

REGIONE PUGLIA
COMUNE DI CAROVIGNO

**AMPLIAMENTO DELLA STRUTTURA TURISTICO-
RICETTIVA REALIS MASSERIA CASELLI**



**DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO
PER LA FASE DI CANTIERE**

COMMITTENTE: Masseria Caselli srl

<i>Data</i>		<i>Descrizione</i>	<i>Il Tecnico Competente</i> <i>Ing. Sergio Scardia</i>
Ottobre 2015		Prima emissione	



www.ingegneriascardia.it

Premessa

La presente analisi acustica previsionale ex-ante si riferisce al progetto per l'ampliamento delle strutture turistico ricettive denominate Relais Masseria Caselli site nel Comune di Carovigno (BR) e finalizzate alla realizzazione di un centro benessere ed al potenziamento della capacità ricettiva della struttura già esistente.

La valutazione riguarda esclusivamente la fase di cantiere essendo l'attività turistico-ricettiva esercitata non soggetta all'obbligo di presentazione della documentazione di cui all'articolo 8, commi 2, 3 e 4, della legge 26 ottobre 1995, n. 447, ai sensi dell'art. 4 del DPR 19 Ottobre 2011 n. 277.

Le stime e gli elaborati sono redatti dall'ing. Sergio Scardia, iscritto nell'elenco dei Tecnici Competenti in acustica della Regione Puglia ai sensi della Legge 26/10/95 n° 447, art. 2, comma 6, 7 e 8 (giusta determinazione del dirigente settore ecologia della Regione Puglia rif. Det. N. 75 del 14/07/99, pubblicata sul BURP n. 80 del 29/07/99), su incarico della *Masseria Caselli srl*.

1) Inquadramento normativo

Da informazioni assunte presso l'amministrazione comunale risulta che il Comune di Carovigno non è dotato di zonizzazione acustica del proprio territorio ed è, quindi, applicabile l'art. 8, comma 1 del DPCM 14/11/1997 insieme ad i limiti di accettabilità validi su tutto il territorio Nazionale di cui all'art. 6, comma 1 del DPCM 01/03/1991, di seguito riportati:

Limite diurno 70 dB(A)

Limite notturno 60 dB(A)

Tali limiti si riferiscono al livello equivalente continuo di pressione sonora ponderato A nel seguito indicato con le sigle $L_{Aeq,T}$ o $Leq(A)$, e si applicano agli spazi utilizzabili da persone o comunità, o in prossimità dei ricettori.

Nel caso in esame si assume che tali spazi coincidano con il perimetro dell'area di pertinenza della struttura già esistente, essendo le aree interne alla stessa Dlgs 81/2008 e s.m.i. per quanto attiene la normativa sulla sicurezza sul lavoro.

Per il $L_{Aeq,T}$ risulta altresì applicabile il limite di 70 dB(A) di cui al comma 4) dell'art. 17 della L.R. n. 3/2001.

Le verifiche dei criteri differenziali di cui ai DPCM 01.03.1991, e 14.11.1997 ed alla Legge Regionale 12/02/2002 n. 3, devono essere eseguite con rilievi fonometrici condotti all'interno delle abitazioni secondo i protocolli previsti dalla vigente normativa, e non sono, quindi, oggetto di valutazione d'impatto previsionale.

Analoghe considerazioni valgono per il disposto di cui all'art. 844 cc. in merito ai rapporti fra fondi confinanti.

2) Descrizione del sito e delle sorgenti sonore preesistenti.

La Struttura oggetto di ampliamento è ubicata lungo la SP 35 S.Vito dei Normanni-Specchiolla ed a ridosso della ferrovia Brindisi-Bari, che costituiscono le uniche sorgenti sonore significative presenti nell'area.

L'abitazione più vicina alla struttura dista circa 300 mt, mentre tutto il territorio circostante al confine di proprietà della masseria Caselli è terreno coltivato ad uliveto.

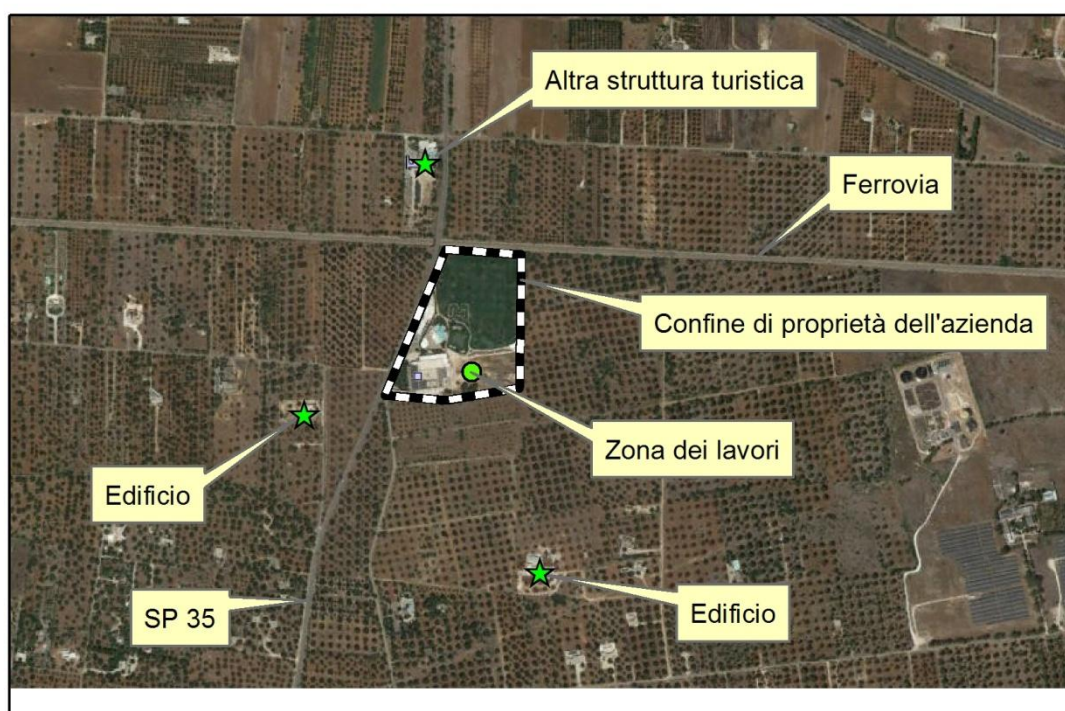


Figura 1

Allo stato quindi il clima acustico ex-ante è determinato dalle emissioni sonore del traffico veicolare della SP 35 e della linea ferroviaria Brindisi-Bari, essendo la struttura esistente assimilabile alla residenza.

La caratterizzazione acustica della strada provinciale è eseguita con il codice NMPB-96 (la cui descrizione è riportata nel paragrafo 4).

I dati disponibili sui volumi di traffico non sono purtroppo affidabili ed è quindi stata eseguita la stima dei livelli di immissione in tre possibili casi ritenuti verosimili:

caso 1) transito di 20 veicoli/h complessivi con il 5% di veicoli pesanti;

caso 2) transito di 150 veicoli/h complessivi con il 5% di veicoli pesanti;

caso 3) transito di 300 veicoli/h complessivi con il 5% di veicoli pesanti;

Le restanti caratteristiche geometriche adottate per le valutazioni sono le seguenti:

- Andamento stradale secondo le livellette del terreno;
- Larghezza della carreggiata 8 metri;
- Una corsia per senso di marcia;
- Due sensi di marcia;
- Assenza di banchine ai lati e di spartitraffico centrale;
- Fondo stradale asfaltato;

La caratterizzazione acustica della ferrovia è stata eseguita con il codice CSTB (anch'esso descritto nel paragrafo 4) considerando per il periodo di riferimento diurno il transito di 60 convogli ferroviari¹ della composizione media di 9 vagoni standard.

3) Descrizione delle sorgenti sonore connesse con la realizzazione dell'opera

Il progetto prevede la realizzazione di volumi edilizi che ospiteranno le residenze ed i servizi e la sistemazione dei parcheggi.

Il tutto verrà realizzato con l'ausilio di macchine operatrici per la movimentazione terra e/o per il sollevamento che, in fase di cantiere, costituiranno le uniche sorgenti sonore attive.

Gli orari nei quali si prevede l'utilizzo di tali mezzi sono conformi alle indicazioni del comma 3 dell'art.17 della Legge Regionale 3/2002 e cioè, dalle ore 07.00 alle ore 12.00 antimeridiane o dalle ore 15.00 alle ore 19.00 pomeridiane.

In particolare si prevede l'impiego di:

- un escavatore idraulico cingolato ad a cucchiaio rovescio (P<55 Kw);
- una pala caricatrice gommata (P<55 Kw);
- uno o più autocarri a cassone ribaltabile (P<55 Kw);
- un rullo compressore;
- una gru (P<55 Kw);
- una o più autobetoniere con stazione di pompaggio;

Per i mezzi soggetti alle prescrizioni dell'art.12 della direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2000/14/CE "Macchine ed attrezzature soggette a limiti di emissione acustica" ed adottata in Italia dal DLgs n. 194 del 19/08/2005, possono essere assunti i livelli di potenza sonora limite prescritti per la Fase 2, e ripresi in Tabella 1.

Per i restanti mezzi (autobetoniera e stazione di pompaggio) si possono adottare i livelli di potenza sonora rivenienti dalla letteratura.

¹ Fonte dati trenitalia

Tabella 1

Tipologia di macchinario	Potenza (Kw)	Livello ammesso di potenza sonora dB(A)
Gruppo A) Escavatore idraulico cingolato; pala caricatrice cingolata; e rullo compressore	$P \leq 55 \text{ Kw}$	103
Gruppo B) Gru	$P \leq 55 \text{ Kw}$	$96 + \log(P)$
Gruppo C) Autobetoniera e stazione di pompaggio; autocarri.	-	Valori tipici 101 dB(A)

Per questi macchinari si adottano le distribuzioni spettrali medie riveniente dalla letteratura, e riportate nella Tabella 2.

Tabella 2

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A) Lw db	80.0	101.0	103.1	97.5	95.4	92.5	87.4	82.2
B) Lw db	82.0	87.1	89.1	90.3	91.6	92.7	90.3	83.0
C) Lw db	82.0	90.1	90.9	92.3	101.6	92.8	92.3	83.0

Si ipotizza che i suddetti macchinari non vengano utilizzati tutti contemporaneamente ma, verosimilmente, con una frequenza di due macchine alla volta per la realizzazione degli scavi, o per la realizzazione delle opere in calcestruzzo, e di una per la sistemazione dei piazzali.

I rumori prodotti da altre lavorazioni che non prevedono l'utilizzo di grandi macchine operatrici (piegatura dei ferri, predisposizione delle armature, predisposizione delle casseformi, piccoli scavi etc) sono trascurati.

L'aumento del traffico veicolare della SP 35 indotto dai mezzi entranti o uscenti dal cantiere è stato valutato come trascurabile in termini d'incremento del livello di potenza sonora della strada.

4) Descrizione del modello di calcolo

Principi del metodo di calcolo ISO 9613 per la propagazione del rumore.

L'algoritmo ISO 9613 standard è di seguito descritto:

$$L_{iT}(DW) = L_w - (A_{div} - A_{atm} - A_{ground} - A_{screen} - A_{misc})$$

dove :

$L_{iT}(DW)$	è il livello di pressione sonora medio, per bande di ottava, sottovento nella direzione del ricevitore per la j-esima sorgente;
L_w	è il livello di potenza sonora per bande di ottava per la j-esima sorgente;
A_{div}	è l'attenuazione dovuta alla divergenza geometrica (distanza);
A_{atm}	è l'attenuazione dovuta all'assorbimento dell'aria;
A_{ground}	è l'attenuazione dovuta all'assorbimento del terreno;
A_{screen}	è l'attenuazione dovuta alle schermature;
A_{misc}	è l'attenuazione dovuta ad effetti vari;

Il passaggio al livello equivalente continuo ponderato A, nella direzione sottovento $L_{AT}(DW)$, si ottiene sommando i contributi degli $L_{iT}(DW)$ per ogni banda di ottava, pesati applicando le correzioni della curva di ponderazione A, e componendo i livelli secondo la seguente relazione:

$$L_{AT}(DW) = 10 \log \left(\sum_{i=1}^8 10^{\frac{L_{iT}(DW) + A_i}{10}} \right)$$

dove A_i sono i fattori di correzione della curva di ponderazione A per le frequenze centrali delle bande di ottava.

La valutazione infine del contributo degli effetti meteorologici avviene direttamente sul valore del $Leq(A)$ precedentemente calcolato secondo la seguente relazione:

$$Leq(A) = L_{AT}(DW) - C_{meteo}$$

Nel dettaglio i diversi termini delle attenuazioni vengono stimati con le relazioni di seguito riportate.

A_{div} Attenuazione dovuta alla divergenza geometrica.

Questa attenuazione è legata al tipo di propagazione dell'onda sonora che dipende dalle caratteristiche di emissione della sorgente. Secondo uno schema di propagazione sferico e supponendo che l'emissione sia distribuita uniformemente su di un angolo solido di 4π radianti si ha:

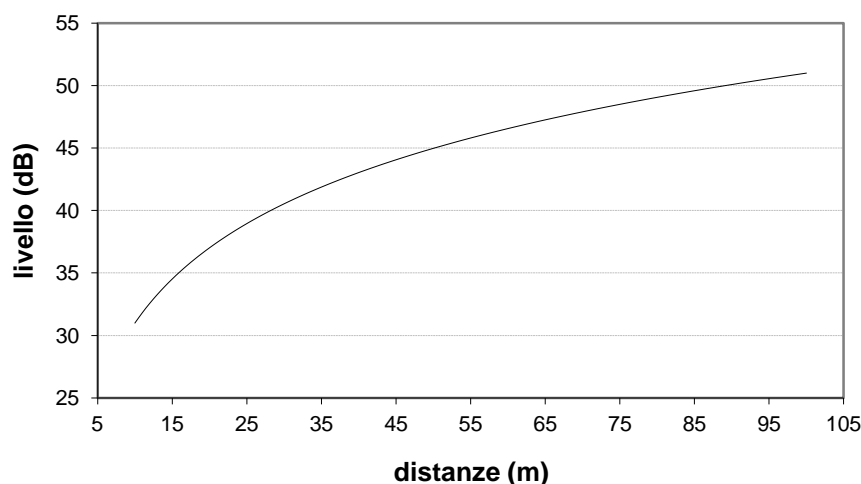
$$A_{div} = 20\log(d) + 11$$

dove d è la distanza diretta fra la sorgente ed il ricevitore espressa in metri.

A_{atm} Attenuazione dovuta all'assorbimento dell'aria.

Questo tipo di attenuazione è causato dalla viscosità dell'aria, dalle variazioni termiche e dai

attenuazione dovuta alla divergenza geometrica



movimenti oscillatori delle molecole dell'aria. Essa è funzione della temperatura e dell'umidità relativa e varia con la frequenza delle onde sonore.

La relazione utilizzata nel modello ISO 9613 standard per la sua valutazione è la seguente:

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{1000}$$

dove α è il coefficiente di attenuazione atmosferico per bande di ottava, espresso in decibel per chilometro, ed i cui valori sono ricavabili dalla Tabella 3:

Tabella 3

T (°C)	RH (%)	Frequenze nominali per bande							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0.1	0.4	1	1.9	3.7	9.7	32.8	117
20	70	0.1	0.3	1.1	2.8	5	9	22.9	76.6
30	70	0.1	0.3	1	3.1	7.4	12.7	23.1	59.3
15	20	0.3	0.6	1.2	2.7	8.2	28.2	88.8	2.2
15	50	0.1	0.5	1.2	2.2	4.2	10.8	36.2	129
15	80	0.1	0.3	1.1	2.4	4.1	8.3	23.7	82.8

A_{ground} Attenuazione dovuta al terreno.

L'attenuazione del suono dovuta al terreno, è il risultato dell'interferenza fra le onde riflesse dal suolo e quelle che si propagano direttamente fra la sorgente ed il ricevitore, in corrispondenza delle rispettive posizioni.

Si possono distinguere tre regioni per le quali valutare gli effetti di tale attenuazione (Figura 2):

- Regione in prossimità della sorgente (source region), che corrisponde ad un'area la cui estensione a partire dalla sorgente, ed in direzione del ricevitore, è pari a $30h_s$ (dove h_s è l'altezza della sorgente);
- Regione in prossimità del ricevitore (receiver region), che corrisponde ad un'area la cui estensione a partire dal ricevitore ed in direzione della sorgente è pari a $30h_r$ (dove h_r è l'altezza del ricevitore);
- Regione intermedia (middle region).

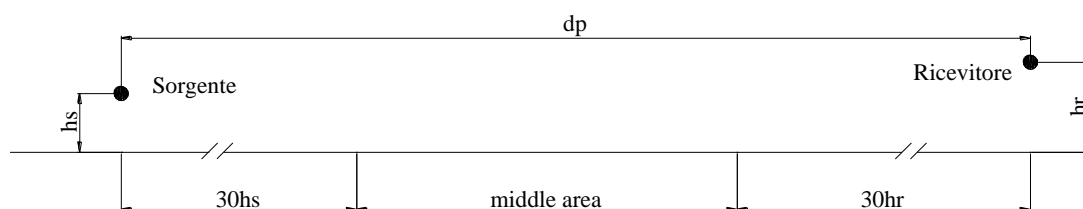


Figura 2

Per ogni regione si definisce un fattore G, rappresentativo delle caratteristiche assorbenti del suolo, il cui valore è compreso fra 0 ed 1, in funzione della tipologia del terreno presente:

- Terreni duri (terreni a bassa porosità, pavimentazioni, asfalto, cemento, etc): $G=0$;
- Terreni porosi (campi arati, terreni erbosi o con vegetazione etc.) : $G=1$;
- Terreni misti (terreni per i quali sono presenti sia porzioni di terreni duri, sia porzioni di terreni porosi) : $0 < G < 1$.

In questi casi il valore di G viene calcolato in funzione della percentuale dei terreni duri presenti.

L'attenuazione determinata globalmente dal terreno può essere quindi valutata come somma delle attenuazioni delle singole regioni:

$$A_{ground} = A_s + A_r + A_m$$

ed i singoli contributi possono essere ricavati, per bande di ottave, dalla Tabella 4.

Tabella 4

<u>Frequenza nominale di banda</u>	$A_s - A_r$	A_m
63	-1.5	$-3 \cdot q$
125	$-1.5 + G \cdot a'(h)$	$-3 \cdot q(1 - G)$
250	$-1.5 + G \cdot b'(h)$	
500	$-1.5 + G \cdot c'(h)$	
1000	$-1.5 + G \cdot d'(h)$	
2000	$-1.5(1 - G)$	
4000	$-1.5(1 - G)$	
8000	$-1.5(1 - G)$	

Dove :

$$a'(h) = 1.5 + 3e^{-0.12(h-5)^2} \left(1 + e^{-\frac{d_p}{50}} \right) + 5.7e^{-0.09h^2} \cdot \left(1 - e^{-2.8 \cdot 10^{-6} \cdot d_p^2} \right)$$

$$b'(h) = 1.5 + 8.6 \cdot e^{-0.09h^2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$c'(h) = 1.5 + 14 \cdot e^{-0.46h^2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$d'(h) = 1.5 + 5 \cdot e^{-0.9h^2} \left(1 - e^{-\frac{d_p}{50}} \right)$$

$$q = \begin{cases} 0 & \text{se } d_p \leq 30(h_s + h_r) \\ 1 - \frac{30 \cdot (h_s + h_r)}{d_p} & \text{se } d_p \geq 30(h_s + h_r) \end{cases}$$

con :

h altezza generica della sorgente o del ricevitore;

h_s altezza della sorgente;

h_r altezza del ricevitore;

d_p distanza tra la proiezione di sorgente e ricevitore sul piano del terreno;

A_{screen} Attenuazione dovuta a schermature.

Gli effetti di attenuazione dovuti agli elementi schermanti vengono stimati in funzione dei percorsi acustici secondari generati dalla diffrazione delle onde sonore sui bordi dei suddetti elementi.

Un qualsiasi oggetto viene preso in considerazione, in relazione al suo effetto schermante sulla trasmissione del suono, se presenta i seguenti requisiti fisici:

- ❑ Densità superficiale superiore a 10 Kg/mq;
- ❑ Dimensioni dell'ostacolo in direzione normale alla congiungente sorgente-ricevitore maggiori della lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza centrale della banda interessata;
- ❑ Altezza sufficiente a coprire la linea di vista sorgente-ricevitore;

Il termine di attenuazione è differente a secondo che il percorso secondario dei raggi sonori lambisca i margini laterali o quello superiore dell'oggetto considerato.

Per la diffrazione sul lembo superiore dello schermo si ha:

$$A_{dif} = D_z - A_{ter}$$

essendo:

A_{dif} l'attenuazione dovuta alla schermatura;

D_z l'indice di schermatura;

A_{ter} l'attenuazione del terreno in assenza di ostacoli;

Per i bordi laterali si ha:

$$A_{dif} = D_z$$

Come già detto nei paragrafi precedenti, questo tipo di diffrazione non viene presa in considerazione dal software.

L'indice di schermatura si ricava dalla seguente relazione:

$$D_z = 10 \cdot \log \left(3 + C_3 \cdot z \cdot K_w \cdot \frac{C_2}{\lambda} \right)$$

dove:

C_2 è una costante assunta pari a 40, essendo gli effetti delle riflessioni dovute al terreno valutate separatamente in A_{ground} ;

C_3 è una costante che prende in considerazione il tipo di diffrazione (singole o doppie) ed è assunta pari a:

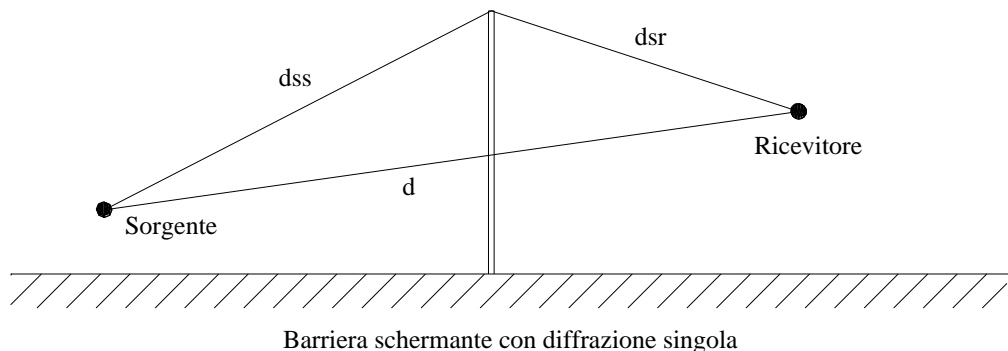
$$C_3 = \begin{cases} 1 & \text{per le diffrazioni singole} \\ \frac{1 + \left(\frac{5\lambda}{d_e} \right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{d_e} \right)^2} & \text{per diffrazione doppia} \end{cases}$$

λ è la lunghezza d'onda della frequenza centrale considerata;

z è la differenza fra il percorso diretto e quello rifratto;

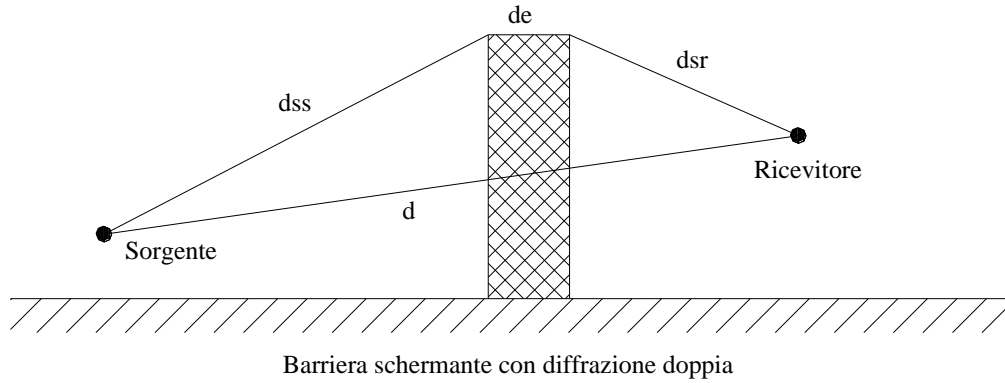
Il termine z nel caso di diffrazione singola (barriera di piccolo spessore rispetto alla lunghezza d'onda della frequenza centrale considerata) è valutato come:

$$z = d_{ss} + d_{sr} - d$$



e nel caso di diffrazione doppia (barriera di grande spessore rispetto alla lunghezza d'onda della frequenza considerata) come:

$$z = d_{ss} + d_{sr} + d_e - d$$



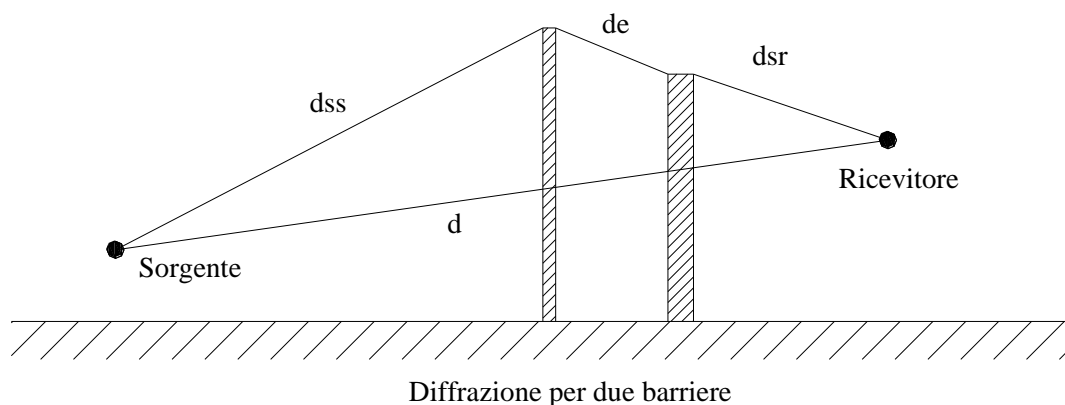
K_w è il termine di correzione meteorologica, che prende in considerazione la curvatura dei raggi sonori e viene valutato con la seguente relazione:

$$K_w = \begin{cases} e^{\left(-\frac{1}{2000} \sqrt{\frac{d_{ss} \cdot d_{sr} \cdot d}{2z}} \right)} & \text{per } z > 0 \\ 1 & \text{per } z \leq 0 \end{cases}$$

Per la diffrazione laterale si assume $K_w=1$, inoltre per distanze tra sorgente e ricevitore minori di 100 m si assume ancora $K_w=1$.

Valori di D_z superiori a 20 dB per diffrazioni singole, ed a 25 dB per diffrazioni doppie non devono essere presi in considerazione.

Gli effetti schermanti di due barriere accoppiate, anche di diversa altezza, possono essere analizzati con lo stesso procedimento utilizzato per la diffrazione doppia, assumendo per d_e il valore della distanza tra le due barriere.



Nel caso di barriere multiple si considerano le due sole barriere che assicurano il migliore effetto schermante, trascurando le altre.

A_{misc} Attenuazioni dovute ad effetti vari.

Questo termine prende in considerazione l'azione di diversi fattori fra i quali il più significativo è quello dovuto alla riflessione dei raggi sonori su schermature. Il termine "attenuazione" in questo caso non è propriamente giustificato dal momento che i fenomeni di riflessione inducono sempre sul ricettore incrementi del livello sonoro.

Nel calcolo eseguito le riflessioni sono prese in considerazione non attraverso il metodo delle sorgenti-immagine, così come proposto dalla ISO 9613, ma direttamente attraverso il motore ray-tracing del software adoperato per le stime dei livelli di rumore.

Ad ogni superficie verticale considerata come "schermo" (quelle orizzontali non sono prese in considerazione poiché il contributo delle riflessioni è già conteggiato nel termine A_{ground}), viene assegnato un coefficiente di assorbimento variabile per bande di ottava, i cui valori sono derivati da indagini sui materiali attualmente in commercio per le costruzioni.

L'algoritmo di generazione dei raggi sonori provvede poi a "lanciare" da ogni ricettore (ray tracing inverso) una serie di raggi che vengono seguiti nei loro "rimbalzi" sulle superfici degli ostacoli.

In corrispondenza di ogni riflessione si ha l'attenuazione $10\log(1-\alpha)$ dei livelli di potenza (α coefficiente di assorbimento) e, successivamente, si può valutare il contributo dei raggi riflessi sui singoli ricettori.

Ovviamente il numero delle riflessioni, la distanza di propagazione dei raggi, e le caratteristiche dei materiali vengono impostate in fase di input dati.

C_{meteo} **Fattore meteorologico**

Il termine C_{meteo} dipende dall'altezza h_s della sorgente, dall'altezza h_r del ricevitore, dalla distanza sorgente-ricevitore d_p ; esso può essere valutato con le seguenti relazioni:

$$\begin{cases} C_{meteo} = 0 & \text{se } d_p \leq 10(h_s + h_r) \\ C_{meteo} = C_0 \left[1 + \frac{10(h_s + h_r)}{d_p} \right] & \text{se } d_p > 10(h_s + h_r) \end{cases}$$

dove C_0 è una costante legata alla percentuale di tempo durante il quale sussistono le condizioni favorevoli alla propagazione del suono dalla sorgente al ricevitore, ed il cui valore si desume da appositi abachi.

Il software calcola C_0 con la seguente relazione:

$$C_0 = 10 \log(p)$$

con p = percentuale di tempo favorevole e $C_0 > -5\text{dB}$.

Algoritmo di stima del rumore stradale NMPB-96

Il calcolo del livello di potenza per le strade avviene, per metro lineare di corsia, attraverso la seguente relazione:

$$Lw = Lw_{VL} + 10 \log \left(\frac{\text{flusso} + \text{flusso} \times \% PL \times (EQ - 1) / 100}{V} \right) - 30$$

dove:

Lw_{VL} = potenza acustica di un veicolo leggero;

flusso = numero di veicoli /ora;

$\% PL$ = percentuale di veicoli pesanti;

EQ = fattore di equivalenza veicolo leggero - veicolo pesante;

V = velocità del flusso dei veicoli.

La potenza acustica di un veicolo leggero è data da:

$$Lw_{VL} = 46 + 30 \log V + C$$

dove V è la velocità del veicolo, che viene assunta pari a 30 Km/h se $V < 30 \text{ Km/h}$

mentre C è un fattore che tiene conto delle condizioni di guida:

- Fluid
- Interrupted

- Accelerating

Il primo caso corrisponde alle tipiche condizioni di circolazione delle autostrade, delle strade extraurbane o urbane veloci, dove il flusso dei veicoli procede senza interruzioni a velocità costante, utilizzando alti rapporti del cambio. Il secondo e il terzo caso si riferiscono invece alle strade delimitate da abitazioni, in cui sono presenti intersezioni stradali e semafori.

Il coefficiente C assume i seguenti valori:

- $C = 0$ nel caso di traffico fluido;
- $C = 2$ nel caso di traffico interrotto;
- $C = 3$ nel caso di traffico accelerato.

Il fattore di equivalenza veicolo leggero - veicolo pesante è riportato nella *Tabella 5*:

Tabella 5

EQ		Pendenza della strada in %				
		≤ 2	3	4	5	≥ 6
velocità	120 Km/h	4	5	5	6	6
	100 Km/h	5	6	6	6	7
	80 Km/h	7	9	10	11	20
	50 Km/h	10	13	16	18	20

Il software adoperato effettua un'interpolazione lineare per il calcolo del fattore di equivalenza "EQ" nel caso di pendenze o velocità intermedie ai valori della tabella.

I dati del traffico che devono essere inseriti per calcolare L_w , sono sostanzialmente quattro:

- Numero di Veicoli/ora;
- Percentuale di veicoli pesanti;
- Velocità (Km/h)
- Tipologia del traffico (fluido, interrotto, accelerato).

Il tipo di pavimentazione stradale interviene da una parte sulla potenza acustica emessa dalle sorgenti e dall'altra sulla forma dello spettro.

Per ciascun tipo di superficie stradale, si calcola la correzione da apportare alla potenza in dB(A) emessa dai veicoli, per la i-esima banda di ottava, mediante la formula:

$$L_w(i) = L_w - P_{ond}(i)$$

Le tipologie di superfici stradali considerate sono :

- Strada asfaltata con
 - Rivestimento bituminoso (Asfalto)

In questo caso si prende direttamente il valore calcolato di L_w , senza alcuna correzione, e si ricava la distribuzione spettrale applicando per le varie frequenze i termini riportati in Tabella 6.

Tabella 6

Frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Spettro dB(A)	-14	-10	-7	-4	7	12

- *Rivestimento drenante*

La correzione globale apportata per questo tipo di pavimentazione in funzione della velocità è la seguente:

- Per velocità superiori a 100 km/h, la potenza è ridotta di 3.5 dB(A);
- Per velocità inferiori a 50 km/h, la potenza non viene modificata;
- Per velocità tra 50 e 100 km/h, l'attenuazione varia linearmente tra 0 e 3.5 dB(A).

Mentre la correzione apportata per bande di ottava si ricava dalla Tabella 7, riferita al caso di attenuazione pari a 3.5 dB(A):

Tabella 7

frequenze	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Attenuazione dB(A)	0	0	0.5	5.5	7	7

Attenuazione dovuto al rivestimento drenante

❑ **Strada non asfaltata**

In questo caso non si parlerà di attenuazione del rumore, ma di aumento del livello di potenza L_w di 2 dB. Gli spettri sono identici a quelli dei rivestimenti bituminosi (asfalto).

❑ **Calcestruzzo Liscio**

Lo spettro e la potenza sono uguali al caso del rivestimento bituminoso.

❑ **Calcestruzzo scanalato (ruvido)**

Il livello di potenza L_w è aumentato di 3 dB, mentre lo spettro è identico a quello utilizzato per il rivestimento bituminoso.

❑ **Basolato**

Il livello di potenza è aumentato di 3 dB con uno spettro stradale diverso questa volta da quello per rivestimenti bituminosi. Questa scelta ovviamente può essere usata solo per le vie urbane primarie e secondarie.

Algoritmo di stima del rumore ferroviario (CSTB Model)

Il calcolo del livello di potenza per le ferrovie avviene, per metro lineare di binario, attraverso la seguente relazione:

$$L_w = 18 + 10 \log_{10} \left(a \sum \frac{n_i L_i}{b_i} v_i^2 \right)$$

dove

n_i è il numero di convogli transitati per ora;

L_i è la lunghezza dei convogli espressa in metri;

b_i è un coefficiente caratteristico del tipo di vagoni di cui sono composti i treni;

v_i è la velocità dei treni in Km/h;

a è un coefficiente che dipende dalla tipologia di binario.

Valori del coefficiente a	
1	Long soldered rails
2	Rails with alternated joints
3	Short rail or on track of 20 m around shunting

Valori del coefficiente b	
0.5	Noisy wagon
1	Ordinary wagon
3	Silent wagon
6	Very silent wagon

5) Limiti di applicabilità del modello di calcolo

La valutazione del clima acustico per i diversi scenari è condotta con le metodologie di calcolo precedentemente descritte e considerando di volta in volta le diverse sorgenti sonore individuate.

Il codice di calcolo tiene in considerazione l'orografia del territorio, la presenza di edifici ed ostacoli, la posizione plano-altimetrica delle sorgenti sonore (schematizzabili come punti, linee o aree).

Occorre tenere presente tuttavia che i risultati del modello sono affidabili entro una distanza di circa 300 mt dalla sorgente e comunque non riescono mai a fornire risultati attendibili per quanto concerne la posizione della curva di isolivello dei 45 dB(A);

Oltre tali distanza infatti l'azione del vento e le variazioni di umidità e di temperatura influenzano in maniera decisiva la propagazione del suono e qualsiasi previsione (per quanto derivante da modelli complessi) non può essere ritenuta valida.

L'effetto di un gradiente di temperatura decrescente con l'altezza ed il vento contrario alla direzione di propagazione, producono infatti una "zona d'ombra" al di là della quale le onde più basse sfiorano il terreno per poi propagarsi nuovamente verso l'alto. Nelle zone d'ombra, i livelli sonori sono inferiori a quelli che si avrebbero in normali condizioni di propagazione poiché ovviamente una parte di energia viene riflessa verso l'alto.

L'effetto di un gradiente di temperatura crescente con l'altezza ed il vento soffiante nella direzione di propagazione del suono, producono invece l'incurvamento verso il basso delle onde sonore. In questa situazione si possono riscontrare livelli di pressione più elevati rispetto alle condizioni normali di propagazione.

Con tali premesse le impostazioni di calcolo assunte sono le seguenti:

- ❑ Tipologia terreno $G=0,40$, $S=2000$ (vedi modello);
- ❑ Numero di raggi sonori per metro di sorgente lineare o per sorgente puntuale: 100;
- ❑ Distanza massima di propagazione dei raggi: 500 metri;
- ❑ Numero di intersezioni su ricettori di calcolo: 99;
- ❑ Numero di riflessioni su ostacoli o terreno: 5;
- ❑ Temperatura media: 15°C ;
- ❑ Umidità relativa media: 70%;
- ❑ Condizioni meteo: omogenee;
- ❑ Numero di ricettori di calcolo: circa 800;

Il calcolo del L_{Aeq} è eseguito su una sezione orizzontale posta ad un'altezza di 1,5 mt rispetto al piano di campagna, ed i risultati sono riportati sotto forma di mappa della rumorosità ($L_{A,eq}$)

6) Scenari di valutazione

Gli scenari valutati sono 3

- Scenario 0 - Valutazione del clima acustico ante-operam;
- Scenario 1 - Fase di cantiere iniziale - Realizzazione dei corpi di fabbrica;
- Scenario 2 - Fase di cantiere finale - Sistemazione dei piazzali

La rappresentazione grafica è quella direttamente riveniente dal software di calcolo.

Per maggiore chiarezza illustrativa in Figura 3 sono evidenziati sulla mappa dello scenario 0 i principali elementi geometrici del modello.

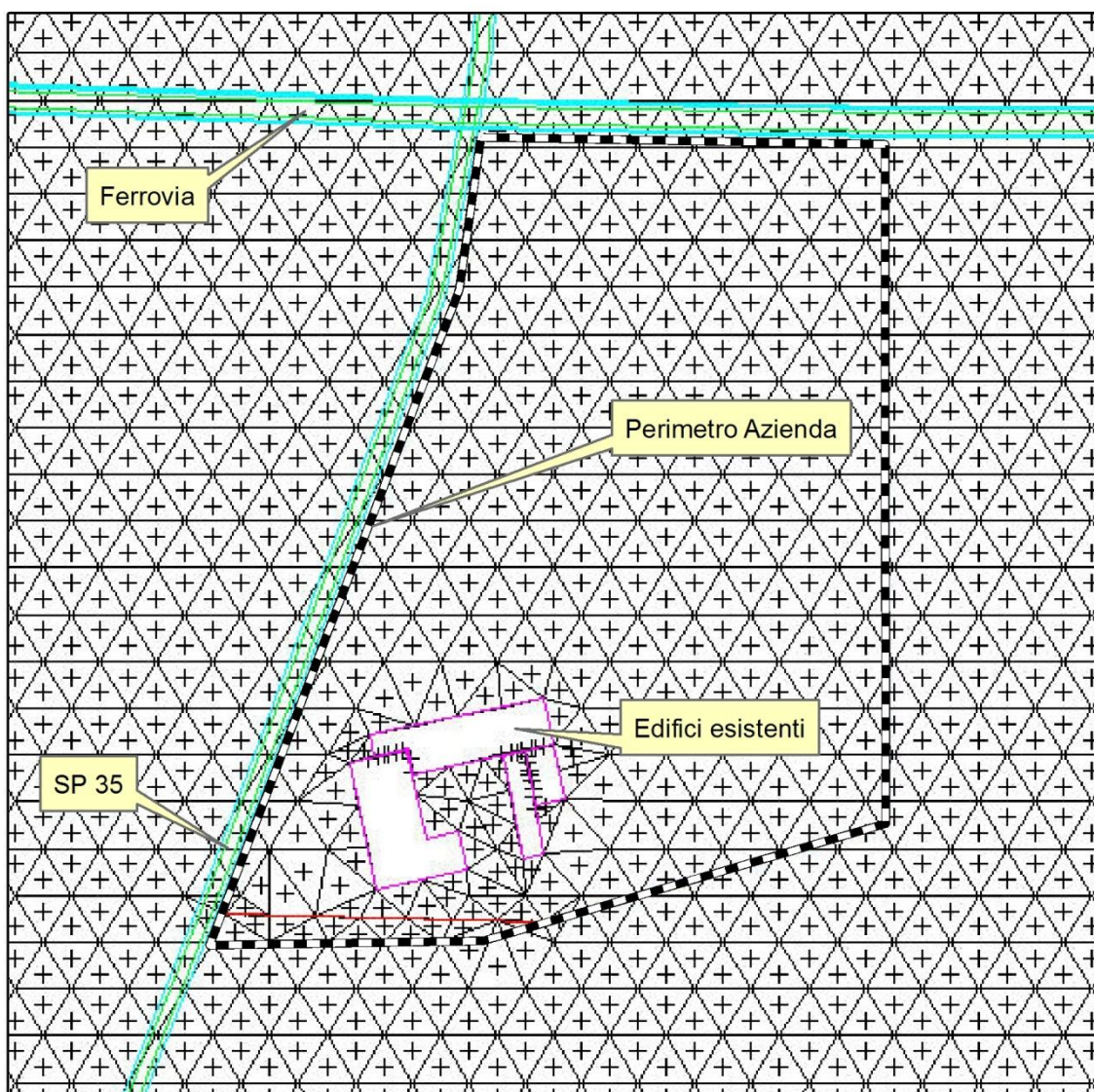


Figura 3 - Griglia di calcolo

Scenario 0

Nello scenario 0 sono prese in considerazione le sorgenti sonore pre-esistenti ed il calcolo delle curve di isolivello è eseguito con riferimento alla griglia di ricettori rappresentata in Figura 3

Nelle Figure 4, 5 e 6 sono riportati i risultati per i tre casi di flussi veicolari circolanti sulla SP 35 indicati nel paragrafo 2.

Le aree bianche nelle figure rappresentano gli edifici già esistenti nell'area.

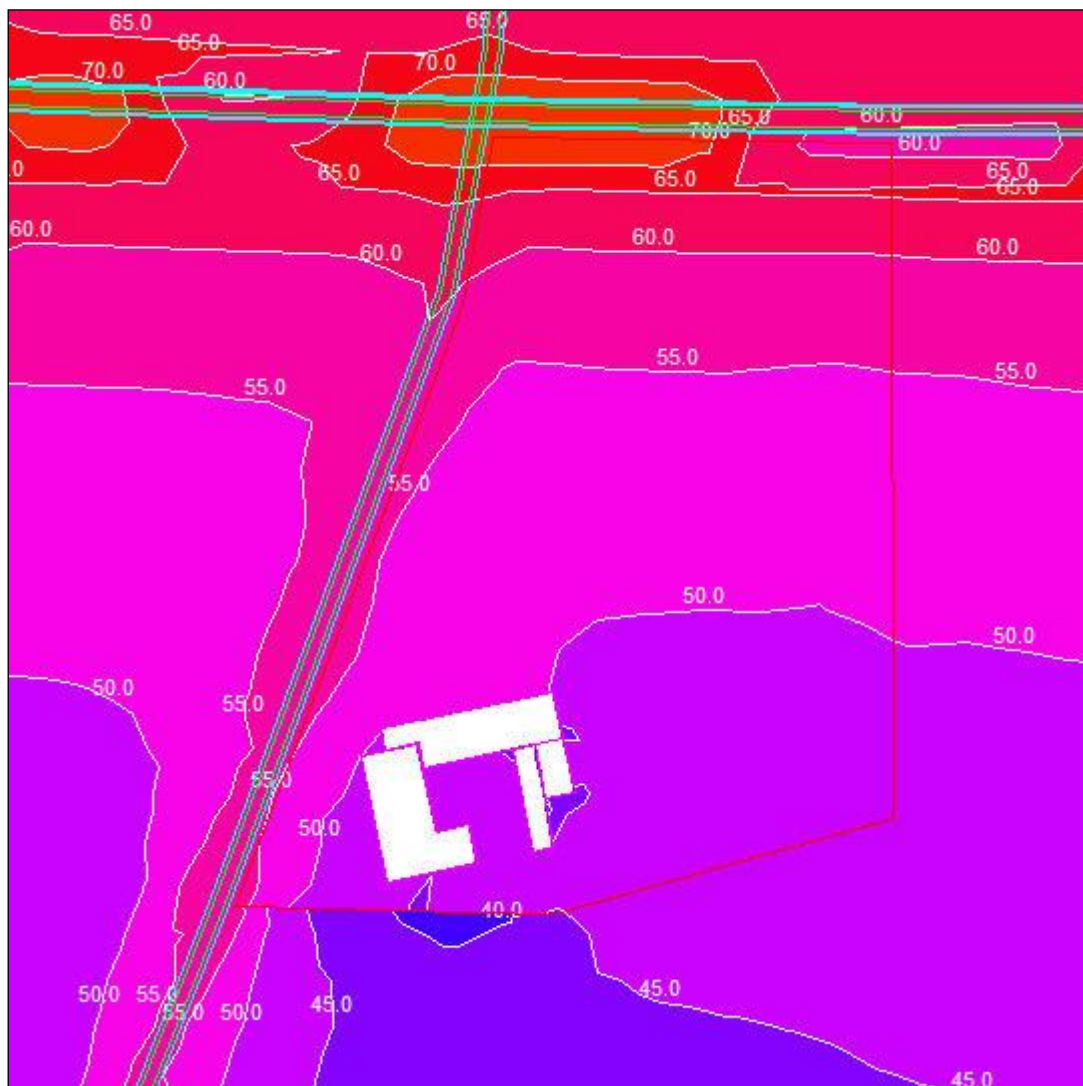


Figura 4 - Stima del clima acustico ante operam 1° caso

Nel primo caso il traffico veicolare lungo la strada Provinciale 35 è assunto minimo e pari a 20 veicoli/h dei quali il 5% costituito da veicoli pesanti.



Figura 5 - Stima del clima acustico ante operam - 2° caso

Nel secondo caso il traffico veicolare lungo la strada Provinciale 35 è assunto pari a 150 veicoli/h dei quali il 5% costituito da veicoli pesanti.

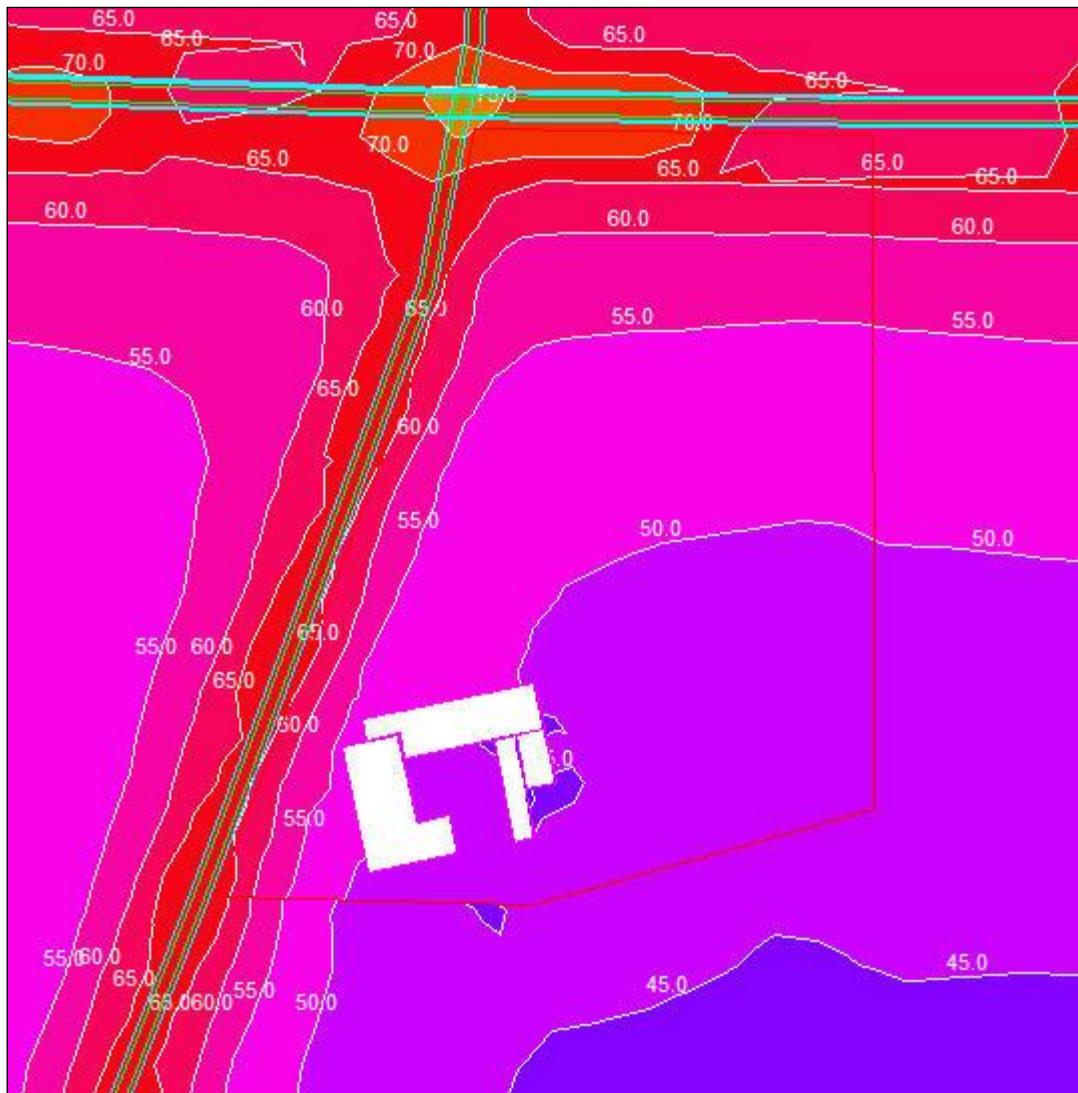


Figura 6 - Stima del clima acustico ante operam - 3° caso

Nel secondo caso il traffico veicolare lungo la strada Provinciale 35 è assunto pari a 300 veicoli/h dei quali il 5% costituito da veicoli pesanti.

Dal confronto delle mappe del Livello equivalente continuo di pressione sonora ponderato A si evince che le immissioni della SP 35 sull'area oggetto dei lavori, stante la distanza, sono ininfluenti.

Scenario 1.

Nello scenario 1 sono considerate, oltre alle sorgenti sonore pre-esistenti, anche due macchine operatrici del gruppo A (condizione più sfavorevole) di cui al paragrafo 3, operanti simultaneamente in diverse posizioni nell'area d'intervento.

In questo scenario i nuovi volumi edilizi di progetto non sono stati ancora realizzati.

La SP 35 è considerata con riferimento al caso 3 (300 veicoli/h).

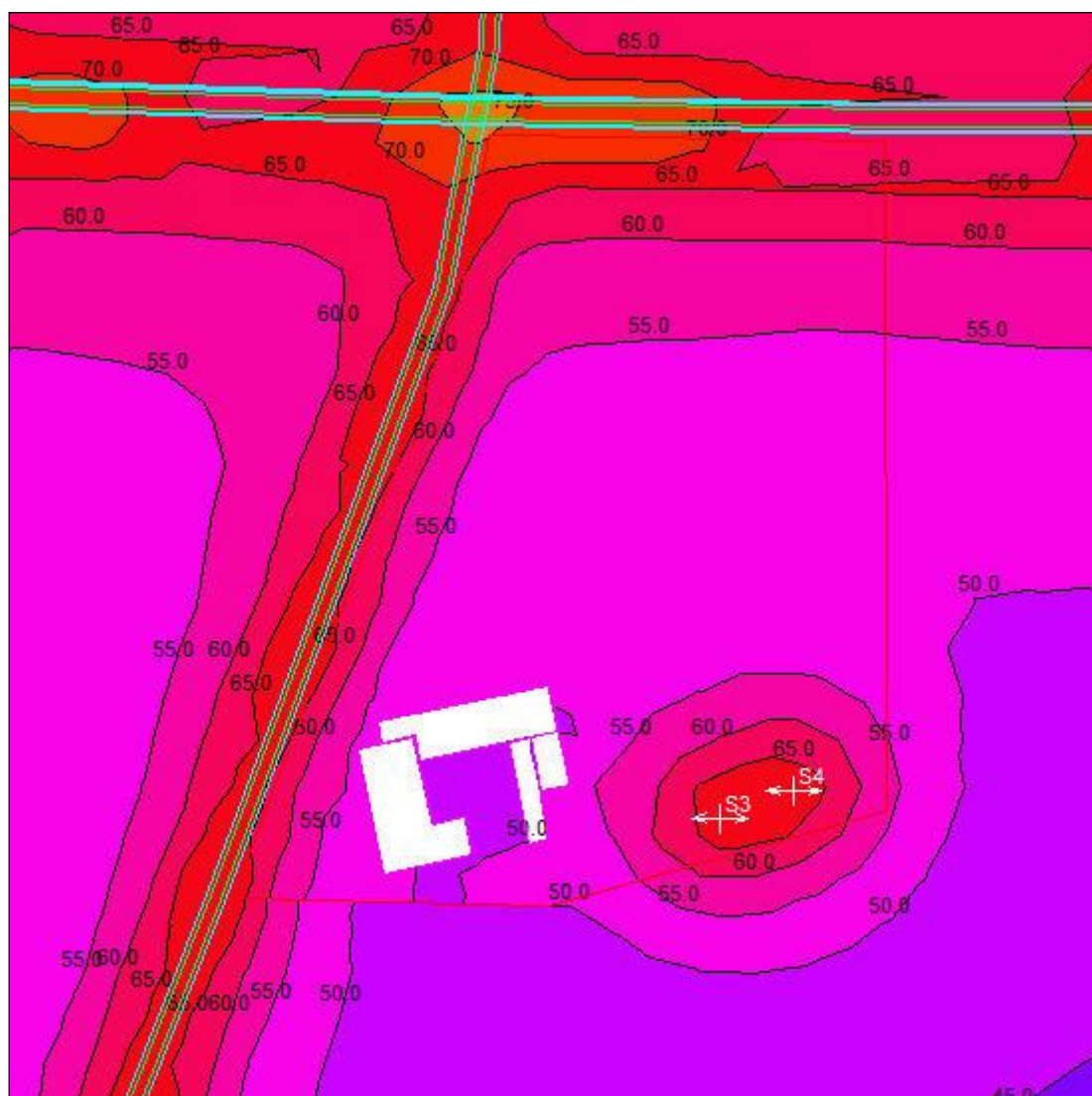


Figura 7 - Stima del clima acustico in fase iniziale di cantiere

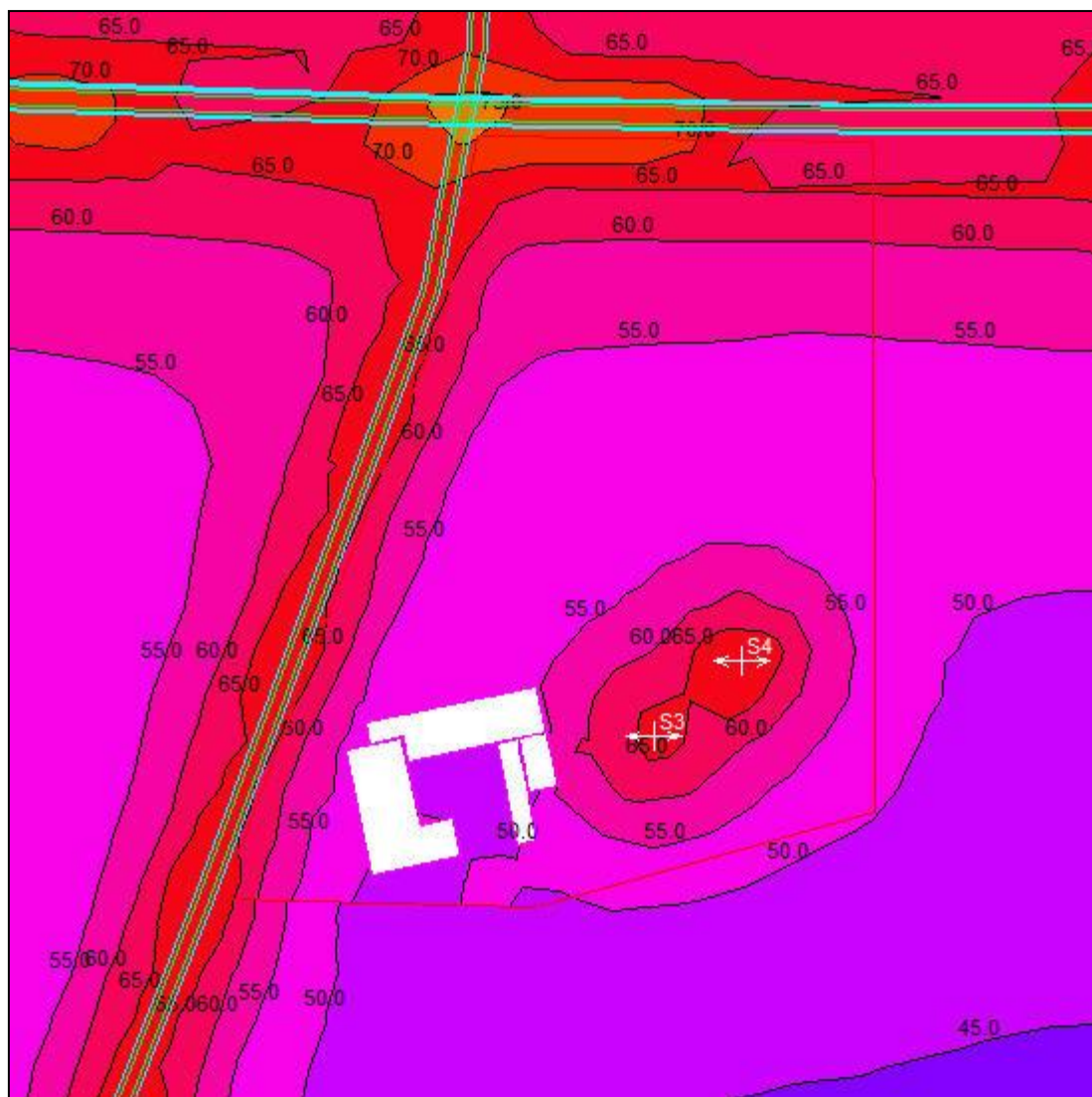


Figura 8 - Stima del clima acustico in fase iniziale di cantiere

Scenario 2

Nello scenario 2 i principali volumi edilizi di progetto sono stati realizzati e le macchine operatrici lavorano per la sistemazione dei piazzali.

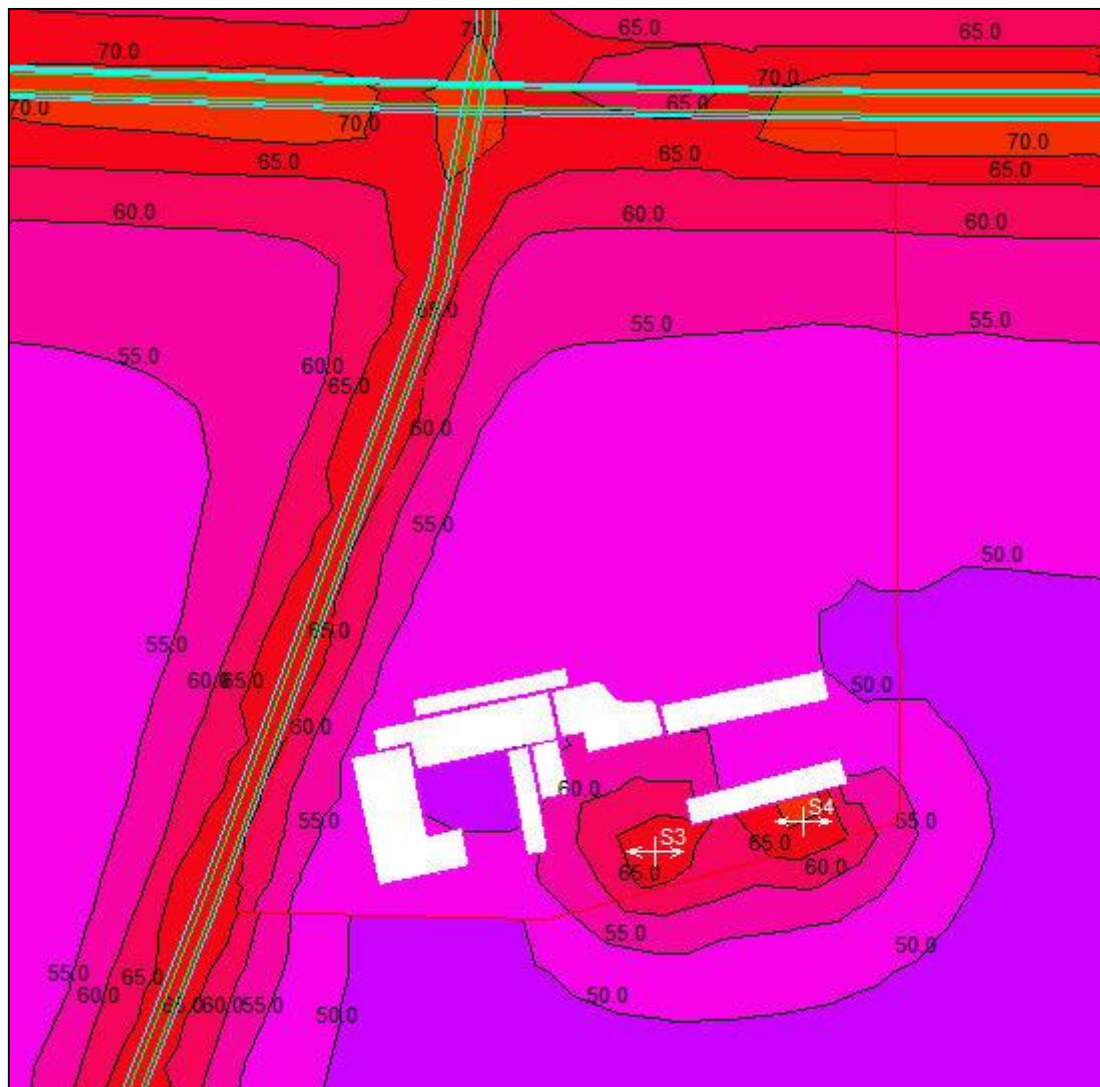


Figura 9 Stima del clima acustico in fase finale di cantiere



Figura 10 - Stima del clima acustico in fase finale di cantiere

Conclusioni

I risultati dei calcoli previsionali indicano che lungo i confini di proprietà dell'agriturismo non si prevede il superamento del limite di 70 dB(A) per il $L_{Aeq,T}$ a causa delle attività di cantiere. Per quanto non prevedibile con la presente valutazione si raccomanda la verifica in corso d'opera dei valori del $L_{Aeq,T}$ tramite rilievi fonometrici al fine di predisporre eventuali azioni di mitigazione.

Ing. Sergio Scardia