



Progettazione di massima di intervento di risanamento acustico lungo la Tangenziale Nord di Parma (via Scola – via Da Erba Edoari)

1. Premessa

Lo studio qui eseguito è stato effettuato in accordo alle prescrizioni della vigente legislazione (L. 447/95 e relativi decreti attuativi) dal sottoscritto, prof. Ing. Angelo Farina, tecnico competente ai sensi della legge suddetta, iscritto all'Elenco Regionale dei tecnici competenti (B.U. Reg. Emilia Romagna n. 91 del 2/12/1998).

La valutazione di clima acustico ed il successivo dimensionamento delle opere di mitigazione antirumore sono stati effettuati facendo uso di un modello matematico, denominato Citymap, sviluppato dallo scrivente nell'ambito del progetto nazionale DISIA "Inquinamento acustico delle aree urbane", per conto del Ministero dell'Ambiente, Servizio Inquinamento Aria Rumore (SIAR).

La corrispondenza dei dati simulati con la realtà è stata verificata mediante l'effettuazione di una cospicua serie di rilievi di lungo periodo in alcune postazioni site presso edifici prospicienti l'attuale viabilità. Tali rilevamenti hanno altresì consentito di evidenziare la variazione temporale dei flussi veicolari, e di quantificare il superamento dei limiti di zona, portando così al calcolo dell'Indice di Priorità dell'Intervento (IP)

Al fine di far rientrare i livelli sonori nei limiti previsti dalla Zonizzazione Acustica, è emersa la necessità di realizzare opere di mitigazione, costituite in questo caso da barriere fonoassorbenti metalliche, tipologicamente simili a quelle già installate in altri tratti della tangenziale Nord.

L'implementazione degli interventi suddetti porterà al sistematico rispetto dei limiti di rumorosità previsti dalla vigente normativa presso tutti i recettori siti nell'area analizzata.

2. Metodica di simulazione numerica

Il metodo di analisi è basato sull'impiego del modello matematico CITYMAP v. 2.0, implementato dal sottoscritto sotto forma di programma di calcolo in ambiente Windows (32 bit).

Tale metodica di calcolo ha mostrato di fornire risultati in buon accordo con i valori fonometrici rilevati sperimentalmente se al modello vengono forniti dettagliati dati di traffico relativamente a tutti i segmenti della rete viaria. In particolare, il modello Citymap distingue 5 categorie di veicoli stradali:

- V1 – Autovetture
- V2 – Autocarri leggeri a 2 assi (furgoni)
- V3 – Autocarri medi a 3 assi
- V4 – Autoarticolati (TIR)
- V5 – Motoveicoli e ciclomotori

Per ciascuna categoria di veicoli occorre poi assegnare la velocità media, mediante scelta fra 8 diverse classi di velocità, comprendenti anche i casi di partenza da fermo ed arresto.

Il limite di accuratezza del modello discende quindi primariamente dall'usuale difficoltà a reperire dettagliati dati di traffico, soprattutto per quanto riguarda la situazione di progetto: è infatti presumibile che la "chiusura dell'anello" delle tangenziali di Parma comporterà una profonda redistribuzione dei flussi, che può essere in questa fase solo grossolanamente stimata.

Si rimanda alle specifiche pubblicazioni scientifiche dello scrivente (scaricabili da Internet all'indirizzo [HTTP://pcangelo.eng.unipr.it](http://pcangelo.eng.unipr.it)) per una dettagliata descrizione della metodica di calcolo e per una discussione dell'accuratezza ottenibile in situazioni controllate.

Si consiglia in particolare lo scaricamento e la lettura delle seguenti pubblicazioni:

- 13 A. Farina – “La caratterizzazione acustica delle sorgenti di rumore da traffico”, Atti del Seminario AIA 1989 "Metodi numerici di previsione del rumore da traffico", Parma, 12 Aprile 1989.
- 17 A. Cocchi, A. Farina, P. Fausti, M. Garai, M. Rivizzigno, G. Semprini – “Valutazione di impatto ambientale acustico e progettazione degli interventi antirumore: un esempio applicativo”, in "Inquinamento da Rumore", a cura di A. Cocchi, Maggioli Editore, Bologna 1990. P.251-262.
- 22 A. Farina – “I modelli matematici nel calcolo previsionale e nella progettazione”, in "Barriere Antirumore", I Libri di Modulo, BE-MA Editrice, Milano 1990.
- 26 A. Farina – “Modelli matematici per la previsione della diffusione del suono”, Acqua Aria, n. 3, pagg. 257-268, Marzo 1991.
- 29 A. Cocchi, A. Farina, G. Lopes – “Modelli matematici per la previsione del rumore stradale: verifica ed affinamento del modello CNR in base a rilievi sperimentali nella città di Bologna”, Atti del XIX Convegno Nazionale AIA, Napoli, 10-12 Aprile 1991
- 64 A. Farina, L. Rocco, S. Sauro – “Grandezze caratteristiche del rumore da sorgenti mobili e loro misurazione”, nel volume "Inquinamento da Rumore", a cura di Alberto Frigerio, Ed. GSISR, Milano 1995
- 65 A. Farina, L. Maffei – “Sound Propagation Outdoor: comparison between numerical previsions and experimental results”, in the volume "Computational Acoustics and its Environmental Applications" pp. 57-64, Editor C.A. Brebbia, Computational Mechanics Publications, Southampton (GB) 1995.
- 83 Pompoli R., Farina A., Fausti P., Bassanino M., Invernizzi S., Menini L. – “Intercomparison of traffic noise computer simulations”, Proc. of 18th International

- Congress for Noise Abatement AICB, Bologna, 12-14 settembre 1995, supplement, p.523-559.
- 87 Farina A., Brero G., Pollone G. – “Computer code based on experimental results for acoustical mapping of urban areas”, Proc. of NOISE & PLANNING 96, Pisa (28-31 May 1996).
- 88 Farina A., Brero G. – “Computer code based on experimental results for designing sound reduction devices”, Proc. of NOISE & PLANNING 96, Pisa (28-31 May 1996).
- 104 A. Farina – “Valutazione di impatto acustico ambientale revisionale”, Atti del Seminario sul tema "Qualificazione acustica delle costruzioni edili civili ed industriali", Modena, 15 Novembre 1997.
- 117 A. Farina – “Modelli numerici per il rumore da traffico stradale e ferroviario in aree urbane”, Atti del Convegno "Rumore? Ci stiamo muovendo - Secondo seminario sull'Inquinamento Acustico" - Roma, 26-27 ottobre 1998.
- 125 A. Farina – “Misurazioni e rilievi fonometrici”, Atti del Seminario "L'acustica negli edifici e nelle città" - Firenze, 26 marzo 1999.
- 129 A. Farina, I. Tonella – “Impiego di modelli previsionali innovativi per la valutazione del rumore stradale e ferroviario in aree urbane”, Atti del 27° Convegno Nazionale AIA - Genova, 26-28 maggio 1999.
- 140 A. Farina – “Validation of the Pyramid Tracing algorithm for sound prediction outdoors: comparison with experimental measurements and with the ISO/DIS 9613 standards”, Invited Paper on Advances in Engineering Software, ISSN 0965-9978, vol. 31/4, pp. 241-250, Elsevier Applied Science, April 2000.

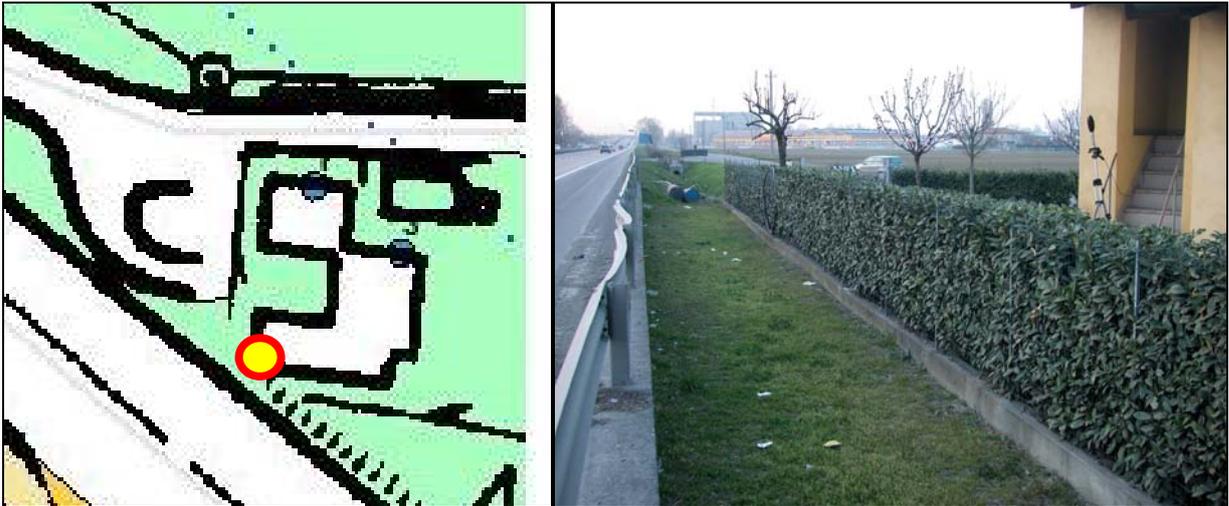
Si precisa che il modello Citymap è descritto dettagliatamente per la prima volta nella pubblicazione n. 87, e viene ripreso specificamente anche nella pubblicazione n. 117. Inoltre sia il programma, sia il relativo manuale d'uso possono essere scaricati da Internet, all'indirizzo: [HTTP://pcangelo.eng.unipr.it/public/disia](http://pcangelo.eng.unipr.it/public/disia) - La password di attivazione può essere richiesta al Ministero dell'Ambiente, Servizio Inquinamento Aria Rumore, che è attualmente titolare dei diritti di distribuzione di tale software. Il software Citymap viene attualmente impiegato da ANPA, dalle ARPA e dai Comuni che ne hanno fatto richiesta.

3. Rilevamento sperimentale della rumorosità attuale

Descrizione monitoraggio in continua (24h)

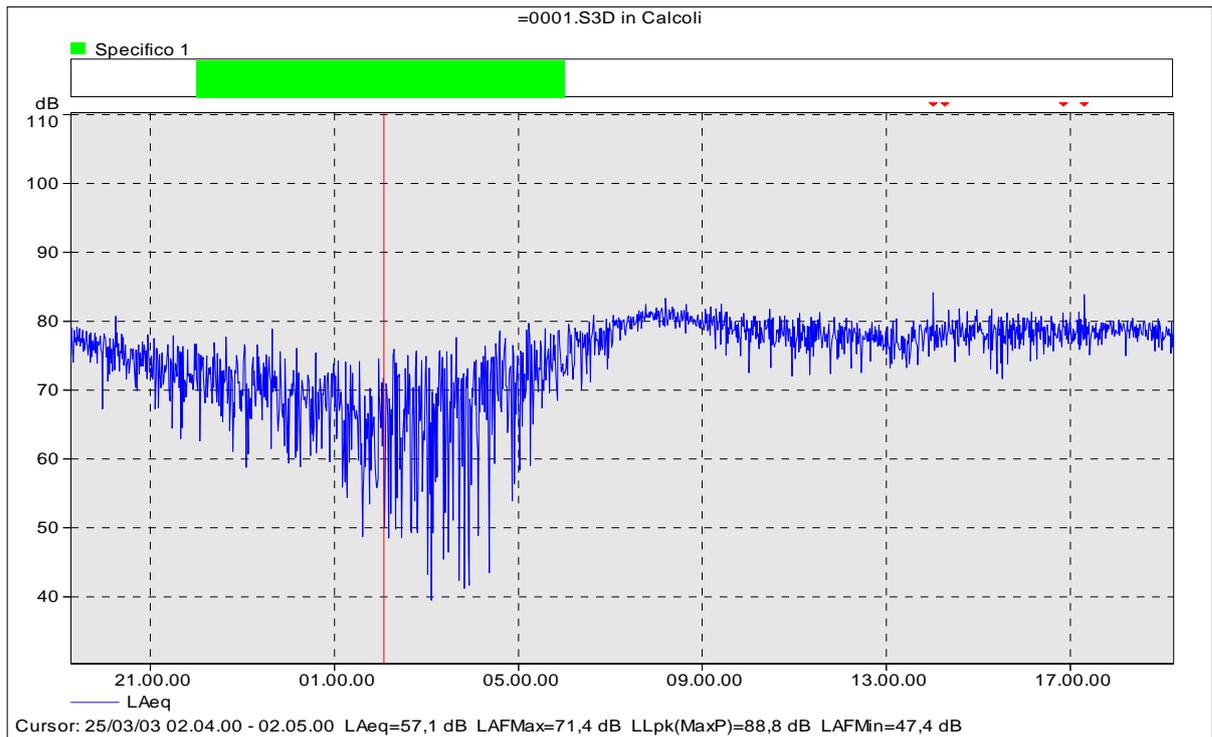
La misura di 24h, così come le misure spot di questa e delle successive misure sono state effettuate con le stesse modalità e la stessa strumentazione della misura n°1, ovvero i fonometri Brüel Kjær mod. 2236 e mod. 2260.

La misurazione fissa è stata eseguita nella posizione più esposta dell'abitazione di via Scuola al civico 1, come rappresentato dalla cartina e dalle foto:



I dati rilevati sono riassunti nella tabella:

Name	Start Time	Elapsed time	LAFMax (dB)	LAFMin (dB)	Laeq (dB)	Differenza col valore limite della classe 4 (dB)
totale	24/03/2003 19.16.34	24.00.00	104.5	34.1	77.0	
Diurno		16:00:00	104.5	43.3	78.3	+ 13.3
Notturmo		8:00:00	96.3	34.1	71.4	+ 16.3



Profilo temporale del livello sonoro, postazione fissa su 24h

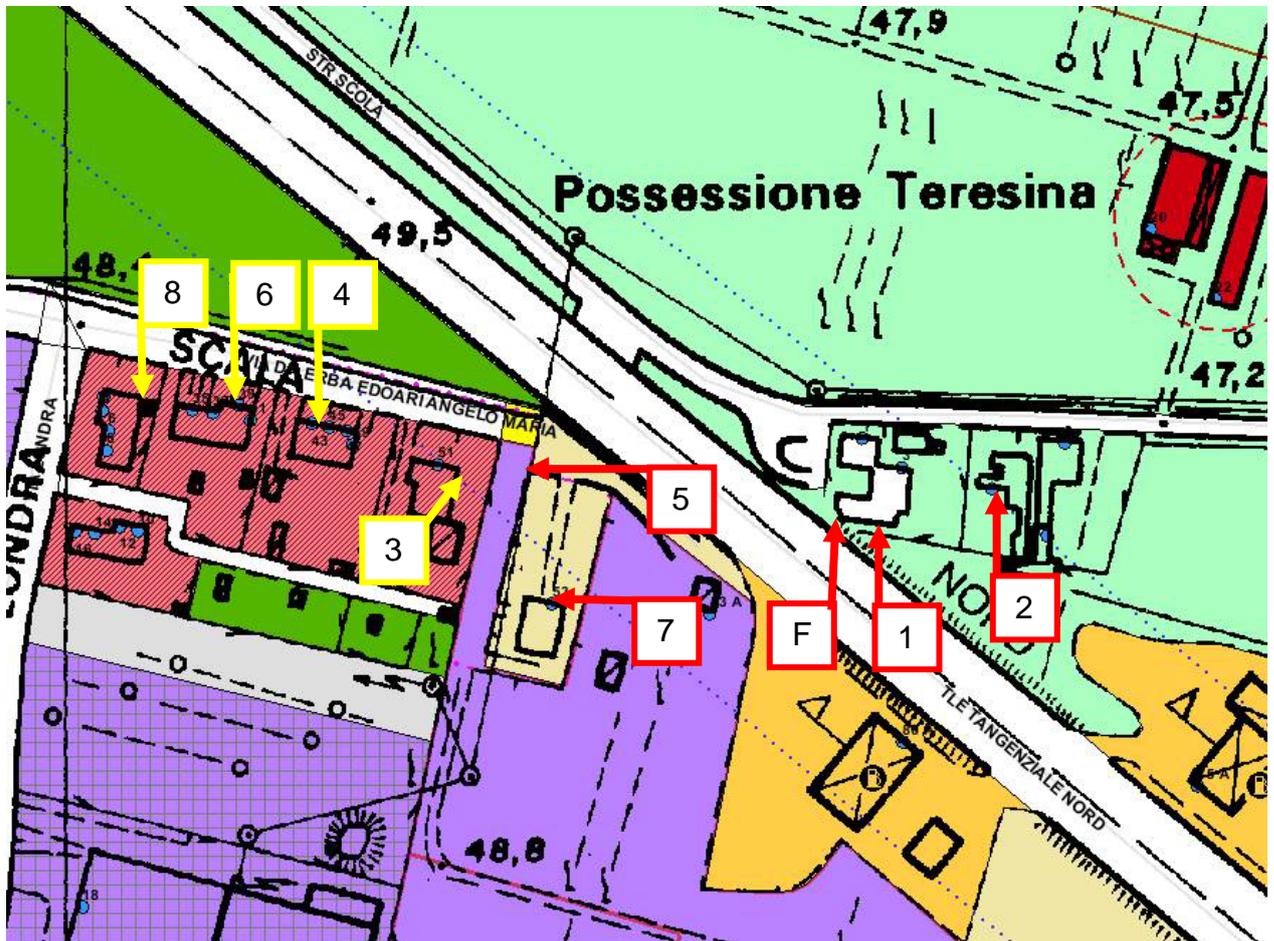


La freccia indica il punto di misura "spot" n° 1

Descrizione misure spot

Nel complesso sono state effettuate 8 misure spot, 2 in via Scola, 6 in via Da Erba Edoari Angelo Maria, ovvero la via speculare a via Scola rispetto alla tangenziale Nord.

Nella cartina (ottenuta dal POC) sono segnati i punti di misurazione:



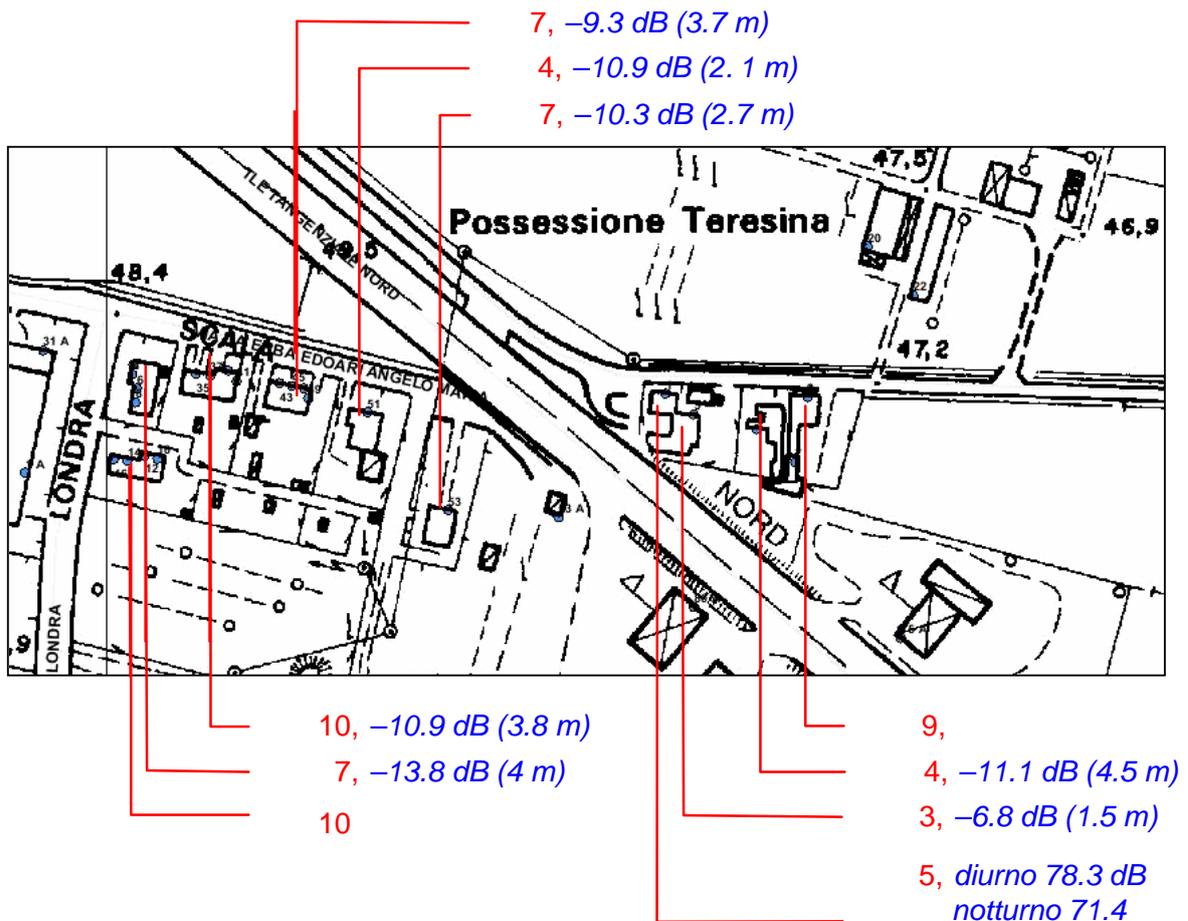
Cartina 2 – Str. Scola 1:3000

Via E.E Angelo Maria						
Misura N°	Altezza misura (m)	Ora inizio	Durata	L _{Aeq} (dB)	L _{Aeq} di F (dB)	Note
3 ₍₁₀₎	2.10	9.39.44	0:10.00	67.5	78.4	balcone al piano rialzato, prossimo allo spigolo più esposto, strada a +1.00 m
4 ₍₁₁₎	3.70	10.01.20	0:10.00	69.9	79.2	Finestra al primo piano, centrale rispetto all'edificio
5 ₍₁₂₎	1.60	10.37.06	0:10.00	69.2	78.9	misura effettuata a raso, in prossimità dell'angolo del giardino al civico 53 (dovrebbe rappresentare il livello acustico dei giardini al civico 53 e 51)
6 ₍₁₃₎	3.80	10.53.33	0:10.00	66.8	77.7	Finestra al primo piano, centrale rispetto all'edificio

7 ₍₁₄₎	2.80	11.26.59	0:10.00	68.4	78.7	Misura effettuata sulla scala che porta al piano rialzato
8 ₍₁₆₎	4.00	12.20.03	0:10.00	63.4	77.2	Balcone al primo piano, sullo spigolo più esposto dell'edificio.

Via Scola						
Misura N°	Altezza misura (m)	Ora inizio	Durata	L _{Aeq} (dB)	L _{Aeq} di F (dB)	Note
1 ₍₁₅₎	1.80	11.51.25	0:10.00	71.3	78.1	P.T., a 1 m dalla camera da letto (cfr. foto 4), la strada è a +0.80m)
2 ₍₁₇₎	4.50	17.05.08	0:10.00	67.7	78.8	Finestra fronte strada al primo piano

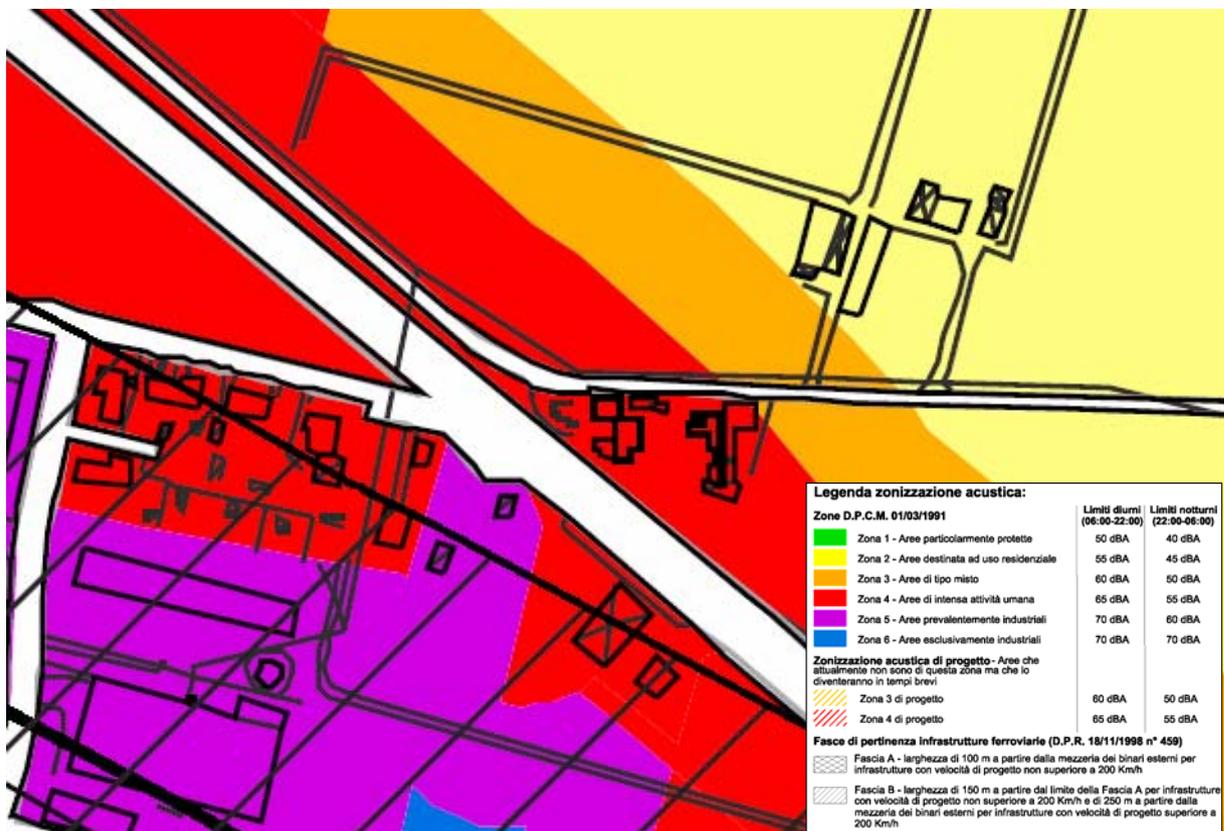
Concludendo, si riassumono i vari parametri scrivendo in rosso il numero dei residenti (utile per il calcolo dell'Indice di priorità dell'Intervento IP), in corsivo blu le differenze rilevate fra la misura fissa e le spot; fra parentesi è indicata l'altezza del fonometro.



Operando la stima dei livelli di lungo periodo (diurno e notturno) anche negli 8 punti oggetto dei rilievi “spot”, sulla base delle differenze di breve periodo ottenute rispetto alla postazione fissa, ed indicate nella figura sovrastante, si sono ottenuti i seguenti livelli sonori:

N.	X	Y	Z	Delta	Misur. G	Misur. N
1	607776.2	950831.5	1.8	-6.8	71.5	64.6
2	607804	950842.1	4.5	-11.1	67.2	60.3
3	607664.6	950850.9	2.1	-10.9	67.4	60.5
4	607625.9	950863.1	3.7	-9.3	69	62.1
5	607692.4	950842.9	1.6	-10.0	68.3	61.4
6	607601.5	950869.4	3.8	-10.9	67.4	60.5
7	607685.7	950814.7	2.8	-10.3	68	61.1
8	607564.8	950874	4	-13.8	64.5	57.6
9 (F)	607765.3	950832.4	2.2		78.3	71.4

La seguente figura mostra la zonizzazione acustica dell'area in esame:



Zonizzazione acustica area in esame

Tutti i recettori residenziali presi in esame si trovano in zone di classe IV, con limite diurno di 65 dB(A) e limite notturno di 55 dB(A). Si osserva che entrambi tali limiti sono superati pressochè ovunque, e che il superamento del limite notturno è, in generale, maggiore di quello diurno. Occorre quindi riferirsi al superamento dei limiti notturni sia per il calcolo dell'Indice di Priorità dell'intervento, sia per il dimensionamento delle opere di mitigazione.

4. Calcolo dell'indice di priorità

Riferimenti normativi

Di seguito si riporta l'allegato 1 del decreto del 29 novembre 2000, in osservanza del quale verrà calcolato il parametro secondo il cui stilare la graduatoria degli interventi di bonifica.

Dallo stesso decreto, verranno successivamente adottate le tecniche di progettazione degli interventi di risanamento (allegato 2).

INDICE DI PRIORITA' DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO.

Definizioni

Ai fini dell'applicazione del presente decreto, si intende per:

ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici e aree esterne destinate ad attività ricreative e allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai vigenti piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti alla data di entrata in vigore del presente decreto;

Calcolo dell'indice

Il grado di priorità degli interventi di risanamento all'interno dell'area A da risanare si ottiene:

$$\bigcup_{i=1}^n A_i = A$$

- 1) dalla suddivisione della area A in un insieme di aree A_i tali che;
- 2) dall'individuazione del valore limite di immissione del rumore, L^*_{i} , per l'area A_i , con i seguenti criteri:
 - a) se l'area A_i è collocata all'esterno delle fasce di pertinenza o delle aree di rispetto, il valore limite di immissione L^*_{izona} è quello stabilito dalla zonizzazione;
 - b) se l'area A_i è collocata all'interno di fascia di pertinenza o area di rispetto di una singola infrastruttura, il valore $L^*_{ifascia}$ del limite di immissione per quella infrastruttura, è quello previsto dal decreto ad essa relativo; per le altre infrastrutture eventualmente concorrenti che contribuiscono al di fuori della propria fascia di pertinenza o area di rispetto, il valore L^*_{izona} del limite di immissione è quello stabilito dalla zonizzazione;
 - c) se l'area A_i è collocata in una zona di sovrapposizione di due o più fasce di pertinenza o aree di rispetto, $L^*_{ifascia}$ è il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture;
- 3) dall'individuazione del valore numerico R_i relativo all'area A_i ;
- 4) dalla determinazione, tramite i decreti applicativi della legge n. 447/1995, del livello continuo equivalente di pressione sonora L_i , nel periodo di riferimento, approssimato all'unità, prodotto dalle infrastrutture nell'area A_i , attribuendo per ogni singolo edificio il valore valutato nel punto di maggiore criticità della facciata più esposta; la variabilità del livello L_i , all'interno di A_i deve essere non superiore a 3dB(A). Il valore da inserire nella (I) è il valore centrale dell'intervallo.

L'indice di priorità degli interventi di risanamento, P è dato da:

$$P = \sum R_i (L_i - L'_i) (I)$$

$$\text{Per } (L_i - L'_i) < 0 \Rightarrow (L_i - L'_i) = 0$$

Ai fini dell'applicazione della (I) da parte di infrastrutture diverse, il valore espresso in L_{VA} deve essere ricondotto a quello corrispondente espresso in L_{Aeq} :

Nel caso di cui al punto 2, lettera b), la somma (I) comprende tutti gli eventuali addendi del tipo:

$$R_i (L_i - L'_{i,giorno}) \text{ e } R_i (L_i - L'_{i,notte})$$

$$\text{Per } (L_i - L'_{i,giorno}) < 0 \Rightarrow (L_i - L'_{i,giorno}) = 0$$

$$\text{Per } (L_i - L'_{i,notte}) < 0 \Rightarrow (L_i - L'_{i,notte}) = 0$$

Ai fini del calcolo di P , per gli ospedali, le case di cura e di riposo, il numero R_i (totalità dei posti letto), deve essere moltiplicato per il coefficiente 4; per le scuole, il numero R_i (totalità degli alunni), deve essere moltiplicato per 3, per gli altri ricettori R_i è dato dal prodotto della superficie dell'area A_i per l'indice demografico statistico più aggiornato.

A parità di indice di priorità P , viene privilegiato l'intervento che consegue il valore maggiore della somma dei differenziali.

Calcoli conclusivi

Con le modalità sopra esposte, si sono calcolati gli indici di priorità (P) per il sito studiato.

Si osserva che dal calcolo si ottengono due distinti indici di priorità, relativi ai due tempi di riferimento (diurno e notturno): non essendo specificato dal decreto ministeriale del 29 novembre 2000 come gestire i due indici, si è deciso di stilare la graduatoria in base alla somma di essi.

Sito di misura	Indice diurno	Indice notturno	Indice di priorità P
Via Scola / Da Erba Edoari	198.1	368.2	566.3

5. Risultati dei calcoli acustici

E' stato anzitutto stabilito che la condizione più critica per il rispetto dei limiti è quella notturna. Infatti la rumorosità nel periodo notturno è risultata, sulla base dei rilievi sperimentali, mediamente 7 dB(A) più bassa di quella diurna, ma i limiti di legge sono ridotti di 10 dB(A) rispetto a quelli diurni.

E' stato anzitutto analizzato lo stato di fatto, operando una simulazione con il programma Citymap che, teoricamente, dovrebbe riportare esattamente agli stessi valori ottenuti sperimentalmente, per tutti 9 i recettori studiati. Di fatto, la congruenza è stata molto buona nel punto di taratura (postazione fissa su 24h), mentre nei punti oggetto dei rilievi "spot" i livelli ottenuti dal programma di calcolo sono risultati sistematicamente maggiori di quelli misurati, anche se l'incremento rientra nei limiti di incertezza di questo sistema di simulazione (mediamente 2.5 – 3.0 dBA).

A questo punto si è operato il dimensionamento di idonee opere di bonifica, consistenti primariamente in schermature antirumore posizionate a bordo carreggiata, a filo dietro il guard-rail metallico esistente.

In ciascun recettore, sono dunque state condotte due distinte elaborazioni: stato di fatto, e stato di progetto mitigato (barriere). L'estensione di ciascuna opera di mitigazione è stata definita a tentativi, in modo da garantire pressochè in tutti i punti il rispetto dei limiti di legge vigenti in base alla attuale classificazione acustica del territorio.

Il dettaglio delle opere di mitigazione così dimensionate verrà presentato nei successivi sottoparagrafi.

Viene comunque qui riportata innanzi tutto la seguente tabella riepilogativa, che mostra i risultati dei calcoli e dei rilevamenti fonometrici nei 5 punti suddetti.

Tabelle riepilogative del calcolo per punti – Periodo Diurno e Notturno

N.	Misur. G	St.fatto G	Barr. G
1	71.5	75.7	59.7
2	67.2	69	55.7
3	67.4	72.8	60.7
4	69.0	70.9	62.0
5	68.3	74.9	60.5
6	67.4	70.0	63.1
7	68.0	70.0	56.9
8	64.5	68.3	63.7
9	78.3	78.3	62.5

N.	Misur. N	St.fatto N	Barr. N
1	64.6	68.8	52.9
2	60.3	62.2	48.9
3	60.5	65.9	53.9
4	62.1	64.1	55.1
5	61.4	68.1	53.7
6	60.5	63.1	56.2
7	61.1	63.1	50.0
8	57.6	61.5	56.9
9	71.4	71.5	55.6

Si osserva che, tramite le opere di bonifica, i livelli sonori sono rientrati nei limiti attuali ovunque, tranne che nei punti n. 6 e n. 8; comunque, poichè si è osservato che il modello matematico sta sistematicamente sovrastimando i livelli sonori presso questi recettori, e considerando che il superamento residuo del limite notturno è comunque molto modesto, si ritiene che nella realtà la mitigazione proposta sarà in grado di raggiungere il rispetto del limite di zona notturno ovunque.

4.1 Dettaglio delle opere di bonifica antirumore

La seguente figura mostra in dettaglio il posizionamento dei recettori e delle opere di bonifica previste lungo la tangenziale Nord.



Si nota che sono stati previsti due tratti di barriera antirumore “sottile” alta m 4.00 e con lunghezza rispettivamente di m 175 e m 200. Il posizionamento di precisione del piede delle schermature andrà verificato mediante sopralluogo celerimetrico, onde evitare intersezioni con manufatti, cordoli, etc, e rispettando i confini del sedime stradale, senza necessità di invadere aree private.

6. Mappature isolivello sonoro

I dati di traffico sono stati introdotti nel modello di calcolo Citymap, assieme alla geometria del sito, tratta da idonea cartografia digitalizzata fornita dal Comune di Parma.

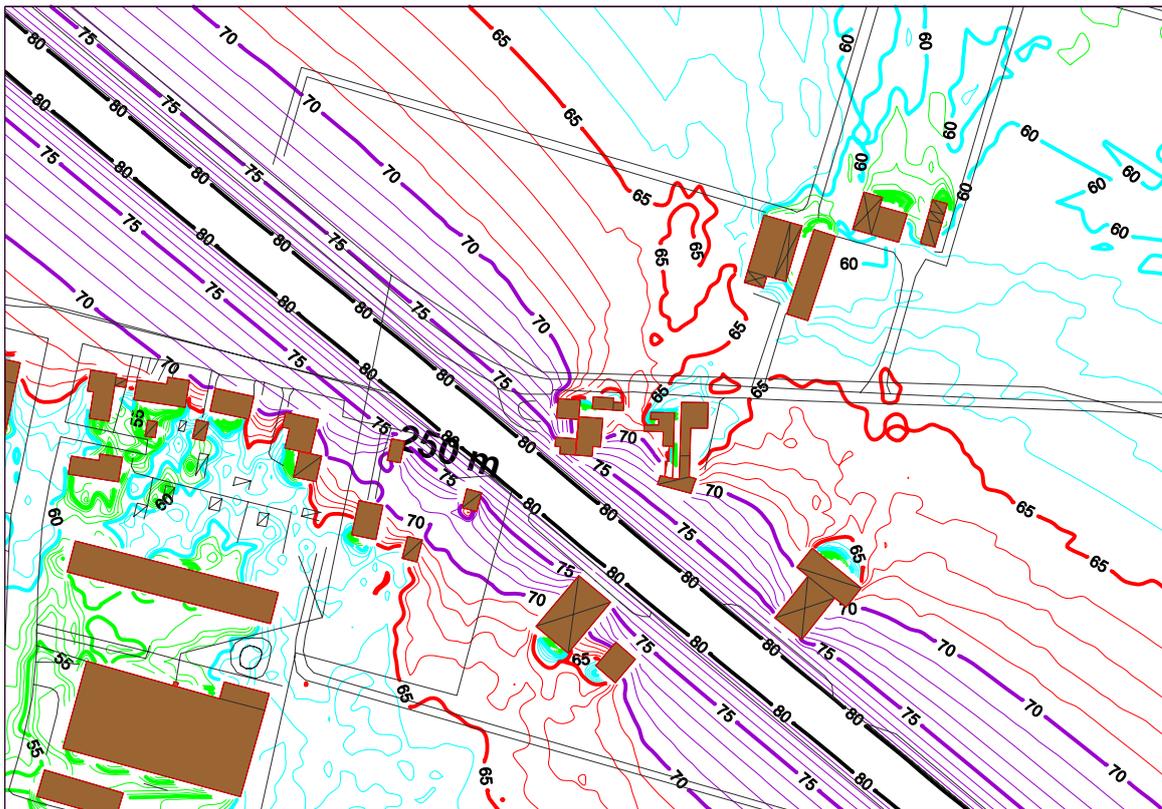
Sono state analizzate le due ipotesi di calcolo: stato di fatto, stato di progetto con mitigazioni antirumore (barriere).

L'elaborazione è stata condotta separatamente per il periodo notturno e per quello diurno, impiegando una griglia regolare di 100x70 ricevitori, su un rettangolo di dimensioni 500x350 m. Pertanto il passo della griglia è di m 5.00 sia lungo l'asse X, che lungo l'asse Y.

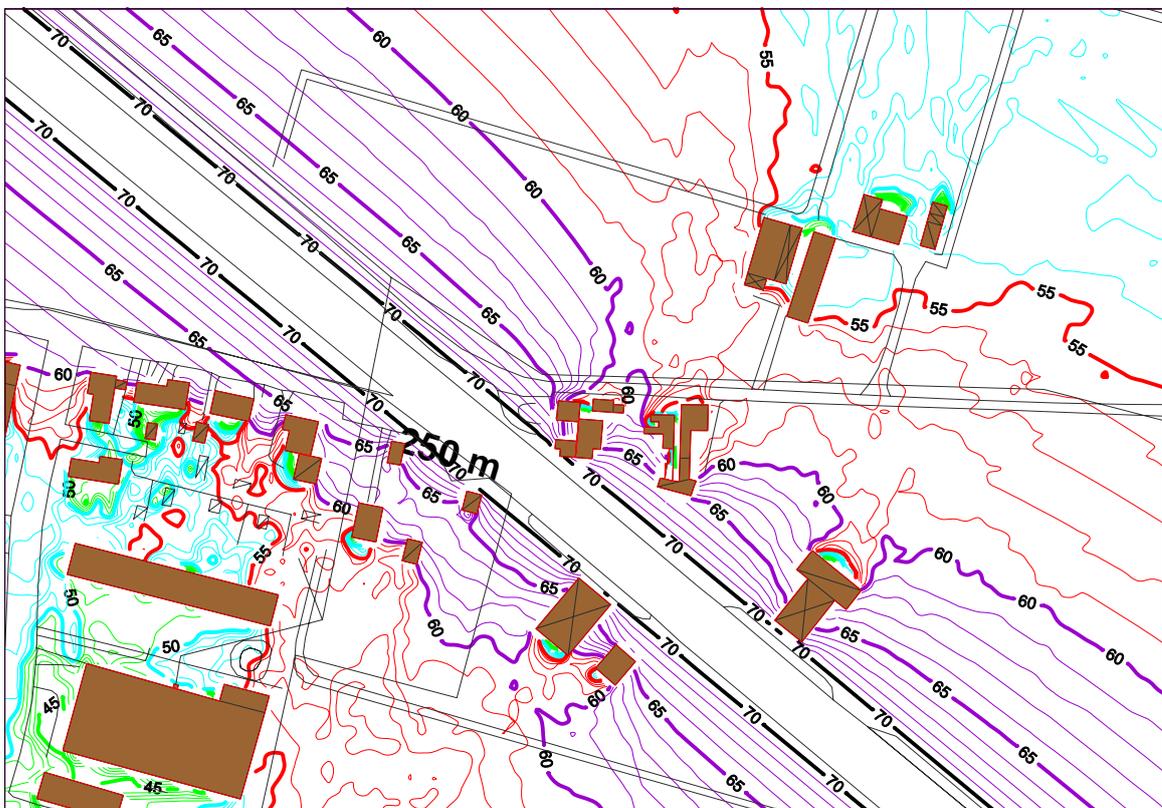
Il calcolo è riferito ad una quota di m 4 sopra il piano di campagna, e non si è tenuto conto dei lievissimi dislivelli altimetrici dello stesso.

Tramite il software di mappatura Surfer v. 7.0, sono infine state tracciate le mappature isolivello sonoro relative al periodo diurno e notturno: esse vengono riportate nelle seguenti 4 figure, sovrapposte alla cartografia digitalizzata di base.

Mappa Isolivello Sonoro - Stato di Fatto - Giorno



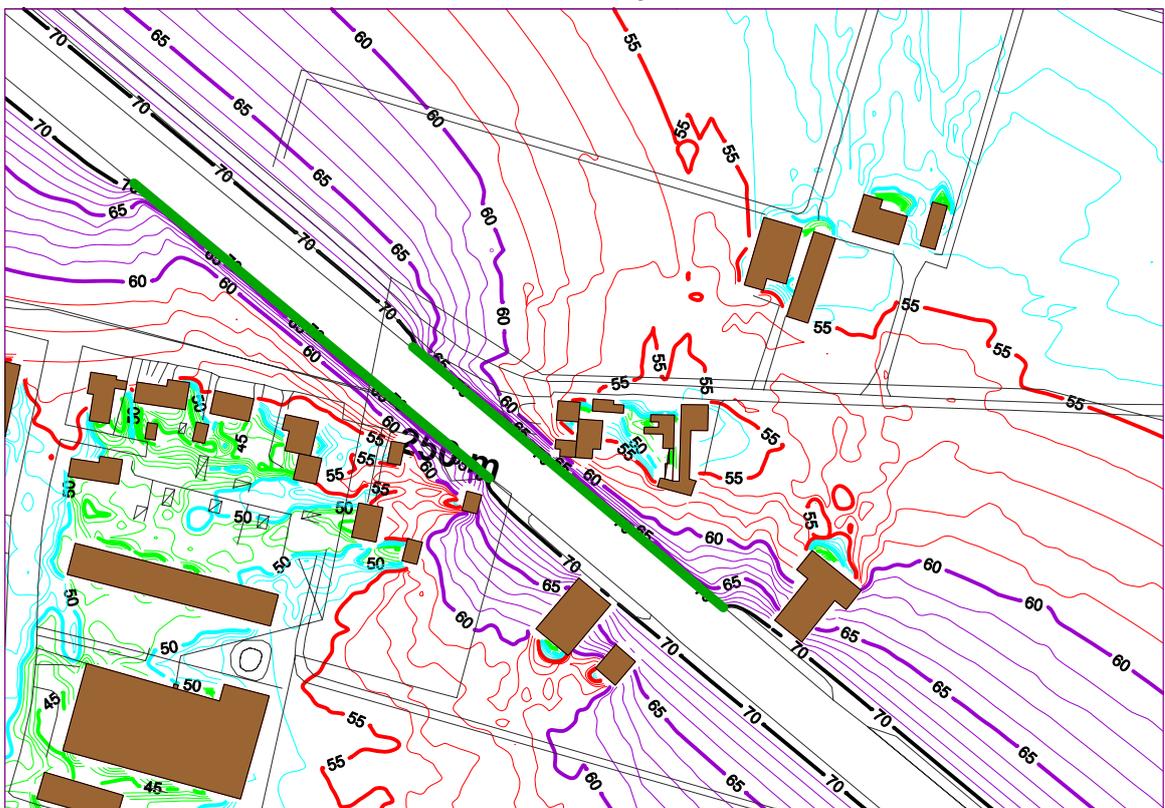
Mappa Isolivello Sonoro - Stato di Fatto - Notte



Mappa Isolivello Sonoro - Progetto Barriere - Giorno



Mappa Isolivello Sonoro - Progetto Barriere - Notte



7. Conclusioni

E' stato condotto lo studio di clima acustico ed il dimensionamento delle opere di bonifica antirumore previsti dalla vigente normativa (L.447/95) con riferimento al tratto della Tangenziale Nord di Parma prossimo alle vie Scola e Da Erba Edoari. Lo studio si è basato sia su rilievi fonometrici di lungo periodo, sia sull'impiego di modelli matematici. E' risultato che, nello stato attuale, sono in essere rilevanti superamenti dei limiti di rumorosità vigenti: si è pertanto proceduto al dimensionamento delle opere di mitigazione.

I risultati del dimensionamento delle opere di mitigazione consistono nell'individuazione di due interventi di schermatura passiva: si tratta di schermi metallici fonoassorbenti, alti 4m, tipologicamente simili a quelli già in opera in altri tratti della Tangenziale Nord.

La simulazione effettuata mostra che l'intervento è in grado di ricondurre al sostanziale rispetto dei limiti di rumorosità nell'intera area analizzata.

Parma, 15 luglio 2005

Ing. Angelo Farina
Tecnico Competente L.447/95