omogeneo ed isotropo (perlomeno all'interno di ogni strato). Quando invece le vibrazioni nel terreno raggiungono un edificio esse si propagano attraverso le sue fondazioni e successivamente alle altre parti dell'edificio (pareti, pavimenti, soffitti), trasferendo ad esse l'energia vibratoria. Queste possono essere percepite come vibrazioni trasmesse al corpo delle persone o come rumore re-irradiato di bassa frequenza. Le vibrazioni possono a loro volta mettere in movimento alcune parti o oggetti delle abitazioni (mobili, vetri, suppellettili) e questi possono generare rumore o causare danni a strumenti sensibili. In alcuni casi le vibrazioni particolarmente elevate e ripetute nel tempo possono procurare un danno strutturale agli edifici, ma ben raramente questi effetti si verificano con infrastrutture dei trasporti.

In presenza di edifici dalla struttura complessa, collegati al terreno mediante sistemi di fondazione di vario genere, accade che i livelli di accelerazione riscontrabili all'interno degli edifici stessi possono presentare sia attenuazioni, sia amplificazioni rispetto ai livelli sul terreno. In particolare, diversi sistemi di fondazione producono una attenuazione più o meno pronunciata dei livelli di accelerazione misurabili sulla fondazione stessa rispetto a quelli nel terreno circostante; tale aspetto è legato al fatto che l'interfaccia terreno-struttura non è perfettamente solidale, e pertanto genera fenomeni dissipativi. Detto fenomeno è condizionato dalla tipologia delle fondazioni (a platea, su plinti isolati, su travi rovesce, su pali, etc.). Nel caso di fondazioni a platea la grande area di contatto con il terreno determina una perdita di accoppiamento praticamente di 0 dB alle basse frequenze, sino alla frequenza di risonanza della fondazione.

Per le altre tipologie di fondazioni possono essere utilizzate curve empiriche che consentono la stima dei livelli di vibrazione della fondazione in funzione dei livelli di vibrazione del terreno.

Va inoltre preso in esame il fenomeno della risonanza strutturale di elementi dei fabbricati, in particolare dei solai: allorché la frequenza di eccitazione coincide con la frequenza naturale di oscillazione libera della struttura, la stessa manifesta un rilevante aumento dei livelli di vibrazione rispetto a quelli presenti alla base della stessa.

 ITOLFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

La propagazione delle vibrazioni dalle fondazioni di un edificio all'ambiente ricevente all'interno dell'edificio è un problema estremamente complesso, che richiede peraltro la conoscenza esatta della struttura dell'edificio, e può dunque essere studiato solo in fase di progettazione di un nuovo edificio e richiede solitamente metodi numerici agli elementi finiti. Nel presente studio ci si deve necessariamente basare su considerazioni molto meno dettagliate, che tuttavia hanno solide basi sperimentali ed esperienziali.

La propagazione delle vibrazioni attraverso un edificio e la radiazione sonora conseguente viene stimata utilizzando formulazioni empiriche o modelli teorici. Le formulazioni più note si basano sugli studi di Kurzweil e Melke, e sono anche disponibili in testi quali *Handbook of Urban Rail Noise and Vibration Control*. L'approccio consiste nel trattare la vibrazione proveniente dal terreno con una serie di fattori correttivi dipendenti dalla particolare configurazione dell'edificio.

Fattore correttivo	Motivazione	Modalità di correzione
Accoppiamento terreno-fondazioni	Fattore correttivo che rappresenta la riduzione di vibrazione nell'interfaccia suolo-fondazioni.	I fattori correttivi da utilizzare consigliati dallo studio della Federal Transit Administration sono riportati nei diagrammi seguenti. La correzione risulta nulla al piano delle fondazioni. Possono essere utilizzati valori misurati in luogo delle correzioni generiche.
Trasmissione attraverso l'edificio	L'ampiezza di vibrazione subisce una attenuazione propagandosi lungo l'edificio.	Il comportamento tipico assume che vi sia una attenuazione da 1 a 2 dB per ciascun piano.
Risonanze strutturali dei solai	L'ampiezza di vibrazione viene amplificata dalle risonanze strutturali di solai/soffitti.	Per strutture con telaio in legno la frequenza fondamentale di risonanza dei solai è solitamente nel range 15-20-Hz. Strutture in cemento armato hanno frequenze di risonanza nella gamma 20-30-Hz. L'amplificazione nel range di risonanza implica una amplificazione di almeno 6 dB.

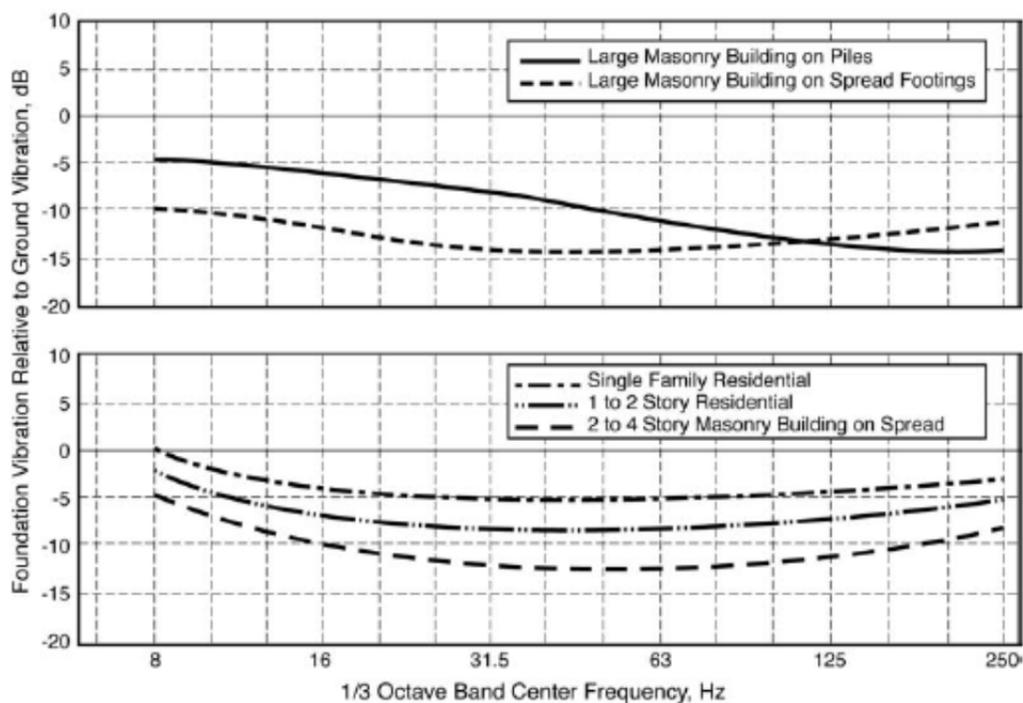
4.4.2 Accoppiamento terreno – fondazioni edificio

La quantità di vibrazioni che si trasmette agli edifici dipende dall'accoppiamento fra il terreno e le fondazioni. Solitamente vi è un'attenuazione delle vibrazioni in questo passaggio.

Per fondazioni a platea, a contatto con il terreno sottostante e sottoposte dunque alle stesse vibrazioni non vi è solitamente alcuna attenuazione (0 dB) per le frequenze fino alla frequenza di risonanza della struttura della platea. (Remington et al., 1987).

L'accoppiamento per edifici con strutture leggere è anch'esso stimato essere pari a 0 dB da Kurzweil, 1979. Per altri tipi di fondazioni (pali...) l'accoppiamento varia fra 2 e 15 dB in funzione della frequenza e della fondazione (Remington, 1987; Kurzweil, 1979). Per edifici fondati direttamente su strati rocciosi l'accoppiamento è 0 (Kurzweil, 1979). La riduzione delle vibrazioni fra terreno ed edificio è maggiore per oscillazioni verticali poiché l'edificio risulta strutturalmente più debole in senso orizzontale.

Nel presente lavoro i comportamenti strutturali verranno stimati sulla base dei seguenti diagrammi.

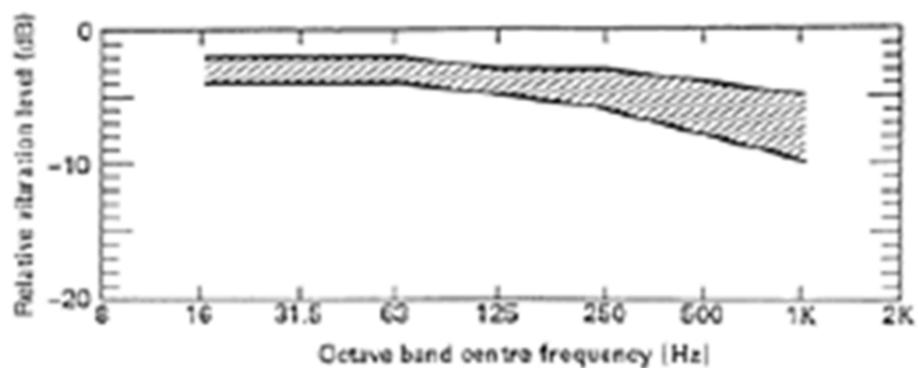


Risposta delle fondazioni per diverse tipologie di edifici (Fonte: FTA, USA)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

4.4.3 Trasmissione attraverso l'edificio

Passando da un piano a quello sovrastante si verifica una progressiva riduzione dei livelli di vibrazione trasmessi. La figura seguente mostra il campo di variabilità tipico di tale attenuazione interpiano.



Attenuazione delle vibrazioni nel passaggio da un piano al successivo

Ungar and Bender (1975) proposero di valutare l'attenuazione delle vibrazioni attraverso l'edificio con la seguente relazione:

$$L_p = L_g - 3n \quad [\text{dB}]$$

dove:

- L_g è la vibrazione alle fondazioni;
- n è il numero di piani dell'edificio (o meglio il numero di piani interposti fra le fondazioni e il piano per il quale interessa calcolare la vibrazione).

Dunque viene calcolata una riduzione di 3 dB per ogni piano.

4.4.4 Risonanze strutturali dei solai

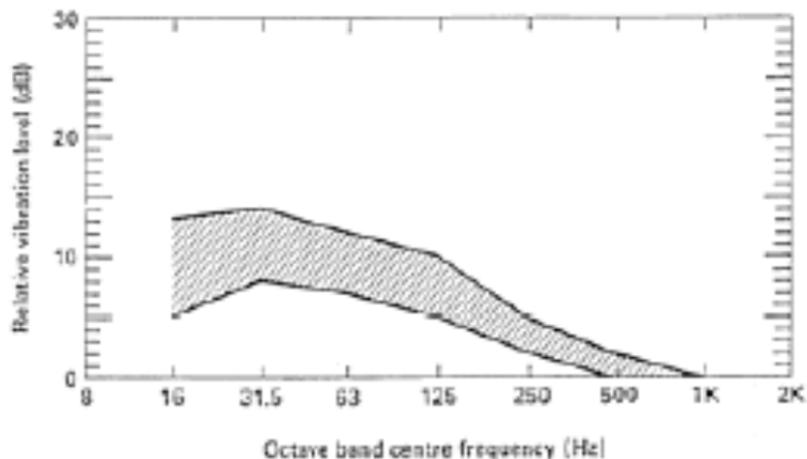
Pareti, solai e soffitti di un edificio talvolta amplificano le vibrazioni. Edifici con strutture leggere in genere non amplificano particolarmente, anche se si possono verificare amplificazioni ai piani superiori (Kurzweil, 1979). L'amplificazione può variare tra un fattore 0.5 (riduzione) e 2 (amplificazione) nella gamma di frequenza 25 - 30 Hz, anche se si sono

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

osservate amplificazioni fino a un fattore 5 (Leventhall, 1987). Questo fenomeno è causato dal fatto che parti diverse di un edificio possono avere caratteristiche diverse di rigidità, massa e smorzamento, con conseguenti diverse frequenze naturali di oscillazione. Di seguito vengono indicate alcune frequenze naturali tipiche.

Elemento edilizio	Frequenza naturale [Hz]
Pali	5-50
Pavimenti e solette	10-30
Finestre	10-100
Soffitti intonacati	10-20

Dawn and Stanworth (1979) hanno dimostrato che vi possono essere notevoli differenze nei livelli di vibrazione e nelle frequenze fra due pavimenti di un edificio. In genere, l'amplificazione è nella gamma 5 – 15 dB per le frequenze 16 – 80 Hz (Remington, 1987). E' comune che pavimento amplifichi nella gamma 10 – 30 Hz poichè a quelle frequenze le risonanze della struttura coincidono con i picchi di vibrazione prodotti dal transito del treno. Nella figura successiva viene evidenziato il possibile campo di amplificazione delle vibrazioni dovuto alla risonanza dei solai, che come si nota oscilla fra 5 e 12 dB nel campo di frequenze rilevanti dal punto di vista ferroviario.



Amplificazione prodotta dai solai

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

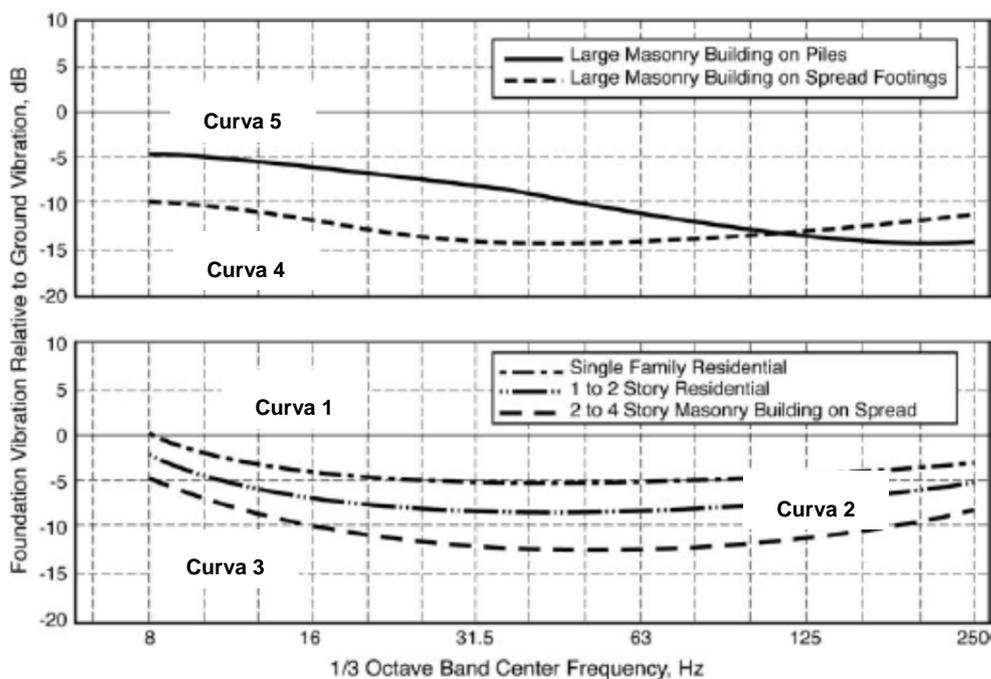
Ne deriva quindi come l'effetto complessivo di questi fenomeni possa in generale portare ad una variazione dei livelli di vibrazione, misurati al centro dei solai, da 0 a +12dB rispetto ai livelli sul terreno.

4.4.5 Individuazione delle vibrazioni trasmesse a ciascun edificio e stima della risposta

Una stima dell'effetto locale di riduzione/amplificazione di ciascun edificio è possibile parametrizzando gli effetti combinati sopra descritti. In base alle caratteristiche delle fondazioni dell'edificio si definisce un fattore di attenuazione per le fondazioni secondo il seguente schema.

Tipologia fondazioni	Tipologia edificio	Fattore correttivo [dB]
Fondazioni a platea	Villetta monofamiliare	curva 1
"	Palazzina 1-2 piani	curva 2
"	Palazzina 2-4 piani	curva 3
"	Edificio di grandi dimensioni (industriale, commerciale, palazzo multipiano)	curva 4
Fondazioni su pali	Edificio di grandi dimensioni (industriale, commerciale, palazzo multipiano)	curva 5

La correzione in frequenza è desunta dal seguente diagramma.



Fattori correttivi dovuti alla tipologia di fondazione

Le tipologie edilizie prevalenti in adiacenza al tracciato sono rappresentate da edifici di epoca moderna generalmente con struttura in c.a. e con fondazioni direttamente immerse nel terreno. In queste condizioni, sulla base di quanto sin ora detto, la differenza tra il livello di vibrazione del terreno e quello dell'edificio si stima cautelativamente essere di circa +5 dB. Tali fattori costituiscono un ulteriore elemento cautelativo nella valutazione del disturbo da vibrazioni e tengono conto dell'effetto combinato delle componenti positive, quali la perdita di accoppiamento suolo-fondazioni e l'attenuazione da piano a piano e delle componenti negative di attenuazione, quali la risonanza alle frequenze proprie dei solai. L'approccio cautelativo con cui viene affrontato il tema è confermato anche da indagini effettuate sulle linee ferroviarie italiane.

4.4.6 Rumore trasmesso per via solida dalle strutture

Il rumore solido all'interno degli edifici è il risultato delle onde acustiche irradiate dalle superfici della stanza, includendo le pareti, i pavimenti, i soffitti e tutti gli altri elementi normalmente presenti quali finestre, porte, ecc. La relazione tra le ampiezze di vibrazione delle superfici della stanza ed i livelli di pressione sonora all'interno della stanza stessa è

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

funzione del valore medio del coefficiente di assorbimento acustico che caratterizza le superfici, dalla dimensione e forma della stanza e della distribuzione del campo di vibrazione sulle superfici vibranti.

Studi basati su considerazioni teoriche hanno consentito di formulare la seguente relazione che lega i livelli di pressione sonora con i livelli di vibrazione in accelerazione rilevabili in corrispondenza dell'orizzontamento della stanza:

$$L_p = L_a - 20 \cdot \log(f) + 16$$

dove:

- L_p è il livello di pressione sonora in dB ($0 \text{ dB} = 20 \mu\text{Pa}$);
- L_a è il livello di vibrazione di accelerazione all'orizzontamento in dB ($0 \text{ dB} = 1 \mu\text{g}$);
- F è la frequenza per bande a terzi di ottava in Hz.

4.5 Il modello di propagazione delle vibrazioni assunto per le verifiche del disturbo

Come ampiamente descritto nei precedenti paragrafi il fenomeno di emissione delle vibrazioni, di propagazione delle stesse nel terreno e nelle strutture degli edifici è particolarmente complesso e dipende da una moltitudine di fattori variabili a seconda del contesto territoriale (terreno, antropizzazione, etc.), della condizione specifica dell'armamento, della tipologia di treno e della sua velocità di percorrenza nonché della specificità della struttura dell'edificio oltre che del suo stato di conservazione.

In ragione di tale complessità, nell'ambito del presente studio si è preferito utilizzare un modello previsionale di tipo sperimentale, ovvero opportunamente costruito per il caso specifico sulla scorta di dati misurati in situ. Il modello sperimentale si basa su misure dell'accelerazione indotta dal transito di convogli ferroviari in contemporanea su più punti posti lungo la direzione di propagazione dell'onda vibrazionale a distanze crescenti rispetto all'asse del binario. Dalla conoscenza puntuale del livello di accelerazione in corrispondenza dei suddetti punti si determina la funzione di propagazione delle vibrazioni nel terreno oltre che le caratteristiche emissive di ciascuna categoria di treno in funzione del servizio (lunga percorrenza, regionale, merci, etc.).

 ITOLFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

Nel caso specifico il modello previsionale si basa su dati sperimentali derivanti da indagini lungo una linea ferroviaria analoga a quella in studio sia per le caratteristiche geologiche del terreno contermini l'infrastruttura sia per tipologia di convogli ferroviari. Nello specifico i dati utilizzati per la caratterizzazione della sorgente si riferiscono ad una campagna di rilevamenti eseguita lungo la linea in esercizio Milano-Genova per il progetto di potenziamento della linea Milano – Genova a seguito del quadruplicamento ferroviario della tratta Milano Rogoredo-Pavia in quanto vista il periodo emergenziale Covid-19 non è stato possibile accedere alle proprietà private limitrofe alla linea oggetto di studio per le attività di rilievo. Nell'ambito della suddetta attività di indagine sul campo è stato eseguito il campionamento delle accelerazioni di origine ferroviaria in corrispondenza di quattro punti posti a distanze crescenti dall'asse del binario più esterno (VIB1 5 m, VIB2 14 m, VIB3 23 m e VIB4 36 m).



Figura 6 Indagini sperimentali utilizzate per la costruzione del modello previsionale: posizione punti di misura

VIB 01	VIB 02
---------------	---------------

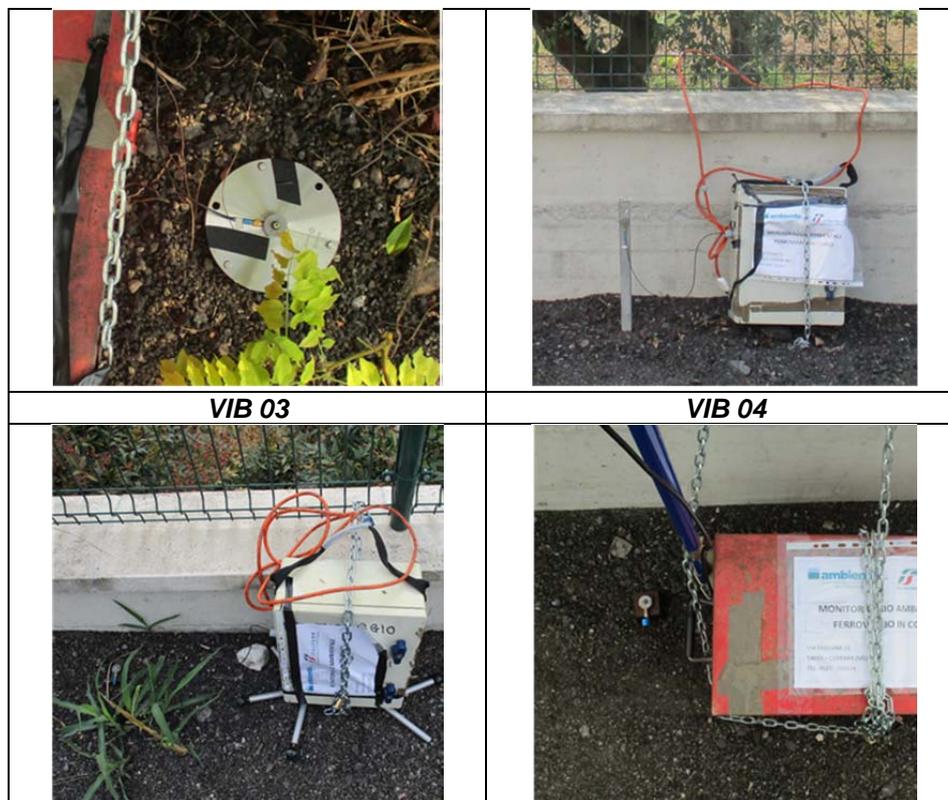


Figura 7 - Indagini sperimentali utilizzate per la costruzione del modello previsionale: postazioni di misura (Asse x: ortogonale alla linea; Asse Y: parallelo alla linea; Asse Z verticale)

In ciascun punto è stato posizionato un vibrometro in grado di rilevare le accelerazioni lungo gli assi di riferimento X, Y e Z (ortogonale, parallelo e verticale).

Le misure eseguite nei quattro punti in contemporanea ha permesso di determinare il livello di accelerazione ponderata $L_{w,eq}$ indotto dal transito di 194 convogli ferroviari di cui 128 regionali, 38 merci e 28 di lunga percorrenza (EC/IC ed ES). Di seguito si riportano i valori caratteristici rappresentativi di un singolo transito ferroviario distinto per tipologia di convoglio. I dati riportati si riferiscono ad una analisi statistica dei dati campionati suddivisi per tipologia di treno e rappresentativi di una condizione di media emissione. A questi è stato applicato il fattore di correzione associato alla velocità secondo la formula indicata al paragrafo 4.2 e funzione del rapporto tra la velocità del treno lungo la sezione di rilievo e quella di progetto sulla linea in studio. Tale coefficiente risulta essere pari a -2,9 dB.

Contestualmente è stata determinata la durata media del transito di un singolo convoglio espressa in secondi e funzione della lunghezza e velocità del convoglio.

Tipologi a treno	durata media transito [s]	L _{w,eq} [dB] 5 metri asse binario esterno			L _{w,eq} [dB] 14 metri asse binario esterno			L _{w,eq} [dB] 23 metri asse binario esterno			L _{w,eq} [dB] 36 metri asse binario esterno		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
LP	4,6	83,9	87,5	87,6	83,7	87,8	87,3	83,2	87,2	87,1	83,9	87,5	87,6
MERCI	17,9	79,0	80,9	74,1	77,9	79,7	72,5	78,1	79,8	72,9	79,0	80,9	74,1
REG	6,4	72,0	66,4	68,0	65,0	66,8	65,8	70,8	65,7	67,0	72,0	66,4	68,0

Tabella 4 Livelli di accelerazione in dB in corrispondenza dei quattro punti a distanza crescente rispetto all'asse del binario esterno lungo gli assi X, Y e Z, determinati sperimentalmente e corretti in funzione della velocità di progetto.

I suddetti valori di accelerazione sono stati utilizzati per l'individuazione della propagazione delle vibrazioni nel terreno relativamente alle componenti lungo gli assi di riferimento X, Y e Z. Nei grafici seguenti si riporta la curva di attenuazione del L_{w,eq} in funzione della distanza dal binario determinata a partire dai suddetti valori di accelerazione e rappresentativa della propagazione delle vibrazioni nel terreno indotte dal transito di un singolo convoglio.

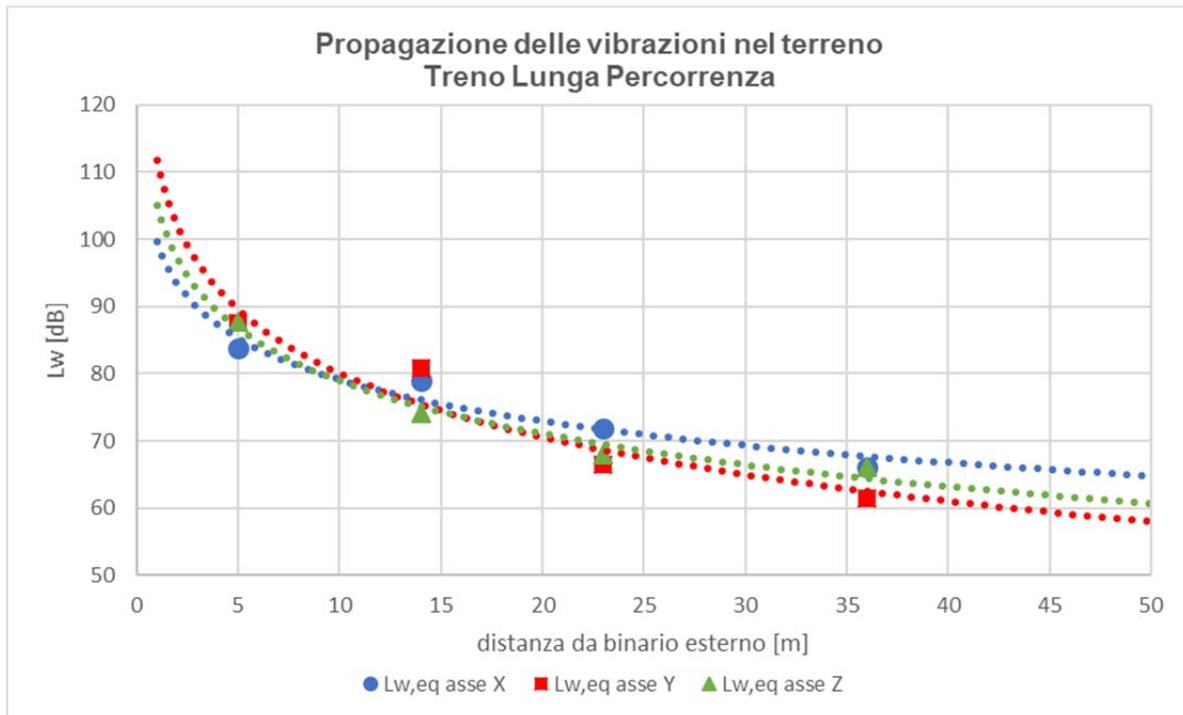


Figura 8 Curva di attenuazione del L_{w,eq} nel terreno in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Lunga Percorrenza

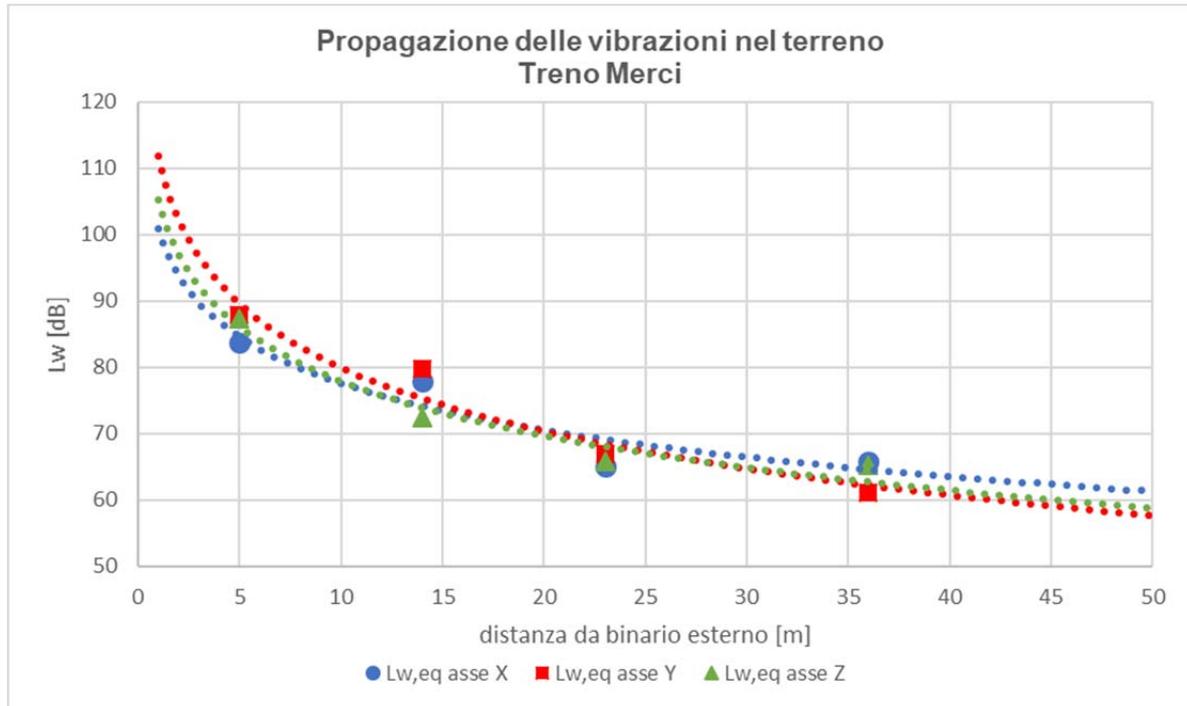


Figura 9 Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ nel terreno in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Merci

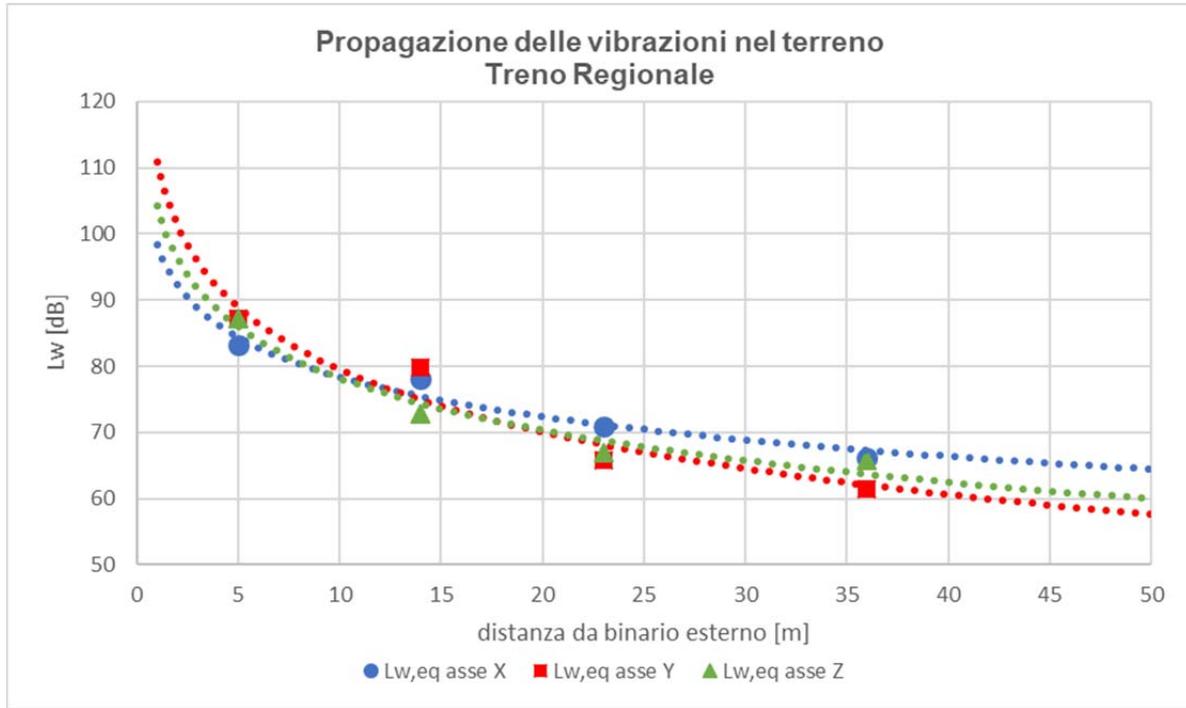


Figura 10 Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ nel terreno in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Mercati

Le curve di attenuazione così ottenute possono essere ritenute rappresentative delle modalità di propagazione delle vibrazioni nel terreno sciolto connesse al transito di un singolo treno.

Il modello sperimentale così impostato si riferisce ai soli fenomeni di propagazione nel terreno. Come anticipato nel paragrafo precedente, è noto infatti che l'onda vibrazionale nella sua propagazione quando raggiunge un edificio, le vibrazioni si trasmettono all'interno dello stesso a partire dalle fondazioni per poi propagarsi verso tutti gli ambienti interni attraverso gli elementi strutturali dell'edificio (pilastri, solai, travi, etc.). Queste poi possono essere percepite come vibrazioni trasmesse al corpo delle persone o come rumore re-irradiato di bassa frequenza. Le vibrazioni possono a loro volta mettere in movimento alcune parti o oggetti delle abitazioni (mobili, vetri, suppellettili) e questi possono generare rumore o causare danni a strumenti sensibili. Ciò nonostante ben raramente gli effetti vibrazionali indotti dall'esercizio di infrastrutture di trasporto possono indurre danni strutturali agli edifici. Inoltre le analisi vibrazionali sviluppate nello studio sono volte a verificare l'entità del disturbo e non del danno agli edifici, ovvero si tiene conto di valori soglia indicati dalla norma UNI9614 per il disturbo molto più stringenti di quelli previsti dalla norma UNI9916 nel caso di

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

valutazione del danno alle strutture. Si tiene conto quindi già di un fattore cautelativo fin dalla impostazione metodologica iniziale dello studio orientato alla valutazione del fenomeno del disturbo da vibrazioni piuttosto che del danno strutturale. Rimandando al paragrafo 4.4 per le modalità e l'entità della propagazione dell'energia vibrazionale all'interno dell'edificio e dei fattori peculiari la struttura che intervengono nei diversi fenomeni di attenuazione e amplificazione rispetto ai livelli sul terreno, nel modello previsionale impostato si assume un fattore incrementale del livello di accelerazione al terreno di +5 dB rappresentativo della condizione all'interno dell'edificio. Tale valore deriva dalle considerazioni riportate nel precedente paragrafo e funzione di una serie di considerazioni cautelative dipendenti dai diversi fenomeni in gioco. Infatti i fenomeni di accoppiamento terreno-fondazioni, trasmissione nell'edificio e risonanza strutturale del solaio intervengono in maniera differente per ciascun edificio a seconda delle caratteristiche peculiari dello stesso. In linea generale la propagazione delle onde vibrazionali è soggetta a due fenomeni di attenuazione per effetto dell'accoppiamento terreno-fondazioni e della trasmissione interpiano e un fenomeno di potenziale amplificazione per effetto della risonanza dei solai. Parametrizzando i suddetti fenomeni è possibile stimare in maniera approssimata per ogni edificio, l'eventuale effetto di attenuazione o di amplificazione della vibrazione di origine ferroviaria all'interno dell'edificio. Combinando queste informazioni e applicandole al contesto territoriale interessato dalle vibrazioni ferroviarie per le tratte in studio, è possibile stabilire come i livelli di accelerazione all'interno degli edifici, nei punti più esposti, possano subire una variazione rispetto a quelli riscontrati sul terreno pari a +/- 5dB. Tenuto conto della suddetta incertezza, in coerenza con l'approccio cautelativo nella valutazione del disturbo da vibrazioni in ragione delle peculiarità della linea ferroviaria stessa, è stato assunto come tale variazione sia pari a +5 dB. Nella propagazione delle vibrazioni all'interno degli edifici sono stati quindi considerati esclusivamente i fenomeni di amplificazione e assunti trascurabili quelli di attenuazione. Il fattore incrementale di +5 dB è stato applicato direttamente ai livelli di accelerazione $L_{w,eq}$ determinati nelle quattro postazioni VIB1, VIB2, VIB3 e VIB4 utilizzate per determinare la funzione di propagazione dell'onda vibrazionale. Così facendo il livello previsionale stimato funzione della distanza dall'asse del binario è rappresentativo del valore di accelerazione all'interno dell'edificio.

Si sottolinea nuovamente come tale assunzione sia cautelativa in quanto in linea generale le vibrazioni all'interno degli edifici sono oggetto di attenuazione in virtù del maggior numero di fenomeni concorrenti allo smorzamento dell'onda.

Di seguito si riportano quindi i livelli di accelerazione di emissione caratterizzanti il singolo transito riportati nella Tabella 4, corretti secondo il fattore incrementale di +5dB e rappresentativi quindi del fenomeno di vibrazione all'interno dell'edificio.

Tipologi a treno	durata media transito [s]	L _{w,eq} [dB] 5 metri asse binario esterno			L _{w,eq} [dB] 14 metri asse binario esterno			L _{w,eq} [dB] 23 metri asse binario esterno			L _{w,eq} [dB] 36 metri asse binario esterno		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
LP	4,6	88,9	92,5	92,6	88,7	92,8	92,3	88,2	92,2	92,1	88,9	92,5	92,6
MERCI	17,9	84,0	85,9	79,1	82,9	84,7	77,5	83,1	84,8	77,9	84,0	85,9	79,1
REG	6,4	77,0	71,4	73,0	70,0	71,8	70,8	75,8	70,7	72,0	77,0	71,4	73,0

Tabella 5 Livelli di accelerazione in dB in corrispondenza dei quattro punti a distanza crescente rispetto all'asse del binario esterno lungo gli assi X, Y e Z, determinati sperimentalmente e rappresentativi delle vibrazioni all'interno degli edifici.

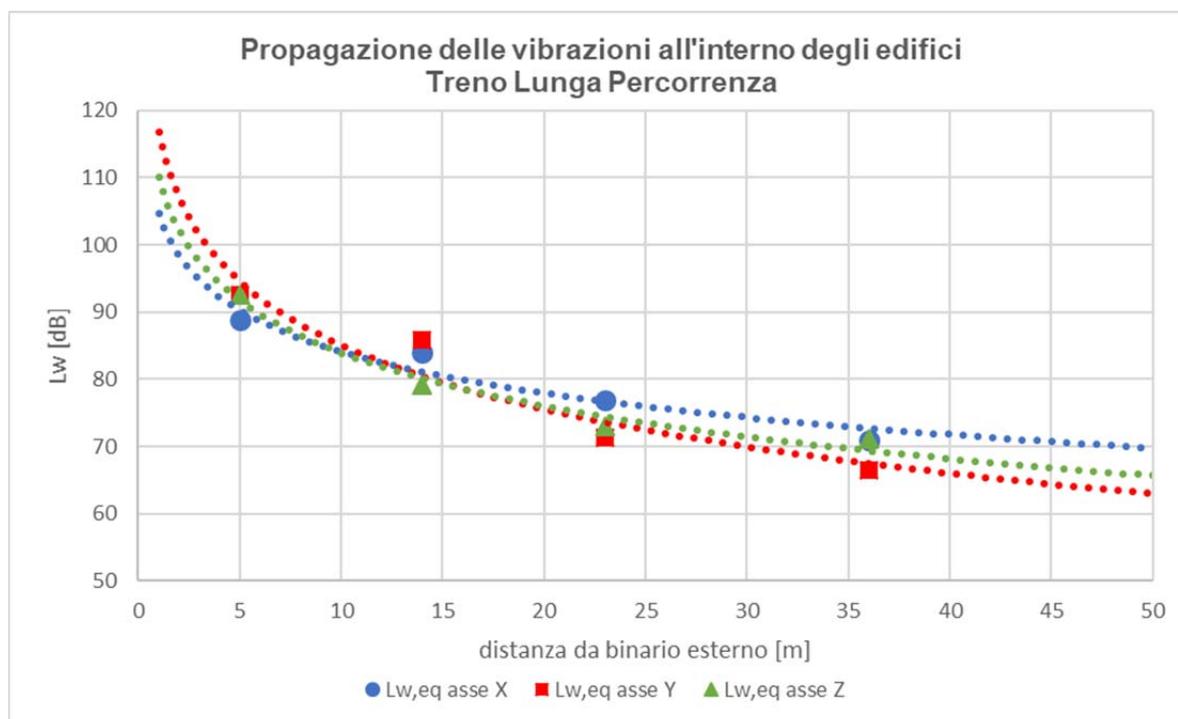


Figura 11 Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ all'interno degli edifici in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Lunga Percorrenza

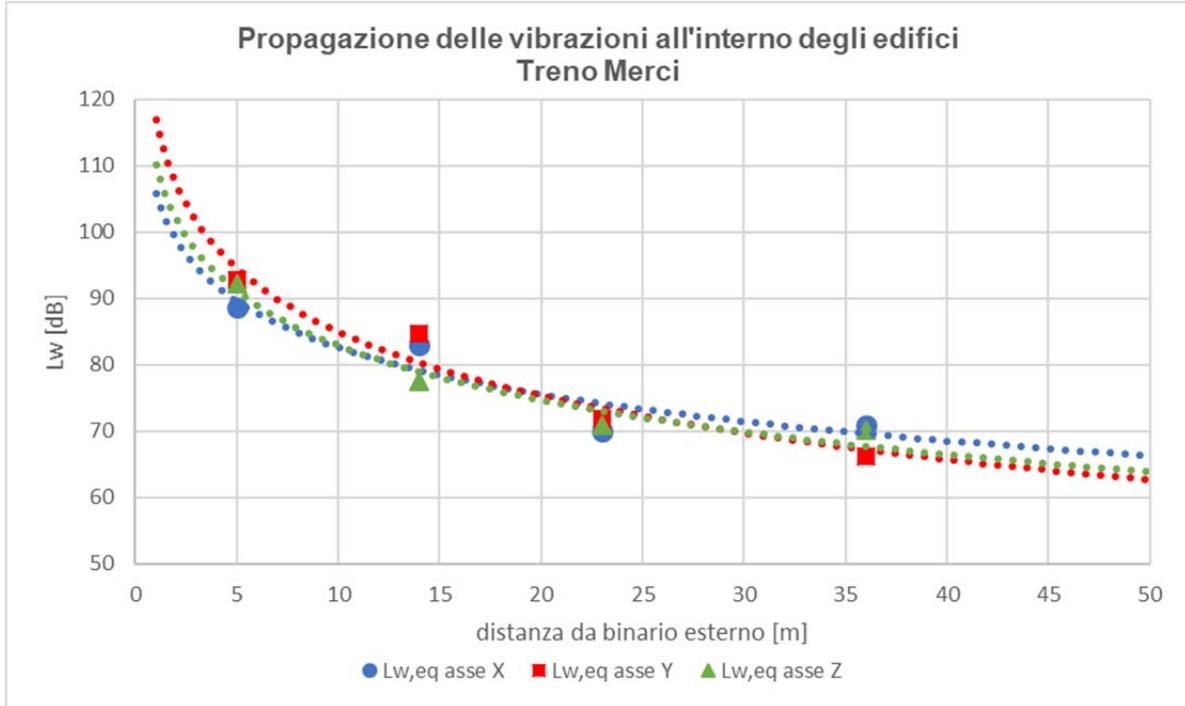


Figura 12 Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ all'interno degli edifici in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Mercè

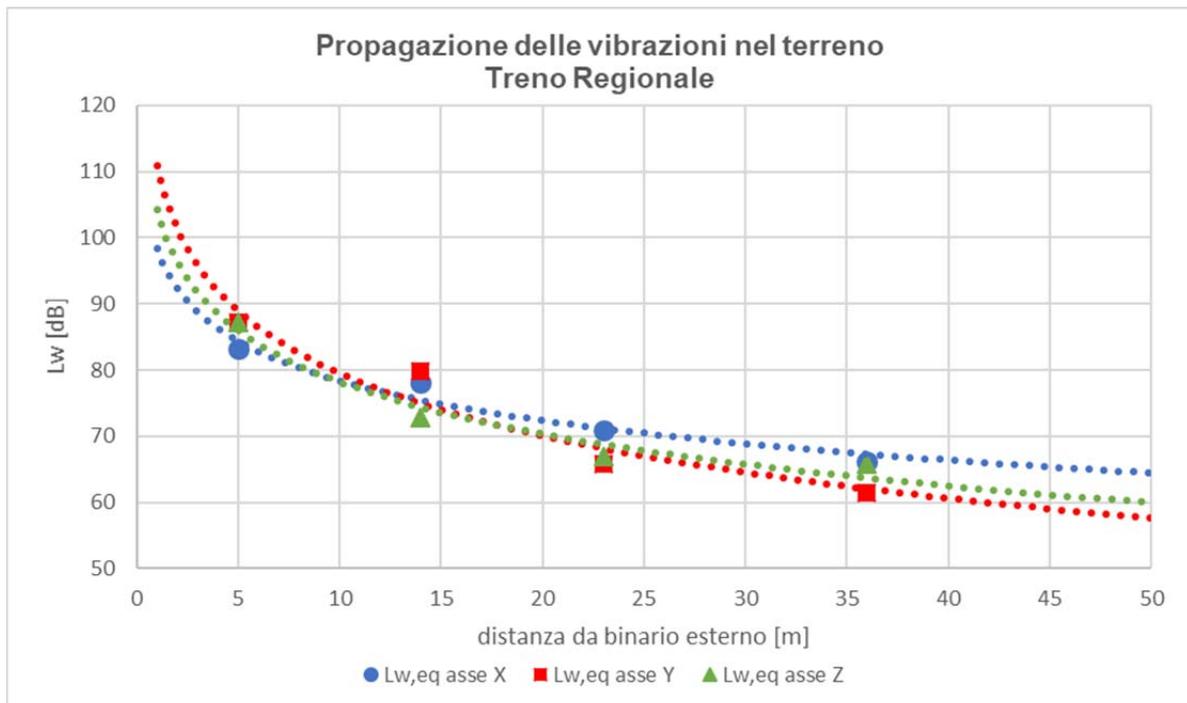


Figura 13 Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ all'interno degli edifici in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Mercè

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>39 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	39 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	39 di 66								

Infine l'applicazione del modello di propagazione del rumore solido per i ricettori analizzati nel presente studio non evidenziano situazioni di criticità preventivabili. Lo stato degli infissi di ciascun edificio, classificato "buono" in fase di censimento ricettori, potrebbe ridurre notevolmente l'insorgere di condizioni di attenzione per gli stessi ricettori potenzialmente interessati da livelli di vibrazioni disturbanti, qualora i vetri entrino in risonanza, vibrino ed emettano all'interno del locale un rumore avente le medesime frequenze.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

5 LE VIBRAZIONI INDOTTE DALL'OPERA IN PROGETTO

5.1 La valutazione delle vibrazioni

L'individuazione delle criticità che si potranno verificare con la realizzazione del progetto ha reso indispensabile determinare preventivamente i criteri di valutazione della sensibilità del territorio. A tale scopo per le aree di studio del fenomeno delle vibrazioni è stato effettuato un censimento dei ricettori attraverso il quale sono stati individuati gli edifici residenziali e sensibili potenzialmente interferiti.

Per quanto riguarda l'individuazione di criticità, in via cautelativa, si è fatto riferimento ai limiti indicati dalla norma ISO 2631/UNI 9614:1990 per le vibrazioni di livello non costante, in particolare per la condizione di postura del corpo non nota, per la quale si indicano soglie uguali per tutti i tre assi di riferimento (x, y, z) di 77 dB per il giorno e 74 dB per la notte, per ambiti residenziali. Ciò, pertanto, senza tener conto dei valori di riferimento suggeriti dalla medesima norma nel caso di vibrazioni prodotte da veicoli ferroviari (89,5 dB per asse Z - 86,7 dB per gli assi X e Y).

Applicando i modelli di calcoli precedentemente descritti, le funzioni di trasferimento sperimentali e attraversamenti litologici tipici dell'area in esame, i dati di caratterizzazione dei singoli transiti ferroviari e tipologie edilizie sia in c.a. sia in muratura (con luci di solaio di 4 m), si è giunti al calcolo della distanza dalla sorgente a cui il livello di accelerazione ponderato risulta inferiore ai valori indicati dalla norma UNI9614:1990 per i ricettori residenziali sia nel periodo diurno che notturno lungo tutti gli assi. In assenza, però, di dati precisi per ciascun edificio analizzato (terreno, fondazioni, strutture), le valutazioni previsionali possono risentire di variazioni anche apprezzabili: a tal fine, nelle valutazioni conclusive si terrà conto in via cautelativa di un margine di tolleranza tale da rappresentare anche la variabilità dei parametri di input.

Il valore complessivo di accelerazione che tiene conto anche del modello di esercizio all'orizzonte temporale di progetto, è confrontato con i limiti indicati dalle norme tecniche per il periodo diurno e il periodo notturno, così come previsto dal *Manuale di Progettazione delle Opere Civili di RFI* (cod. RFIDTCSIAMMAIFS001 D) del 31.12.2020.

Come indicato nel manuale citato, nel caso di linee ferroviarie in galleria la valutazione delle vibrazioni ferroviarie rispetto al disturbo sui ricettori si espleta mediante verifica sia del singolo transito ferroviario per le sole tratte in sotterraneo che dell'intero modello di esercizio

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>					
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<p>COMMESSA IB0Q</p>	<p>LOTTO 3A R 22</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO IM0004 002</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 41 di 66</p>

atteso rapportando il contributo emissivo all'intero periodo temporale di riferimento. In entrambi i casi si fa riferimento ai limiti più restrittivi della norma UNI 9614:1990 (77 dB nel periodo diurno e 74 dB in quello notturno) seppur la stessa, in appendice A4, suggerisce per la sorgente ferroviaria dei valori soglia più elevati.

Lo studio vibrazionale si riferisce all'ambito di studio riferito al progetto Lotto 3A: Circonvallazione di Trento che si sviluppa a partire dalla pk 84+287 della linea storica Verona-Brennero fino alla pk 98+100 della medesima linea. Il tracciato di progetto si sviluppa fuori sede in galleria ad eccezione del tratto iniziale e finale allo scoperto e in affiancamento alla linea storica. L'ambito di studio è stato univocamente determinato sulla base delle progressive di inizio e fine progetto e riferito alla infrastruttura di nuova realizzazione. Le analisi previsionali sviluppate in tale studio tengono conto però del traffico di esercizio atteso di lungo termine, ovvero oltre quello di fine realizzazione del lotto 3A oggetto di studio, e che tiene conto quindi del quadruplicamento dell'intera linea ferroviaria Verona-Brennero.

5.2 Modello di esercizio di progetto

Il modello di esercizio di progetto fa riferimento ad uno scenario infrastrutturale che oltre al Lotto 3A prevede il quadruplicamento dell'asse Verona Monaco ed è determinato attraverso il contributo delle seguenti fonti:

- ai fini del trasporto LP internazionale si considerano gli sviluppi, noti alla data del presente report, dello studio in corso in ambito Brenner Corridor Platform (BCP) relativo alla componente di traffico passeggeri transfrontaliera²;
 - ai fini del trasporto LP nazionale alle previsioni delle IIFF e note al GI;
 - ai fini delle previsioni del trasporto regionale si prendono in considerazione le ipotesi previste negli AAQQ siglati dalle Province Autonome di Trento e Bolzano con il GI nonché eventuali intese note che aggiornano le previsioni di AQ;
 - ai fini del trasporto merci si considerano gli sviluppi, noti alla data del presente report, dello studio in corso in ambito BCP relativo alla componente di traffico merci
- 3.

² Study and analysis of passenger traffic forecasts based on travel time reductions and long-distance rail services for the years 2030 and 2040 affidato da DB Netz AG al RTI EBP Schweiz AG, TRAFFIX Verkehrsplanung GmbH e TRT Trasporto e Territorio Srl.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

Nel merito della componente RoLa del traffico merci, alla luce del fatto che l'impianto di Roncafort è oggetto di riqualificazione⁴ e viste le condizioni di funzionamento dell'unico impianto che ad oggi alimenta il traffico lungo l'intero asse del Brennero (Brennersee), sono state fatte due diverse ipotesi:

- l'intera quota di traffico RoLa sull'asse si attesta a Roncafort piuttosto che a Brennersee. Questa ipotesi richiede ovviamente un coinvolgimento dei soggetti politici (principalmente PAT, PAB e Tirolo austriaco) finalizzata a disincentivare il trasporto stradale e/o sovvenzionare quello ferroviario;
- il traffico RoLa si attesta pro-quota su entrambi gli impianti di Roncafort e Brennersee.

Le tipologie di servizi che interesseranno la tratta in studio sono riportate di seguito:

- Treni Lunga Percorrenza, nazionali ed internazionali;
- Treni regionali;
- Treni merci.

La ripartizione del traffico totale giornaliero merci in diurno e notturno nelle diverse componenti è pari, rispettivamente, al 70% e 30%, anche in analogia a quella osservata oggi (valori registrati sulla linea a Mezzocorona). In via cautelativa, la stessa ripartizione è stata applicata ai servizi regionali e ai treni LP.

³ Studio affidato da RFI al RTI PWC, ALEPH Transport Engineering e TPLAN Consulting nell'ambito di quanto disciplinato dal Contratto Applicativo 2/2019 di cui alla Convenzione 449/2018 Servizi di ingegneria finalizzati allo studio e all'analisi di scenari di trasporto a supporto delle valutazioni di investimenti ferroviari.

⁴ Anche secondo quanto stabilito dal Protocollo di Intesa per la "istituzione di un Gruppo di Lavoro per la progettazione e la successiva realizzazione di opere infrastrutturali d'importanza strategica per la rete ferroviaria nella Provincia Autonoma di Trento" siglato tra la PAT e RFI nell'aprile 2020.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

TRATTO DI LINEA	Linea Storica										Circonvallazione AV/AC												
	LP naz.li + intr.li			REG			MRC			Tot	LP int.li			REG			MRC			Tot	TOT		
	D	N	Tot	D	N	Tot	D	N	Tot		D	N	Tot	D	N	Tot	D	N	Tot				
Bivio Trento Sud - Trento	40	18	58	53	23	76	0	0	0	134													328
Trento - Bivio Trento Nord	40	18	58	72	32	104	0	0	0	162	0	0	0	0	0	0	136	58	194	194			356

Tabella 6 - Modello di esercizio di progetto / Scenario a regime (numero di treni/giorno: D-Diurni, N-Notturni, Tot-Totali) nel tratto Bivio Sud-Bivio Nord e Circonvallazione AV/AC

Nella figura seguente sono rappresentati i valori sopra riportati relativi al traffico totale giornaliero per lo Scenario a regime assunto come riferimento per le valutazioni previsionali delle tre tratte in esame nell'ambito del presente studio.

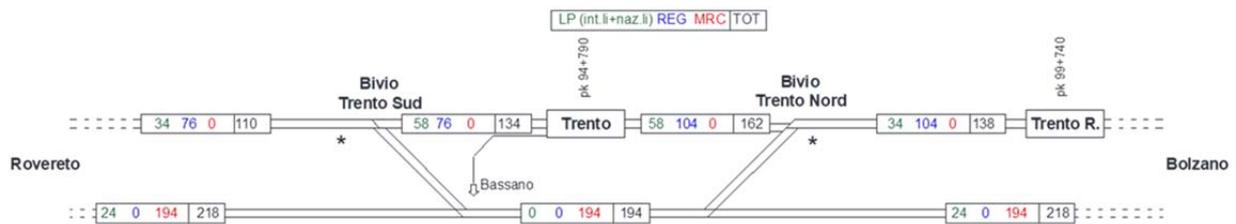


Figura 14 - Modello di esercizio di progetto / Scenario a Regime (numero di treni/ giorno: REG-Regionali; LP-Lunga Percorrenza; MRC-Merci)

Dal programma di esercizio della ferrovia il flusso di treni in progetto varia nella tratta Rovereto-Bivio Trento Sud complessivamente a 328 treni/giorno, nella linea in galleria a 194 merci/giorno e nella linea Bivio Trento Nord-Trento R complessivamente a 356 treni/giorno.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>44 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	44 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	44 di 66								

5.3 I risultati delle analisi previsionali

5.3.1 Livelli vibrazionali indotti dal singolo transito

L'analisi previsionale specifica per il singolo transito è limitata alle sole tratte in galleria e quindi ai due ambiti di studio per le vibrazioni individuati in corrispondenza dell'imbocco sud in prossimità del Bivio Trento Sud e quello nord in prossimità del Bivio Trento Nord.

Il modello di esercizio così come riportato nel paragrafo precedente vede per la tratta in galleria di progetto il transito dei soli convogli merci alla velocità di 100 km/h.

In tale scenario di studio quindi la condizione più critica è rappresentata dal transito di un convoglio merci nel periodo più sensibile notturno (valori soglia norma UNI9614 più restrittivi).

E' stata quindi considerata la funzione di propagazione delle vibrazioni determinata sperimentalmente secondo l'impostazione metodologica descritta nel paragrafo Figura 12 Curva di attenuazione del $L_{w,eq}$ all'interno degli edifici in funzione della distanza dal binario lungo gli assi x, y e z - Tipologia di treno Merci4.5 (cfr. Figura 12). Questa tiene conto del fattore cautelativo di amplificazione nelle strutture e pertanto è rappresentativa del livello di accelerazione ponderato all'interno degli edifici.

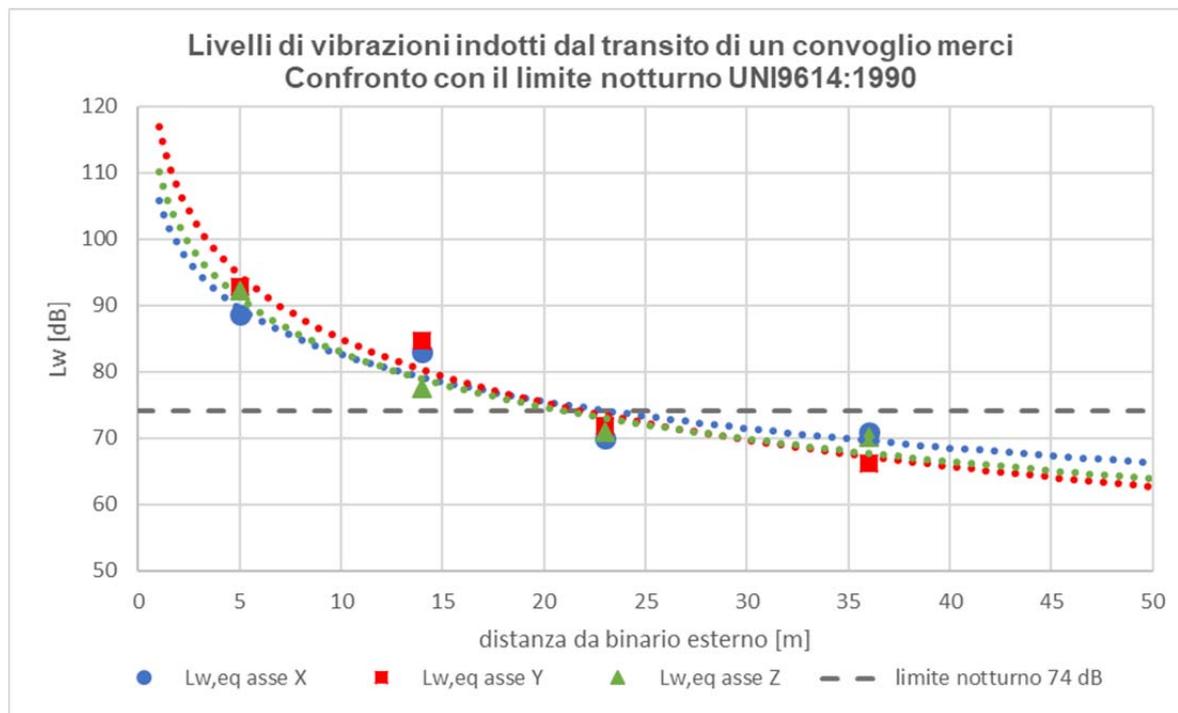


Figura 15 Livelli vibrazionali ponderati indotti dal transito di un singolo convoglio merci in galleria e confronto con il valore soglia dei 74 dB notturno

Dal confronto con il limite indicato dalla norma UNI9614:1990 dei 74 dB nel periodo notturno si determina la distanza alla quale tale valore viene raggiunto dal transito di un singolo convoglio. Nel caso specifico tale valore viene raggiunto ad una distanza di circa 21 m dall'asse del binario.

Si deve tuttavia tener conto dell'assetto infrastrutturale in galleria della linea ferroviaria, ovvero della diversa quota tra il piano del ferro (p.f.), ovvero dei binari, e il piano campagna (p.c.) dove sono localizzati i ricettori. Contrariamente alle tratte allo scoperto dove la propagazione avviene principalmente lungo l'asse perpendicolare al binario, nel caso delle gallerie le vibrazioni si trasmettono nel sottosuolo secondo più direzioni di propagazione. Tralasciando la presenza della struttura della galleria e le discontinuità di propagazione emissiva che ne derivano, schematizzando una sezione di linea ferroviaria in galleria (cfr. figura seguente) le onde vibrazionali si propagano radialmente dall'asse del binario, attenuandosi con la distanza d , fino a raggiungere il piano campagna. In questo caso quindi la distanza utile per valutare il disturbo da vibrazioni risulta essere la distanza orizzontale a

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

partire dall'asse della ferrovia determinata sul piano campagna e indicata in figura seguente come d_{eff} . (distanza effettiva).

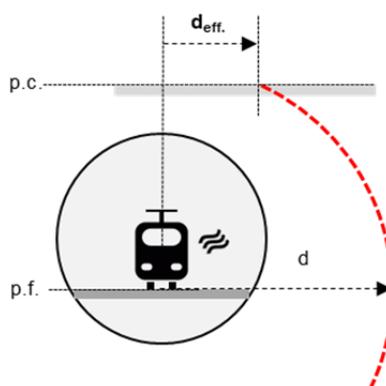


Figura 16 Schematizzazione in sezione della propagazione delle onde vibrazionali in galleria

Resta inteso quindi che la distanza di raggiungimento dei 74 dB individuata secondo l'analisi previsionale deve essere necessariamente contestualizzata alla specifica area di studio e alla sezione ferroviaria in quanto dipendente dalla distanza tra il piano del ferro e il piano campagna, ovvero dalla struttura del portale e dalla copertura.

Volendo sempre mantenere un approccio cautelativo nell'analisi del fenomeno vibrazionale si è scelto di considerare la condizione più critica, ovvero la sezione della galleria naturale nella condizione di minima copertura in corrispondenza degli edifici residenziali.

Si evidenzia fin da subito che da una analisi preliminare dell'area di studio e dei ricettori localizzati in corrispondenza dell'imbocco sud della galleria in corrispondenza del Bivio Trento Sud, si evince che gli effetti vibrazionali indotti da un treno merci siano trascurabili in virtù di una distanza effettiva tra l'edificio e l'asse del binario superiore ai 30 metri, ovvero, rispetto al piano del ferro, maggiore di quella critica stimata (22 m).

**Bivio Trento Sud
Imbocco sud gallerie Circonvallazione**

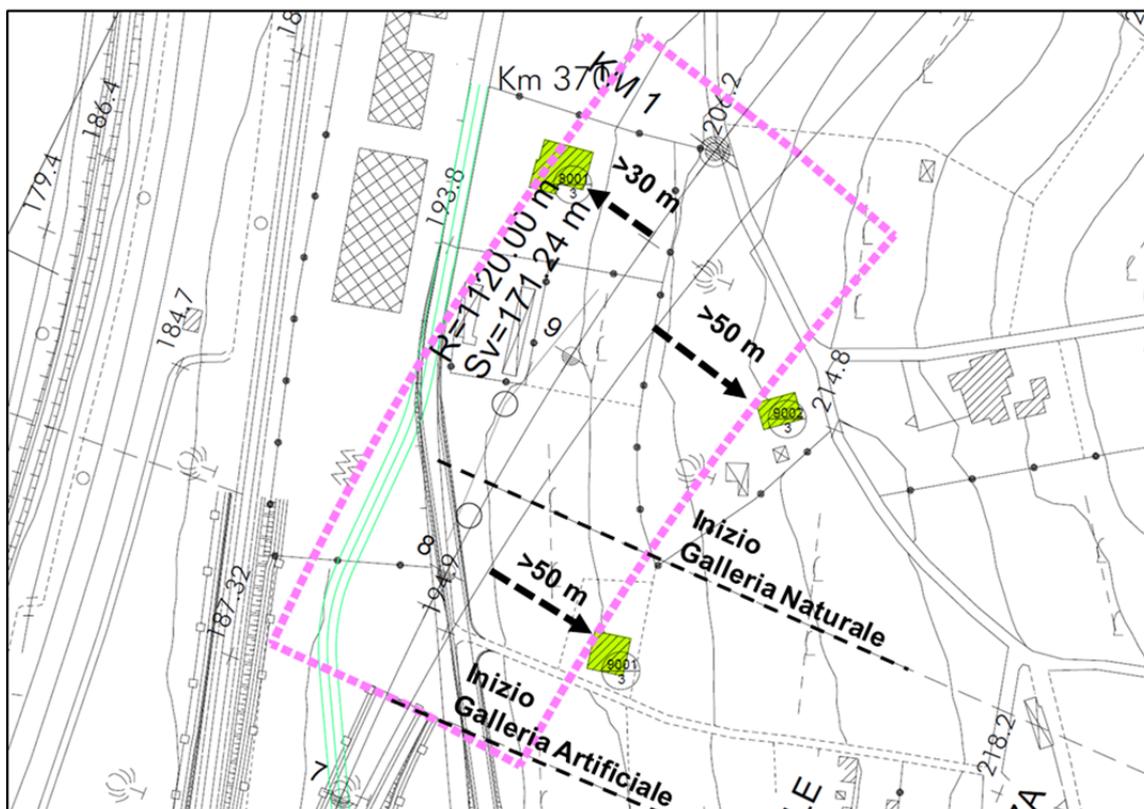


Figura 17 Bivio Trento Sud – imbocco galleria

Per quanto riguarda l'ambito di studio delle vibrazioni in galleria in prossimità dell'imbocco nord del Bivio Trento Nord dall'analisi del censimento ricettori si evince la presenza di un maggior numero di edifici residenziali subito dopo la pk di inizio della galleria naturale di Trento (a partire da circa 50 m successivi l'inizio della GN01).

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

Bivio Trento Nord
Imbocco nord gallerie Circonvallazione

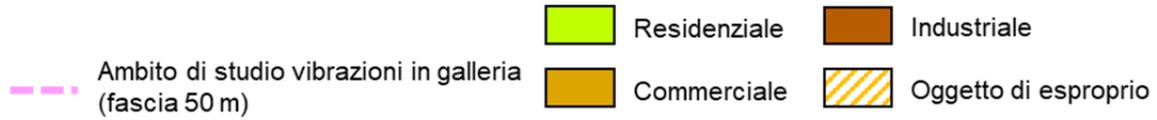


Figura 18 Bivio Trento Nord – imbocco galleria, individuazione della sezione critica per le vibrazioni

Dall'analisi del plano-profilo del tracciato ferroviario si evince che in corrispondenza della suddetta sezione, risultante quella maggiormente critica in considerazione della localizzazione dei ricettori e della distanza p.f.-p.c., si evince come la distanza effettiva rispetto all'asse ferroviario al p.c. rappresentativa della condizione limite dei 74 dB sia pari a 10 m circa.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

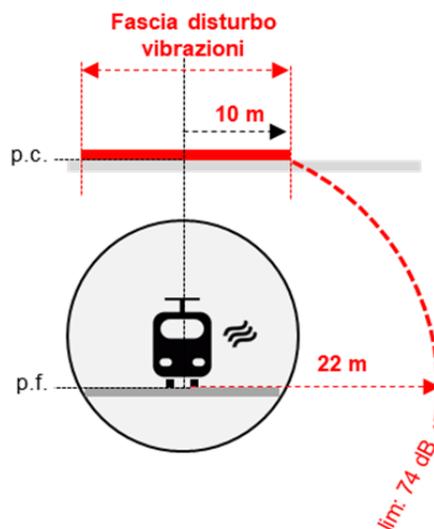


Figura 19 Individuazione della fascia di disturbo vibrazioni al piano campagna associata al transito di un treno merci nel periodo notturno

Tale distanza risulta essere quella che definisce l'ampiezza maggiore al suolo della fascia di potenziale disturbo da vibrazioni nella condizione di transito di un convoglio merci nel periodo notturno. Questo perché tale sezione rappresenta la condizione geometrica più sfavorevole essendo l'altezza della copertura inferiore rispetto alle altre sezioni della galleria naturale. Più infatti il tracciato si sviluppa in sotterraneo, maggiore è la distanza tra p.f. e p.c. per effetto dell'orografia stessa e quindi maggiore è la distanza del ricettore dalla sorgente ferroviaria.

Mantenendo quindi l'approccio cautelativo ed estendo l'ampiezza massima della fascia di potenziale disturbo a tutto l'ambito di studio delle vibrazioni si evince la presenza di alcuni edifici all'interno della stessa.

L'entità del potenziale superamento rispetto al valore soglia notturno è inferiore ai 5 dB, i valori massimi dei livelli di accelerazione al piano campagna non superano gli 80 dB.

5.3.2 Livelli vibrazionali complessivi indotti dal modello di esercizio di progetto

L'analisi complessiva dei livelli vibrazionali si riferisce invece alla condizione di esposizione giornaliera alle vibrazioni ferroviarie indotte dalla linea in studio secondo il modello di esercizio atteso. In questo caso l'analisi previsionale tiene conto quindi dell'intera emissione

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

indotta dal traffico ferroviario secondo la tipologia e numero di transiti attesi dal modello di esercizio per ciascuna tratta.

L'analisi si estende all'intera linea di progetto comprendendo quindi sia le tratte allo scoperto e in affiancamento alla linea storica sia a quelle in sotterraneo.

La verifica dei livelli di accelerazione indotti viene eseguita distintamente nel periodo temporale diurno e notturno considerando anche in questo caso i livelli soglia indicati dalla norma UNI9614:1990 per le vibrazioni a livello non costante per gli edifici residenziali nel periodo diurno e notturno, pur ricordando che nell'appendice A4 della stessa norma i livelli di accelerazione riferiti al disturbo ferroviario risultano essere ben superiori (89 dB per l'asse Z e 86,7 per gli assi X e Y).

Sulla base del modello di esercizio atteso allo scenario di lungo termine le analisi sono state differenziate individuando tre tratte differenti:

- Tratta 1: pk 84+287 LS – Bivio Trento Sud
- Tratta 2: Bivio Trento Sud – Bivio Trento Nord
- Tratta 3: Bivio Trento Nordi – pk 98+100 LS

Tratta 1: pk 84+287 LS - Trento Sud

Le accelerazioni complessivamente prodotte dall'esercizio della linea ferroviaria di progetto è fornito dall'applicazione dell'emissione delle singole tipologie di treno e verso di percorrenza al traffico di esercizio previsto per la tratta Rovereto - Bivio Trento Sud a partire dalla pk di inizio progetto (pk 84+287 LS), in riferimento alla caratterizzazione della sorgente e tenendo conto del tempo di esposizione medio per tipologia di treno (cfr. dati emissione treni par. 4.5, Tabella 5).

La tratta di progetto in esame si sviluppa completamente allo scoperto in affiancamento alla linea storica. Si verifica quindi l'intero contributo emissivo vibrazionale tenendo conto quindi dei transiti sia sulla linea di nuova realizzazione che storica.

Complessivamente sono stati considerati i seguenti transiti:

- 58 treni di lunga percorrenza (40 nel periodo diurno e 18 in quello notturno);
- 76 treni regionali (53 nel periodo diurno e 23 in quello notturno);
- 194 treni merci (136 nel periodo diurno e 58 in quello notturno).

Nelle tabelle seguenti si evince, per i tre assi alle quattro terne, il valore complessivo di esposizione nel periodo diurno e nel periodo notturno calcolato sulla base del modello di esercizio atteso. I valori riportati tengono conto del fattore cautelativo incrementale di +5dB per tener conto della potenziale amplificazione all'interno degli edifici. Questo è stato considerato applicando l'incremento al livello di emissione.

distanza asse binario esterno	Lw,eq [dB] diurno			Lw,eq [dB] notturno		
	X	Y	Z	X	Y	Z
5 m	76,0	80,1	79,7	74,6	78,6	78,2
14 m	70,4	72,2	65,0	68,9	70,7	63,6
23 m	59,4	59,1	58,5	58,0	57,6	57,1
36 m	58,2	53,5	57,7	56,8	52,1	56,2

Tabella 7 Lw,eq diurno e notturno per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 1 tra la pk 84+287 LS di inizio progetto e il Bivio Trento Sud

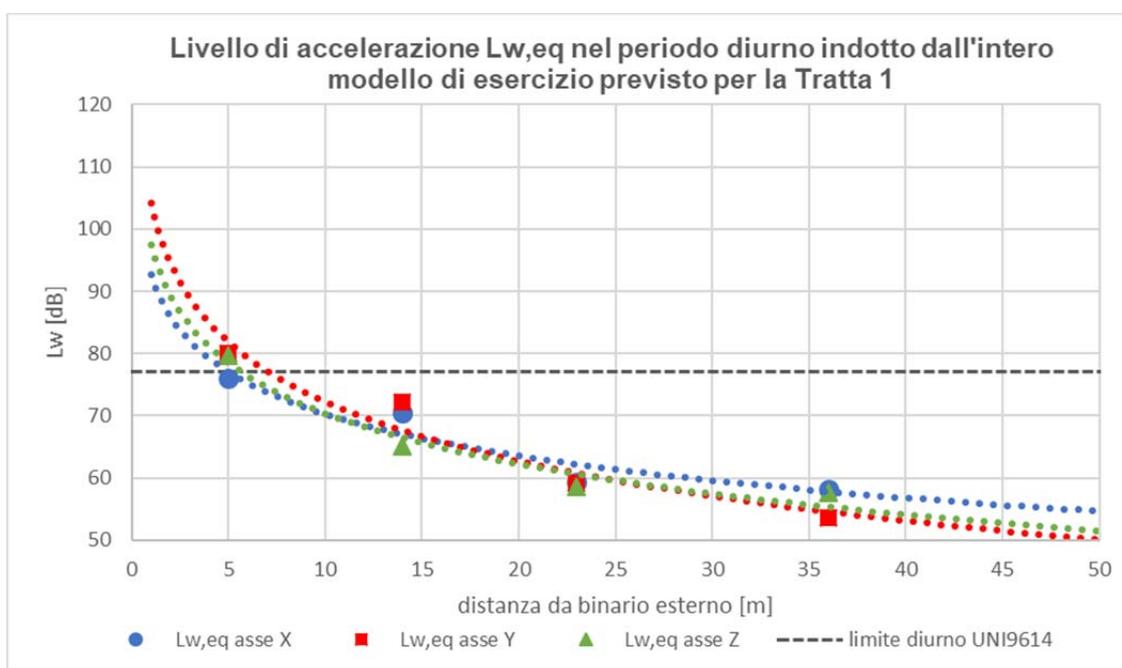


Figura 20 Lw,eq diurno stimato per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 1 tra la pk 84+287 LS di inizio progetto e il Bivio Trento Sud e confronto con il limite diurno della UNI9614

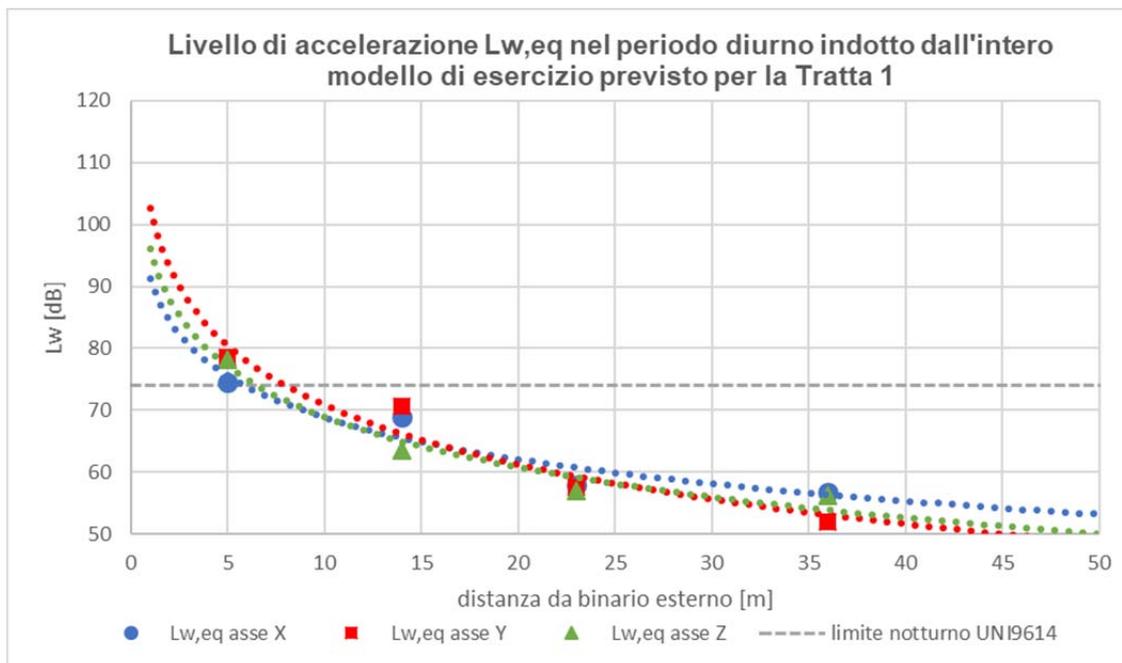


Figura 21 $L_{w,eq}$ notturno stimato per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 1 tra la pk 84+287 LS di inizio progetto e il Bivio Trento Sud e confronto con il limite notturno della UNI9614

Dal confronto con i valori soglia previsti dalla norma UNI9614 per la valutazione del disturbo da vibrazioni si evince come la distanza critica sia pari a circa 6 metri nel periodo diurno e 7 in quello notturno a partire dall'asse del binario più esterno.

Considerando quindi una fascia di potenziale disturbo da vibrazioni di ampiezza pari a 7 metri a partire dall'asse del binario più esterno, dall'analisi del censimento dei ricettori si evince l'assenza di edifici residenziali. Per la tratta in esame quindi non ci sono edifici soggetti a disturbo dalle vibrazioni indotte dalla linea ferroviaria nell'intero periodo diurno e notturno.

Tratta 2: Bivio Trento Sud – Bivio Trento Nord

La tratta in oggetto si sviluppa interamente in galleria fuori sede dalla attuale linea storica. Il modello di esercizio in questo caso è costituito dai soli convogli merci quantificati in 136 treni nel periodo diurno e 58 in quello notturno, per un totale di 194.

Nella tabella seguente si riportano i valori del livello equivalente ponderato $L_{w,eq}$ riferito all'intero periodo diurno e notturno calcolato secondo il modello previsionale adottato. Anche

in questo caso i valori calcolati si riferiscono ad una condizione di esposizione alle vibrazioni all'interno degli edifici.

distanza asse binario esterno	Lw,eq [dB] diurno			Lw,eq [dB] notturno		
	X	Y	Z	X	Y	Z
5 m	75,2	79,3	78,8	73,7	77,8	77,3
14 m	69,5	71,2	64,0	68,0	69,8	62,5
23 m	56,6	58,4	57,3	55,1	56,9	55,9
36 m	57,3	52,6	56,7	55,9	51,1	55,2

Tabella 8 Lw,eq diurno e notturno per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 2 tra Bivio Trento Sud e Bivio Trento Nord

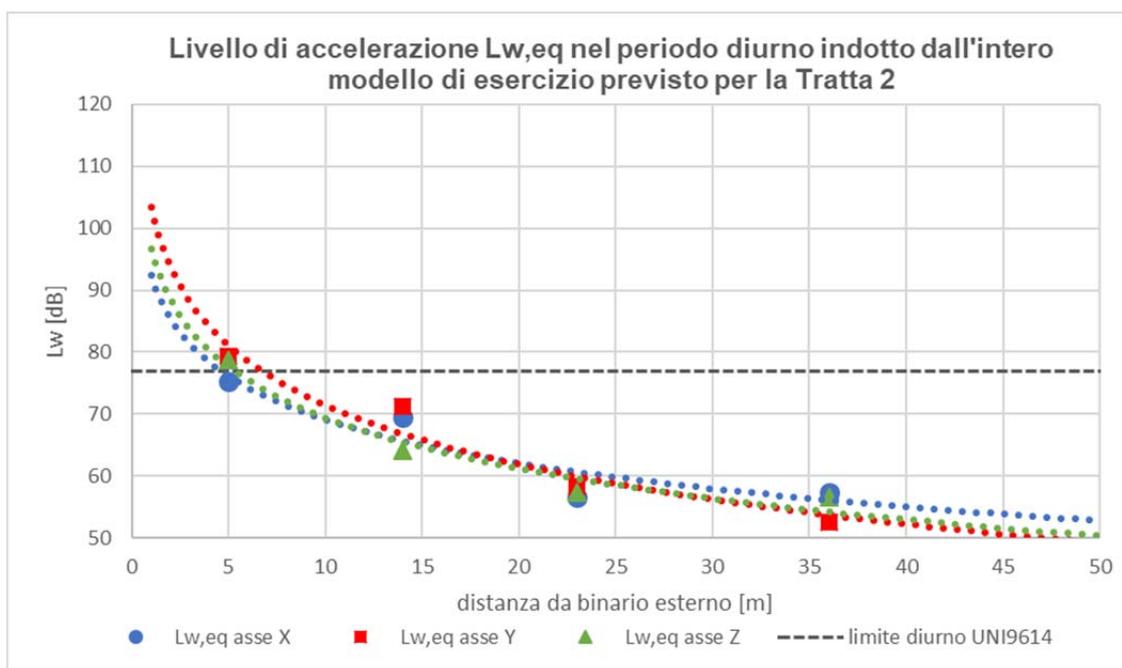


Figura 22 Lw,eq diurno stimato per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 2 tra il Bivio Trento Sud e il Bivio Trento Nord e confronto con il limite diurno della UNI9614

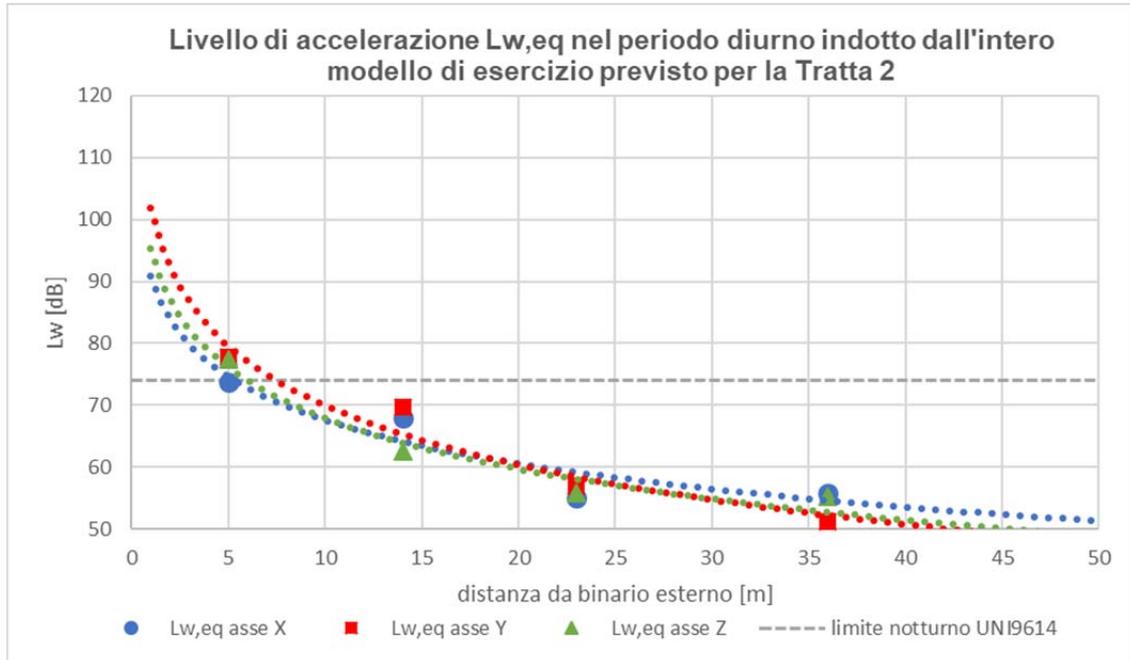


Figura 23 $L_{w,eq}$ notturno stimato per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 2 tra il Bivio Trento Sud e il Bivio Trento Nord e confronto con il limite notturno della UNI9614

Dal confronto con i limiti diurno e notturno (77 dB e 74 dB) per la valutazione del disturbo si evince che in questo caso la distanza critica è pari a circa 6 m di giorno e circa 7 di notte. Tale distanza è da intendersi rispetto al piano del ferro pertanto anche in questo caso valgono le medesime considerazioni sviluppate per la tratta in galleria nel caso di singolo transito. Ciò nonostante si evidenzia che stante la ridotta distanza i livelli vibrazionali superiori ai relativi limiti di riferimento rimangono contenuti all'interno della infrastruttura ferroviaria.

Tratta 3: Bivio Trento Nord – pk 98+100

L'ultima tratta in studio si riferisce alla parte della linea ferroviaria di progetto allo scoperto dopo il Bivio di Trento Nord fino alla pk 98+100 di fine progetto che si sviluppa in affiancamento alla linea esistente.

Il modello di esercizio in questo caso è costituito da:

- 58 treni di lunga percorrenza (40 nel periodo diurno e 18 in quello notturno);
- 104 treni regionali (72 nel periodo diurno e 32 in quello notturno).

Nella tabella seguente si riportano i valori del livello equivalente ponderato $L_{w,eq}$ riferito all'intero periodo diurno e notturno calcolato secondo il modello previsionale adottato. Anche in questo caso i valori calcolati si riferiscono ad una condizione di esposizione alle vibrazioni all'interno degli edifici.

distanza asse binario esterno	Lw,eq [dB] diurno			Lw,eq [dB] notturno		
	X	Y	Z	X	Y	Z
5 m	69,2	73,1	73,1	67,9	71,8	71,8
14 m	64,1	65,9	59,0	62,9	64,6	57,7
23 m	57,0	51,7	53,1	55,7	50,4	51,8
36 m	51,9	47,2	51,6	50,6	45,9	50,4

Tabella 9 $L_{w,eq}$ diurno e notturno per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 3 tra Bivio Trento Nord e la pk 98+100 di fine progetto

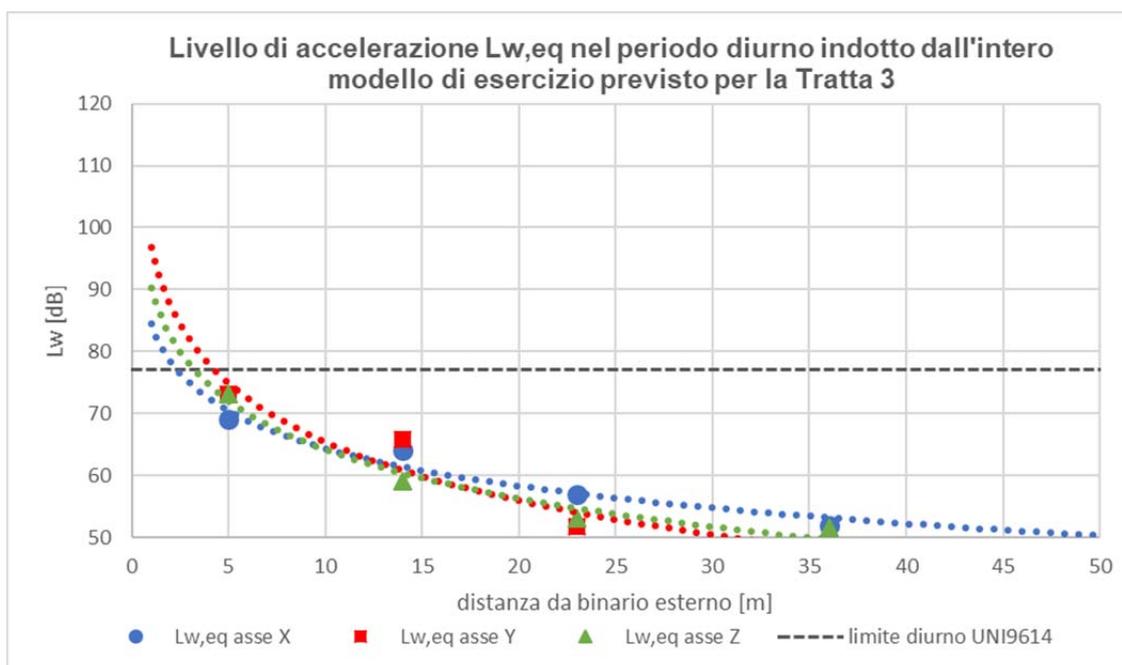


Figura 24 $L_{w,eq}$ diurno stimato per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 3 tra Bivio Trento Nord e la pk 98+100 di fine progetto e confronto con il limite diurno della UNI9614

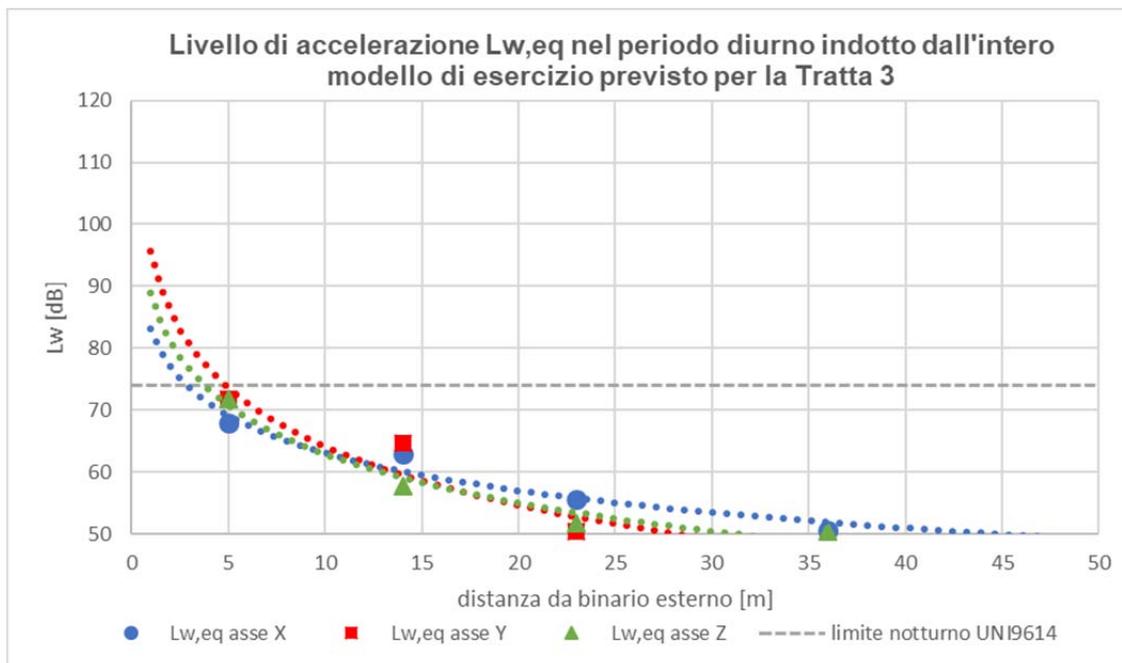


Figura 25 $L_{w,eq}$ notturno stimato per gli assi X, Y e Z complessivamente indotti dall'intero modello di esercizio lungo la tratta 3 tra Bivio Trento Nord e la pk 98+100 di fine progetto e confronto con il limite notturno della UNI9614

Data l'assenza di transiti merci in questo caso l'ampiezza della fascia di disturbo si riduce a circa 5 metri dall'asse del binario più esterno. I livelli di accelerazione indotti complessivamente lungo la tratta di linea in esame al di fuori della sede ferroviaria sono al di sotto del valore soglia dei 77 dB per il periodo diurno e 74 dB per quello notturno.

5.4 Individuazione delle aree di potenziale disturbo e delle soluzioni mitigative

Le aree di potenziale disturbo da vibrazioni indotto dal traffico ferroviario lungo la linea di progetto sono intese come le porzioni di territorio caratterizzate dalla presenza di edifici residenziali e livelli di accelerazione indotti superiori ai limiti soglia indicati dalla norma UNI9614.

La metodologia adottata di verifica di tale condizione di disturbo, sulla scorta delle indicazioni date dalla norma UNI9614 assunta come riferimento, consiste in due livelli di verifica: un primo riferito al singolo evento di transito di un convoglio merci, un secondo riferito invece alla linea ferroviaria e alle emissioni complessive indotte dall'intero modello di esercizio rapportate al periodo temporale diurno e notturno.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO												
STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>57 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	57 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	57 di 66								

Confrontando i risultati e considerando la condizione più critica, si determina l'ampiezza della fascia di potenziale disturbo in planimetria e quindi gli edifici potenzialmente oggetto di disturbo (edifici critici) che nel caso specifico è rappresentata dal transito di un convoglio merci in galleria nel periodo notturno.

I risultati riscontrati dall'applicazione del modello previsionale con le diverse ipotesi cautelative adottate hanno evidenziato come in corrispondenza dell'imbocco nord della galleria la fascia di ampiezza di potenziale disturbo raggiunga i 10 metri sul piano campagna dall'asse del binario più esterno nella condizione più critica. In ragione di una maggior profondità della galleria all'aumentare della distanza dall'imbocco l'ampiezza della fascia di disturbo tende a ridursi. Ciò nonostante l'ampiezza massima di 10 metri è stata considerata per l'intero ambito di studio delle vibrazioni in galleria sia per l'imbocco nord che per quello sud.

Dall'analisi planimetrica del territorio e dal censimento ricettori delle vibrazioni in galleria (le cui schede sono riportate in allegato), si evincono gli edifici che potenzialmente possono essere oggetto di disturbo da vibrazioni. Questi risultano essere in totale 18 e sono indentificati con i codici 8003, 8006, 8010, 8013, 8016, 8018, 9003, 9005, 9006, 9007, 9008, 9009, 9011, 9012, 9013, 9014, 9015 e 9017 in corrispondenza dell'imbocco della galleria del Bivio Trento Nord.

Per quanto riguarda invece l'imbocco sud, considerando sempre una fascia di 10 metri planimetricamente rispetto all'asse del binario più esterno, non vi sono edifici coinvolti da livelli di accelerazione potenzialmente superiori a quello limite dei 74 dB notturno.

Negli stralci planimetrici riportati nelle figure seguenti si riportano le fasce di potenziale disturbo da vibrazioni sovrapposte alla planimetria di censimento dei ricettori delle vibrazioni in galleria.

Bivio Trento Nord
Imbocco nord gallerie Circonvallazione

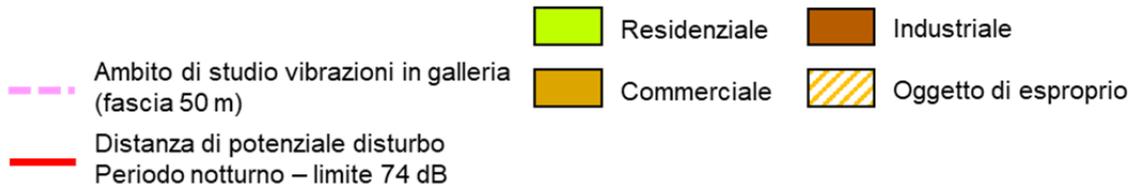


Figura 26 Bivio Trento Nord, imbocco galleria – Fascia di potenziale disturbo da vibrazioni ferroviarie nella condizione di singolo transito di un treno merci

Bivio Trento Nord
Imbocco nord gallerie Circonvallazione



Figura 27 Bivio Trento Nord, imbocco galleria – Fascia di potenziale disturbo da vibrazioni ferroviarie nella condizione di singolo transito di un treno merci – Focus su tratta in galleria naturale a doppia canna

Bivio Trento Sud Imbocco sud gallerie Circonvallazione

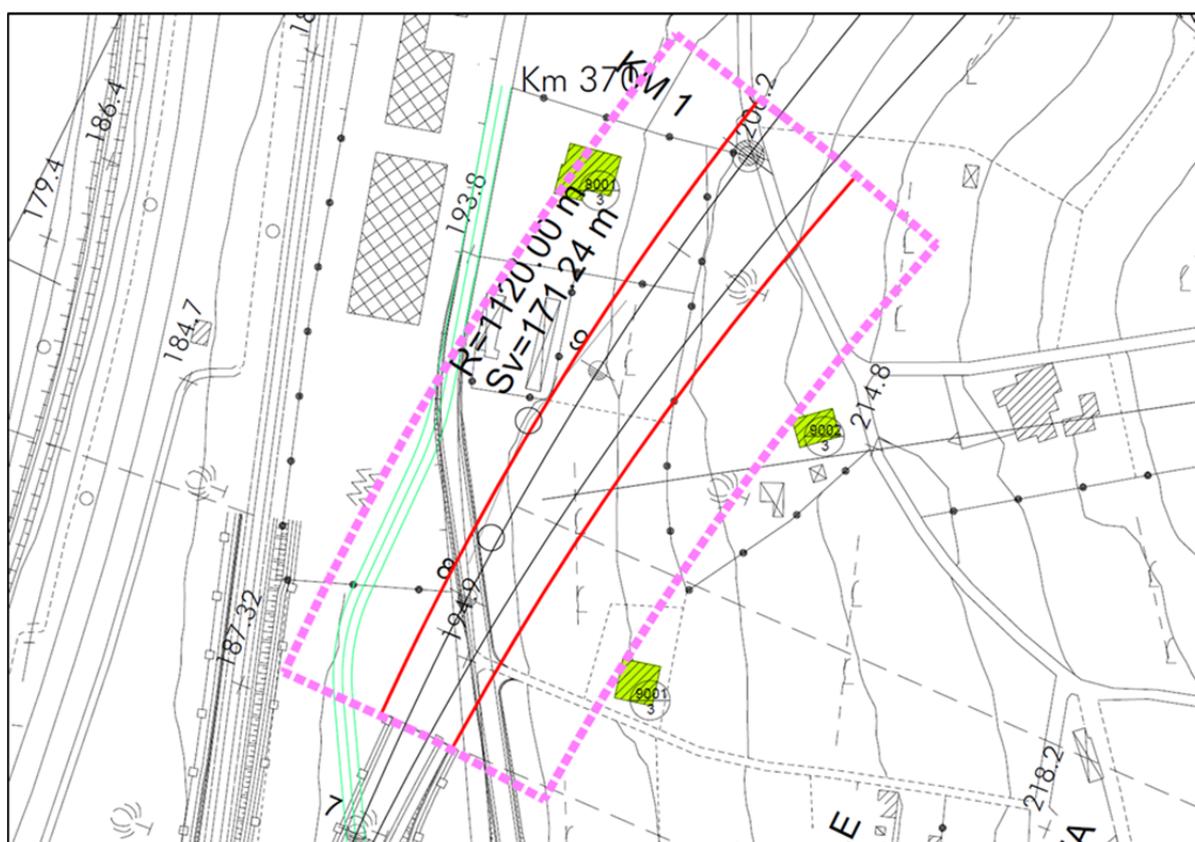
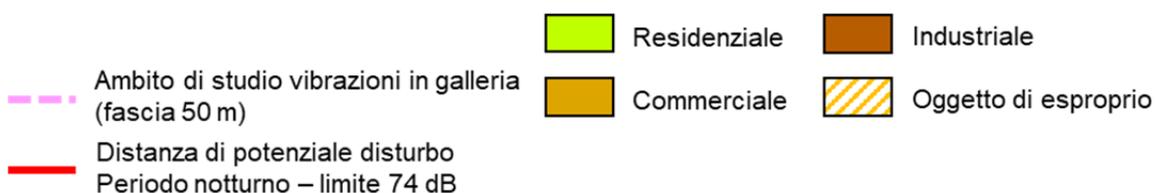


Figura 28 Bivio Trento Sud, imbocco galleria – Fascia di potenziale disturbo da vibrazioni ferroviarie nella condizione di singolo transito di un treno merci

Per gli altri tratti della linea di progetto (sia in galleria che allo scoperto in affiancamento alla linea storica esistente) non si rilevano condizioni di criticità.

In corrispondenza quindi degli imbocchi sud e nord della galleria della Circonvallazione di Trento sono state individuate delle soluzioni mitigative per il contenimento delle vibrazioni indotte dai convogli ferroviari. Seppur le aree di potenziale disturbo sono limitate alle prime sezioni della galleria naturale dell'imbocco nord, le soluzioni mitigative individuate sono state

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>61 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	61 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	61 di 66								

cautelativamente estese all'intero ambito di studio delle vibrazioni in galleria e quindi sia all'imbocco nord che all'imbocco sud.

La soluzione progettuale individuata consiste nell'installazione di un sistema di mitigazione (Slab track o similare) tale da contenere l'emissione vibrazionale e contribuire ad attenuare i livelli di accelerazione in corrispondenza dei ricettori al di sotto dei valori indicati dalla norma UNI9614. Tali soluzioni sono in grado di attenuare i livelli vibrazionali tra i 10 e i 15 dB in funzione delle frequenze. Considerando che per l'imbocco nord l'entità del disturbo risulta essere dell'ordine dei 5 dB oltre il valore soglia dei 74 dB notturno, tale soluzione risulta idonea a risolvere tali condizioni critiche. La soluzione è stata estesa anche all'imbocco sud.

Nello specifico quindi le tratte ferroviarie oggetto di mitigazione risultano essere:

- Imbocco galleria Bivio Trento nord: da pk 10+950 a pk 11+600, per un totale di 650 m (tratto in galleria naturale a doppia canna + galleria artificiale + trincea);
- Imbocco galleria Bivio Trento sud: da pk 0+745 a pk 1+020, per un totale di 280 m circa (tratto in galleria naturale a doppia canna + galleria artificiale).

Come detto tali soluzioni mitigative previste per le suddette tratte ferroviarie in galleria sono tali da risolvere le criticità vibrazionali individuate in termini di disturbo e quindi mitigare completamente gli edifici potenzialmente più esposti.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

6 CONCLUSIONI

Il presente studio vibrazionale ha avuto come scopo l'individuazione delle problematiche di propagazione delle vibrazioni indotte dal traffico ferroviario lungo la linea di nuova realizzazione connessa alla circonvallazione di Trento, nell'ambito del progetto di accesso sud alla galleria di base del Brennero e il quadruplicamento della linea Fortezza-Verona.

La verifica dei livelli vibrazionali indotti è stata eseguita rispetto ai valori assunti come riferimento per la valutazione del disturbo in corrispondenza degli edifici così come individuati dalla norma UNI 9614:1990 "*Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*". Nello specifico le valutazioni hanno tenuto conto sia dello scenario di massimo disturbo associate al transito di un singolo convoglio ferroviario sia dello scenario complessivo associato all'intero modello di esercizio nell'intero periodo diurno e notturno individuato dalla normativa di riferimento.

Il modello previsionale assunto per la stima dei livelli di accelerazione in corrispondenza della ferrovia, si basa sull'individuazione di una legge di propagazione tarata in funzione di indagini sperimentali di sorgenti ferroviarie e di fattori cautelativi che tengono conto dei molteplici fattori concorrenti alla propagazione delle onde vibrazionali nel terreno e nelle strutture. Dall'applicazione di tale modello al caso specifico in studio e ai diversi scenari di riferimento sono state individuate le funzioni di attenuazione delle vibrazioni utilizzate per determinare le distanze critiche, ovvero l'ampiezza della fascia di potenziale disturbo da vibrazioni a partire dall'asse del binario più esterno.

In riferimento alla valutazione delle vibrazioni all'interno degli edifici, il modello previsionale tiene conto di un fattore cautelativo di +5dB e rappresentativo dei soli fenomeni di amplificazione per effetto della propagazione delle onde all'interno delle strutture. Nell'ottica di adottare un approccio particolarmente cautelativo nella valutazione del disturbo sulle abitazioni contermini l'infrastruttura in esame, sono state ipotizzate trascurabili tutte le componenti di attenuazione che intervengono quando le onde vibrazionali dal terreno si trasmettono all'edificio (accoppiamento terreno-fondazioni, trasmissione interpiano, etc.).

L'approccio cautelativo è stato inoltre considerato nell'adozione dei valori di riferimento indicati dalla norma UNI9614 per la valutazione del disturbo. Sono stati infatti considerati i limiti più restrittivi nel caso di vibrazioni a livello non costante (pari a 77 dB nel periodo diurno e 74 dB in quello notturno) seppur la norma stessa indica nell'appendice 4 specificatamente

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A R 22	CODIFICA RG	DOCUMENTO IM0004 002	REV. C

alla sorgente ferroviaria un valore di 89 dB per l'asse Z e 86,7 dB per gli assi X e Y a prescindere dal periodo temporale in cui si manifesta l'evento.

Le analisi vibrazionali hanno tenuto conto come detto sia della condizione legata al singolo evento, ovvero al transito di un treno merci in galleria nel periodo notturno limitatamente alla durata del transito stesso, sia alla condizione complessiva di esposizione al disturbo indotto dall'intero modello di esercizio rapportato al periodo temporale diurno e notturno.

Dai risultati ottenuti emerge che la prima condizione risulta essere quella maggiormente critica, per la quale si ottengono livelli di accelerazione superiori a maggior distanza dal binario. A differenza delle tratte allo scoperto dove la direzione di propagazione principale delle onde vibrazionali risulta essere quella perpendicolare alla linea sul piano campagna, e quindi di più facile individuazione in planimetria, nel caso delle tratte in galleria le onde si propagano nel sottosuolo in direzione radiale e pertanto nell'analisi vibrazionali è necessario tener conto anche dell'altimetria della galleria per determinare planimetricamente la distanza di riferimento rispetto all'asse del binario alla quota del piano campagna. Ne consegue che tale analisi dovrebbe essere estesa a tutte le sezioni ricadenti all'interno dell'ambito di studio in quanto nel caso di gallerie in prossimità dell'imbocco tale condizione geometrica risulta fortemente dipendente dall'orografia del territorio. Adottando sempre un approccio cautelativo lo studio previsionale ha tenuto conto della condizione più critica ed esteso il risultato di questa all'intero ambito di studio. Ne consegue che nel caso della galleria e di singolo transito ferroviario nel periodo notturno, la distanza critica al piano campagna è pari a 10 m dall'asse del binario. Dal censimento ricettori è emersa una condizione di potenziale disturbo per 18 edifici residenziali. Nell'ambito del progetto è stata quindi individuata una soluzione mitigativa in grado di contenere le emissioni vibrazionali indotte dalla sorgente ferroviaria e risolvere le criticità in corrispondenza dei suddetti edifici. Tale soluzione progettuale consiste nell'installazione di un sistema di mitigazione (Slab track o similare) tale da attenuare l'emissione vibrazionale di 10-15 dB e ridurre quindi livelli di accelerazione in corrispondenza dei ricettori al di sotto dei valori indicati dalla norma UNI9614.

Questa è stata estesa a tutto l'ambito di studio delle vibrazioni in galleria, sia a sud che a nord, ovvero prevista sia tra la pk 10+950 a pk 11+600, per un totale di 650 m (imbocco nord, tratto in galleria naturale a doppia canna + galleria artificiale + trincea) sia tra la pk 0+745 a pk 1+020, per un totale di 280 m circa (imbocco sud, tratto in galleria naturale a doppia canna + galleria artificiale).

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO												
STUDIO VIBRAZIONALE Relazione	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>64 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	64 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	64 di 66								

Tale soluzione permette la completa mitigazione delle aree di potenziale disturbo e quindi risolvere ogni criticità in termini di disturbo da vibrazioni potenzialmente riscontrabile in corrispondenza degli imbocchi della galleria. Per le altre tratte ferroviarie, sia allo scoperto che in galleria, non è invece stata riscontrata alcuna potenziale condizione di criticità. Le analisi vibrazionali saranno comunque oggetto di ulteriori approfondimenti ed aggiornamenti con le successive fasi di progettazione.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO</p>												
<p>STUDIO VIBRAZIONALE Relazione</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0Q</td> <td>3A R 22</td> <td>RG</td> <td>IM0004 002</td> <td>C</td> <td>65 di 66</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	65 di 66
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0Q	3A R 22	RG	IM0004 002	C	65 di 66								

7 ALLEGATO: SCHEDE DI CENSIMENTO RICETTORI VIBRAZIONI IN GALLERIA

CODICE RICETTORE 8001

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

8004

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8005

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

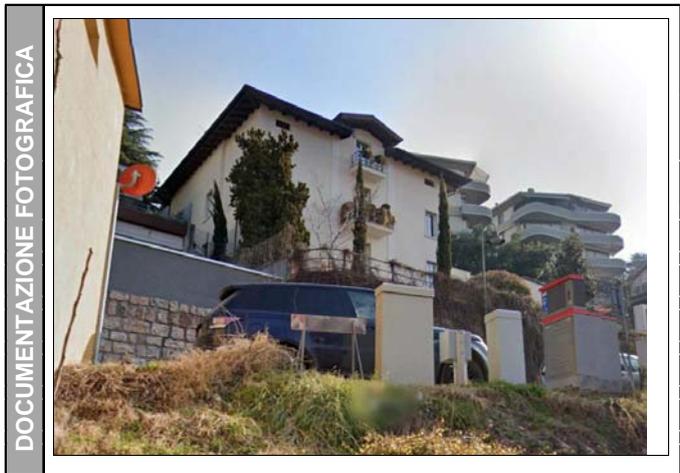
Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE 8009

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8010

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8011

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8012

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8013

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 8014

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+125
Distanza infrastruttura 25 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Residenziale **Numero dei piani** 3
Stato conservazione Buono **Orientamento** Obliquo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE 8015

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 8016

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8017

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

8018

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 8019

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE	8020
-------------------------	-------------

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione	Trentino Alto Adig
Provincia	Trento
Comune	Trento
Località	
Progressiva	11+290
Distanza infrastruttura	38 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia	Residenziale	Numero dei piani	4
Stato conservazione	Buono	Orientamento	Obliquo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura	
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti	
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti	

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato	<input type="checkbox"/>	Viadotto	<input type="checkbox"/>
Trincea	<input type="checkbox"/>	Galleria	<input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso	Edificato
---------------------------	-----------

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie	<input type="checkbox"/>	Strade	
Impianti industriali	<input type="checkbox"/>	Altro	

NOTE

CODICE RICETTORE 8021

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+340
Distanza infrastruttura 50 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Residenziale **Numero dei piani** 4
Stato conservazione Medio **Orientamento** Parallelo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE **8023**

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

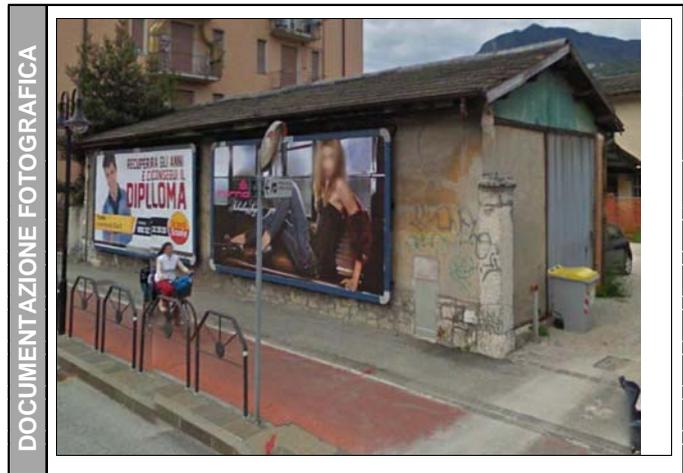
Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE	8024
-------------------------	-------------

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione	Trentino Alto Adig
Provincia	Trento
Comune	Trento
Località	
Progressiva	11+370
Distanza infrastruttura	25 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia	Artigianale/industria	Numero dei piani	1
Stato conservazione	Cattivo	Orientamento	Obliquo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura	
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti	
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti	

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato	<input type="checkbox"/>	Viadotto	<input type="checkbox"/>
Trincea	<input type="checkbox"/>	Galleria	<input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso	Edificato
---------------------------	-----------

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

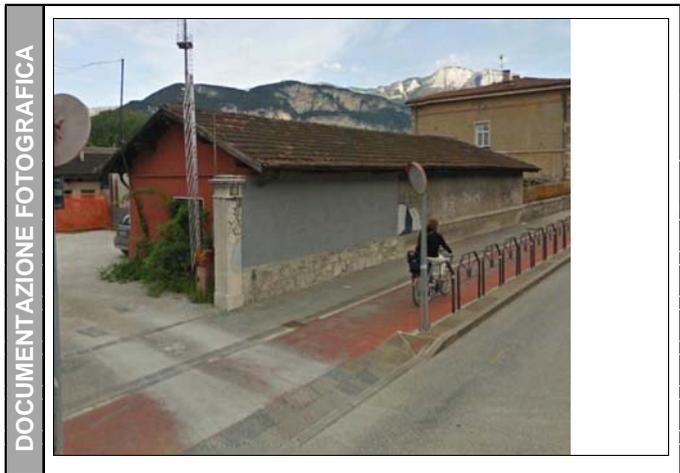
Altre linee ferroviarie	<input type="checkbox"/>	Strade	
Impianti industriali	<input type="checkbox"/>	Altro	

NOTE

CODICE RICETTORE 8025

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

9003

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

9004

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE 9006

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO CENSIMENTO RICETTORI VIBRAZIONE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE 9010

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+055
Distanza infrastruttura 15 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Residenziale Numero dei piani 3
Stato conservazione Buono Orientamento Parallelo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

CODICE RICETTORE

9012

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 9013

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

9014

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 9015

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+245
Distanza infrastruttura 0 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Residenziale Numero dei piani 4
Stato conservazione Medio Orientamento Obliquo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 9016

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+240
Distanza infrastruttura 20 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Residenziale **Numero dei piani** 3
Stato conservazione Buono **Orientamento** Obliquo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO CENSIMENTO RICETTORI VIBRAZIONE

CODICE RICETTORE

9017

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Numero dei piani
Stato conservazione Orientamento

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA – VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO CENSIMENTO RICETTORI VIBRAZIONE

CODICE RICETTORE 9018

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+420
Distanza infrastruttura 20 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Commerciale/serviz Numero dei piani 5
Stato conservazione Buono Orientamento Obliquo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE 9019

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione Trentino Alto Adig
Provincia Trento
Comune Trento
Località
Progressiva 11+460
Distanza infrastruttura 25 m



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia Commerciale/serviz Numero dei piani 2
Stato conservazione Buono Orientamento Parallelo

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato Viadotto
Trincea Galleria

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso Edificato

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie Strade
Impianti industriali Altro

NOTE

CODICE RICETTORE

LOCALIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

Regione
Provincia
Comune
Località
Progressiva
Distanza infrastruttura



DATI CARATTERISTICI DELL'EDIFICIO ESAMINATO

Tipologia **Numero dei piani**
Stato conservazione **Orientamento**

CARATTERIZZAZIONE DEGLI INFISSI (Ricettori sensibili)

NUMERO INFISSI PER FRONTE

Fronte parallelo all'infrastruttura
Fronte perpendicolare/obliquo lato progressive crescenti
Fronte perpendicolare /obliquo lato progressive decrescenti

CARATTERIZZAZIONE DEL CORPO FERROVIARIO

Raso/Rilevato **Viadotto**
Trincea **Galleria**

DESCRIZIONE DELLA FASCIA TRA L'INFRASTRUTTURA E L'EDIFICIO

Destinazione d'uso

DESCRIZIONE DELLE ALTRE SORGENTI DI RUMORE SIGNIFICATIVE

Altre linee ferroviarie **Strade**
Impianti industriali **Altro**

NOTE