

Variante alla SS12 da Buttapietra
alla tangenziale SUD di Verona

PROGETTO DEFINITIVO

COD. VE29

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO PROGETTISTI	MANDATARIA:  Sigeco Engineering	MANDANTI:  IDRO.STRADE s.r.l.	 No.Do. e Servizi s.r.l. Società di Ingegneria	 Barci Engineering	 SANDRO D'AGOSTINI INGEGNERE
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Antonino Alvaro – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Ingegneri Provincia di Cosenza n. A282</i>	IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. A2316</i>		IL PROGETTISTA: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti di Reggio Cal. n. A2316 Ing. Francesco Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A922 Ing. Carmine Guido – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1379 Ing. Sandro D'Agostini – Ordine Ingegneri Belluno n. A457 Ing. Antonio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1003</i>		
I GEOLOGI: <i>Dott. Geol. Domenico Carrà – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 641 Dott. Geol. Francesco Molinaro – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 1063</i>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Giovanni Costa – Steel Project Engineering – Ordine Ingegneri Livorno n. A1632 Arch. Alessandra Alvaro – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti Cosenza n. A1490 Ing. Gaetano Zupo – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5385 Geom. Giuseppe Crispino – SIGECO Eng. srl Collegio Geometri Potenza n. 2296 Ing. Paola Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5488 Ing. Mario Perri – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A3784 Arch. Simona Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1637 Ing. Roberto Scrivano – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A2061 Ing. Emiliano Domestico – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5501 Geol. Carolina Simone – NO.DO. e Serv. srl Ordine Geologi della Calabria n. 730 Ing. Giorgio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Prov. di Cosenza n. A5873 Dott.ssa Laura Casadei – Kora s.r.l. – Iscr. el. Operatori abilitati Archeologia Prev. n. 2248</i>				
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Antonio Marsella</i>	PROTOCOLLO:	DATA:			

RUMORE

Relazione studio acustico

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REV.	SCALA:
		T00IA05AMBCT01_B				
CO ME0029 D 2001		CODICE ELAB. T00IA05AMBRE01			B	
D						
C						
B	SECONDA EMISSIONE	Gen. 2023	Sigeco Srl	A. Ciccariello	G. Luciano	Ing. A. Alvaro
A	PRIMA EMISSIONE	Dic. 2021	Sigeco Srl	Ing. A. Ciccariello	Arch. G. Luciano	Ing. A. Alvaro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Sommario

1.	PREMESSA	2
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3.	CLASSIFICAZIONE ACUSTICA COMUNALE	12
4.	CARATTERIZZAZIONE DEI LIMITI DI RIFERIMENTO DA APPLICARE AGLI SCENARI DI PROGETTO	13
5.	ANALISI ACUSTICA DEL TERRITORIO	15
5.1.	CLASSIFICAZIONE DEI RICETTORI	15
5.2.	INDAGINE FONOMETRICA	17
5.2.1.	Premessa	17
5.2.2.	Strumentazione utilizzata e tecniche di misura	17
5.2.3.	Risultati delle indagini	18
6.	MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA	19
6.1.	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE	19
6.2.	VERIFICA DI ATTENDIBILITA' DEL MODELLO DI SIMULAZIONE (TARATURA)	24
7.	ANALISI ACUSTICA	25
7.1.	PREMESSA	27
7.2.	SCENARIO ANTEOPERAM	27
7.3.	SCENARIO OPZIONE 0	28
7.4.	SCENARIO POST OPERAM	28
7.5.	SCENARIO POST OPERAM MITIGATO	29
8.	INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA	30
9.	CANTIERIZZAZIONE	32
9.1.	PREMESSA	32
9.2.	RIFERIMENTI NORMATIVI	32
9.3.	IMPOSTAZIONE METODOLOGICA	33
9.4.	DATI DI INPUT: ANALISI DELLE SORGENTI SONORE	34
9.5.	DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE	36
9.6.	INTERVENTI DI MITIGAZIONE IN FASE DI CANTIERE	37
10.	ALLEGATI	40

1 PREMESSA

Il presente documento riguarda lo Studio acustico relativo al progetto al Progetto Definitivo della Variante alla **“S.S. n° 12 “Dell’Abetone e del Brennero” Variante tra Verona Sud – Castel d’Azzano – Buttapietra – Vigasio – Isola della Scala”**

È prevista la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale della lunghezza di circa 14,40 km che collegherà la città di Verona (ubicata a Nord) con la città di Isola della Scala (ubicata a Sud) attraversando i comuni di Castel’Azzano, Buttapietra e Vigasio, costituendo di fatto una completa variante all’attuale sede stradale della S.S. n°12.

Lungo lo sviluppo dell’infrastruttura viaria è prevista la realizzazione di una nuova sede stradale con una sezione tipo di “Categoria C1 - Extraurbana secondaria” del D.M. 05.11.2001 “*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*”. Ai soli fini della descrizione del tracciato, l’opera viene suddivisa in quattro tratti, ricompresi fra diverse zone di svincolo:

- a. **Tratto Verona Sud - Svincolo di Via Cà Brusà**: sarà realizzato completamente in trincea.
- b. **Tratto Svincolo di Via Cà Brusà - Svincolo di Castel d’Azzano**: sarà realizzato parte in trincea e parte in rilevato.
- c. **Tratto Svincolo di Castel d’Azzano - Svincolo di Vigasio**: completamente in rilevato.
- d. **Tratto Svincolo di Vigasio - Svincolo di Buttapietra**: completamente in rilevato.

La nuova infrastruttura stradale, per come prevista nel progetto definitivo, si sviluppa nel territorio dei comuni di Verona, Castel d’Azzano, Buttapietra, Vigasio ed Isola della Scala e costituisce una completa variante all’attuale sede stradale della S.S. n.12 in quanto nel tratto compreso fra i comuni di Buttapietra e Verona l’attuale sede stradale della S.S. n.12 attraversa numerosi centri abitati che impediscono l’adeguamento della piattaforma stradale esistente e la separazione dei flussi di traffico.

Nel presente Studio acustico, tenendo conto delle principali normative di settore, sono stati stimati i livelli acustici indotti dal traffico veicolare mediante un software previsionale specifico e di dettaglio, SoundPlan 8.2, in grado di simulare e mettere a confronto tra loro tutte le fasi di studio dell’opera esistente, ovvero dalla situazione attuale, alla situazione di esercizio finale, ovvero la Variante alla SS12, tenendo conto della situazione di costruzione e della condizione di opzione zero.

Lo studio ha permesso quindi di realizzare delle “mappe” tematiche del rumore immesso presso i ricettori per valutare l’esistenza e la rilevanza di singole abitazioni in zone con livelli di rumorosità superiori a quanto stabilito dalla normativa

vigente, e comunque di definire e studiare le conseguenze dell'intervento sull'inquinamento acustico nei confronti del territorio circostante.

Inoltre, i risultati ottenuti hanno permesso di stabilire che i criteri progettuali dell'opere di mitigazione sono rappresentati proprio dalla variante alla SS12, poiché i ricettori prossimi all'infrastruttura, sortiscono effetti acustici che rientrano nei limiti previsti dalla normativa vigente.

Sintetizzando per punti l'analisi acustica è stata condotta secondo i seguenti passi:

1. Caratterizzazione dei ricettori: sono state effettuate indagini conoscitive dei luoghi procedendo all'individuazione dei ricettori prossimi all'infrastruttura mediante un dettagliato censimento dei ricettori in cui sono stati censiti e caratterizzati tutti i gli edifici ricadenti in una fascia di 250 metri dal ciglio dell'infrastruttura, ricettori particolarmente sensibili non individuati e quindi non è stanza presa in considerazione la fascia di 500 metri per lato.

2. Analisi acustica del territorio: sono state effettuate indagini di rumorosità attualmente presente mediante misure fonometriche volte alla caratterizzazione acustica di alcuni ambiti del territorio e necessarie nel processo di taratura del software di calcolo adottato. Sono stati eseguiti sei rilievi fonometrici, di cui uno di durata settimanale in continuo di 6 ore cioè suddividendo la giornata in 2 fasce orarie (una diurna e una notturna) ed eseguendo in ogni fascia una misura della durata di 3600 minuti.; due di durata di 24 ore, per la precisione, una con tecnica di campionamento rumore autostradale ed una rumore ferroviario, tre di breve durata con tecnica di campionamento MAOG, cioè suddividendo la giornata in 5 fasce orarie (tre diurne e due notturne) ed eseguendo in ogni fascia una misura della durata di 10 minuti. Per tutte le misure è stato eseguito il contestuale conteggio dei traffici veicolari distinguendo mezzi leggeri e mezzi pesanti e velocità media di percorrenza; in particolare, per la misura settimanale, sono stati rilevati i flussi veicolari in continuo per tutta la durata della misura

3. Individuazione dei livelli sonori di riferimento: dai riferimenti normativi si individua una fascia unica di pertinenza acustica di ampiezza 250 metri dal ciglio stradale con limiti acustici unici per tutti gli edifici, fatta eccezione per i ricettori sensibili per i quali si considerano soglie acustiche minori, consone al livello di tutela richiesto. I ricettori sensibili sono considerati anche all'esterno della fascia di 250 metri per lato dall'infrastruttura. In accordo a quanto indicato nei testi normativi di riferimento, inoltre, nei casi in cui vi sia la presenza contemporanea di altre infrastrutture il cui rumore possa essere ritenuto concorsuale alla infrastruttura viaria in oggetto, i limiti di riferimento subiscono una variazione tale da tenere conto della situazione peggiorativa, per i vari ricettori, determinata dalla compresenza di più sorgenti di rumore.

4. Modellazione acustica: L'individuazione dei livelli acustici su tutti gli edifici prossimi all'infrastruttura viaria è stata definita mediante un software specifico che ha rappresentato il clima acustico nei vari scenari di calcolo, attuali e di progetto, tarato sulla base delle indagini fonometriche e di traffico condotte ad hoc. Il modello scelto per questo tipo di analisi è il modello di simulazione SoundPlan 8.2, ampiamente utilizzato per studi di questo tipo, attraverso il quale è stato realizzato, sia il

modello digitale del terreno a partire da una cartografia tridimensionale con una precisione altimetrica di 0,5 metri, sia il modello digitale dell'edificato verificato ed integrato con le informazioni disponibili del censimento ricettori. Sono state infine inserite le infrastrutture stradali esistenti e modellata l'infrastruttura di progetto con il dettaglio delle opere e del corpo infrastrutturale previsto.

5. Scenari di calcolo: In relazione allo "Studio di traffico" elaborato nell'ambito della progettazione dell'opera, sono stati rappresentati gli scenari di calcolo in modalità grafica.

Gli scenari di calcolo hanno riguardato la situazione attuale (ante operam), la situazione di progetto (post operam), la situazione di non progetto (opzione zero) allo stesso orizzonte temporale di progetto, e la situazione di cantiere. In particolare, per quanto riguarda gli interventi di mitigazione, questi sono rappresentati proprio dalla situazione di progetto (post operam) progettati per abbattere i livelli eccedenti i limiti normativi quanto più possibile. Per ogni condizioni di simulazione, inoltre, sono riportate le mappe delle isofoniche del periodo diurno e del periodo notturno con intervallo 5 decibel estese a tutto l'ambito di studio.

L'elaborazione dello studio acustico, oltre alla relazione, ai rapporti di misura effettuati, alle schede di censimento dei recettori acustici, comprende una serie di tavole contenenti la rappresentazione del clima acustico attuale diurno e notturno, clima acustico di progetto diurno e notturno, la rappresentazione del clima acustico all'opzione zero diurno e notturno, la rappresentazione del clima acustico allo stato di cantiere e di quello post-mitigazione.

Infine sono state elaborate le tavole con la previsione degli interventi di mitigazione acustica (barriere acustiche) e la tipologia impiegata.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi a livello nazionale applicati al progetto in esame sono i seguenti:

- D.P.C.M. 1 marzo 1991, 1991 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”.

Legge quadro sul rumore n° 447 del 26 ottobre 1995.

- D.P.C.M. del 14 Novembre 1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”.
- DMA 16/3/1998: “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico”.
- DMA 29/11/2000: “Criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”.
- DPR 142 del 30/3/2004, attuativo della legge quadro: “Rumore prodotto da infrastrutture stradali”.
- D.P.C.M. 1 marzo 1991

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

I limiti ammissibili in ambiente esterno sono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, suddividono il proprio territorio in zone diversamente “sensibili”. A tali zone sono associati valori di livello di rumore, limite diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A [Leq(A)], corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali.

Per gli ambienti esterni, è necessario verificare, quindi, che il livello di rumore ambientale non superi i limiti assoluti stabiliti in funzione della destinazione d’uso del territorio e della fascia oraria (tabelle seguenti), con modalità diverse a seconda che i Comuni siano dotati di Piano Regolatore Generale (PRG), o meno o, infine, che adottino la zonizzazione acustica comunale.

CLASSE I – Aree particolarmente protette
Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
CLASSE II – Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.

CLASSE III – Aree di tipo misto
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.
CLASSE IV – Aree di intensa attività umana
Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.
CLASSE V – Aree prevalentemente industriali
Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
CLASSE VI – Aree esclusivamente industriali
Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Tabella 2- Definizione delle classi di zonizzazione acustica del territorio

Destinazione d'uso territoriale	Periodo DIURNO 6:00÷22:00	Periodo NOTTURNO 22:00÷6:00
Territorio nazionale	70	60
Zona urbanistica A	65	55
Zona urbanistica B	60	50
Zona esclusivamente industriale	70	70

Tabella 2.1- Limiti di immissione di rumore per Comuni con Piano regolatore

Destinazione d'uso territoriale	Periodo DIURNO 6:00÷22:00	Periodo NOTTURNO 22:00÷6:00
Zona esclusivamente industriale	70	70
Tutto il resto del territorio	70	60

Tabella 2.2- Limiti di immissione di rumore per Comuni senza Piano regolatore

Destinazione d'uso territoriale	Periodo DIURNO	Periodo NOTTURNO
	6:00÷22:00	22:00÷6:00
I Aree protette	50	40
II Aree residenziali	55	45
III Aree miste	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 2.3- Limiti di immissione di rumore per Comuni che adottano la zonizzazione acustica

Legge quadro sul rumore n° 447 del 26 ottobre 1995

La Legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sul Rumore", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 254 del 30/10/1995, è una legge di principi e demanda perciò a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche. Nella legge quadro si stabiliscono le competenze delle varie amministrazioni pubbliche che hanno un ruolo nella gestione e controllo del rumore.

D.P.C.M. 14 novembre 1997

Il DPCM del 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", attuazione alla Legge Quadro sul rumore (Art. 3 Comma 1, lettera a), definisce per ogni classe di destinazione d'uso del territorio i seguenti valori:

- Valori limite di emissione
- Valori limite di immissione
- Valori di attenzione
- Valori di qualità.

Con riferimento alle varie classi di destinazione d'uso vengono individuati i valori limite di emissione, riportati in Tabella 2 5, che fissano il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità del ricettore.

Per ogni classe di destinazione d'uso del territorio vengono individuati anche i valori limite di immissione riportati in Tabella 2 6, cioè il valore massimo assoluto di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente esterno, misurato in prossimità del ricettore. I valori vengono ripresi da quelli descritti nel D.P.C.M. 1/3/91

Classe destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-6.00)
	Valori in dB(A)	
I: aree particolarmente protette	45	35
II: aree prevalentemente residenziali	50	40
III: aree di tipo misto	55	45
IV: aree di intensa attività umana	60	50
V: aree prevalentemente industriali	65	55
VI: aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 2.4- Valori limite di emissione in dB(A)

Classe destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (6.00-22.00)	Notturmo (22.00-6.00)
	Valori in dB(A)	
I: aree particolarmente protette	50	40
II: aree prevalentemente residenziali	55	45
III: aree di tipo misto	60	50
IV: aree di intensa attività umana	65	55
V: aree prevalentemente industriali	70	60
VI: aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella 2.5- Valori limite di immissione in dB(A)

DMA 16/3/1998: "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"

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

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

Nell'Allegato A al DMA sono riportate delle definizioni di alcune espressioni e grandezze utilizzate in acustica; gli Allegati B, C e D contengono rispettivamente: i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore in genere, i criteri e le

modalità di esecuzione delle misure del rumore stradale e ferroviario e le modalità di presentazione dei risultati. Per quanto riguarda il rumore da traffico stradale, essendo questo un fenomeno avente carattere di casualità o pseudo casualità, il monitoraggio deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad una settimana.

DMA 29/11/2000: “Criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”

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

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

I contenuti essenziali del piano di risanamento consisteranno nella:

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

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all’art.11 della Legge Quadro. Nelle aree in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza, il rumore non deve superare complessivamente il fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

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

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

La novità di questo decreto, infine, sta nel fatto che si evincono la caratterizzazione e l’indice dei costi degli interventi di bonifica acustica mediante tipo intervento, campo di impiego, efficacia, costi unitari.

D.P.R. 142 del 30/3/2004, attuativo della legge quadro: “Rumore prodotto da infrastrutture stradali”

Il DPR individua l’ampiezza delle fasce di pertinenza dei vari tipi di strade, attenendosi alla classificazione del Codice della Strada; per ciascun tipo di strada stabilisce inoltre i limiti di pressione sonora ammissibili all’interno delle fasce di pertinenza stesse. Vengono distinte infrastrutture stradali di nuova realizzazione ed esistenti o assimilabili, per le quali

sono validi i limiti riportati rispettivamente nelle Tabelle 1 e 2 - Allegato 1 DPR 142 e di seguito riportate.

Strade di nuova realizzazione						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo Dm 5/11/2001 – “Norma funz. o geom. Per la costruzione di strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]
A – autostrade		250	50	40	65	55
B – extraurbane		250	50	40	65	55
C – extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D – urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C, allegata al DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall’art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno.

Tabella 2-6 Valori limite in dB(A) di emissione del rumore stradale per strade di nuova realizzazione.

Strade esistenti e assimilabili (Ampliamenti in asse, affiancamenti, varianti)						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme CNR 1980 o direttiva PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturno [dB(A)]
A – autostrade		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbane		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C, allegata al DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno.

Tabella 2-7 Valori limite in dB(A) di emissione del rumore stradale per strade di esistenti e assimilabili.

3 CLASSIFICAZIONE ACUSTICA COMUNALE

In base alla Legge Quadro sul rumore n.447/1995, i Comuni hanno a disposizione lo strumento di "zonizzazione acustica" al fine di regolamentare l'uso del territorio sotto gli aspetti acustici.

Il Piano Comunale di Classificazione Acustica è un atto tecnico – politico di governo del territorio in quanto ne disciplina l'uso e le modalità di sviluppo delle attività svolte. In linea generale, tale classificazione si basa sulla tipologia d'uso del territorio, tende alla salvaguardia del territorio e della popolazione dall'inquinamento acustico senza però tralasciare le esigenze dei settori trainanti l'economia del territorio, quali ad esempio gli ambiti industriali sia esistenti, sia di sviluppo programmato e, più in generale, le infrastrutture. La classificazione comunale in zone acusticamente omogenee è pertanto il risultato di una analisi del territorio condotta sulla base di documentazione di pianificazione territoriale comunale e provinciale/regionale e della situazione orografica esistente, oltre che uno strumento complementare allo stesso PRG con funzioni di reciproco controllo e ottimizzazione della pianificazione. Tali finalità, così come indicano le normative citate, vengono perseguite attraverso una suddivisione del territorio in sei zone acusticamente omogenee sulla base di parametri di antropizzazione a scala sociale, culturale e di fruizione in genere, quali:

- Densità di popolazione;
- Presenza di ambiti di sensibilità acustica, come strutture sanitarie, strutture per l'istruzione, aree la cui quiete sonica rappresenti un requisito fondamentale, ecc.;
- Densità di attività commerciali e artigianali;
- Presenza di infrastrutture di trasporto;
- Presenza di ambiti industriali.

Le sei classi acustiche, sulla base dei suddetti parametri e così come indicate nel DPCM 14/11/1997, variano da quella più cautelativa per il territorio (la classe I) a quella rappresentativa della maggiore emissione di rumore (la classe VI).

Nel nostro caso, il progetto ricade interamente nel territorio comunale di Buttapietra e in parte nel comune di Vigasio, Verona, Isola della Scala, Castel d'Azzano le cui amministrazioni hanno provveduto a redigere il Piano di classificazione acustica nel dicembre 2007 per Buttapietra e successivamente nel 2015 per Vigasio, in seguito all'adozione dell'adeguamento del Piano Regolatore generale (PRG) alla Legge Regionale.

Il Piano tiene conto già del progetto dell'infrastruttura e il territorio ad essa prossima risulta già classificato in III classe fino ad una distanza di 100 metri dal ciglio; la restante parte del territorio è prevalentemente in classe III, fatta eccezione per alcuni ambiti urbanizzati in classe IV e zone in classe I appartenenti a ricettori sensibili. Del resto risulta l'intero territorio prevalentemente agricolo con serre e insediamenti sporadici di cascinali.

Tale classificazione è riportata in apposito elaborato, cod. T00IA05AMBCT01_B

4 CARATTERIZZAZIONE DEI LIMITI DI RIFERIMENTO DA APPLICARE AGLI SCENARI DI PROGETTO

Nel caso di analisi della situazione post operam e post mitigazione, le soglie normative sono in riferimento alle fasce di pertinenza acustica dell'opera di progetto tenendo conto dell'eventuale presenza di infrastrutture concorsuali. Le soglie normative a cui fare riferimento per la stima di esposizione acustica dei ricettori e per l'eventuale predisposizione di interventi di mitigazione qualora tale esposizione sia eccessiva, riguardano le fasce di pertinenza acustica dell'opera di progetto tenendo conto dell'eventuale presenza di infrastrutture concorsuali. Al di fuori delle fasce di pertinenza acustica, il rumore emesso dalla sola infrastruttura di progetto concorre al raggiungimento dei limiti di zona così come indicati nella pianificazione comunale (zonizzazione acustica del comune di Buttapietra – Castel D'azzano – Isola della Scala – Vigasio - Verona). I limiti acustici indicati nel Piano comunale, inoltre, saranno presi a riferimento per quanto riguarda la fase di cantiere.

Nello specifico l'opera in progetto è definita dal DPR 30 marzo 2004 n 142 (All.1 - Tabella 1) come strada di nuova realizzazione categoria "C-Extraurbana secondaria", sottocategoria ai fini acustici "C1", con fascia di pertinenza acustica unica di ampiezza 250 metri dal ciglio, per lato. I limiti acustici sono i seguenti:

- 50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per ricettori sensibili quali, scuole, ospedali, case di cura;
- 65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori considerando un'ampiezza della fascia di pertinenza di 250 m dal ciglio validi per le infrastrutture di nuova realizzazione.

Nel caso di sovrapposizione di fasce di pertinenza acustica di altre infrastrutture ferroviarie, è stata verificata la condizione di concorsualità, come indicata nel DM 29/11/2000, attraverso la stima delle emissioni dei singolo arco in ragione del flusso ferroviario che insiste su di esso. Nel caso in cui, oltre all'opera di progetto siano presenti ulteriori infrastrutture, non sottoposte a simulazioni, i limiti imposti alla strada vengono ridotti di una quantità Δ Leq ottenuta in base alla seguente equazione:

$$10\log_{10}\left(10^{\frac{L_1 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2 - \Delta Leq}{10}}\right) = \max(L_1, L_2) \quad [1]$$

con L1 ed L2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente. In questo modo i due assi infrastrutturali rispettano dei limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo consentito per ogni singolo ricettore.

Tale formula fa sì che, nel caso in cui L1 ed L2 siano diversi, si applichi, ai due limiti, un'uguale riduzione percentuale, di modo che non venga penalizzata l'infrastruttura cui compete un limite acustico inferiore.

I limiti applicabili sono ottenuti sottraendo ai limiti imposti alla sola strada, il Δ Leq ottenuto in base all'equazione precedentemente riportata. Tale Δ Leq, e di conseguenza i limiti, variano in funzione delle diverse modalità di

sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle due infrastrutture.

Di seguito sono riportati i diversi scenari che descrivono le possibili interazioni fra le infrastrutture presenti.

Scenario A – Presenza della sola infrastruttura principale

Nel caso che nell'area non siano presenti ulteriori infrastrutture si applicano i seguenti limiti al rumore emesso dalla sola infrastruttura di progetto:

Fascia	Leq diurno	Leq notturno
Unica (0 m-250 m)	65,0 dB(A)	55,0 dB(A)

Tabella 4.1 Valori limite in dB(A) in base a DPR 142/2004

Scenario B – Presenza della strada e di un'ulteriore infrastruttura

Nel caso in cui, oltre alla strada, sia presente un'ulteriore infrastruttura non oggetto di verifica delle emissioni ai fini normativi, i limiti imposti all'infrastruttura di progetto vengono ridotti.

Nelle zone in cui le rispettive fasce si sovrappongono, i limiti da rispettare sono inferiori a quelli che andrebbero rispettati nel caso in cui le due infrastrutture fossero considerate singolarmente.

Altra infrastruttura	Infrastruttura di progetto
	Fascia unica
Fascia A	63,8 dB(A) Leq diurno
	53,8 dB(A) Leq notturno
Fascia B	62,0 dB(A) Leq diurno
	52,0 dB(A) Leq notturno

Tabella 4.2 Valori limite in dB(A) in caso di sovrapposizione con fasce di pertinenza di infrastrutture concorsuali.

E' stata individuata l'infrastruttura concorsuale e per la precisione nel progetto in esame, nella fattispecie, l'asse ferroviario Bologna - Verona, fatta eccezione per gli assi viari locali (classe E, F del DPR 142/2004).

L'analisi di simulazione è stata condotta considerando tutte le sorgenti esistenti unitamente alla variante in progetto; i limiti ridotti a causa della concorsualità sono riportati solo per completezza.

5 ANALISI ACUSTICA DEL TERRITORIO

5.1 CLASSIFICAZIONE DEI RICETTORI

Il censimento dei ricettori è stato effettuato allo scopo di localizzare e caratterizzare, dal punto di vista territoriale ed acustico, tutti gli edifici che si trovano nella fascia compresa all'interno dei 250 metri dal ciglio infrastrutturale di progetto. Nell'ambito dell'attività di censimento, è stata inoltre effettuata l'analisi degli strumenti urbanistici comunali, che ha consentito di verificare l'eventuale presenza di zone di espansione residenziale e/o di aree destinate a parchi, aree ricreative o ad uso sociale e di aree cimiteriali, all'interno della fascia suddetta.

In una fascia più estesa, pari a 500 metri dal ciglio infrastrutturale di progetto, non è stata presa in considerazione poiché non presenti ricettori sensibili quali scuole, ospedali, case di cura, ecc.

I ricettori sono stati individuati e censiti mediante sopralluogo servendosi di apposito software BIM Infracore della Autodesk con il quale si sono ricavati gli Shape Files e relativo dbf dal quale sono stati estratte delle schede esplicative contenenti informazioni geografiche quali quota sul s.l.m., altezza del ricettore, distanze dall'infrastruttura, elementi topologici e costruttivi.

In particolare sono stati differenziati:

1. **In Buttapietra** "Residenziale" e Produttivi, in cui sono stati inseriti sia gli edifici ad esclusivo uso residenziale, sia quelli di tipo misto, aventi attività commerciali al piano terra e abitazioni nei restanti piani, nonché gli alberghi e/o simili; Scuole, Culto, comprendente chiese, edifici monumentali, Uffici; si rimanda agli elaborati di schedatura;(cod. T00IA05AMBSC02_B).
2. Nell' **Attraversamento in variante alla SS12** "Residenziali e Produttivi, riscontrabili";
3. Altro, comprendente edifici non classificabili come ricettori acustici in quanto destinati ad un uso saltuario, ma di dimensioni tali da costituire un ostacolo significativo alla propagazione del rumore.

Complessivamente per effettuare la simulazione software con Soundplan 8.2 e quindi per avere una composizione più realistica del territorio è stata considerata quasi la totalità dei ricettori, compresi quelli fuori la fascia dei 100 metri, per complessivi **225** ricettori per la città di Buttapietra e **205** ricettori in "Variante alla SS 12 che lambisce i Comuni di Verona lato Sud, Castel D'azzano lato Est, Vigasio lato Est, Buttapietra lato Ovest ed infine Isola della Scala lato Nord. Nella fase di sintesi è stata effettuata una selezione nella fascia dei 100 mt per quando riguarda i ricettori dell'abitato di Buttapietra i cui risultati sono stati riportati in tabella nella seguente relazione nel numero di 225 ricettori censiti ai soli fini indicativi. Per quando riguarda i ricettori della variante (interesse di indagine) di progetto sono stati effettuati due criteri di selezione. In primis sono stati considerati i soli ricettori che rientrano nei parametri di legge dei 250 mt dal ciglio dell'infrastruttura di progetto il secondo criterio ha riguardato una meticolosa fase di "debugging" (sono stati eliminati in cartografia numerica, i ricettori con lati inferiori ai 4/5 metri, la presenza di quelle poche ma grosse realtà industriali quali la "Bauli", la massiccia presenza di serre, torri silos ad uso agricolo, fienili e piccole realtà rurali non significative) di un territorio vasto e variegato attraversato così come sintetizzato nella tabella Tabella 5-1, ai risultati di detto censimento, per il suo dettaglio nel numero di 205 ricettori, si rimanda agli elaborati di schedatura (cod. T00IA05AMBSC01_B).

Destinazione d'uso	Numero ricettori	Numero Piani
<i>Residenziali</i>	197	447
<i>Produttivi</i>	18	20
Totale complessivo	205	467

Tabella 5-1 Ricettori alla variante SS 12

Successivamente il numero è stato ulteriormente ridotto eliminando i ricettori costituiti da abitazioni fatiscenti e/o non abitabili, giungendo ad un totale complessivo di **165** ricettori per i quali si è condotta l'analisi degli scenari pre e post operam, oltre che l'analisi nello scenario post-operam mitigato, conseguentemente all'applicazione delle opere di mitigazione previste in progetto. I risultati sono stati poi inseriti nei tabulati seguenti in cui sono riportati, per ogni ricettore analizzato e per ogni piano dello stabile, i livelli previsti su ogni facciata; tali livelli poi sono confrontabili direttamente con i livelli limite previsti dalla normativa, tenendo conto, laddove la fascia di pertinenza dell'infrastruttura stradale si sovrappone con le fasce di pertinenza A o B dell'infrastruttura ferroviaria presente, della riduzione dei limiti dovuta alla concorsualità tra le infrastrutture, come descritto nel par. 3 precedente

5.2 INDAGINE FONOMETRICA

5.2.1 Premessa

Nell'ambito del progetto definitivo in studio, sono state condotte delle indagini fonometriche volte alla caratterizzazione di alcuni ambiti del territorio e tali da essere rappresentativi anche nel processo di taratura del software di calcolo adottato. Sono state condotte, cioè, delle misurazioni volte, sia alla rappresentazione del clima acustico allo stato attuale, sia alla verifica dei livelli acustici di output del modello di simulazione, tali da definire le eventuali correzioni da apportare affinché i valori di simulazione meglio si approssimino ai livelli effettivi registrati in campo.

L'indagine fonometrica è stata effettuata nel mese di marzo 2021 ed ha coinvolto un punto di misura, di durata settimanale in continuo (PS01), mentre nel mese di dicembre 2022 sono state effettuate altre tre campagne di misura fonometrica:

1. H24 con tecnica di campionamento rumore autostradale presso via dell'Alpo;
2. H24 rumore ferroviario tratta Bologna – Verona presso ex. Stazione di Castel D'Azzano;
3. Tre di breve durata con tecnica di campionamento in punti caratteristici/critici (PM01, PM02, PM03), cioè suddivisa la giornata in 5 fasce orarie (tre diurne e due notturne) ed eseguendo in ogni fascia una misura della durata di 10 minuti.

Contemporaneamente sono stati rilevati i parametri meteo (temperatura, velocità del vento, umidità, precipitazioni) necessari affinché la misura possa essere ritenuta valida ai sensi di legge.

I dati di traffico corrispondenti ai periodi di misura, ripartiti per tipologia di veicolo, velocità di percorrenza, corsia di marcia e rispettiva sezione considerata non sono stati effettuati, per un semplice ragionamento; in primo luogo si è decisi di andare in variante, quindi scelta progettuale a monte; in secondo luogo il software utilizzato consente di effettuare la modellazione previsionale con il solo inserimento delle misure fonometriche di durata settimanale a campionamento.

Per il dettaglio delle misurazioni e dell'output strumentale si rimanda all'elaborato specifico cod. T00IA35AMARE02_A.

5.2.2 Strumentazione utilizzata e tecniche di misura

Sono stati utilizzati diversi fonometri integratori / analizzatori, tutti di classe 1 IEC651 / IEC804 / IEC61672, come richiede la normativa specializzata, tarati in apposito centro SIT autorizzato.

Le indagini sono state effettuate sotto il controllo della calibrazione all'inizio e al termine di ogni ciclo di misura, utilizzando un calibratore anch'esso di classe 1.

I rilevamenti sono effettuati in accordo con quanto previsto dalla normativa di settore utilizzando la "cuffia" antivento a protezione del microfono, in condizioni meteorologiche normali ed in assenza di precipitazioni atmosferiche. Per quanto riguarda la localizzazione delle postazioni, in linea generale, le misure vengono effettuate presso ricettori che si trovano in prossimità della sorgente stradale da caratterizzare, per far sì che il rumore rilevato non risulti "disturbato" dalla presenza di altre sorgenti sonore.

Le misurazioni vengono realizzate della durata di una settimana, come prescritto dalla vigente normativa per le misure del rumore prodotto dal traffico stradale (punto 2, Allegato C al DMA 16/3/1998).

Il microfono del fonometro viene posizionato a circa 1,5 metri dal suolo, ad almeno un metro da altre superfici interferenti (pareti ed ostacoli in genere) e orientato verso la sorgente di rumore la cui provenienza sia identificabile.

Di seguito si riporta la descrizione sintetica delle postazioni di misura, sia come localizzazione, che come risultati ottenuti:

1. Misura (PS01)

Punto	Lat	Long	Misura (cont/camp.)	n. ripetizioni	
				diurne	notturne
Abitato di Buttapietra SS 12	5022058	165688	settimanale	1	1

2. Misura h24 rumore ferroviario

Punto	Lat	Long	Misura (cont/camp.)	n. ripetizioni	
				diurne	notturne
Castel D'azzano	5027054	1654060	Continua h24	1	1

3. Misura (PM01) – (PM02) – (PM03)

Punto	Lat	Long	Misura (cont/camp.)	n. ripetizioni	
				diurne	notturne
San Giovanni In Lupatoto Via della Liberta	5027022	1655448	Campionata	3	2
Castel D'azzano – sp 25	5025748	1653648	Campionata	3	2
Vigasio – SP 51	5020831	1654359	Campionata	3	2

Tabella 5.2.2 Ubicazione postazione di misura

5.2.3 Risultati delle indagini

Nel seguito si riporta la sintesi dei valori acustici rilevati separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno, rimandando per ogni dettaglio del caso al citato allegato con il report di indagine.

Valori acustici

Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno	
Postazione	LEQ [dB(A)]
Ps-01	65,8
H24 Ferrovia	66,9
H24 Strada	74,2
PM-01	68,9
PM-02	75,3
PM-03	71,2

Tabella 5-2.3.1 Valori di rumore ante operam – Periodo diurno

Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno	
Postazione	LEQ [dB(A)]
PS-01	60,71
H24 Ferrovia	69,2
H24 Strada	67,4
PM-01	
PM-02	
PM-03	

Tabella 5-2.3.2 Valori di rumore ante operam – Periodo notturno

6 IL MODELLO DI SIMULAZIONE ACUSTICA

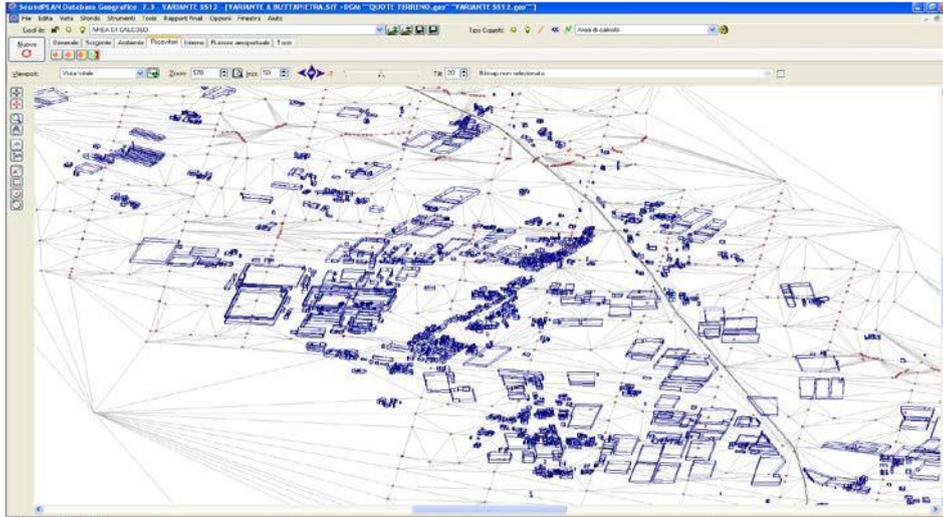
6.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI SIMULAZIONE

Il modello di simulazione utilizzato per l'elaborazione dei progetti acustici di dettaglio come quello in oggetto, è il software SoundPlan 8.2 questo è un software all'avanguardia per effettuare simulazioni acustiche in grado di rappresentare al meglio le reali condizioni ambientali che caratterizzano il territorio studiato. Questo modello di simulazione è uno tra gli strumenti più completi oggi presenti sul mercato per la valutazione della propagazione del rumore prodotto da sorgenti di ogni tipo: da sorgenti infrastrutturali, quali ad esempio strade, ferrovie o aeroporti, a sorgenti fisse, quali ad esempio strutture industriali, impianti eolici o impianti sportivi.

Attraverso la propagazione dei raggi sonori contenenti lo spettro di energia acustica provenienti dalla sorgente, il software tiene conto dei complessi fenomeni di riflessione multipla sul terreno e sulle facciate degli edifici, nonché della diffrazione di primo e secondo ordine prodotta da ostacoli schermanti (edifici, barriere antirumore, terrapieni, etc.). A partire dalla cartografia DTM (Digital Terrain Model), cioè il modello digitale utilizzato per rappresentare la superficie del suolo terrestre, si perfeziona la costruzione del 3D dell'area operando attraverso una banca dati dei materiali che è inserita all'interno del modello, comunque implementabile.

La generazione del 3D è completata attraverso l'estrusione degli edifici, il posizionamento di tutti i ricettori in facciata, la creazione delle sorgenti e di tutta la geometria del territorio.

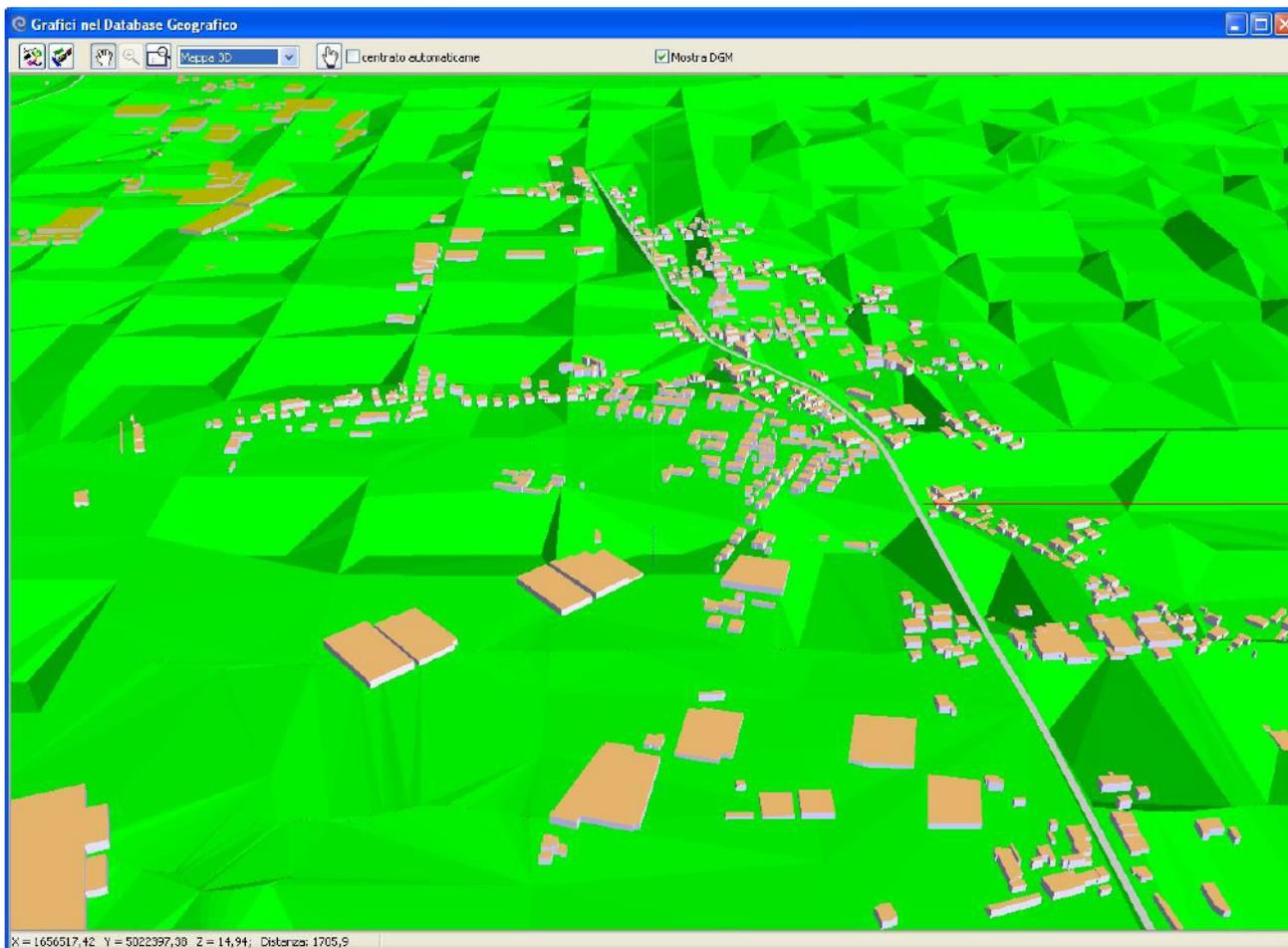
Dopo aver ultimato la digitalizzazione degli elementi base, si sono attribuiti i primi parametri acustici per l'elaborazione cartografica dei ricettori, ossia il corridoio di indagine, la fascia di rispetto ed eventuali sotto divisioni della fascia rimanente: in tal modo si è assegnato ai singoli ricettori il pertinente limite di legge. SoundPlan è uno strumento previsionale progettato per modellizzare la propagazione acustica in ambiente esterno prendendo in considerazione tutti i fattori interessati al fenomeno, come la disposizione e forma degli edifici, la topografia del sito, le barriere antirumore, il tipo di terreno e gli effetti meteorologici. Una delle principali innovazioni di questo software si riscontra proprio nella precisione di dettaglio con cui viene rappresentata la reale orografia del territorio; per fare un esempio si può citare la schematizzazione di ponti e viadotti, i quali possono essere schematizzati come sorgenti sonore posizionate alla quota voluta, mantenendo però libera la via di propagazione del rumore al di sotto del viadotto stesso, come si può osservare nella figura.



Dal punto di vista della propagazione del rumore, SoundPlan consente di determinare la propagazione acustica in campo esterno prendendo in considerazione numerosi parametri legati alla localizzazione ed alla forma ed all'altezza degli edifici; alla topografia dell'area di indagine; alle caratteristiche fonoassorbenti e/o fonoriflettenti del terreno; alla tipologia costruttiva del tracciato dell'infrastruttura; alle caratteristiche acustiche della sorgente; alla presenza di eventuali ostacoli schermanti o semi-schermanti; alla dimensione, ubicazione e tipologia delle barriere antirumore.

Circa le caratteristiche fono assorbenti e/o fono riflettenti del terreno, SoundPlan è in grado di suddividere il sito studiato in differenti poligoni areali, ognuno dei quali può essere caratterizzato da un diverso coefficiente di assorbimento del suolo, a differenza dei precedenti strumenti di calcolo in cui era possibile definire un solo valore identico per tutto il territorio simulato. Nella figura si osserva un esempio di poligonatura (colore magenta) con diversi fattori di assorbimento e la finestra di interfaccia grafica mediante la quale è possibile definire il coefficiente per il poligono selezionato.

La realizzazione di un file di input può essere coadiuvata dall'innovativa capacità del software di generare delle visualizzazioni tridimensionali del sito, mediante un vero e proprio simulatore di volo in cui è possibile impostare il percorso e la quota del volo, variabili anche in itinere del sorvolo secondo necessità; tale strumento permette di osservare graficamente la totalità dei dati di input immessi, verificandone la correttezza direttamente muovendosi all'interno di scenari virtuali tridimensionali (cfr. figura seguente di esempio).



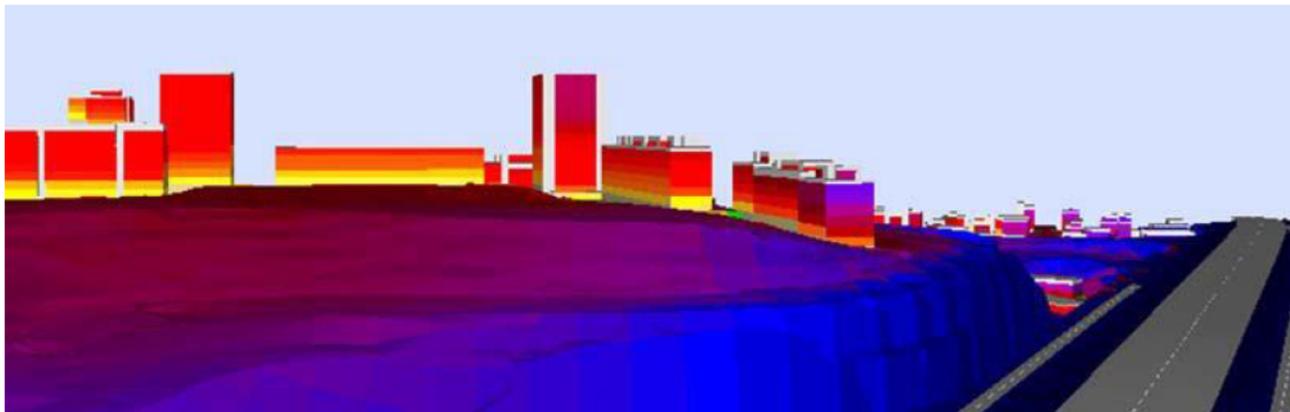
Per quanto riguarda la definizione della sorgente di rumore, SoundPlan 8.2 consente di inserire i parametri di caratterizzazione della sorgente sonora mediante diverse procedure:

- TGM: inserimento del numero di veicoli giornalieri totali, della percentuale di veicoli pesanti e della velocità media dell'intero flusso.
- \bar{V}/h : inserimento dei precedenti parametri suddivisi nelle tre fasce orarie standard: fasce diurna (06:00-20:00), serale (20:00-22:00) e notturna (22:00-06:00).
- Emissioni: per ognuna delle tre fasce orarie suddette, è possibile inserire direttamente il livello della potenza sonora prodotta dalla sorgente stessa.

Successivamente si inseriscono le proprietà fisiche dell'infrastruttura, indicando il numero e le dimensioni delle corsie e delle carreggiate di cui è composta, impostando le dimensioni manualmente o scegliendo tra più di 30 tipologie di infrastrutture, indicando il tipo della superficie stradale e la tipologia del flusso veicolare che la caratterizza (fluido continuo, continuo disuniforme, accelerato, decelerato) ed indicando, infine, il tipo di superficie stradale di cui è composta.

Bisogna evidenziare, inoltre, come il software SoundPlan nasca dall'esigenza di implementare degli strumenti già esistenti al fine di ottenere uno strumento di maggiore precisione ed in grado di applicare correttamente le nuove normative

Europee, come ad esempio gli indicatori Lden ed Lnight. I livelli così stimati vengono segnalati sulla griglia in facciata, e rappresentati anche sulle facciate degli edifici con colori diversi secondo i livelli di pressione acustica (vedi fig. seguente).



Durante lo svolgimento delle operazioni matematiche, questo software permette di effettuare calcoli complessi e di archiviare tutti i livelli parziali collegati con le diverse sorgenti, per qualsiasi numero di punti di ricezione al fine di individuare i singoli contributi acustici. Inoltre i livelli acustici stimati sui punti della griglia (mappe acustiche) possono essere sommati, sottratti ed elaborati, con qualsiasi funzione definita dall'utente.

Tra i diversi algoritmi di calcolo presenti nel software, SoundPlan 8.2 è in grado di utilizzare per le simulazioni di sorgenti stradali il metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-2008 per le strade e per le ferrovie il modello di calcolo dell'emissione sonora da parte della ferrovia si basa sulle regole di calcolo contenute nell'opuscolo "SCHALL 03" (SCHALL significa SUONO in tedesco), seconda edizione corretta del luglio 1990, edito dalle Ferrovie Statali Tedesche - Ufficio Centrale delle Ferrovie Statali - Monaco di Baviera.

SoundPlan 8.2 permette, infine, di ottenere in formato tabellare qualunque valore acustico si voglia conoscere di un ricevitore, per ognuna della sua facciate, per ogni piano, restituendo anche l'orientamento delle facciate rispetto alla sorgente sonora, la distanza relativa dall'asse dell'infrastruttura, la differenza di quota sorgente ricevitore ed altre informazioni presenti nel modello. Per quanto riguarda la progettazione di interventi di mitigazione acustica, il modello di simulazione SoundPlan 8.2 consente di inserire schermi antirumore con caratteristiche variabili a scelta dell'utente, sia dal punto di vista dell'assorbimento acustico (coefficienti di assorbimento alfa, per ogni banda di frequenza), sia relativamente ai requisiti fisici. Possono essere definite definire le caratteristiche geometriche della struttura indicando la forma, l'altezza, la presenza di un eventuale sbalzo inclinato e l'eventuale presenza e forma di un diffrattore acustico posto in sommità della barriera.

Possono essere inseriti schermi acustici direttamente a bordo infrastruttura, nel caso che l'infrastruttura si trovi in rilevato-raso, ad una distanza maggiore nel caso che l'autostrada si trovi in trincea o in condizioni particolari da risolvere, o a bordo ponte nel caso si tratti di un'infrastruttura in viadotto.

6.2 VERIFICA DI ATTENDIBILITÀ DEL MODELLO DI SIMULAZIONE (TARATURA)

Per la caratterizzazione acustica delle sorgenti stradali esistenti e per individuare i livelli di pressione sonora in prossimità di alcuni dei ricettori interessati dall'impatto acustico dell'infrastruttura (e quindi per verificare l'attendibilità del modello di simulazione), sono stati utilizzati i rilievi fonometrici puntuali effettuati ad hoc e già descritti e sintetizzati nei precedenti paragrafi.

Il software di calcolo SoundPlan 8.2 permette un processo di calibrazione (mettendo a confronto i valori misurati con quelli simulati) in funzione di diversi parametri di calcolo, tra cui alcuni connessi alla sorgente ed altri connessi alla modalità di propagazione del suono nel percorso compreso tra la sorgente e il ricettore. In particolare, è possibile agire sui parametri di propagazione, quali la cartografia 3D, la presenza di muri, la tipologia di suolo, le riflessioni, ecc. La taratura del modello di simulazione è stata quindi impostata nelle aree in cui la sorgente acustica di tipo stradale sia ben identificabile.

L'input della sorgente è stato impostato su base geometrica, per quanto riguarda le dimensioni fisiche della piattaforma stradale e del numero di corsie presenti e su base emissiva, per quanto riguarda numero e tipologia di veicoli presenti e la loro relativa velocità.

Per procedere alla taratura del modello di calcolo sono stati eseguiti i seguenti passaggi:

- inserimento dei punti virtuali di misura all'interno del modello tridimensionale esattamente nei punti in cui sono stati condotti i rilievi reali;
- inserimento dei dati acustici di immissione misurati (Leq [dB(A)]) come metadato all'interno del punto virtuale del modello;
- inserimento nel modello dei dati del traffico rilevato;
- calcolo dei livelli simulati in corrispondenza di tutti i punti virtuali inseriti (Leq [dB(A)]);
- verifica degli scostamenti tra i dati misurati ed i dati simulati.

Di seguito, separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno, si riporta la sintesi dei valori registrati, dei valori di simulazione e delle relative differenze, a margine delle quali si individua il valore medio rappresentativo dell'approssimazione di calcolo del modello di simulazione adottato.

Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno	
Postazione	LEQ [dB(A)]
Ps-01	65,8
H24 Ferrovia	66,9
H24 Strada	74,2
PM-01	68,9
PM-02	75,3
PM-03	71,2

Sintesi dei valori registrati nel periodo diurno	
Postazione	LEQ [dB(A)]
PS-01	60,71
H24 Ferrovia	69,2
H24 Strada	67,4
PM-01	
PM-02	
PM-03	

PUNTO DI MISURA	VALORI MISURATI dB(A)		VALORI SIMULATI dB(A)		DELTA MISURA-SIMULAZIONE	
	Leq diurno	Leq notturno	Leq diurno	Leq notturno	DIURNO	NOTTURNO
PS-01	65,8	60,7	76,1	67,5	+9,9	+5,8
H24 Ferrovia	66,9	69,2	67,8	68,3	+1,4	+1,5
H24 Strada	74,2	67,4	74,8	67,3	+0,6	+0,1
PM-01	68,9					
PM-02	75,3					
PM-03	71,2					
MEDIA					+6,6	+0,1

Questo eccessivo scostamento in parte è dovuto in particolar modo al fatto che la misura PS-01 è stata eseguita in un periodo di chiusura dettata dall'emergenza sanitaria COVID. In particolare modo prendendo per buone le misure delle H24 lo scostamento medio per il periodo diurno è pari a 0,6 [dB(A)] e per il periodo notturno è pari a 0,1 [dB(A)]; queste leggere divergenze del dato simulato rispetto alla misura reale possono essere causate da alcuni effetti schermanti e fonoassorbenti che influiscono sulla misura, ma non è ipotizzabile una rappresentazione della geomorfologia del territorio dettagliata di tutti i possibili elementi interferenti per non incorrere in tempi di digitalizzazione e calcolo estremamente onerosi a fronte di una minore incertezza tra dato rilevato e dato simulato. Si deve tenere inoltre in considerazione che una misura fatta con uno strumento di classe 1 ha di per sé un'incertezza di ± 0.6 dB.

Pertanto, nell'ambito del presente studio, la modellizzazione svolta può essere considerata affidabile e coerente sia sotto il profilo delle geometrie che della propagazione acustica.

7 ANALISI ACUSTICA

7.1 PREMESSA

In relazione allo “Studio di traffico” elaborato nell’ambito della progettazione dell’opera, nel presente studio vengono descritti gli scenari di calcolo che riguardano due orizzonti temporali: l’anno 2019, per lo scenario attuale e l’anno 2026, per gli scenari futuri (l’entrata in esercizio è prevista per l’anno 2026, per cui l’anno 2036 rappresenta lo scenario di regime effettivo). Questi ultimi vengono distinti in tre sotto gruppi: lo scenario post operam, cioè la situazione con l’infrastruttura di progetto senza interventi di mitigazione, lo scenario post operam mitigato, cioè la situazione con l’infrastruttura di progetto con interventi di mitigazione acustica laddove necessari e l’opzione 0, cioè la situazione futura senza la realizzazione dell’infrastruttura di progetto.

Tutti gli scenari di calcolo sono rappresentati in modalità sia numerica, che grafica. Nella prima modalità, i risultati del modello sono riportati in una tabella numerica, allegata al presente documento, in cui si identifica il livello acustico per ogni edificio e per ogni piano di simulazione, evidenziando gli eventuali esuberi rispetto ai limiti normativi separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno.

Il software di simulazione ha tenuto conto dell’orografia del terreno e dell’esatto posizionamento piano altimetrico del corpo stradale di progetto, essendo entrambi i dati dedotti da file vettoriali tridimensionali; è stato peraltro tenuto conto delle caratteristiche medie di assorbimento del terreno sulla base del processo di taratura sopra descritto e sono stati inseriti tutti gli edifici presenti considerandone altezza e destinazione d’uso, nonché i possibili elementi interposti fisicamente tra la sorgente di rumore e gli edifici ricettori.

Il software di simulazione ha tenuto conto dell’orografia del terreno e dell’esatto posizionamento piano altimetrico del corpo stradale di progetto, essendo entrambi i dati dedotti da file vettoriali tridimensionali; è stato peraltro tenuto conto delle caratteristiche medie di assorbimento del terreno sulla base del processo di taratura sopra descritto e sono stati inseriti tutti gli edifici presenti considerandone altezza e destinazione d’uso, nonché i possibili elementi interposti fisicamente tra la sorgente di rumore e gli edifici ricettori.

Tutti gli scenari di calcolo sono rappresentati in modalità grafica di simulazione, evidenziando gli eventuali esuberi rispetto ai limiti normativi separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno.

7.2 I DATI DI TRAFFICO DI ESERCIZIO

Il lavoro è stato analizzato agli orizzonti temporali 2019, per lo scenario Ante Operam o Attuale e 2026 e 2036, per gli scenari di progetto e futuri. Il dettaglio dei flussi, che riguarda la distinzione in veicoli leggeri, veicoli pesanti, negli scenari di studio relativamente ai singoli archi stradali e ai versi di percorrenza, è riportato nello Studio Trasportistico.

Si riporta di seguito la sintesi dei dati sull’asse principale e sulla viabilità principale e che costituisce infrastruttura concorsuale, mentre si rimanda allo studio trasportistico il dettaglio degli archi relativi alle rampe di svincolo e al resto della viabilità ordinaria.

Dallo studio di simulazione effettuato si è potuto evincere lo scenario ante - operam, cioè la situazione con l'infrastruttura rappresentata dalla SS 12 nell'attraversamento di Buttapietra che possiamo definire "progetto senza interventi di mitigazione", lo scenario post operam e post operam mitigato, cioè la situazione con l'infrastruttura di progetto "Variante alla SS12" con interventi di mitigazione acustica laddove necessari e l'opzione 0, cioè la situazione futura senza la realizzazione dell'infrastruttura di progetto.

TRATTI DI RIFERIMENTO	Scenario Ante Operam o Attuale - 2019										
	Traffico diurno (n° veicoli)				Traffico notturno (n° veicoli)				Traffico giornaliero medio (n° veicoli)		
SS 12 Abitato Buttapietra	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totale
8	13715	2243	15958	14%	1165	97	1262	8%	14880	2340	17220
9	13761	2176	15937	14%	1169	94	1263	7%	14930	2270	17200
10	7862	2080	9942	21%	668	90	758	12%	8530	2170	10700

Tabella 7-1 Sintesi dei flussi veicolari nello scenario attuale

TRATTI DI RIFERIMENTO	Scenario "Opzione 0" anno 2026										
	Traffico diurno (n° veicoli)				Traffico notturno (n° veicoli)				Traffico giornaliero medio (n° veicoli)		
SS 12 Abitato Buttapietra	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totale
8	13982	2464	16446	15%	1188	106	1294	8%	15170	2570	17740
9	14037	2397	16434	15%	1193	103	1296	8%	15230	2500	17730
10	8028	2291	10319	22%	682	99	781	13%	8710	2390	11100

TRATTI DI RIFERIMENTO	Scenario "Opzione 0" anno 2036										
	Traffico diurno (n° veicoli)				Traffico notturno (n° veicoli)				Traffico giornaliero medio (n° veicoli)		
SS 12 Abitato Buttapietra	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totale
8	16120	2953	19073	15%	1370	127	1497	9%	17490	3080	20570
9	15945	2723	18668	15%	1355	117	1472	8%	17300	2840	20140
10	9125	2656	11780	23%	775	114	890	13%	9900	2770	12670

Tabella 7-2 Sintesi dei flussi veicolari nello scenario opzione 0

TRATTI DI RIFERIMENTO	Scenario "Progetto" anno 2036											
	Traffico diurno (n° veicoli)				Traffico notturno (n° veicoli)				Traffico giornaliero medio (n° veicoli)			
SS 12 variante	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totali	% pesanti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Totale	
11	17457	1831	19288	9%	1483	79	1562	5%	18940	1910	20850	
12	13291	1208	14499	8%	1129	52	1181	4%	14420	1260	15680	
12-13	7475	1754	9229	19%	635	76	711	11%	8110	1830	9940	
13	7346	1256	8602	15%	624	54	678	8%	7970	1310	9280	

Tabella 7-2 Sintesi dei flussi veicolari nello scenario futuro di progetto

Per quanto riguarda le velocità, si è considerato 100 km/h sugli assi principali e 40/50 km/h sulle rampe.

7.3 SCENARIO ANTE OPERAM

Rispetto alle caratteristiche generali del modello sopra descritte, è stato analizzato lo scenario ante-operam prendendo in considerazione il solo "tratto di maggiore flusso veicolare della SS. 12", ovvero nei pressi dell'abitato di Buttapietra; si sono potuti individuare, su 225 ricettori censiti, il livello di pressione sonora a ciascun piano del fabbricato, considerando quali sorgenti di rumore le viabilità principali nello stato attuale.

In riferimento ai limiti normativi per questi assi viari dedotti, sulla base del D.P.R. 142/2004, nel Piano di classificazione acustica comunale, risultano oltre le soglie un totale di 90 ricettori, tutti residenziali, corrispondenti cioè ad una percentuale sul totale di circa il 40%. Osservando i valori di simulazione, si evince che la media degli esuberi è di circa 7 decibel, sia di giorno, che di notte. Per lo scenario ante operam sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 1,5 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), rispettivamente con codifica T00IA05AMBCT02_B e T00IA05AMBCT03_B.

Inoltre si è accertato un discreto numero di ricettori che presenta valore di immissione, in facciata, nel periodo notturno superiori a quelli del periodo diurno: ciò è dovuto alla presenza della ferrovia, con frequenti passaggi notturni, soprattutto di treni merci, più lunghi e rumorosi dei convogli passeggeri.

7.4 SCENARIO OPZIONE 0

L'opzione 0 corrisponde alla rappresentazione dell'emissione acustica della rete stradale esistente, ma all'orizzonte temporale di progetto, cioè l'anno 2036, senza però la realizzazione dell'infrastruttura di progetto. A questo scenario normalmente corrispondono, sulla rete viaria esistente, flussi di traffico maggiori rispetto alla situazione ante operam per il trend generale di crescita del traffico che si manifesta nel bacino di influenza del progetto.

In riferimento agli stessi limiti normativi individuati per la situazione ante operam e, quindi, in riferimento agli stessi assi

viari, i ricettori che risultano oltre le soglie sono dello stesso ordine di grandezza di quelli individuati nell'ante operam. Cioè, risultano oltre le soglie un totale di 225 il clima acustico medio percepito dai ricettori esposti, sia di giorno, che di notte rimane stabile.

Sullo stesso scenario sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 1,5 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), rispettivamente con codifica T00IA05AMBCT04_A e T00IA35AMBCT07_A.

7.5 SCENARIO POST OPERAM

Nello scenario post operam, come dettagliato nei precedenti capitoli, i limiti di riferimento adottati si evincono dal D.P.R. 142/2004 in riferimento, in particolare, alle infrastrutture di nuova realizzazione, eventualmente corretti per la presenza di infrastrutture concorsuali quali l'infrastruttura ferroviaria.

Per quanto riguarda l'infrastruttura ferroviaria costituita dalla Linea FF.SS. Bologna-Verona, che lambisce l'infrastruttura di nuova realizzazione in diversi tratti ed in particolar modo, presso il Comune di Castel D'Azzano. Si è provveduti in base al D.P.R. 459/98 all'individuazione delle fasce di pertinenza, la fascia A larga 100 metri e la Fascia B da 150mt., calcolate partendo dal binario più esterno su ogni lato. La normativa di riferimento per il rumore prodotto dalle infrastrutture ferroviarie è il DPR 18.11.1998 n. 459.

Ai sensi del DPR 18.11.1998 n. 459 per le infrastrutture esistenti, loro varianti, infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento di infrastrutture esistenti ed infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h si dispone quanto segue:

La fascia territoriale di pertinenza viene fissata, a partire dalla mezzzeria dei binari esterni e per ciascun lato una fascia territoriale di pertinenza della infrastruttura avente larghezza di 250 m, suddivisa in due parti:

- fascia A, più vicina alla infrastruttura, larga 100 m;
- fascia B, più lontana dalla infrastruttura, larga 150 m.

Nel caso di realizzazione di nuove infrastrutture in affiancamento ad una esistente la fascia di pertinenza si calcola a partire dal binario più esterno preesistente.

I valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura sono:

all'interno della fascia di pertinenza di 250 metri (A+B):

- 50 dB(A), Leq diurno, e 40 dB(A), Leq notturno, per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 50 dB(A), Leq diurno, per le scuole;
- 70 dB(A), Leq diurno, e 60 dB(A), Leq notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia A;
- 50 dB(A), Leq diurno, e 40 dB(A), Leq notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia B;

all'esterno della fascia di pertinenza:

- i valori stabiliti nella tabella C del D.P.C.M. 14.11.97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti

sonore”.

Per questo scenario sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 1,5 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), rispettivamente con codifica T00IA05AMBCT08_A e T00IA05AMBCT17.

7.6 SCENARIO POST OPERAM MITIGATO

In linea generale proprio con l'attraversamento in variante alla SS 12 si portano al di sotto dei limiti normativi in ambito esterno tutti i ricettori che hanno presentato esuberi rispetto allo scenario post operam, effettuando una verifica dei livelli acustici a tutti i piani degli edifici per definire in maniera esaustiva il dimensionamento degli interventi.

Si potrebbe nell'ottica di minimizzare ancora di più gli effetti visivi delle schermature acustiche, un possibile dimensionamento degli interventi solo per le situazioni che ne richiedevano effettiva necessità; inoltre, la tipologia di barriera da scegliere, dovrà essere prevista, con materiali che coniugano l'efficienza sotto il profilo acustico con la qualità sotto l'aspetto visivo e l'armonizzazione ai caratteri paesaggistico-locali.

In alcuni casi lo scenario attuale risulta già ampiamente compromesso (valori fuori limite) dalle sorgenti presenti per cui la nuova infrastruttura in progetto non consentirà, nonostante le opere di mitigazione, il raggiungimento del limite normativo di immissione, ma comunque realizzerà un miglioramento del livello di immissione in facciata.

Per questo scenario sono state elaborate anche le mappe acustiche ad altezza 1,5 metri dal suolo per i periodi diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00), rispettivamente con codifica T00IA05AMBCT19_B A T00IA05AMBCT27_B .

8 INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

Le analisi acustiche mediante software di simulazione hanno definito il dimensionamento degli interventi di mitigazione acustica che riguardano circa 1660 metri lineari di schermature antirumore, per una superficie di 9550 metri quadrati complessivi.

Le schermature sono previste con due modalità di realizzazione in ragione della disposizione rispetto ai dispositivi di ritenuta. Cioè, al fine di scongiurare qualsiasi interazione tra il sistema veicolo/barriera ed eventuali ostacoli non cedibili, come ad esempio una barriera antirumore, è necessario che questi siano collocati oltre ad una distanza minima funzione della tipologia del sistema di ritenuta. Nel caso in esame, la barriera di sicurezza è H2 di tipo Anas, bordo laterale, per cui tale distanza minima è pari a 1,7 metri.

In sintesi gli interventi antirumore sono stati previsti nelle seguenti due situazioni:

- Integrata, laddove per mancanza di spazio non sia possibile posizionare la barriera antirumore oltre la distanza minima dai dispositivi di sicurezza; in questi casi si utilizza un sistema misto che incorpora, sia il sistema di ritenuta di tipo H2, sia il sistema antirumore.
- Bordo strada, con margine per la Barriera .

Le barriere sono costituite da montanti metallici verticali e pannellature in acciaio corten con materassino fonoassorbente, più pannellatura in PMMA trasparente di 15 mm di spessore. La scelta delle tipologie è dettata dall'unione di esigenze prettamente tecniche (caratteristiche di fono-assorbimento dei pannelli) e di sicurezza, con esigenze percettive dell'opera (caratteristiche di trasparenza delle schermature).

Nella tabella sottostante si riporta il dettaglio degli interventi progettati

VARIANTE SS 12 Documentazione Barriere

Codice barriera	Tipologia di barriera	Opera interessata	Pk inizio	Pk fine	Lato*	Lunghezza (m)	Altezza (m)
BAC01	Standard	Asse principale	00+800	00+925	D	125	5,75
BAC02	Standard	Rampa2	00+200	00+320	D	120	5,75
BAC03	Standard	Ramo Ovest rotonda Ca Brusà Strada della corte bassa	00+000	00+035	D	65	5,75
			00+004	00+034	D		
BAC04	Standard	Strada della corte bassa	00+500	00+700	S	200	5,75
BAC05	Standard	Strada della corte bassa	01+000	01+100	S	100	5,75
BAC06	Standard	Strada della corte bassa Rotatoria Bauli Ramo sud rotonda Bauli	01+260	01+297	D	107	5,75
			00+060	00+081	D		
			00+049	00+000	S		
BAC07	Standard	Via Ca di David Rotatoria Stazione Nuova via della Stazione	00+080	00+004	S	168	5,75
			00+063	00+073	D		
			00+542	00+460	S		
BAC08	Standard	Nuova via della stazione	00+267	00+440	S	173	5,75
BAC09	Standard	Via San Giorgio	00+146	00+216	D	70	5,75
BAC10	Standard	Rampa 13	00+011	00+100	D	89	5,75

BAC11	Standard	Rotatoria la Rizza – Ramo la Rizza Rotatoria la Rizza Rotatoria la Rizza – Ramo Ca Brusà	00+000 00+023 00+050	00+058 00+034 00+000	D D S	119	5,75
BAC12	Integrata	Asse principale	03+125	03+450	D	325	5,75

In corsivo le chilometriche vengono indicate in maniera decrescente per continuità con gli assi adiacenti

*: Posizione rispetto al verso di progettazione dell'asse (progressive crescenti) – D: lato Destro; S: lato Sinistro

Di seguito vengono riportate le categorie di fonoassorbimento acustico e di isolamento acustico sulla base della UNI EN 1793.

CLASSIFICAZIONE SECONDO LA NORMA UNI EN 1793			
assorbimento acustico DL_a		isolamento acustico per via aerea - DL_r	
A0	non determinato	B0	non determinato
A1	< 4	B1	< 15
A2	4 - 7	B2	15 - 24
A3	8 - 11	B3	> 24
A4	> 11		

Tabella 8-2 Caratteristiche acustiche intrinseche degli interventi

- Per i pannelli metallici fonoassorbenti di progetto
 - o Indice di assorbimento DL_a $\geq A3$
 - o Indice di isolamento DL_r $\geq B3$
- Per i pannelli in PMMA di progetto
 - o Indice di assorbimento DL_a -
 - o Indice di isolamento DL_r $\geq B3$

9 CANTIERIZZAZIONE

9.1 PREMESSA

Di seguito si è valutato l'impatto acustico relativo alla fase di cantiere del progetto definitivo per la realizzazione della Variante alla SS 12 da Buttapietra alla tangenziale Sud di Verona, che si innesta a sud dell'abitato di Buttapietra e termina in corrispondenza della rampa di accesso alla tangenziale sud di Verona in via dell'Apo, per uno sviluppo complessivo di circa 14 Km.

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di cantieri fissi, posizionati lungo il tracciato, che si distinguono in:

- Cantiere Base;
- Cantiere Operativo;
- Area di Stoccaggio.

Ai fini di valutare le interferenze acustiche generate per la realizzazione del progetto in oggetto nella fase di corso d'opera, sono stati considerati anche i cantieri lungo linea adibiti per le realizzazioni di interventi più rilevanti come rilevati/trincee. Pertanto, nel presente studio acustico, saranno analizzati anche i cantieri lungo linea distinti in cantieri lungo linea per trincee e rilevati;

L'analisi acustica è stata rappresentata mediante una modellazione matematica con il medesimo software di simulazione utilizzato per le fasi di esercizio, SoundPlan 8.2, che al suo interno è dotato di un ampio database di sorgenti specifiche di cantiere, comunque implementabile. Per ogni categoria di cantiere, al fine di individuare le situazioni rappresentative da modellare attraverso il codice di calcolo, si sono assegnate le fasi di lavorazioni previste, i macchinari utilizzati, la loro percentuale di utilizzo nell'arco della giornata e l'eventuale contemporaneità tra più di essi.

Per quanto riguarda i cantieri fissi sono state simulate tutte le aree di lavorazione, mentre per i cantieri lungo linea sono state scelte le aree più rappresentative, verificando le distanze oltre le quali la rumorosità emessa può ritenersi trascurabile. Da dette simulazioni sono stati individuati i ricettori fuori limite e, successivamente, si sono dimensionati gli interventi di mitigazione acustica sulle aree di cantiere.

Per individuare i ricettori fuori limite si è fatto riferimento ai limiti di emissione acustica degli stessi rispetto alla loro classe di appartenenza rispetto alla zonizzazione acustica del comune di Buttapietra.

9.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le attività oggetto di analisi riguardano sostanzialmente due categorie: lavorazioni di cantiere stradale e movimentazione di materiale sulla rete viaria di nuova realizzazione.

Entrambe le categorie di lavori si riferiscono ad aree localizzate e/o a assi infrastrutturali su cui transitano mezzi stradali. Anche se la rete infrastrutturale utilizzata è prevalentemente quelle esistenti di innesto alla Variante alla SS 12, le caratteristiche di flusso, in termini di numero di mezzi e di velocità di transito, sono tali da richiamare i riferimenti normativi

“locali” piuttosto che quelli di interesse nazionale prima citati su “strade” (DPR n. 142 del 30/3/2004 “Rumore prodotto da infrastrutture stradali”).

Questa considerazione assume maggiore consistenza in ragione della temporaneità delle attività in essere, caratteristica che può essere regolamentata dall’art. 4, comma 1, lettera g) e dall’art. 6, comma1, lettera h) della legge quadro sull’inquinamento acustico n.447 26 ottobre 1995.

A questo proposito, i valori di esposizione massima al rumore della popolazione sono normati sulla base della pianificazione acustica comunale in ottemperanza alla Legge Quadro 447/1995.

In riferimento alle classi acustiche di zonizzazione comunale sono definiti dei limiti acustici, come indicati nel DPCM 14/11/1997, distinti in Valori limite di emissione (art. 2), Valori limite assoluti di immissione (art. 3), Valori limite differenziali di immissione (art. 4), Valori di attenzione (art. 6), Valori di qualità (art.7).

Il Comune di Buttapietra è l’unico comune interessato all’area di intervento e, come detto nei precedenti capitoli, ha prodotto il documento di zonizzazione acustica del proprio territorio riportato nell’elaborato cod.T00IA05AMACT01_B. Riassumendo, nella seguente tabella si riportano i limiti utilizzati nello studio, in funzione delle caratteristiche di appartenenza del singolo ricettore.

Classe di appartenenza del ricettore	Limite di emissione acustica diurno
Classe I	45 dB(A)
Classe II	50 dB(A)
Classe III	55 dB(A)
Classe IV	60 dB(A)
Classe V	65 dB(A)
Classe VI	65 dB(A)

Tabella 9.1 Valori limite di emissione acustica per le classi di zonizzazione acustica

9.3 IMPOSTAZIONE METODOLOGICA

L’analisi acustica degli aspetti di cantiere viene rappresentata mediante il software di simulazione sulla base di un input progettuale dedotto dagli elaborati tecnici di cantierizzazione, cioè:

- localizzazione delle diverse aree di cantiere, distinguendo i cantieri fissi dai cantieri lungo linea;
- caratterizzazione delle differenti tipologie e numero dei macchinari ed attività previste;
- caratterizzazione delle sorgenti sonore per ogni tipologia di lavorazione;
- assegnazione della durata giornaliera delle attività e della percentuale di utilizzo (CU) dei singoli macchinari utilizzati;
- calcolo della potenza sonora $L_w(A)$ associata a ciascun cantiere;
- verifica dei parametri normativi del caso;

- previsione di interventi di mitigazione laddove risultato necessario.

Le macchine di cantiere sono state considerate come sorgenti puntiformi a cui è stata assegnata una determinata potenza sonora e una quota sul piano campagna, che rappresenta la quota di emissione. La caratterizzazione acustica dei macchinari viene estrapolata da misure dirette sui macchinari e/o dal database interno del modello di simulazione e/o da fonti documentali pubbliche. A questo proposito in particolare si fa riferimento alla caratterizzazione delle sorgenti di cantiere del C.P.T. Il C.P.T. (Comitato Paritetico Territoriale per la Prevenzione Infortuni, l'Igiene e l'Ambiente di Lavoro di Torino e Provincia) è un ente senza scopo di lucro, costituito nel 1970 con accordo tra il Collegio dei Costruttori Edili (ANCE) della provincia di Torino, le associazioni artigiane di categoria (CNA-Costruzioni, CASA e Unione Artigiana) e le organizzazioni sindacali dei lavoratori edili (FeNeAL-UIL, FILCA-CISL, FILLEA-CGIL). Il C.P.T. mette a disposizione per bande di ottava dati di "Pressione sonora" e/o "Potenza acustica" di un congruo numero di macchinari di cantiere, suddivisi per tipologia e/o marca e/o modello specifico.

Sulla base della rappresentazione delle varie tipologie di cantiere, l'analisi delle interferenze di tipo acustico viene condotta relativamente alle fasi di maggiore emissione rumorosa estendendone i risultati all'intero ciclo lavorativo. Con tale approccio si è voluto rappresentare una condizione sicuramente cautelativa per i ricettori, demandando alle successive fasi di progettazione il dettaglio maggiore che ad esse compete.

In ragione della tipologia di sorgenti acustiche di progetto, la stima delle eventuali interferenze sugli edifici prossimi alle aree di attività viene effettuata, come detto, in funzione dei limiti acustici dedotti dalla classificazione acustica comunale, se presente. Sono infine state effettuate le simulazioni acustiche del caso, sia simulando le attività presenti all'interno dei cantieri fissi presenti lungo il tracciato sia simulando le attività realizzative dell'opera che si localizzano nei cantieri lungo linea.

Nel seguente paragrafo si riportano le analisi acustiche effettuate per ciascuna tipologia di sorgente sonora individuata.

9.4 DATI DI INPUT: ANALISI DELLE SORGENTI SONORE

Come riportato in premessa, per lo studio acustico redatto per fase di cantiere, sono stati considerati i cantieri fissi e i cantieri lungo linea.

In particolare, per quanto riguarda i cantieri fissi sono state individuate due aree:

- Cantiere Base;
- Area di Stoccaggio.

Il cantiere base è un cantiere che insiste sul territorio per l'intera durata dei lavori del singolo tronco di lavorazione. Questo è un cantiere dove si ha una grande movimentazione di materiali e mezzi che afferiscono all'intero tronco e in cui è presente anche l'officina per la riparazione di mezzi e per la prefabbricazione.

L'area di stoccaggio è un'area in cui l'attività si concentra nella movimentazione delle terre o dei materiali edili.

Per quanto riguarda tutti e nove i cantieri fissi, in ragione della permanenza continuativa sul territorio e delle emissioni

acustiche prodotte al loro interno, si è preferito fornire una rappresentazione puntuale sul territorio mediante simulazioni acustiche su tutte le aree e su tutti i ricettori direttamente interessati dal fenomeno.

Per i cantieri lungo linea, invece, sono state oggetto di simulazione le attività correlate alle principali lavorazioni del caso, localizzandole nelle tratte di maggiore presenza di ricettori; sono state stimate quindi le potenze sonore correlate alle attività costruttive delle seguenti tipologie di opera:

- Lavorazioni per rilevato/trincea;

Per le varie tipologie di cantiere individuate sono state simulate le seguenti aree rappresentative:

- Cantiere Lungo Linea realizzazione di 9 Km

Su ogni cantiere e/o area operativa è stato identificato un database di macchinari appartenenti alle seguenti tipologie da utilizzare all'interno delle simulazioni acustiche:

- Autocarro;
- Escavatore;
- Pala meccanica;
- Rullo compressore;
- Macchina per pali, trivelle;
- Bulldozer;
- Autobetoniere;
- Gru;
- Officina.

In riferimento alla relazione di cantierizzazione e delle potenze acustiche dei singoli macchinari dedotti, come detto, da fonti documentali pubbliche, nonché tenendo conto che la giornata lavorativa fa riferimento al solo periodo diurno, il tipo di macchina operatrice considerata e la localizzazione delle potenze sonore dei cantieri sono riportate nelle seguenti tabelle, distinguendo cantieri fissi e cantieri mobili.

Cantiere fisso – cantiere Base [A1]			
Macchine operatrice/Attività	Numero	Coeff.Util.	LwA[dB(A)]
Movimentazione materiali	1	0,80	102,8
Autocarro	4	0,10	99,4
Totale mezzi	5		
LwA diurno [dB(A)]			104,4

Tabella 9.2 Emissione acustica cantiere base

Cantiere fisso – operativo [B1-C1]			
Macchine operatrice/Attività	Numero	Coeff.Util.	LwA[dB(A)]
Movimentazione materiali	2	0,20	99,4
Autocarro	1	0,50	100,7
Officina	1	0,50	102,7

Totale mezzi	4		
LwA diurno [dB(A)]			105,9

Tabella 9.3 Emissione acustica cantieri operativi 1 e 2

Cantiere fisso – operativo [D1]			
Macchine operatrice/Attività	Numero	Coeff.Util.	LwA[dB(A)]
Movimentazione materiali	1	0,30	98,5
Autocarro	1	0,20	96,4
Officina	1	0,50	102,7
Totale mezzi	3		
LwA diurno [dB(A)]			104,8

Tabella 9.4 Emissione acustica cantiere operativo 3

Cantiere fisso – operativo [D1]			
Macchine operatrice/Attività	Numero	Coeff.Util.	LwA[dB(A)]
Movimentazione materiali	1	0,30	98,1
Autocarro	1	0,30	98,6
Pala meccanica	1	0,30	98,6
Totale mezzi	3		
LwA diurno [dB(A)]			103,2

Tabella 9.5 Emissione acustica area stoccaggio

Le potenze sonore mostrate nel presente paragrafo sono quindi state implementate all'interno del modello di simulazione, localizzandole nelle opportune zone di lavorazione. Si sottolinea che per i cantieri lungo linea l'emissione acustica effettiva andrà rapportata all'effettivo tempo di esposizione dei singoli ricettori che varia in maniera sostanziale in base alla velocità di avanzamento del fronte di avanzamento lavori.

9.5 DATI DI OUTPUT DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE

Le simulazioni hanno restituito i livelli di rumore sia in formato numerico che mediante curve isofoniche, entrambi strumenti di valutazione con le quali è stato possibile dimensionare in maniera opportuna, laddove necessario, gli interventi di mitigazione di cantiere.

Di seguito si illustrano gli output del modello di simulazione sia per i cantieri fissi, che per i cantieri lungo linea. Negli elaborati "T00IA35AMBCT08_A - Mappe impatto acustico allo stato di cantiere mitigato" inoltre, vengono riportate le Mappe della situazione delle sorgenti sonore dello stato di cantiere; si sono effettuate le simulazioni modellistiche per le aree localizzate lungo il tracciato, e per i ricettori presenti nel tracciato (esclusi le destinazione d'uso "Altro", cioè gli edifici non classificabili come ricettori acustici): 45 ricettori risultano fuori limite rispetto ai valori di emissione ricavati dalla zonizzazione acustica.

9.6 INTERVENTI DI MITIGAZIONE IN FASE DI CANTIERE

In linea generale, in fase di cantierizzazione sarà necessario ricercare e mettere in atto tutti i possibili accorgimenti tecnico organizzativi e/o interventi volti a rendere il clima acustico inferiore ai valori massimi indicati nella normativa tecnica nazionale e regionale. Nel caso tale condizione non fosse comunque raggiungibile, l'appaltatore dovrà effettuare delle valutazioni di dettaglio e, laddove necessario, richiedere al Comune una deroga ai valori limite, ai sensi della Legge 447/95. Nel presente paragrafo vengono quindi indicate le opere di mitigazione del rumore proponibili, nonché i provvedimenti tecnici atti a contenere il rumore nelle diverse situazioni riscontrabili all'interno delle aree di lavorazione.

Gli interventi antirumore in fase di cantiere possono essere ricondotti a due categorie:

- interventi "attivi", finalizzati a ridurre alla fonte le emissioni di rumore;
- interventi "passivi", finalizzati a intervenire sulla propagazione del rumore nell'ambiente esterno.

In termini generali, considerando che si pone il problema e la necessità di rispettare la normativa nazionale sui limiti di esposizione dei lavoratori (DL 81 del 09.04.2008 e s.m.i.), è certamente preferibile adottare idonee soluzioni tecniche e gestionali in grado di limitare la rumorosità delle macchine e dei cicli di lavorazione, piuttosto che intervenire a difesa dei ricettori adiacenti alle aree di cantiere. È necessario dunque garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, è importante effettuare una verifica puntuale su ricettori critici mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee. La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo, quando possibile, sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere. Vengono nel seguito riassunte le azioni finalizzate a limitare a monte il carico di rumore nelle aree di cantiere:

Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali

- Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali.
- Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate.
- Installazione, in particolare sulle macchine di elevata potenza, di silenziatori sugli scarichi.
- Utilizzo di impianti fissi schermati.
- Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.

Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature

- Manutenzione generale dei mezzi e dei macchinari mediante lubrificazione delle parti, serraggio delle giunzioni, sostituzione dei pezzi usurati, bilanciatura delle parti rotanti, controllo delle guarnizioni delle parti metalliche, ecc.
- Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo

la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

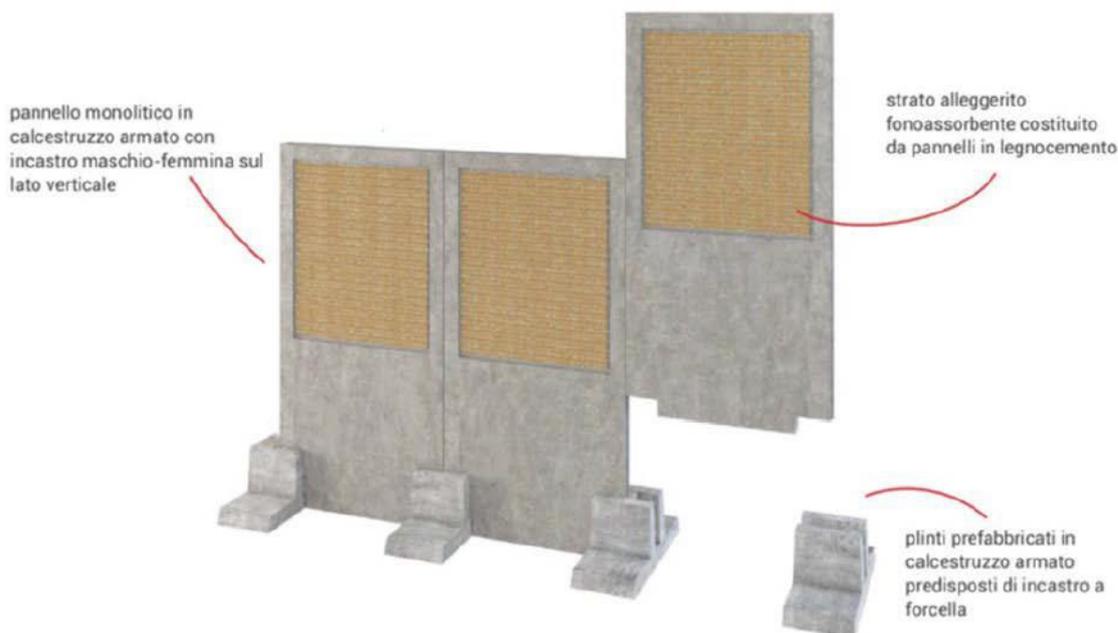
Modalità operazionali e predisposizione del cantiere

- Orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale in posizione di minima interferenza (ad esempio i ventilatori).
- Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici o dalle aree più densamente abitate.
- Utilizzazione di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione di vibrazioni al piano di calpestio.
- Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6:00 8:00 e 20:00 22:00).
- Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.

Per le tipologie di cantiere previste per la realizzazione dell'opera in oggetto, al fine di mitigare i ricettori risultati fuori limite nella fase di corso d'opera, si prevede l'installazione di barriere acustiche mobili in corrispondenza di alcuni cantieri.

Per quanto riguarda i cantieri fissi, si prevede un dimensionamento delle barriere attorno al perimetro delle aree stesse, di altezza tra i 3 e i 4 metri mentre, per i cantieri lungo linea, si prevede di installare, intorno all'area occupata dai macchinari, un sistema di barriere mobili sempre di altezza tra i 3 e i 4 metri.

Nell'immagine seguente si riporta un'immagine della Barriera mobile "tipo" utilizzata nello studio in oggetto.



Nelle seguenti tabelle, si riassume le barriere fonoassorbenti previste nella fase di cantiere, riportando il codice della barriera e le relative dimensioni, sia per i cantieri fissi sia per i cantieri lungo linea.

Barriere fonoassorbenti per cantieri fissi				
codice	Area di cantiere	Lunghezza (m)	Altezza	Superficie (mq)
A	A1	200	3	600
B	B1	300	4	1200
C	C1	200	4	800
D	D1	150	4	600
E	E1	170	4	680
F	F1	180	3	510

Tabella 9.6 Dimensionamento schermi acustici a margine dei cantieri fissi

Barriere fonoassorbenti per cantieri lungo la linea				
codice	Tipo di cantiere	Lunghezza (m)	Altezza	Superficie (mq)
A1-A	Rilevato/Trincea	200	3	600
B1-B	Rilevato/Trincea	300	4	1200
C1-C	Rilevato/Trincea	200	4	800
D1-D	Rilevato/Trincea	150	4	600
E1-E	Rilevato/Trincea	170	4	680
F1-F	Rilevato/Trincea	180	3	510

Tabella 9.7 Dimensionamento schermi acustici a margine dei cantieri mobili

Tuttavia dall'analisi del contesto e dalle simulazioni modellistiche si è potuto accertare che gli interventi di mitigazione, unitamente a tutti gli accorgimenti messi in atto in fase di progettazione ed in fase esecutiva, non sempre garantiscono il rispetto dei limiti di immissione ai ricettori, per motivi precisi:

1. Per i ricettori prossimi a cantieri fissi:

- 1.1. Il superamento dei valori limite assoluti di immissione è dovuto ad un clima acustico già fortemente compromesso, per il quale la presenza del cantiere non sarà molto peggiorativa della situazione attuale;
- 1.2. Il superamento dei valori limite differenziali, viceversa, si riscontrerà in prossimità di alcuni ricettori isolati per i quali il fondo ambiente risulta estremamente basso e per i quali quindi qualsiasi attività umana, nonostante tutti gli accorgimenti possibili ed attuabili, risulterà perturbante oltre i limiti consentiti;

2. Per i ricettori prossimi a cantieri lungo linea:

- 2.1. Per gli stessi motivi specificati per i cantieri fissi, anche per alcuni ricettori prossimi ai cantieri lungo linea si avrà un superamento dei limiti di immissione; in questo caso però tale superamento risulta meno "impattante" poiché le emissioni sono dovute ad attività di cantiere del tutto temporanea.

In entrambi i casi, in fase esecutiva la ditta realizzatrice provvederà a mettere in atto tutti gli accorgimenti previsti nella presente relazione e si inoltrerà apposita autorizzazione in deroga ai limiti previsti per la fase di realizzazione dell'opera.

10 ALLEGATI

Alla presente relazione sono allegati due file:

- **16.5-001.a_T00IA05AMBRE02_B**, con i tabulati di output restituiti dal programma di simulazione specificati di seguito:

ALLEGATO 1 – TABULATI **Output tabellari del modello di simulazione**

- **livelli acustici stato di fatto (al 2019) e di progetto al 2026 e 2036 per i ricettori lungo la S.S.12 ATTUALE – abitato di Buttapietra**
- **livelli acustici di progetto post operam (2026) e post operam mitigato (2026) per i ricettori lungo la variante alla S.S.12 in progetto**
- **livelli acustici di cantiere libero / con barriere per i ricettori lungo la variante alla S.S.12 in progetto**

- **16.5-002_T00IA05AMBRE03_B**, con i risultati dei rilievi fonometrici effettuati ed i dati accessori specificati di seguito:

ALLEGATO 2 – RILIEVI FONOMETRICI **Output tabellari dei rilievi fonometrici**

- **Relazione sulle modalità di effettuazione delle misure (normativa, modalità operative, strumentazione utilizzata, punti di misura)**
- **livelli acustici rilevati (Time History e spettro frequenziale) nel rilievo settimanale, diurno e notturno**
- **livelli acustici rilevati (Time History, spettro frequenziale, livelli percentili, analisi componenti tonali ed impulsive) nei rilievi 24h presso ferrovia;**
- **livelli acustici rilevati (Time History, spettro frequenziale, livelli percentili, analisi componenti tonali ed impulsive) nei rilievi spot di taratura del modello;**
- **riconoscimento regionale del Tecnico Acustico e certificati di taratura della strumentazione utilizzata**