

COMUNE DI VERONA

PUA - SCHEDA 34

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER URBANIZZAZIONE DI
AREA SITA IN ATO 3 - VERONA - Via San Marco**

Soggetto Attuatore :

Sig.ra Marcolini Rosa

Sig. Martinelli Tullio

Progettista :

Arch. Paolo Richelli
Lungadige Panvinio, 17 - Verona
Tel. 045 - 590050
e-mail : studio@architettorichelli.it
Iscrizione Ordine Architetti PPC di Verona : N° 499

Collaboratore :

Arch. Lucia Giavina

RELAZIONI : **5**

TAVOLE :

5.3 CLIMA ACUSTICO

REV N. : 03

Data : OTTOBRE 2018

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI CLIMA ACUSTICO

PUA ATO 3 SCHEDA NORMA 34
“via San Marco”

Comune di Verona

Committente	Sig.ri Martinelli e Marcolini	TCA	Ing. Giovanni Spellini
Progettista	Studio Richelli	Data:	31/10/2018

FASCICOLO

5

RELAZIONI

TAVOLA :

5.3

CLIMA ACUSTICO

SOMMARIO

1	Rumori e Vibrazioni	4
1.1	Premessa	4
1.2	Normativa di riferimento	4
1.2.1	Inquinamento acustico da traffico veicolare	6
1.3	Modelli di propagazione delle onde sonore	8
1.3.1	Propagazione libera delle onde sonore	8
1.3.2	Direttività della sorgente	9
1.3.3	Attenuazione in eccesso.....	10
1.3.4	Attenuazione delle barriere acustiche.....	12
1.3.5	Propagazione delle sorgenti lineari.....	14
1.3.6	Propagazione delle sorgenti piane.....	15
1.4	Modelli matematici di calcolo.....	16
1.4.1	Modellistica acustica per il traffico stradale.....	16
1.4.2	Modellistica acustica dei parcheggi	17
1.4.3	SoundPlan 7.1	18
1.5	Inquadramento territoriale.....	20
1.5.1	Classificazione acustica	20
1.6	Descrizione dell'intervento	23
1.6.1	Premessa	23
1.7	Identificazione dei ricettori.....	26
1.7.1	Premessa	26
1.7.2	Ricettori esistenti.....	26
1.7.3	Ricettori futuri.....	27
1.8	Valutazione del clima acustico.....	28
1.8.1	Strumentazione utilizzata	28
1.8.2	Punti di misura.....	28
1.8.3	Risultati fonometrici.....	29
1.9	Implementazione del modello di calcolo.....	33
1.9.1	Analisi previsionale.....	33
1.9.2	Risultati del modello di calcolo.....	35
1.9.3	Mappe isofoniche.....	36
1.10	Conclusioni	40
2	Certificati e attestati	41

1 Rumori e Vibrazioni

1.1 Premessa

Il rumore viene individuato dai sondaggi come una delle più rilevanti cause del peggioramento della qualità della vita ed è ormai riconosciuto come uno dei principali problemi ambientali; pur essendo talora ritenuto meno rilevante rispetto ad altre forme di inquinamento come l'inquinamento atmosferico o delle acque, il rumore suscita sempre più reazioni negative nella popolazione esposta.

Al contrario di quanto accade per altri fattori di inquinamento, i dati disponibili sull'esposizione al rumore sono piuttosto scarsi e soprattutto poco confrontabili, a causa delle diverse tecniche di rilevamento e di analisi utilizzate.

Dai dati che compaiono nel libro verde della commissione europea sul rumore ambientale (2000) relativamente alla diffusione dell'inquinamento acustico, emerge che una percentuale pari ad almeno il 25% di popolazione dell'UE sperimenta un peggioramento della qualità della vita a causa dell'annoyance, e una percentuale compresa fra il 5 e il 15% soffre di seri disturbi del sonno, dovuti al rumore.

La principale sorgente di rumore risulta essere il traffico stradale, che interessa i 9/10 della popolazione esposta a livelli superiori a 65 dBA. [...]. Emerge la tendenza del rumore ad estendersi sia nel tempo coinvolgendo anche il periodo notturno sia nello spazio estendendosi alle aree rurali e suburbane". (ANPA rassegna degli effetti derivanti dall'esposizione al rumore).

In Italia "L'emanazione della Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26 ottobre 1995 ha stabilito i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno ed abitativo dall'inquinamento acustico; essa definisce tra l'altro l'inquinamento acustico come l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con legittime fruizioni degli ambienti stessi.

Il conseguimento delle finalità legislative viene ricercato con una strategia di azione completa che prevede attività di "prevenzione ambientale" e di protezione ambientale. La Legge Quadro individua in un sistema pubblico/privato il soggetto deputato all'attuazione della strategia di azione delineata, definendo in dettaglio le competenze in materia per i vari enti. In tal senso s'inserisce l'obbligo per le Amministrazioni Comunali di procedere alla classificazione del territorio di competenza in aree acusticamente omogenee.

1.2 Normativa di riferimento

La Legge Quadro 447/1995 definisce tutta la materia dell'inquinamento da rumore nell'ambiente esterno ed abitativo; tale legge è corredata da diversi decreti che svolgono il ruolo di regolamenti attuativi in ordine alle modalità di effettuazione delle misure fonometriche e ai limiti da rispettare. Le principali norme e decreti attuativi di riferimento ai fini del presente studio sono:

- *DPCM 01/03/1991* "Limiti di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- *Legge 447, 26/10/1995* "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- *DPCM 14/11/1997* "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- *DM 16/03/1998* "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- *DPR n. 142, 30/03/2004* in materia di inquinamento acustico derivante dal traffico stradale;
- *DPR n. 459, 18/11/1998* in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario;
- *LR n. 15, 09/05/2001* "Disposizioni in materia di inquinamento acustico";
- *DGR n. 673, 14/04/2004* sulla redazione della documentazione di previsione impatto acustico e della valutazione del clima acustico.

- Le grandezze fondamentali definite dalla LQ 447/1995 e dal DPCM 14/11/1997 sono le seguenti:
- *Limite di emissione*: valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in corrispondenza dei ricettori maggiormente esposti;
- *Limite di immissione*: valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori;
- *Limite di immissione differenziale*: valore massimo della differenza tra il livello di rumore ambientale (con la sorgente disturbante accesa) e il livello di rumore residuo (con la sorgente di rumore spenta). Il livello deve essere valutato all'interno delle residenze;
- *Valore di attenzione*: segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente;
- *Valore di qualità*: da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo per realizzare gli obiettivi di tutela.

Norme tecniche e Standard di calcolo

- ISO 9613-2: 1996
- NMPB – Routes – 96 (Guide du Bruit)
- RMR 2002 (EU) (RMR 2002)

1.2.1 Inquinamento acustico da traffico veicolare

Per la valutazione dell'impatto acustico da traffico veicolare si fa riferimento al DPR 30 marzo 2004 n. 142 "Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n.447".

L'art. 2 del DPR 142/2004 definisce e classifica le strade. Anche all'interno della presente relazione, si intenderà per "strada" l'area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali.

Le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

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

Il decreto fissa limiti di immissione sia per le infrastrutture nuove che per quelle già realizzate e precisamente definisce per ogni classe di strade una fascia di pertinenza calcolata come striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale, per ciascun lato partire dal confine stradale. Si riportano nella seguente tabella i limiti di immissione fissati dall'Allegato 1 del DPR 142/2004.

Tabella 1: Limiti decreto strade; nuove infrastrutture.

Tipo di Strada (secondo il codice della strada)	Sottotipi a fini acustici	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, ospedali ecc.		Altri recettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		250 m	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250 m	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250 m	50	40	65	55
	C2	150 m	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100 m	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30 m	Definiti dal Comune nel rispetto dei valori in Tabella C del DPCM 14.11.97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane (art. 6 Legge 447/1995).			
F - locale		30 m				

La tabella che segue riporta invece i limiti fissati per le infrastrutture esistenti.

Tabella 2: Limiti decreto strade; infrastrutture esistenti.

Tipo di Strada			Scuole ² , ospedali ecc.	Altri recettori
----------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

² Per le scuole vale il solo limite diurno.

(secondo il codice della strada)	Sottotipi a fini acustici ¹	Ampiezza fascia di pertinenza acustica		Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada	-	100 m	fascia A	50	40	70	60
	-	150 m	fascia B			65	55
B - extraurbana principale	-	100 m	fascia A	50	40	70	60
	-	150 m	fascia B			65	55
C - extraurbana secondaria	C _A	100 m	fascia A	50	40	70	60
		150 m	fascia B			65	55
	C _B	100 m	fascia A	50	40	70	60
		150 m	fascia B			65	55
D - urbana di scorrimento	D _A	100 m	-	50	40	70	60
	D _B	100 m	-			65	55
E - urbana di quartiere	-	30 m	-	Definiti dal Comune nel rispetto dei valori in Tabella C del DPCM 14/11/1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane (art. 6 Legge 447/1995).			
F - locale	-	30 m	-				

1 CA: strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980; CB: tutte le altre strade extraurbane secondarie; DA: strade a carreggiate separate e interquartiere; DB: tutte le altre strade urbane di scorrimento.

1.3 Modelli di propagazione delle onde sonore

1.3.1 Propagazione libera delle onde sonore

La propagazione libera delle onde sonore, partendo da un livello di potenza sonora specifico della sorgente è soggetta a fenomeni di attenuazione di diversa natura. Il principale fenomeno di attenuazione è quello dovuto alla divergenza geometrica in funzione della distanza.

Nello studio della propagazione sonora in ambiente esterno è particolarmente importante la definizione del tipo di sorgente sonora che genera il campo acustico.

Si definiscono in particolare tre tipi di sorgenti sonore cui corrispondono altrettanti tipi di attenuazione dovute alla distanza dal ricevitore:

- sorgente puntiforme;
- sorgente lineare;
- sorgente piana.

A far sì che una sorgente sia considerata puntiforme, lineare o piana non è solo la sua forma ma anche la distanza dal ricevitore o meglio le sue dimensioni in rapporto a tale distanza.

Se è possibile approssimare l'emissione di rumore ad una sorgente puntiforme, questa determinerà fenomeni di propagazione per superfici sferiche.

La figura seguente dimostra inoltre che al crescere della distanza dalla sorgente, aumenta la superficie su cui la potenza sonora emessa si distribuisce (divergenza geometrica).

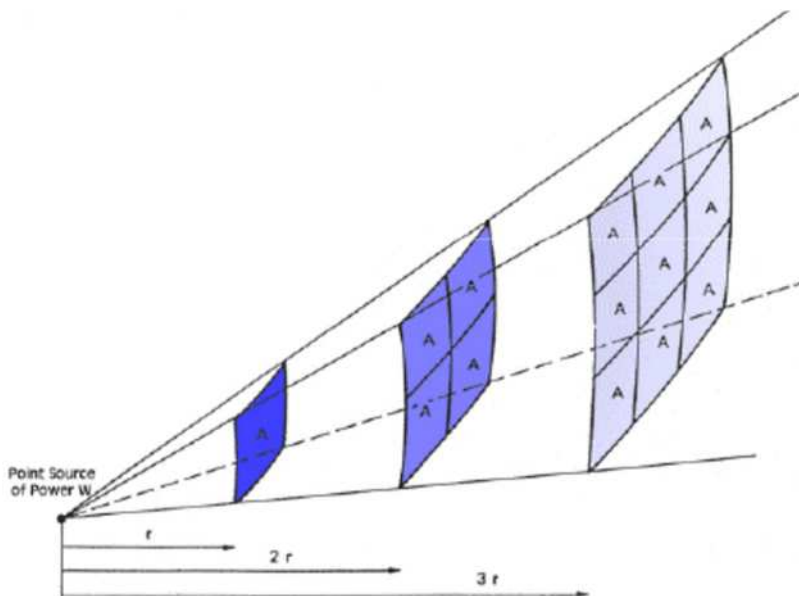


Figura 1-1 Fenomeno della divergenza nei fenomeni ondulatori.

Definendo W la potenza sonora alla sorgente, l'intensità I dell'energia sonora è data da:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}$$

dove r è la distanza espressa in metri.

Sia ora LW il livello di potenza sonora riferito ad una potenza $W_0 = 10^{-12}$ Watt:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

Indicato con L_p il livello di pressione sonora:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \cong 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Il livello di pressione sonora a distanza, ricordando che l'intensità di riferimento è 10^{-12} Wm^{-2} , può essere allora espresso dalla seguente relazione:

$$L_p = L_w - 10 \log(4\pi r^2) \cong L_w - 20 \log(r) - 11$$

nella quale r è espresso in metri.

Da questa relazione si calcola quale sia la riduzione della pressione in funzione della distanza. Questa riduzione è causata semplicemente dalla divergenza geometrica delle onde sonore.

1.3.2 Direttività della sorgente

L'effetto di superfici riflettenti poste nelle immediate vicinanze della sorgente può essere rappresentato da un'opportuna direttività ricavabile in funzione di differenti configurazioni geometriche.

Per caratterizzare la direzionalità di una sorgente si introduce il fattore di direttività, Q .

La direttività può essere espressa in termini logaritmici attraverso l'indice di direttività, D .

$$D = 10 \log Q$$

Esso esprime l'aumento in decibel del livello di intensità sonora dovuto alla direttività della sorgente considerata rispetto al livello che, a parità di potenza sonora, si otterrebbe nel medesimo punto dello spazio se la sorgente fosse omnidirezionale.

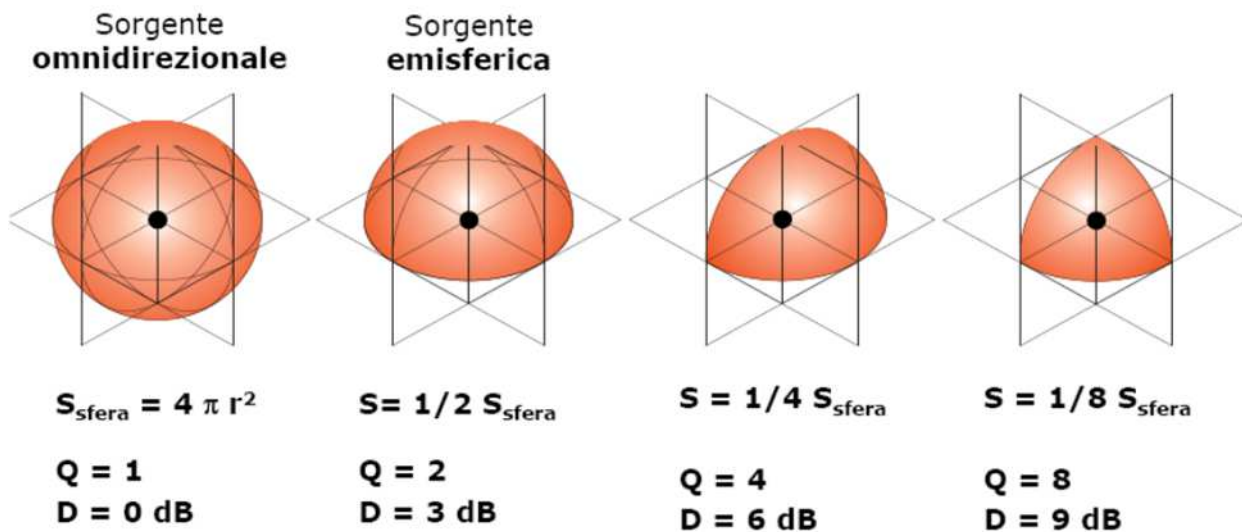


Figura 1-2 Fattori ed indici di direttività

1.3.3 Attenuazione in eccesso

Nella propagazione libera delle onde sonore, oltre all'attenuazione imputabile alla divergenza che abbiamo descritto, si hanno altre riduzioni del livello che sono quindi considerate in eccesso rispetto a quanto prevedibile sulla base della sola divergenza.

Le cause dell'attenuazione in eccesso sono molteplici:

- Attenuazione per riflessione del terreno;
- Attenuazione per la presenza di ostacoli/rilievi;
- Assorbimento atmosferico, $Ae1$;
- Precipitazioni o nebbie, $Ae2$;
- Presenza di vegetazione $Ae3$;
- Fluttuazioni dovute al vento, ai gradienti di temperatura, a turbolenza atmosferica, ecc $Ae4$.

Di seguito verranno analizzate le varie tipologie di attenuazioni in eccesso.

1.3.3.1 Assorbimento atmosferico

L'energia sonora nell'aria viene gradualmente trasformata in energia termica soprattutto attraverso meccanismi di vibrazione delle molecole d'ossigeno: ciò provoca il cosiddetto assorbimento atmosferico. Esso dipende particolarmente da frequenza del suono, temperatura e umidità dell'aria ed è proporzionale alla distanza fra sorgente e ricevitore. Nel caso in esame data la variabilità di temperatura ed umidità dell'aria non sono state effettuate stime di questo tipo di riduzione;

Coefficienti di assorbimento acustico dell'aria in dB/km (dalla Norma ISO 9613-1) per alcune combinazioni di temperatura e umidità relativa dell'aria.

Tabella 3: Fenomeni di attenuazione

T(°C)	U,R,(%)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0,12	0,41	1,04	1,93	3,66	9,66	32,8	117,0
15	20	0,27	0,65	1,22	2,70	8,17	28,2	88,8	202,0
15	50	0,14	0,48	1,22	2,24	4,16	10,8	36,2	129,0
15	80	0,09	0,34	1,07	2,40	4,15	8,31	23,7	82,8
20	70	0,09	0,34	1,13	2,80	4,98	9,02	22,9	76,6
30	70	0,07	0,26	0,96	3,14	7,41	12,7	23,1	59,3

1.3.3.2 *Precipitazioni o nebbie*

L'attenuazione in eccesso dovuta a questi fattori può ritenersi trascurabile.

1.3.3.3 *Presenza di vegetazione*

Quando sia la sorgente che l'osservatore si trovano ad una distanza ridotta dal suolo esiste un sensibile effetto di attenuazione del terreno, esaltato dalla presenza di vegetazione fitta (erbe, cespugli, alberi).

1.3.3.4 *Disomogeneità, fluttuazioni*

Le variazioni della temperatura dell'aria con la quota e la diversa velocità del vento possono influenzare in maniera rilevante la propagazione del suono all'aperto. Un fronte d'onda che si propaga con una certa direzione dalla sorgente al di sopra di una superficie piana viene piegato verso l'alto, se la velocità del suono diminuisce con la quota, o verso il basso se invece la velocità del suono aumenta con la quota. Se il fronte d'onda si piega verso l'alto si formeranno delle zone d'ombra acustica viceversa se piega verso il basso si avranno dei cospicui rinforzi rispetto ai livelli relativi ad aria omogenea.

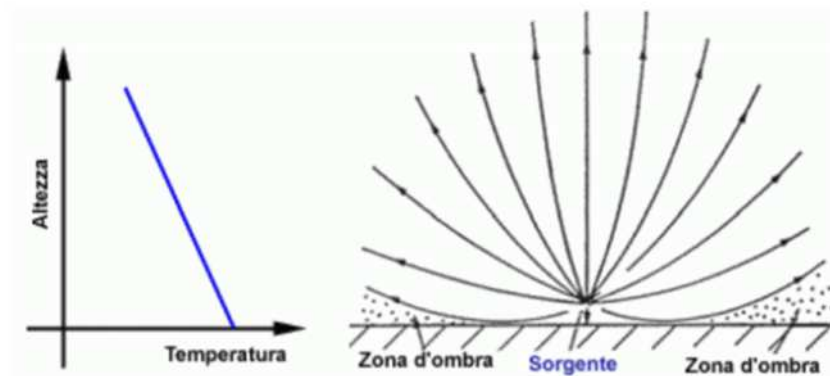


Figura 1-3 Effetto della temperatura con gradiente normale

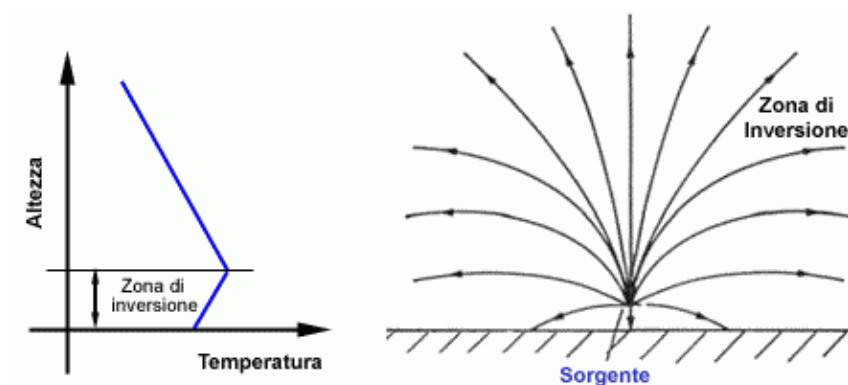


Figura 1-4 Effetto della temperatura in caso di inversione termica

1.3.4 Attenuazione delle barriere acustiche

Quando le onde sonore incontrano un ostacolo, aggirano i bordi dell'ostacolo stesso dando luogo a fenomeni di diffrazione. In altre parole, le direzioni di propagazione delle onde sonore sono deformate dagli ostacoli che esse incontrano. Il ricevitore R si trova a distanza r dalla sorgente S e tra loro si frappone lo schermo infinito in due dimensioni ma finito nella terza:

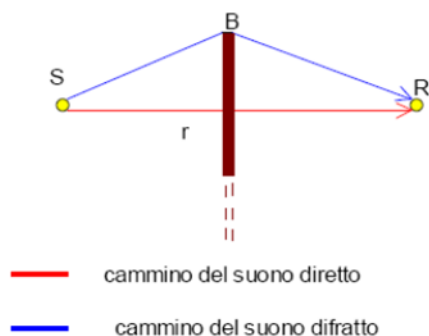


Figura 1-5 Schema di propagazione

Se lo schermo non ci fosse il suono percorrerebbe il raggio rosso e:

$$L_{DIR} = L_W + 10 \log \frac{Q_{DIR}}{4\pi r_{DIR}^2}$$

Ma con una barriera, il suono percorre il percorso blu e subisce una perdita d'energia; si avrà, quindi, un'attenuazione del livello. In questo caso non si ha più un livello diretto ma un livello di fratto LDIFF:

$$L_{DIFF} = L_{DIR} - \Delta L_{BAR}$$

Per poter calcolare ΔL_{BAR} , ossia l'attenuazione della barriera, è necessario conoscere il numero di Fresnel N.

$$N = \frac{2 \cdot \delta}{\lambda} = \frac{2 \cdot \delta \cdot f}{c}$$

Dove λ è la lunghezza d'onda, c la velocità del suono che in aria vale 340 m/s, f è la frequenza e δ è il percorso dell'onda diffratta meno quello dell'onda diretta. Quindi:

$$\delta = \overline{SB} + \overline{BR} - \overline{SR}$$

All'aumentare di f cresce l'attenuazione.

Tra attenuazione e numero di Fresnel, quindi, esiste una legge lineare; essa è descritta dal diagramma di Maekawa e dalle relative formule:

- se la sorgente è puntiforme $\Delta L_{BAR} = 10 \log[3 + 20N]$
- se la sorgente è lineare $\Delta L_{BAR} = 10 \log[2 + 5.5N]$

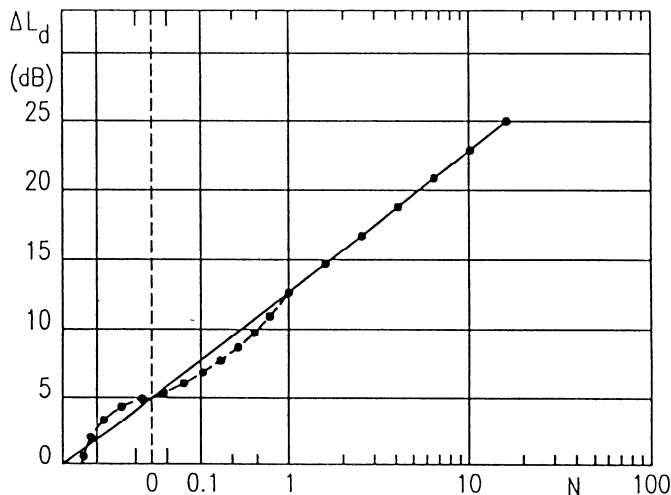


Figura 1-6 Diagramma di Maekawa per sorgenti lineari.

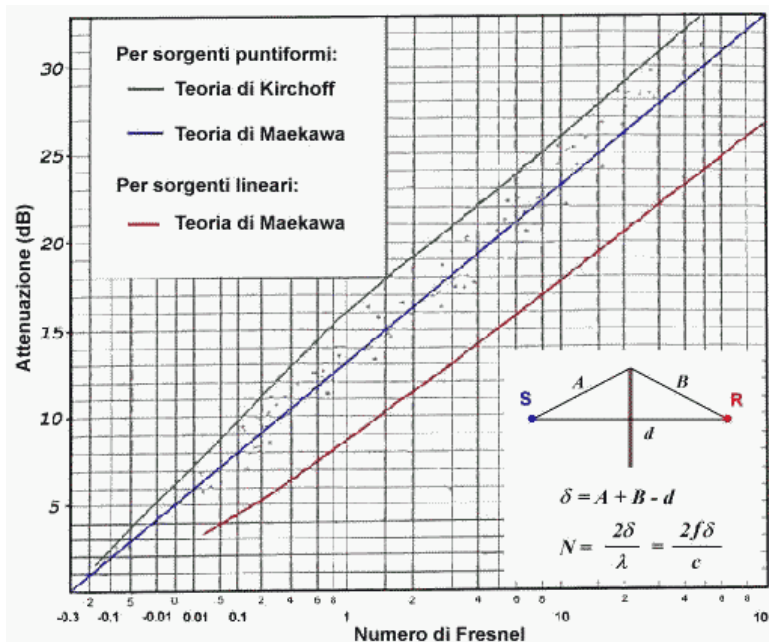


Figura 1-7 Grafico di relazione fra il Numero di Fresnel ed attenuazione.

Attraverso il modello Maekawa si calcola l'attenuazione prevista sui ricettori più vicini.

1.3.5 Propagazione delle sorgenti lineari

Per quanto riguarda le strade ed in generale tutte le infrastrutture di trasporto, l'approssimazione della sorgente ad un punto non può essere utilizzata; in questo caso si fa perciò riferimento al modello di propagazione proposto per sorgenti lineari che, fatto salvo quanto indicato nel precedente paragrafo, consente di determinare il livello di pressione sonora a distanza, utilizzando la seguente relazione (valida per sorgente semi-cilindrica):

$$L_p \cong L_w - 10 \log (r) - 5$$

La valutazione dei livelli di pressione sonora a distanza non terrà conto delle diverse forme di attenuazione ma verrà considerata esclusivamente la riduzione per divergenza geometrica; in questo modo i risultati forniti risulteranno sicuramente più cautelativi.

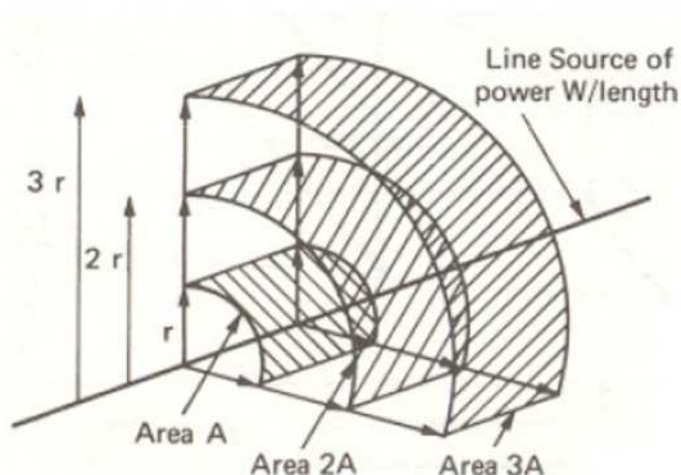


Figura 1-8: Propagazione delle onde sonore per sorgenti lineari..

Il livello di pressione sonora si riduce di 3 dB per ogni raddoppio della distanza della sorgente. (propagazione cilindrica).

1.3.6 Propagazione delle sorgenti piane

Queste sorgenti generano onde sonore piane, che non subiscono attenuazioni da divergenza. Si tratta di una situazione che non si verifica frequentemente nella pratica, nelle normali situazioni di misura.

Tipicamente onde piane possono essere ottenute all'interno di un tubo liscio entro cui si muove in modo oscillatorio un pistone come ad esempio all'interno di una galleria stradale.

Più frequentemente si possono ascrivere a questo tipo le sorgenti areali molto estese, lungo due dimensioni, rispetto alla distanza dal ricevitore, distanza misurata in senso normale alle due suddette dimensioni. È il caso delle pareti di grandi capannoni industriali, ma solo finché la distanza parete-ricevitore si mantiene piccola rispetto alle due dimensioni della parete e non in prossimità dei bordi della stessa.

In condizioni del genere l'intensità sonora si mantiene costante al variare della distanza sorgente-ricevitore.

1.4 Modelli matematici di calcolo

Nelle valutazioni di impatto acustico e dei relativi interventi di mitigazione assume una importanza determinante il calcolo della propagazione acustica in ambiente esterno. La Legge 447/95 ed i suoi decreti attuativi impongono di calcolare o un livello equivalente ponderato A, LAeq, o il cosiddetto livello di valutazione del rumore aeroportuale, LVA. In entrambi i casi la scelta del modello di calcolo è sostanzialmente lasciata all'utilizzatore. La proposta di direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sul rumore ambientale (2000) raccomanda di calcolare in ogni caso il livello giorno-sera-notte, Lden, ed il livello di rumore notturno, Lnight, unificando la scelta dei descrittori acustici. La stessa proposta di direttiva europea va poi oltre la legislazione italiana nel raccomandare anche i metodi di calcolo dei descrittori; tuttavia, su questo punto essa appare condizionata da compromessi. Infatti tali metodi sono, almeno provvisoriamente, i seguenti:

- per il rumore di attività produttive: il metodo normalizzato ISO 9613-2 (1996);
- per il rumore degli aeromobili in prossimità di aeroporti: il metodo europeo descritto nel documento 29 ECAC-CEAC (1997);
- per il rumore da traffico veicolare: il metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-96;
- per il rumore da traffico ferroviario: il metodo di calcolo ufficiale olandese (1996).

Appare subito problematico far convivere metodi differenti fra loro e basati su approssimazioni molto diverse senza nemmeno avere un riferimento per poterli combinare nella valutazione di un caso complesso, come per esempio un aeroporto in vicinanza di un'autostrada e di una ferrovia.

Dal punto di vista scientifico, invece, è chiaro che i fenomeni che governano la propagazione del rumore in ambiente esterno sono sempre i medesimi.

1.4.1 Modellistica acustica per il traffico stradale

Il traffico veicolare è, in generale, la sorgente di rumore principale per la capillare diffusione nel territorio, l'estensione nel tempo (diurno e notturno) e livelli di rumorosità importanti.

Le sorgenti di rumore sono legate sostanzialmente a tre componenti:

- motore: il funzionamento del motore genera rumore in funzione delle caratteristiche costruttive e del numero di giri;
- rotolamento: il rumore causato dall'intrappolamento/rilascio d'aria nelle cavità tra battistrada e asfalto;
- aerodinamica: rilevante esclusivamente per velocità maggiori di 130 km/h.

I livelli di emissione sonora di un'infrastruttura stradale dipendono da due categorie di fattori: i dati relativi al flusso di traffico e le caratteristiche geometriche e strutturali dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda di dati di traffico parametri da considerare sono sicuramente l'entità dei flussi di traffico, la velocità media di percorrenza, la composizione del traffico (veicoli pesanti, leggeri etc.) ed il tipo di flusso.

Risultano determinanti anche le caratteristiche dell'infrastruttura quali il numero di corsie per senso di marcia, le dimensioni della carreggiata, il profilo della strada, la tipologia di manto stradale e la forma della sezione trasversale (strada in piano campagna, in trincea o in rilevato).

La strada può essere considerata una sorgente lineare e la propagazione del rumore avviene in modo sostanzialmente uniforme nello spazio libero sovrastante.

Per il calcolo dell'emissione da una infrastruttura stradale viene proposto il modello NMPB-Routes-96. Il calcolo dell'emissione si basa sul livello di pressione sonora del singolo veicolo, che implica pertanto la suddivisione della sorgente stradale in singole sorgenti di rumore assimilate a sorgenti puntiformi.

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

in funzione del numero di veicoli leggeri e di veicoli pesanti nel periodo di riferimento e della lunghezza della sorgente stradale, viene a sua volta scomposto in bande di ottava.

Il modello permette di prevedere i livelli di emissione dovuta al sistema di propulsione e al contatto pneumatico-strada in funzione della velocità di marcia e del tipo di veicolo; il modello prevede inoltre correzioni per tenere conto della composizione del parco circolante in uno specifico contesto, delle condizioni meteorologiche, dello stile di guida e delle caratteristiche della pavimentazione stradale.

1.4.2 Modellistica acustica dei parcheggi

I parcheggi sono concettualmente connessi alla struttura cui fanno riferimento (centro commerciale, luogo ricreativo, etc.); il loro contributo in termini di inquinamento acustico deve pertanto essere distinto da quello del traffico veicolare percorrente le vie pubbliche: in tal senso il parcheggio costituisce spesso uno dei problemi maggiori di inquinamento acustico associati ai nuovi impianti oggetto di valutazione di impatto acustico e il tecnico operante è chiamato a prevederne gli effetti.

A partire dalla storia temporale di un singolo movimento di parcheggio si risale alla emissione sonora in termini di potenza sonora distribuita su un'area.

Il parametro principale che caratterizza l'emissione sonora di un parcheggio è il numero di movimenti veicolari N nell'unità di tempo (l'ora) e relativa all'unità di riferimento B_0 (si tenga conto che l'operazione completa di parcheggio di un veicolo, da questo punto di vista, consiste di due movimenti veicolari). Questo parametro, definito come $N/(B_0h)$, è dunque il parametro fondamentale per caratterizzare l'emissione sonora di una tipologia di parcheggio. L'unità di riferimento B è talvolta il numero stesso di posti auto del parcheggio, ma più spesso risulta significativo scegliere un parametro correlato con le caratteristiche del tipo di parcheggio.

Per ottenere l'emissione sonora di un parcheggio è necessario dunque conoscere la tipologia del parcheggio (a servizio di un ristorante, una discoteca, un supermercato...), il parametro che caratterizza il servizio (la superficie di vendita netta del ristorante, della discoteca, del supermercato), la collocazione urbanistica (in città, fuori città...).

In sostanza, si tratta di fattori (KPA e KI) che sono stati riconosciuti determinanti e che possono influenzare sensibilmente l'emissione sonora del parcheggio (quello di una discoteca è più "rumoroso" del parcheggio di un ristorante che è a sua volta più rumoroso di un parcheggio standard).

Il fattore KPA è legato essenzialmente alla tipologia di parcheggio, mentre il fattore KPI è legato alla caratteristica impulsiva: in ogni caso, come per quanto detto sopra, si tratta sempre di fattori derivati empiricamente osservando numerosissimi parcheggi e identificando i parametri diversificanti.

Tabella 4 Fattori di valutazione per il rumore dei parcheggi

Tipologia di parcheggio	Fattori correttivi [dB(A)]	
	KPA	KI
Aree di parcheggio per auto		
Parcheggi di interscambio (P+R) Aree di parcheggio in prossimità di aree residenziali Aree di parcheggio per lavoratori o visitatori Aree di parcheggio suburbane	0	4
Aree di parcheggio in prossimità di centri commerciali		
Carrelli standard su asfalto	3	4
Carrelli standard su pavimentazione sconnessa	5	4

Aree di parcheggio in prossimità di centri commerciali		
Carrelli a basso rumore su asfalto	3	4
Carrelli a basso rumore su pavimentazione sconnessa	3	4
Aree parcheggio di discoteche (con rumore di autoradio e conversazioni)	4	4
Aree parcheggio di ristoranti	3	4
Aree parcheggio di fast-food	4	4
Fermate urbane dei pullman		
Pullman con motore diesel	10	4
Pullman a gas naturale	7	3
Aree parcheggio per TIR	14	3
Aree parcheggio per motoveicoli	3	4

1.4.3 SoundPlan 7.1

Il software di calcolo, utilizzato nel presente progetto, è stato sviluppato dalla SoundPLAN LLC nel corso di oltre 15 anni di ricerca. E' certamente il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia conta circa 200 utilizzatori distribuiti tra i migliori centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni e decine di studi di consulenza. Permette la modellizzazione acustica in accordo con decine di standards nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore ed è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale. Tra i gli standard forniti vi sono tutti quelli che fanno riferimento alle future norme europee in via di pubblicazione (COM2000-468).

I metodi di calcolo implementati dal modello sono il "ray tracing", come opzione di default, o in alternativa il metodo denominato "angle scanning".

La tecnica del ray tracing, utilizzata per sviluppare le mappe acustiche, consiste nel calcolo dell'attenuazione del rumore seguendo i raggi che connettono la sorgente a ogni ricettore. Detti raggi partono omnidirezionalmente da ogni singolo ricettore e dopo molteplici rifrazioni e riflessioni, che seguono i principi dell'ottica geometrica, intercettano la sorgente. Il percorso di ogni singolo raggio descrive pertanto il modo in cui si propaga, riflette, attenua e viene rifratta l'onda incidente che parte da una determinata sorgente.

Al fine di minimizzare il tempo di calcolo, l'algoritmo di ray tracing, è implementato secondo la tecnica del backward integration, ovvero, la ricerca dei percorsi di propagazione viene effettuata partendo dal ricettore e non dalla sorgente, come avviene nell'applicazione classica del metodo.

SoundPLAN si basa sull'ipotesi di emissione di rumore da sorgente puntiforme, sorgenti più complesse, come quelle lineari e areali, vengono simulate dal programma riportando queste ultime alla somma di sorgenti elementari di dimensioni paragonabili a quella puntiforme. L'applicazione del modello di calcolo in base alle sorgenti presenti sul territorio è avvenuta seguendo le indicazioni riportate dalla normativa di riferimento (D.Lgs. 194/05).

Il programma di calcolo SoundPLAN consente di gestire e processare dati di input acustici, geometrici ed ambientali, permettendo valutazioni in merito alla propagazione sonora in funzione degli algoritmi utilizzati a livello europeo, e fornendo risultati (output) sia in forma tabellare sia in forma grafica (mappa acustica).

Le librerie fornite dal software per il calcolo della potenza emessa dalle sorgenti stradali (volumi di traffico transitante sulle strade limitrofe al sito di progetto) a partire dai valori di TGM (periodo diurno e notturno) si basano sullo standard francese NMPB Routes 1996 e Guide du bruit 2003.

Applicando le precedenti formulazioni, previste dalla norma tecnica ISO9613-2, si possono calcolare i valori previsionali presso i recettori.

Il modello di calcolo considera separatamente le varie tipologie di sorgenti permettendo l'implementazione degli elementi geomorfologici dell'area e delle sorgenti lineari, puntuali e areali presenti nel contesto su cui insiste il progetto.

L'identificazione e quantificazione delle sorgenti deve essere creata a partire dai rilievi eseguiti sul campo, da dati presenti in letteratura ovvero dati forniti dai progettisti. Il software permette l'acquisizione di dati in frequenza sia per quel che concerne le emissioni di rumore che l'assorbimento delle superfici di riflessione compresi i fenomeni dovuti alla tipologia di terreno. Le sorgenti puntuali possono essere caratterizzate anche con profili di direttività tridimensionale.

Ogni sorgente può essere definita attraverso un istogramma temporale di funzionamento permettendo di ricreare scenari realistici e dinamici nell'arco delle 24 ore.

La successiva elaborazione produce le mappe di diffusione acustica a linee di isolivello per i periodi di riferimento (diurno e notturno), ricavando anche i valori acustici in facciata ai singoli ricettori.

1.5 Inquadramento territoriale

L'area oggetto della presente analisi è situata nel Comune di Verona, in particolare i terreni interessati dal P.U.A. ATO 3 Scheda Norma 34 sono ubicati lungo via San Marco all'altezza dell'intersezione con via Curiel.



Figura 1-9: Immagine aerea dell'area ove è previsto l'intervento.

L'area si inserisce in un contesto tipicamente urbano e, da un punto di vista acustico, risente principalmente del traffico veicolare su via San Marco e delle sorgenti di servizio agli edifici residenziali e commerciali.

1.5.1 Classificazione acustica

La LQ 447/95 dispone che tutti i Comuni si dotino di un piano di zonizzazione acustica del proprio territorio secondo uno schema a sei classi acusticamente omogenee assegnando ad ognuna di esse i valori massimi di rumorosità ambientale suddivisi per i due periodi della giornata: diurno e notturno (DPCM 14/11/1997).

Tabella 5: Valori limite di immissione, emissione e qualità.

CLASSI DI DESTINAZIONE D'USO DEL TERRITORIO	Valori limite assoluti di immissione		Valori limite di emissione		Valori di qualità	
	Diurno 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Notturno 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	Diurno 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Notturno 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰	Diurno 6 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	Notturno 22 ⁰⁰ -6 ⁰⁰
I – Aree particolarmente protette	50	40	45	35	47	37
II- Aree prevalentemente residenziali	55	45	50	40	52	42
III- Aree di tipo misto	60	50	55	45	57	47
IV- Aree di intensa attività umana	65	55	60	50	62	52
V- Aree prevalentemente industriali	70	60	65	55	67	57

VI- Aree esclusivamente industriali	70	70	65	65	70	70
-------------------------------------	----	----	----	----	----	----

I valori limite riportati in Tabella non si applicano al rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto all'interno delle rispettive fasce territoriali di pertinenza mentre valgono per le singole sorgenti sonore diverse dalle infrastrutture di trasporto anche quando il ricettore è all'interno della fascia di pertinenza.

I livelli di Tabella 5 - ridotti di 5 dB(A) – definiscono i valori limiti di emissione che devono essere applicati al rumore generato da ogni singola sorgente (con l'esclusione delle infrastrutture di trasporto).

I livelli differenziali³, L_{diff} , misurati all'interno degli ambienti abitativi, non devono superare i limiti fissati dal DPCM 14/11/1997, Art. 4, comma 1:

Tabella 6 Limiti differenziali

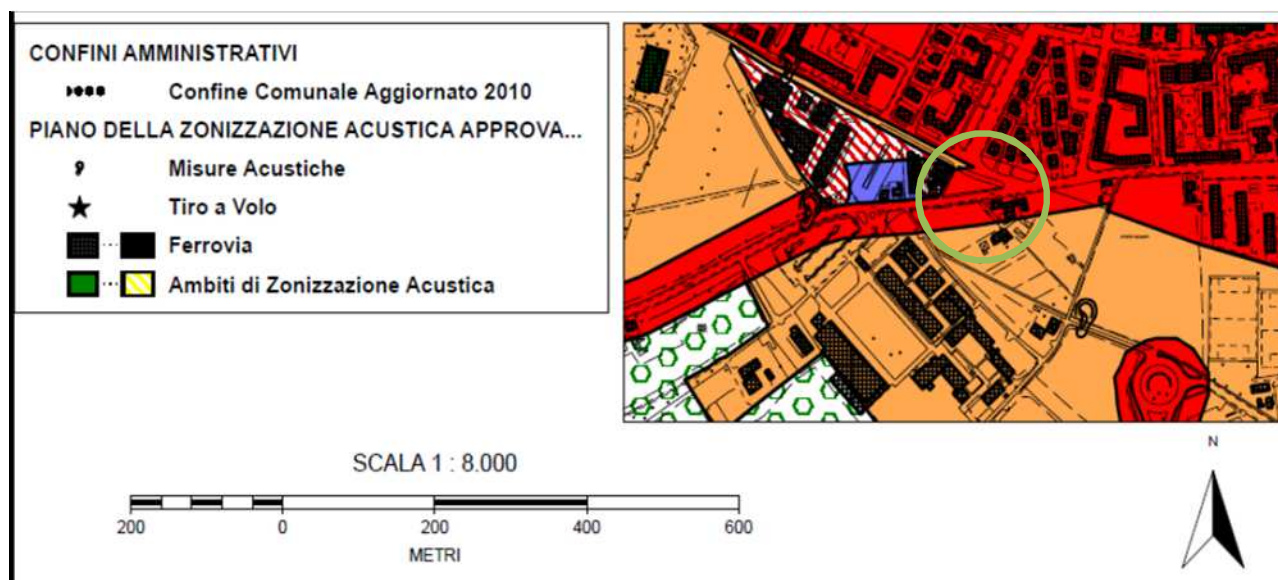
	Periodo diurno (06:00-22:00)	Periodo notturno (22:00-06:00)
$L_{diff} = L_{amb} - L_{res}$	< 5dB	< 3dB
Limite applicabilità	50 dB (finestre aperte) 35 dB (finestre chiuse)	40 dB (finestre aperte) 25 dB (finestre chiuse)

Per L_{amb} si intende il livello di pressione sonora equivalente, pesato in curva A, misurato con tutte le sorgenti sonore rumorose in funzione, compresa quella ritenuta disturbante.

Per L_{res} si intende il livello di pressione sonora equivalente, pesato in curva A, misurato con tutte le sorgenti sonore rumorose in funzione, ad esclusione di quella ritenuta disturbante.

1.5.1.1 Classificazione acustica della'area

Il Comune di Verona ha provveduto alla classificazione del territorio comunale in zone di cui alle norme sopra citate. L'immagini seguente mostra la zonizzazione ed i relativi limiti.



³ I limiti differenziali non si applicano alla classe acustica VI.

Figura 1-10: Stralcio zonizzazione acustica con indicazione dell'area di interesse.

1.5.1.2 Analisi della classificazione comunale

Il piano di classificazione adottato dal Comune di Verona assegna l'area prevalentemente in Classe III (Aree di tipo misto) con limiti di immissione ed emissione pari a 60 e 55 dB(A) in periodo diurno e 50 e 45 dB(A) in periodo notturno. In aderenza a via San Marco è prevista invece la Classe IV con limiti superiori di 5 dB.

I rilievi fonometrici eseguiti nell'area confermano le caratteristiche previste dallo strumento di pianificazione territoriale del Comune.

1.6 Descrizione dell'intervento

1.6.1 Premessa

Piano Urbanistico Attuativo, in coerenza e in attuazione del Piano degli Interventi, prevede la possibilità di sviluppare fino a 950 mq di edifici a destinazione abitativa e fino a 800 mq a destinazione commerciale. È previsto inoltre un vincolo di n. 3 piani fuori terra.

L'intervento proposto da iniziativa privata intende rivalutare l'area attraverso la realizzazione di un progetto di urbanizzazione comprensivo della viabilità di accesso.

L'impostazione insediativa segue le indicazioni planimetriche della Scheda Norma concentrando l'edificato nell'area di concentrazione edilizia ed antepone ad essa in direzione est/ovest un viale in gran parte parallelo a Via San Marco che ospiterà gli standard a parcheggio richiesti dagli usi del PUA – che rimarranno vincolati ad uso pubblico.

Si costituiranno così due accessi all'ambito, entrambe a doppio senso che consentiranno una semplice fruibilità ai parcheggi; lungo il limite est dell'intervento troverà un naturale proseguo il controviale adibito ad ospitare gli standard che accompagnerà il nuovo ingresso carraio e pedonale agli edifici esistenti.

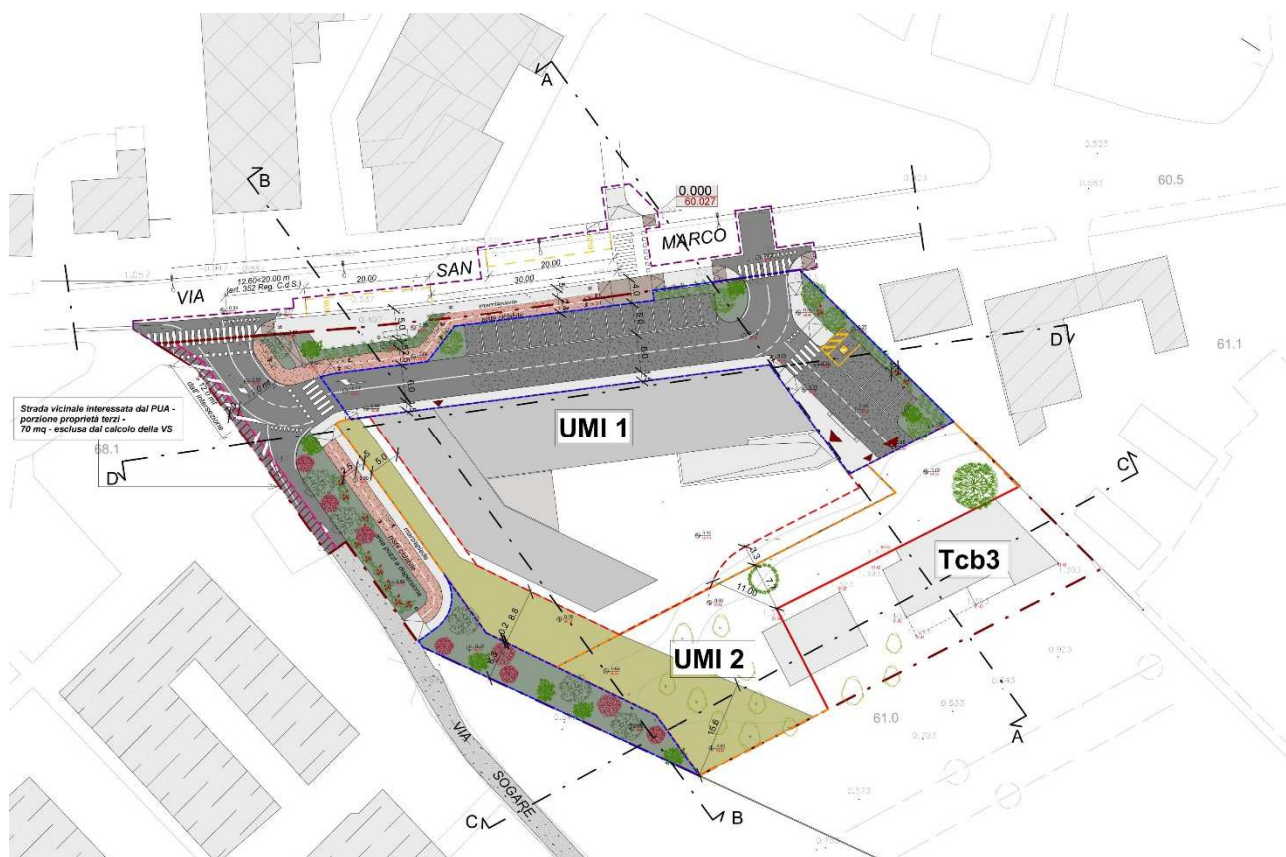


Figura 1-11: Planivolumetrico di progetto

L'insediamento sarà suddiviso in 2 lotti – UMI:

- UMI 1: ospiterà SUL U2 – pari a 625 mq e SUL U1 - pari a 1.125 mq. Nel planivolumetrico si ipotizza un edificio unico che ospiti a piano terra le unità commerciali con fronte parallelo Via San Marco ed al relativo controviale – blocco ad 1 piano h 4 mt – ed un'ala dell'edificio stesso orientata sud est a tre piani che ospiti la superficie residenziale.

- UMI 2: area a verde di pertinenza dell'edificio esistente che insiste su TCb3 la cui volumetria esaurisce la potenzialità edificatoria del Tessuto.

Il piano si inserisce in un contesto già diffusamente urbanizzato senza modificare la natura e l'attuale vocazione dell'area.

Allo stato attuale di sviluppo del progetto non si dispone di ulteriori informazioni ma si può senz'altro assumere che gli edifici posti a nord ricadranno nella fascia di pertinenza di via San Marco già prevista in Classe IV dal vigente Piano di Zonizzazione Acustica.

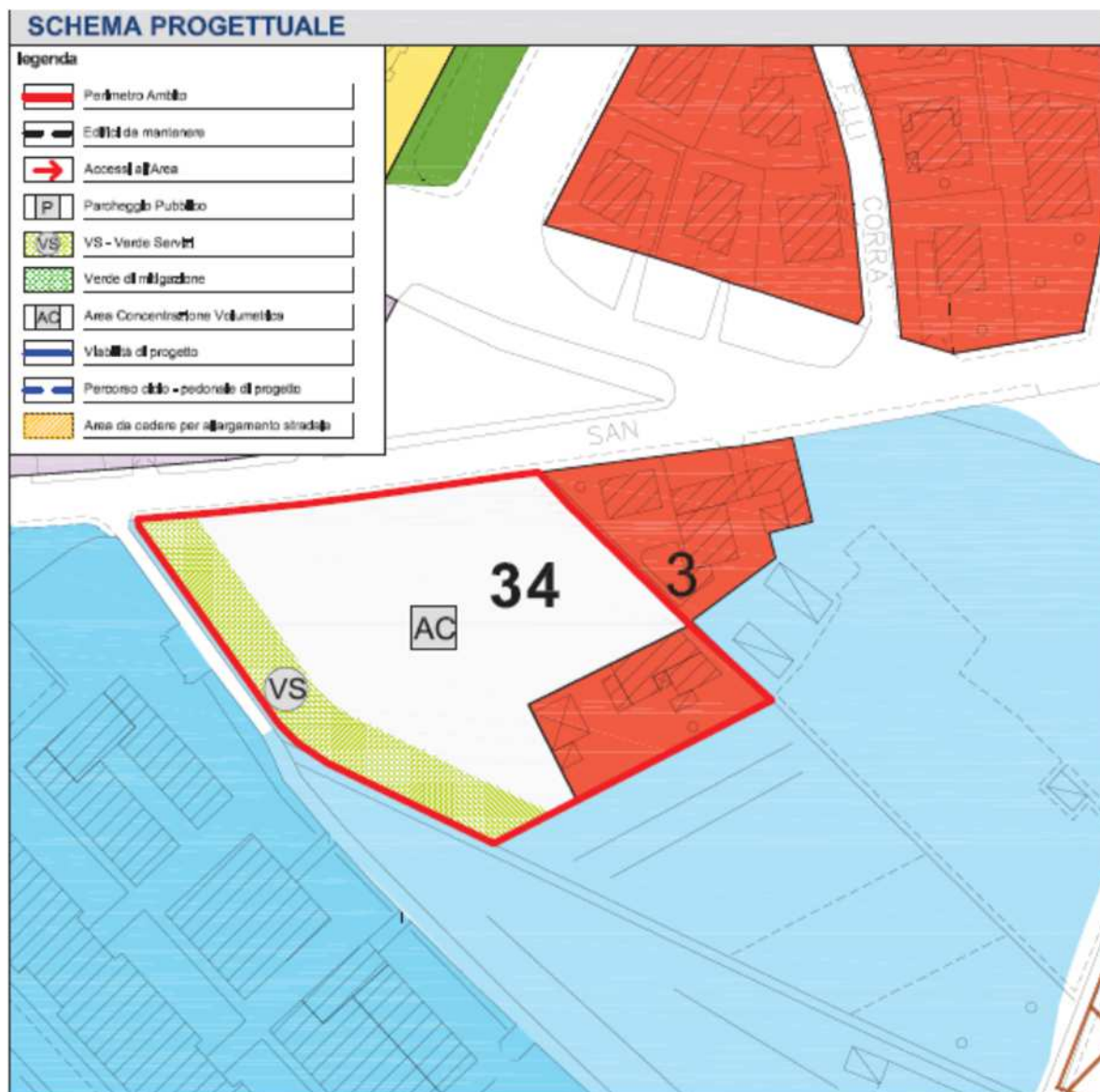


Figura 1-12: Ambito di intervento

Il modesto incremento delle unità abitative corrispondente al valore teorico di 16 AE – Abitanti equivalenti – e la riduzione di SUL ad uso commerciale rispetto al valore espresso in scheda, risulta ampiamente gestibile dalla conformazione e dimensione della viabilità in progetto.

1.6.1.1 Definizione degli scenari

Il presente studio ha lo scopo di verificare il clima acustico dell'area ove verrà realizzato il P.U.A. ed in particolare la compatibilità dell'area rispetto agli obiettivi di pianificazione territoriale definiti nella Zonizzazione acustica del Comune di Verona.

Lo studio verificherà anche l'influenza delle sorgenti stradali sui futuri ricettori ed individuerà eventuali misure tecniche o organizzative volte a garantire il rispetto dei limiti previsti dalle leggi in materia di inquinamento acustico.

Il progetto prevede due distinte fasi a cui corrispondono differenti scenari:

- fase di realizzazione/cantiere
- fase di esercizio

La fase di realizzazione produrrà impatti acustici sui ricettori presenti mentre la fase di esercizio riguarda essenzialmente la verifica dei limiti sui futuri e potenziali nuovi ricettori.

1.7 Identificazione dei ricettori

1.7.1 Premessa

L'art. 1 comma 1 lettera l) del DPR 142/04 definisce:

“ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vinco-late, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgi-mento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della pre-sentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera B, ovvero vigenti alla data di entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 2, lettera A;”

I ricettori censiti si collocano all'interno delle fasce di pertinenza delle infrastrutture viarie limitrofe e, nei centri abitati, hanno accesso direttamente sulla sede stradale. In questi, eventuali superamenti dei limiti previsti per le infrastrutture esistenti non potranno essere mitigati con interventi diretti alle sorgenti (barriere acustiche).

L'art. 6 del DPR 142/04 dispone che gli interventi finalizzati al rispetto dei limiti di legge dovranno garantire:

“1. Per le infrastrutture di cui all'articolo 2, comma 3, il rispetto dei valori riportati dall'allegato 1 e, al di fuori della fascia di pertinenza acustica, il rispetto dei valori stabiliti nella tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 no-vembre 1997, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 280 del 1° dicembre 1997, è verificato in facciata degli edifici ad 1 metro dalla stessa ed in corrispondenza dei punti di maggiore esposizione nonché dei ricettori.

2. Qualora i valori limite per le infrastrutture di cui al comma 1, ed i valori limite al di fuori della fascia di pertinenza, stabiliti nella tabella C del citato decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzi l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- b) 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori di carattere abitativo;
- c) 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.”

Si distinguono i ricettori in:

- ricettori esistenti (soggetti agli impatti generati dal cantiere)
- ricettori futuri (nuovi residenti delle unità abitative)

1.7.2 Ricettori esistenti

Sono stati considerati i residenti in un raggio di 100 metri.

I dati forniti dal Comune di Verona sono riportati schematicamente nella seguente tabella:

Tabella 7 Elenco residenti

CIVICI_ABITATI	TOT_RESIDENTI	TOT_FAMIGLIE	DATA_AGGIORNAMENTO			
5	23	12	28/02/2017 17:14:25			
NOME_VIA	CIVICO	RESIDENTI	FAMIGLIE	CIRCOSCRIZIONE	QUARTIERE	OMOGENEA
VIA S. MARCO	113	8	6	3 OVEST	BORGO MILANO	Spiana`
VIA S. MARCO	119	3	1	3 OVEST	BORGO MILANO	Spiana`
VIA S. MARCO	119 B	4	2	3 OVEST	BORGO MILANO	Spiana`
VIA S. MARCO	96	5	1	3 OVEST	BORGO MILANO	Spiana`
VIA EUGENIO CURIEL	4	3	2	3 OVEST	BORGO MILANO	Borgo Milano - Centro

Tutti i ricettori individuati sono posti nelle immediate vicinanze di via San Marco e risentono delle immissioni rumorose generate dal traffico veicolare.

1.7.3 Ricettori futuri

I ricettori futuri saranno all'interno dei nuovi corpi di fabbrica. Allo stato attuale di sviluppo del progetto si assumerà cautelativamente che saranno presenti residenti direttamente affacciati in direzione della maggiore sorgente di rumore (via San Marco).

1.8 Valutazione del clima acustico

1.8.1 Strumentazione utilizzata

L'indagine fonometrica è stata realizzata con un analizzatore di frequenza in tempo reale con relativo microfono munito di cuffia antivento - avente le caratteristiche stabilite dal DM 16/03/1998 (per il sistema di misura conformità alle norme EN 60652/1994 e EN 60804/1994 relativamente alla classe 1; per il microfono alle norme EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995 e EN 61094-4/1995; per i filtri alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994) - procedendo alla memorizzazione delle misure eseguite, la cui elaborazione è stata effettuata utilizzando un programma direttamente acquisito dal fornitore dello strumento di misurazione.

Inoltre, è stato impiegato un calibratore conforme alle norme CEI 29-14 e IEC 942/1998. Prima e dopo le misure si è operata la calibrazione dell'intera catena strumentale.

È stata impiegata una catena strumentale composta da:

Tabella 8: Strumentazione utilizzata.

Strumento	Marca e modello	N. Serie
Fonometro integratore di Classe I	Larson Davis – LD831	0001890
Microfono e preamplificatore	PCB – PRM831	015173
Calibratore di Classe I	01dB – Cal01	11643

1.8.2 Punti di misura

La campagna di misure fonometriche presso l'area oggetto dell'intervento è stata svolta in periodo diurno e notturno effettuando n.1 rilievi di medio periodo. Le misure fonometriche sono state effettuate all'interno dell'area destinata al progetto.



Figura 1-13: Postazione P01.

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche della postazione fonometrica indicando le coordinate geografiche (UTM), la durata, l'altezza del microfono e la data.

Tabella 9: Caratteristiche postazione fonometrica.

ID rilievo	Coordinate geografiche UTM		Altezza del microfono [m]	Durata del rilievo	Data del rilievo
	X [m]	Y [m]			
P01	653356.97 m E	5033720.79 m N	4	Medio termine: 24h	21/02/2017

Durante i rilievi non sono avvenuti fenomeni meteorologici di rilievo. La velocità del vento era inferiore a 5 m/s e la temperatura dell'aria è sempre rimasta al di sopra di 0 °C.

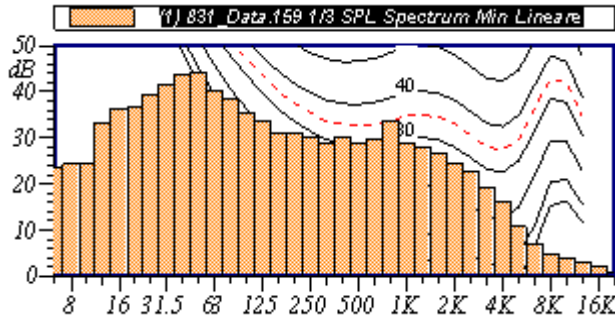
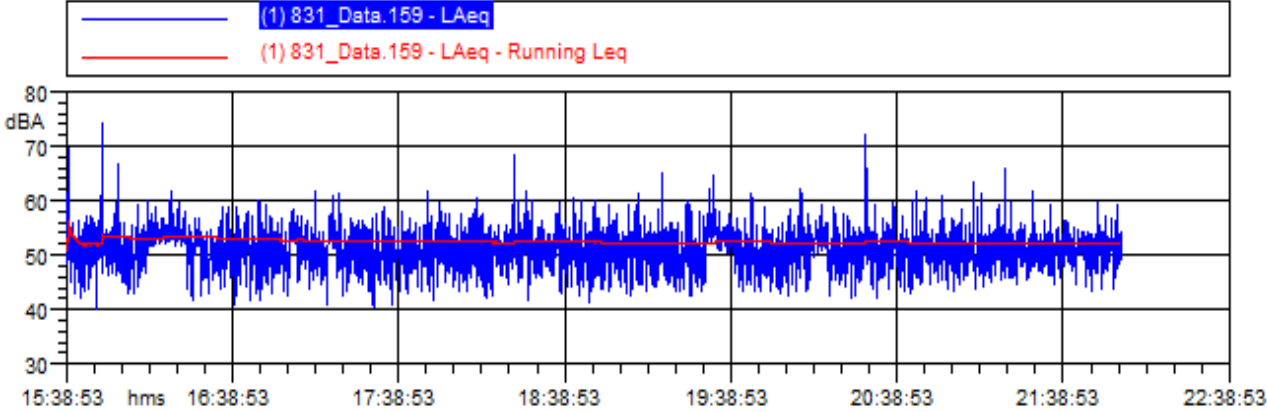
1.8.3 Risultati fonometrici

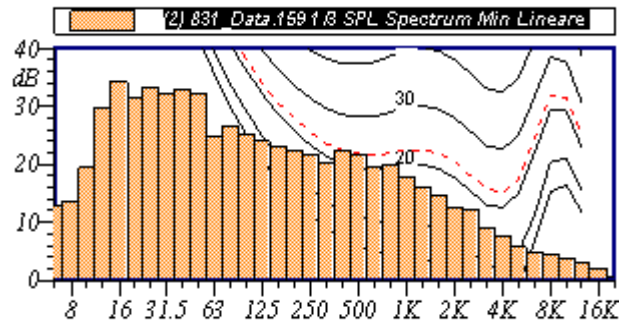
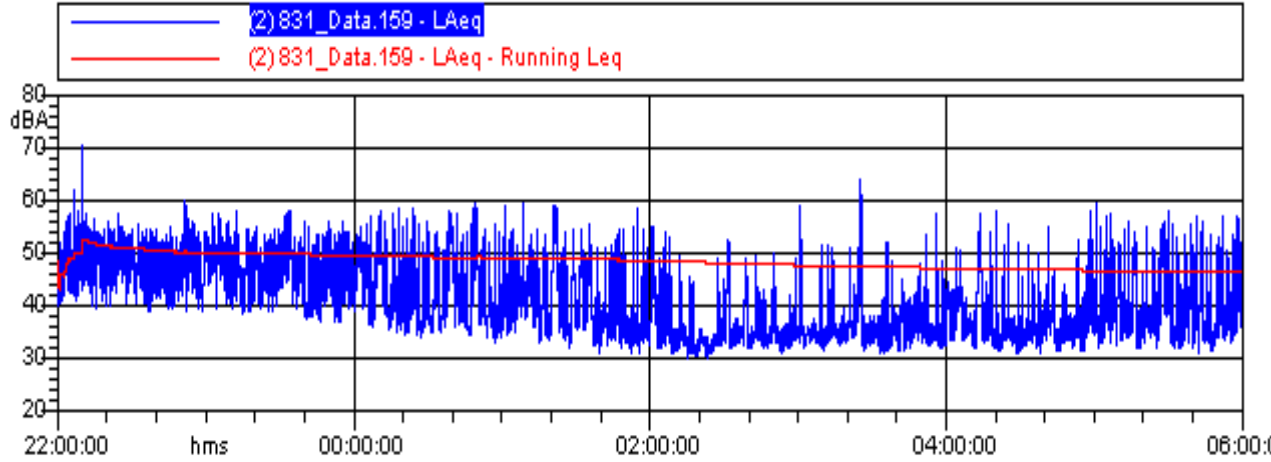
La seguente tabella riassume i livelli acustici misurati durante la campagna fonometrica. Le schede del rilievo distinte per periodo diurno e notturno vengono riportate successivamente.

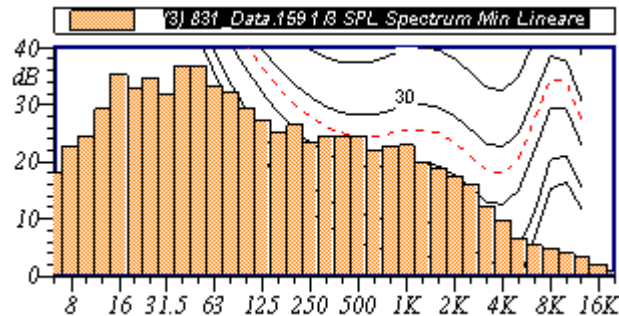
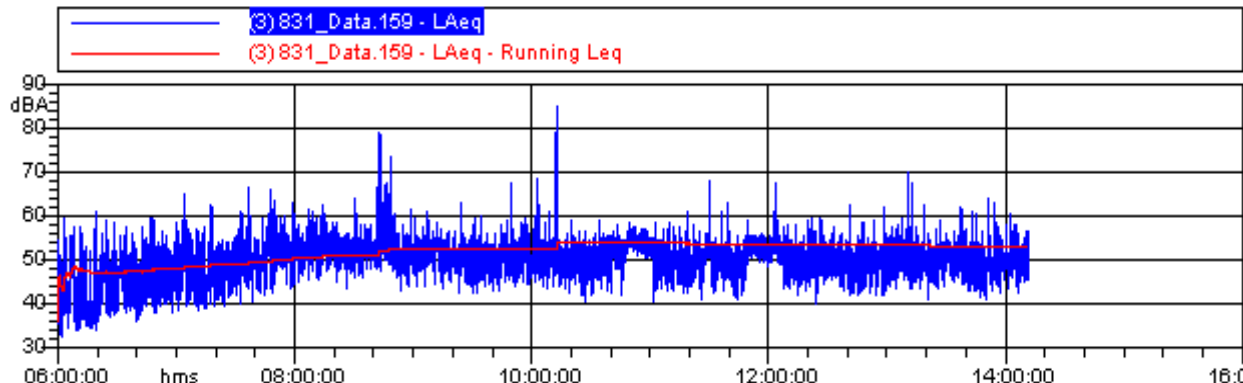
Il periodo di osservazione di ciascun rilievo è stato ripartito nei periodi di riferimento diurno e notturno. I risultati che seguono (LAeq e principali livelli statistici) sono identificati dalla sigla del punto di osservazione, dalla lettera che identifica il periodo di riferimento e dal progressivo del periodo di osservazione.

Tabella 10: Risultati rilievi fonometrici.

ID Rilievo	LAeq [dB]	L ₅₀ [dB]	L ₉₀ [dB]	L ₉₅ [dB]
P01 diurno	52.4	51.1	46.5	45.2
P01 notturno	46.5	39.5	33.4	32.7
P01 diurno	53	50.3	44.2	41.9

SCHEMA RILIEVO FONOMETRICO						
ID:	P01		Descrizione:	PUA via San Marco		
Ubicaz.:	Lat. 653356 -Long. 5033720		Classe:	III	Pertinenza stradale:	NO
			TR:	Periodo diurno		
			TO:	da 21/02/2017 10:38 a 21/02/2017 22:00		
			Altezza microfono (m):	4		
			Condizioni meteorologiche:			
			Eventuali eventi meteorologici non compatibili con la rilevazione fonometrica ex DM 16/03/1998 sono stati opportunamente mascherati			
Note:						
Strumento:	L&D831		Taratura:	07/11/2016		
Microfono:	PCB PRM831 - 015173		Operatore:	ing. Giovanni Spellini		
Filtri:	1/3 Ottava		Tempo di integraz.:	00:00:01		
Ponderazione:	A		Rivelatore:	FAST		
LAeq =52.4 dB			L05	L10	L50	L90
			55.8	54.6	51.1	46.5
						
						
KT	0 dB	KB	0 dB	KI	0 dB	Lc =52.0 dB
SCHEMA RILIEVO FONOMETRICO						

ID:	P01	Descrizione:	PUA via San Marco				
Ubicaz.:	Lat. 653356 -Long. 5033720	Classe:	III	Pertinenza stradale:	NO		
				TR:	Periodo notturno		
				TO:	da 21/02/2017 22:00 a 22/02/2017 06:00		
				Altezza microfono (m):	4		
				Condizioni meteorologiche:			
				Eventuali eventi meteorologici non compatibili con la rilevazione fonometrica ex DM 16/03/1998 sono stati opportunamente mascherati			
Note:							
Strumento:	L&D831	Taratura:	07/11/2016				
Microfono:	PCB PRM831 - 015173	Operatore:	ing. Giovanni Spellini				
Filtri:	1/3 Ottava	Tempo di integraz.:	00:00:01				
Ponderazione:	A	Rivelatore:	FAST				
LAeq = 46,5 dB			L05	L10	L50	L90	L95
			52.8	50.9	39.5	33.4	32.7
							
							
KT	0 dB	KB	0 dB	KI	0 dB	Lc = 46,5 dB	
SCHEDA RILIEVO FONOMETRICO							

ID:	P01	Descrizione:	PUA via San Marco				
Ubicaz.:	Lat. 653356 -Long. 5033720	Classe:	III	Pertinenza stradale:	NO		
				TR:	Periodo diurno		
				TO:	da 22/02/2017 06:00 a 22/02/2017 :14:17		
				Altezza microfono (m):	4		
				Condizioni meteorologiche:			
				Eventuali eventi meteorologici non compatibili con la rilevazione fonometrica ex DM 16/03/1998 sono stati opportunamente mascherati			
Note:							
Strumento:	L&D831	Taratura:	07/11/2016				
Microfono:	PCB PRM831 - 015173	Operatore:	ing. Giovanni Spellini				
Filtri:	1/3 Ottava	Tempo di integraz.:	00:00:01				
Ponderazione:	A	Rivelatore:	FAST				
LAeq = 53,0 dB			L05	L10	L50	L90	L95
			55.6	54.3	50.3	44.2	41.9
							
							
KT	0 dB	KB	0 dB	KI	0 dB	Lc = 53,0 dB	

1.9 Implementazione del modello di calcolo

Sono stati utilizzati i rilievi fonometrici effettuati in situ per valutare le sorgenti sonore esistenti e tarare di conseguenza il modello di calcolo per migliorarne l'affidabilità.

La taratura viene effettuata confrontando i livelli misurati nei punti di misura sopra indicati con i corrispondenti valori calcolati dal software. Le differenze tra i livelli misurati in situ e quelli calcolati dal modello di calcolo implementato risultano inferiori all'incertezza così come previsto dalla norma UNI 11143-1:2005. Il modello si considera pertanto tarato rispetto alla situazione reale.

1.9.1 Analisi previsionale

1.9.1.1 Fase di cantiere

La fase di cantiere per la realizzazione delle opere seguirà un cronoprogramma di progetto che, all'attuale stato di avanzamento, non è sufficientemente dettagliato per poter valutare l'incidenza delle singole sorgenti sui ricettori limitrofi. Le emissioni rumorose in fase di cantiere dovranno comunque rispettare i limiti e le condizioni previste dall'attuale Regolamento Comunale di Acustica nonché le necessarie tutele per i lavoratori coinvolti.

Il cantiere sarà attivo in periodo diurno. Particolari situazioni in cui sia necessario svolgere attività anche in periodo notturno dovranno essere valutate e concordate con gli uffici comunali competenti al fine di ottenere il nulla osta per attività rumorose a carattere temporaneo.

Le modalità di esecuzione delle opere all'interno dei cantieri edili non potranno prescindere dall'adozione di alcuni criteri fondamentali al fine di preservare la popolazione residente da emissioni rumorose intollerabili.

Di seguito si riportano i metodi di lavoro facenti parte della buona norma all'interno dei cantieri.

Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazioni:

- 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 privilegiando la gommatura piuttosto che la cingolatura;
- installazione, se già non previsti, di silenziatori sugli scarichi;
- utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati.

Manutenzione dei mezzi e delle attrezzature:

- riduzione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
- sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
- controllo e serraggio delle giunzioni;
- bilanciatura delle parti rotanti per evitare vibrazioni eccessive;
- verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
- svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.

Modalità operazionali e predisposizione del cantiere:

- orientamento degli impianti che hanno una emissione direzionale in posizione di minima interferenza;
- localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici o dalle aree più densamente abitate;
- sfruttamento del potenziale schermante delle strutture fisse di cantiere con attenta progettazione del layout di cantiere;

- limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6÷8 e 20÷22);
- imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...);
- divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.

Inoltre, sarà opportuno prevedere la dislocazione di macchinari e di lavorazioni in modo da rendere minimi gli intralci tra le diverse macchine e specialmente da non innescare fenomeni di sinergia per quanto riguarda gli effetti di disturbo.

Le eventuali mitigazioni rivolte ai singoli ricettori esposti dovranno essere calibrate in relazione a:

- layout finale di cantiere;
- attrezzature che verranno utilizzate;
- autorizzazione in deroga e prescrizioni del Comune di Verona

1.9.1.2 Fase di esercizio

La fase di esercizio si caratterizza in particolare dalla presenza del rumore prodotto dai veicoli lungo le infrastrutture considerate considerando anche il contributo autoprodotta dall'intervento in oggetto.

I risultati calcolati presso i ricettori futuri sono confrontati con i limiti previsti dal Piano di Zonizzazione acustica del Comune di Verona.

1.9.2 Risultati del modello di calcolo

1.9.2.1 Incertezza dei modelli

1.9.2.1.1 Incertezza della misura

La norma tecnica UNI EN 13005:2000 propone un metodo di calcolo dell'incertezza composto da:

$$U_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i U_i^2}$$

Dove U_c è l'incertezza complessiva che si compone della sommatoria delle n incertezze. Ad esempio l'incertezza strumentale può essere calcolata come somma delle incertezze di fonometro e calibratore. Utilizzando fonti reperibili in letteratura si ottiene:

$$U_{strum} = \sqrt{U_{cal}^2 + U_{fon}^2} = \sqrt{(0.13 \div 0.21)^2 + (0.44 \div 0.59)^2} = 0.49 \div 0.60 [dB]$$

1.9.2.1.2 Incertezza del modello

La norma tecnica UNI 11143-1:2005 propone di effettuare misurazioni di livello sonoro, in funzione della frequenza, sia in punti di riferimento prossimi alle sorgenti sonore individuate (punti di calibrazione delle sorgenti) sia in punti più lontani ed in prossimità dei ricettori (punti di calibrazione dei ricettori e di verifica).

Per quanto riguarda i livelli misurati nei pressi delle sorgenti determinare i valori dei parametri di ingresso del modello di calcolo (potenza sonora e direttività delle sorgenti sonore, tipologia puntuale, lineare od areale delle sorgenti sonore, ecc.) in maniera tale che la media degli scarti $|L_{cc} - L_{mc}|$ al quadrato tra i valori calcolati con il modello (L_{cc}) ed i valori misurati (L_{mc}) nei punti di calibrazione delle sorgenti sia minore di 0,5 dB:

$$\frac{\sum_{c=1}^{N_s} |L_{mc} - L_{cc}|^2}{N_s} \leq 0,5 \text{ dB}$$

dove:

N_s è il numero dei punti di riferimento sorgente-orientati.

Per quanto concerne, invece, le misure fatte presso i ricettori (calibrazione ai ricettori) la norma propone di minimizzare la somma dei quadrati degli scarti regolando i parametri del modello che intervengono sulla propagazione, in maniera tale che la media degli scarti al quadrato sia minore di 1,5 dB:

$$\frac{\sum_{c=1}^{N_R} |L_{mc} - L_{cc}|^2}{N_R} \leq 1,5 \text{ dB}$$

dove:

N_R è il numero di punti di misura ricettore-orientati utilizzati per la calibrazione calcolare i livelli sonori nei punti di verifica, L_{cv} .

Se lo scarto $|L_{cv} - L_{mv}|$ tra i livelli sonori calcolati, L_{cv} , e quelli misurati, L_{mv} , in tutti i punti di verifica è minore di 3 dB(A), allora il modello di calcolo è da ritenersi calibrato; altrimenti, è necessario riesaminare i dati di

ingresso del modello di calcolo (specificatamente quelli relativi alla propagazione acustica) e ripetere il processo.

1.9.2.2 Risultati del modello Scenario di esercizio

Nella Tabella 11 si riportano i risultati ottenuti dal modello di calcolo per i ricettori individuati e descritti nei precedenti paragrafi. Per ognuno dei ricettori vengono indicate la classe acustica di appartenenza (ovvero fascia di pertinenza stradale) con i relativi limiti di immissione nei periodi diurno e notturno, il piano, la direzione della facciata esposta ed i valori di Leq calcolati.

I valori ricavati dal modello di calcolo sono da confrontarsi con i limiti della classe acustica di appartenenza, in verde si evidenziano i punti ove risulta rispettata la classe acustica mentre in arancione quelli ove il limite risulta superato.

Tabella 11: Valori calcolati dal modello

ID ricettore	Zonizzazione Acustica	Piano	Direz.	Ld,lim dB(A) ⁴	Ld dB(A)	Ln,lim dB(A)	Ln dB(A)
Commerciale	GF	N	GF	65	62,9	55	54,2
Commerciale	GF	S	GF	60	43,1	50	33,9
Commerciale	GF	NE	GF	65	56,9	55	50,2
Residenziale	GF	S	GF	60	41,8	50	31,8
Residenziale	1.FL	S	1.FL	60	43,9	50	33
Residenziale	2.FL	S	2.FL	60	44,7	50	33,9
Residenziale	GF	S	GF	60	50,8	50	37,7
Residenziale	1.FL	S	1.FL	60	52,3	50	40,3
Residenziale	2.FL	S	2.FL	60	53,8	50	42
Residenziale	GF	SW	GF	60	55,6	50	44,2
Residenziale	1.FL	SW	1.FL	60	58,1	50	48,4
Residenziale	2.FL	SW	2.FL	60	59	50	48,9
Residenziale	GF	N	GF	65	61,9	55	53,6
Residenziale	1.FL	N	1.FL	65	63	55	55
Residenziale	2.FL	N	2.FL	65	62,9	55	55
Residenziale	GF	NE	GF	60	41,9	50	33,3
Residenziale	1.FL	NE	1.FL	60	43,5	50	34,9
Residenziale	2.FL	NE	2.FL	60	47,3	50	38,7

Il modello non ha evidenziato superamenti o criticità né in periodo diurno né in periodo notturno.

1.9.3 Mappe isofoniche

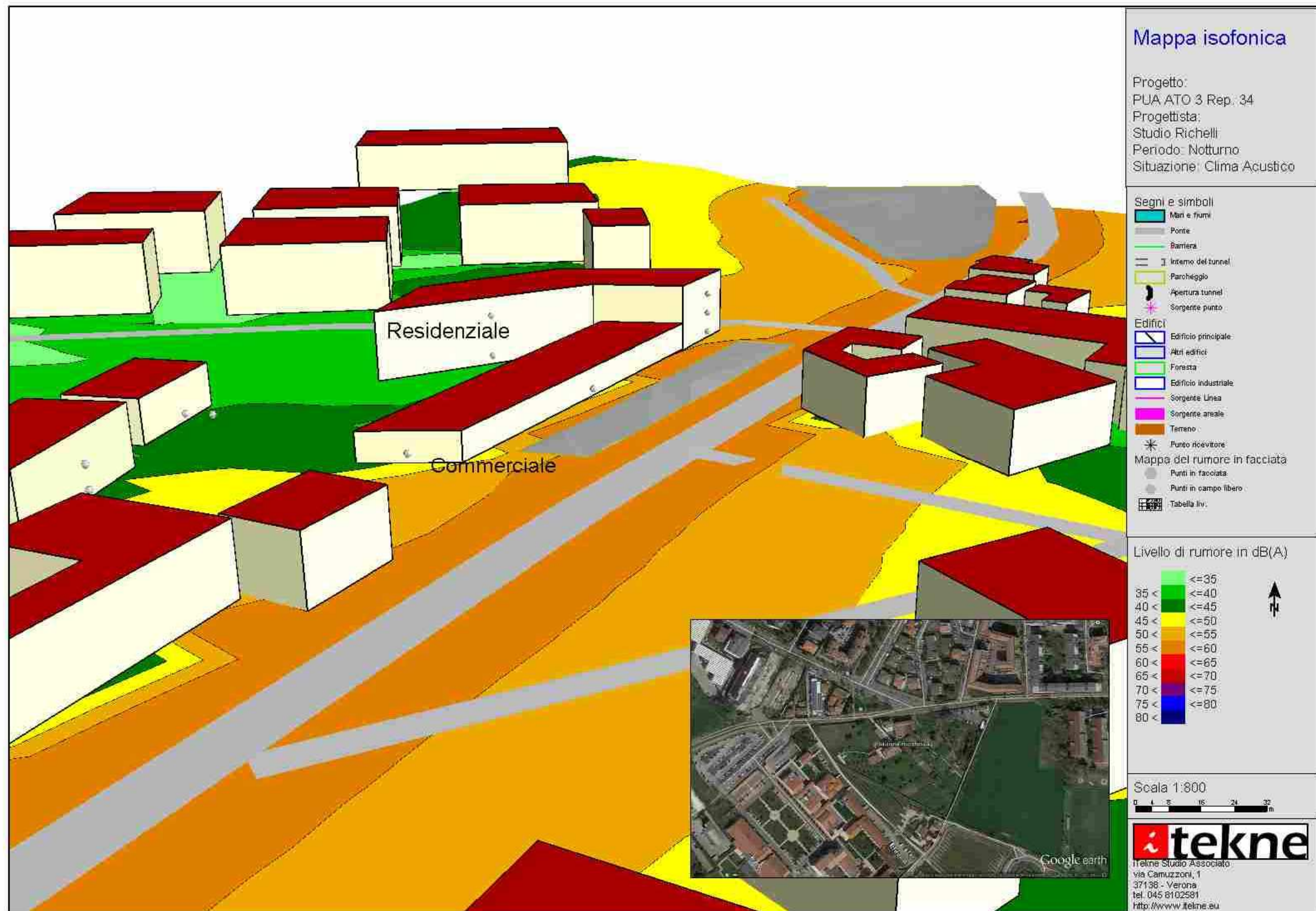
Di seguito si riportano le mappe isofoniche che permettono di visualizzare le seguenti situazioni:

- Mappa periodo diurno;
- Mappa periodo notturno;
- Mappa 3D .

⁴ Il limite indicato considera la tipologia di sorgente (stradale, ferroviaria, industriale) e la corrispondente soglia prevista dalla normativa.







1.10 Conclusioni

La presente relazione tecnica intende valutare il clima acustico dell'area ove è prevista la realizzazione del P.U.A. ATO 3 Scheda Norma 34 "via San Marco" sito in Comune di Verona.

Il progetto prevede la riqualificazione di un'area privata e la realizzazione di nuove unità residenziali e commerciali che determineranno la comparsa di nuovi ricettori. Scopo della presente relazione è la verifica della compatibilità del progetto rispetto al clima acustico previsto in fase di esercizio.

La valutazione acustica è stata effettuata recuperando i dati territoriali, le zonizzazioni acustiche del comune di riferimento e considerando gli effetti sinergici dei progetti previsti nel medesimo comparto territoriale.

L'area in oggetto rientra parte in Classe IV e parte in Classe III con limiti di immissione diurno e notturno rispettivamente pari a 65 e 55 dB(A) e a 60 e 50 dB(A).

Sono stati effettuati rilievi fonometrici nella zona circostante l'area per la caratterizzazione del rumore presente. L'indagine fonometrica è stata condotta in periodo diurno e notturno ed ha evidenziato un clima acustico conforme alla classificazione acustica.

Le sorgenti principali di rumore considerate nella presente valutazione sono legate al traffico veicolare presente su via San Marco e in misura minore dalle attività commerciali e impianti a servizio di altri edifici.

Il calcolo previsionale è stato eseguito in conformità alla norma tecnica ISO 9613-2 e le norme tecniche NMPB – Routes – 2008 (Guide du Bruit) per il rumore da traffico veicolare mediante il software di calcolo SoundPlan 7.1.

Il modello di calcolo non ha rivelato criticità presso i nuovi ricettori né in periodo diurno né in periodo notturno, prevedendo un clima acustico conforme al quadro programmatico descritto nel Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Verona.

In conclusione, con le informazioni attualmente disponibili si ritiene che l'intervento sia completamente compatibile con la realtà territoriale e non determini variazioni rilevanti.

Il Giudizio che emerge dalla valutazione è che l'impatto sarà **TRASCURABILE**.

2 Certificati e attestati



L.C.E. S.r.l.
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 068
Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento
EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC
Mutual Recognition Agreements

Pagina 1 di 9
Page 1 of 9

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 34936-A
Certificate of Calibration LAT 068 34936-A

- data di emissione <i>date of issue</i> - cliente <i>customer</i> - destinatario <i>receiver</i> - richiesta <i>application</i> - in data <i>date</i> <u>Si riferisce a</u> <i>Referring to</i> - oggetto <i>item</i> - costruttore <i>manufacturer</i> - modello <i>model</i> - matricola <i>serial number</i> - data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i> - data delle misure <i>date of measurements</i> - registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	2014-12-19 AESSE AMBIENTE SRL 20090 - TREZZANO S/NAVIGLIO (MI) ITEKNE STUDIO ASSOCIATO 37138 - VERONA (VR) 14-00019-T 2014-01-13 Fonometro Larson & Davis 831 1890 2014-12-18 2014-12-19 Reg. 03	Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro. <i>This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the international System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.</i>
--	---	---

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.



Il Responsabile del Centro
Head of the Centre

Figura 2-1: Certificato di taratura fonometro 831 - Larson-Davis.



L.C.E. S.r.l.
Via dei Plutani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 068
Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento
EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC
Mutual Recognition Agreements

Pagina 1 di 4
Page 1 of 4

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 34935-A
Certificate of Calibration LAT 068 34935-A

- data di emissione <i>date of issue</i>	2014-12-19
- cliente <i>customer</i>	AESSE AMBIENTE SRL
- destinatario <i>receiver</i>	20090 - TREZZANO S/NAVIGLIO (MI) ITEKNE STUDIO ASSOCIATO 37138 - VERONA (VR)
- richiesta <i>application</i>	14-00019-T
- in data <i>date</i>	2014-01-13
 <u>Si riferisce a</u> <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Calibratore
- costruttore <i>manufacturer</i>	01-dB
- modello <i>model</i>	Cal 01
- matricola <i>serial number</i>	11643
- data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i>	2014-12-18
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2014-12-19
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



Figura 2-2: Certificato di taratura calibratore Cal01 – 01dB.



REGIONE DEL VENETO
A.R.P.A.V.



AGENZIA REGIONALE PER LA PREVENZIONE E PROTEZIONE AMBIENTALE DEL VENETO

*Riconoscimento della figura di Tecnico Competente in Acustica
Ambientale, art. 2, commi 6, 7 e 8 della Legge 447/95*

*Si attesta che GIOVANNI SPELLINI, nato a Verona il 14/08/1971 è stato
riconosciuto Tecnico Competente in Acustica Ambientale per l'iscrizione nell'elenco ufficiale
della Regione del Veneto ai sensi dell'art. 2, commi 6, 7 e 8 della Legge 447/95 con il
numero 535.*

Il Responsabile dell'Osservatorio Agenti Fisici

(dr. Flavio Trotti)



*Il Responsabile del Procedimento
(dr. Tommaso Gabrieli)*



Verona, - 5 MAR. 2007

Figura 2-3: Attestato di Tecnico competente in Acustica Ambientale.