

Valutazione di Impatto Acustico Ambientale Previsionale relativamente alle sorgenti più diffuse

Angelo Farina

Dip. Ing. Industriale, Università di Parma, Via delle Scienze – 43100 PARMA

Tel. 0521 905854 – fax 0521 905705 – E-MAIL: farina@pcfarina.eng.unipr.it

0. Finalità e scopi

La valutazione di impatto ambientale è uno degli strumenti che consentono di realizzare e controllare l'attuazione dei contenuti della pianificazione territoriale.

La valutazione di impatto acustico, meglio definita come "V.I.A.A.", consiste nella previsione degli effetti ambientali, dal punto di vista dell'inquinamento acustico, in seguito alla realizzazione di interventi sul territorio, siano essi costituiti da opere stradali, ferroviarie, attività industriali, commerciali, ricreative e residenziali.

La V.I.A.A si articola nelle seguenti fasi

- Indagine sullo stato di fatto dell'area territoriale oggetto di intervento, e sua completa definizione dal punto di vista acustico.
- Previsione dell'inquinamento acustico indotto dal nuovo intervento.
- Individuazione di opere di bonifica e previsione degli scenari acustici generati dalla loro realizzazione.
- Scelta della soluzione ritenuta più idonea.

Ai fini dell'esecuzione di una corretta valutazione, occorre non trascurare alcuno dei punti sopra descritti, tranne i casi in cui lo studio evidenzi l'assenza di degrado del territorio dal punto di vista del rumore.

Importante fase è quella conclusiva di collaudo che deve sempre verificare che le condizioni finali rispettino le ipotesi di progetto.

1. Contenuti della valutazione di impatto acustico ambientale

La valutazione di impatto acustico di una nuova opera può essere effettuata mediante modelli numerici di calcolo, cosa che presenta numerosi vantaggi rispetto ad altre metodiche previsionali (modelli in scala, metodi empirici).

Lo scrivente ha nel recente passato sviluppato numerose metodiche di calcolo numerico per lo studio della propagazione del suono ai fini dell'esecuzione di valutazioni di impatto ambientale [1], facendo impiego sia di algoritmi di calcolo ufficiali vigenti in altre nazioni quali SCHALL 03 [2] per il rumore ferroviario ed RLS 81 [3,4] per il rumore stradale. Tali sigle identificano procedure di calcolo standardizzate, sviluppate dal Ministero Federale Dei Trasporti della Germania; in tale paese queste procedure di calcolo sono obbligatorie, mentre attualmente in Italia non esiste alcun modello di calcolo "ufficiale" per il rumore stradale o ferroviario.

Va tuttavia segnalato che il Ministero dell'Ambiente della Repubblica Italiana ha recentemente ultimato un programma sperimentale, finanziato dalla CEE come Progetto DISIA, all'interno del quale è stata effettuata anche la messa a punto di due nuovi modelli numerici per la valutazione della rumorosità ambientale su vaste aree e per la progettazione di opere di bonifica acustica in aree più dettagliate, denominati rispettivamente Citymap [5] e Disiapyr [6]

Ovviamente tutti i modelli numerici richiedono una adeguata taratura prima di poter venire impiegati con ragionevole accuratezza, anzi tipicamente l'accuratezza complessiva da essi ottenibile è generalmente definita in maggior misura dall'accuratezza dei dati di input e dei rilievi

sperimentali di taratura, piuttosto che dagli intrinseci limiti di precisione connessi con la modellizzazione matematica semplificata del campo sonoro [7].

Deve venire pertanto innanzitutto implementata una adeguata campagna di rilievi strumentali, con lo scopo di disporre da un lato di accurati dati geometrici per la definizione delle porzioni di territorio da studiare, dall'altro di rilievi acustici da impiegare per la validazione dei risultati del modello di calcolo. Esigenze di economicità e ristrettezza dei tempi disponibili portano comunque all'esecuzione di una mole di rilievi sperimentali relativamente ridotta rispetto all'estensione dell'area da studiare, visto che il loro scopo primario è quello di fornire dati per la taratura dei modelli, e non consentire direttamente il tracciamento della mappa del rumore sulla base dei soli rilievi sperimentali.

I valori di rumorosità ottenuti dai modelli matematici vanno poi confrontati con i limiti di legge, dei quali tratta estesamente la relazione dell'Ing. Silvestri.

1.1 Analisi della rumorosità esistente

La prima fase del procedimento di verifica della compatibilità acustica dell'opera progettata con i limiti di legge consiste nella determinazione dello stato di fatto acustico, senza tenere conto di eventuali situazioni anomale in essere causa la presenza di attività di cantiere nell'area, ma considerando semplicemente la stessa priva sia di edifici, sia di alcuna attività umana.

Da tali dati è poi possibile estrapolare la nuova situazione acustica connessa alla realizzazione dell'opera, supponendo inalterato il rumore residuo e viceversa andando a stimare l'incremento di emissione sonora causato dal traffico stradale aggiuntivo e dalle sorgenti fisse.

La definizione dello stato di fatto è possibile con tre diverse metodiche: modellazione numerica, rilievo sperimentale e tecnica combinata.

L'impiego di una pura modellazione matematica è in grado di definire con un certo grado di incertezza il rumore emesso dal transito dei treni e dei veicoli stradali, ma non può fornire alcuna indicazione sulla rumorosità residua di tipo "naturale", e pertanto non consente una verifica del rispetto dei limiti differenziali. Inoltre, in assenza di taratura, l'errore che si può commettere sul rumore emesso è di tale entità da rendere problematica anche la valutazione del rispetto dei limiti assoluti.

Viceversa l'impiego esclusivo di tecniche di rilievo sperimentale è in grado di fornire l'accurata identificazione dei vari contributi alla rumorosità ambientale (ad es. ferroviario e stradale), tramite moderne tecniche di analisi statistica del tracciato temporale della rumorosità. Ciononostante la tecnica è estremamente dispendiosa, in quanto richiede in ciascun punto un rilievo in continua di almeno 24 ore (ed in alcuni punti addirittura di una settimana). Tenendo conto della estensione dell'area da studiare, della variabilità spaziale della rumorosità residua e della eventuale presenza di una altimetria molto movimentata, si può ritenere che sarebbero necessari decine di rilevamenti di 24 ore ed alcuni di una settimana anche per aree non troppo vaste. Procedere dunque solo sulla base di rilievi sperimentali è sconsigliabile in quanto produrrebbe tempi e costi troppo elevati in rapporto all'intero budget dell'opera.

E' pertanto preferibile che la diagnostica della rumorosità venga attuata con un sistema ibrido, costituito da un lato da una modellazione numerica della propagazione del rumore, dall'altro da una verifica e taratura dei modelli di calcolo mediante un congruo numero di rilievi strumentali "intelligenti", eseguiti cioè esplicitamente con lo scopo di raccogliere dati per la modellazione, e dunque corredati della raccolta di dati sulle sorgenti del rumore rilevato (ad es. dati di traffico).

L'impiego di moderne tecniche di campionamento digitale ed analisi statistica del segnale acustico consentono poi di effettuare i rilevamenti per lunghi periodi ed in automatico, aumentando la validità statistica degli stessi e riducendo grandemente i costi e l'impiego di personale. Inoltre i moderni programmi di calcolo della propagazione si interfacciano direttamente alla strumentazione digitale di misura, consentendo l'eliminazione di ogni errore umano legato alla trascrizione dei dati ed addirittura implementando procedure "intelligenti" di auto-taratura del modello stesso.

L'approccio ibrido comporta da un lato una notevole riduzione del numero di rilievi strumentali atti a caratterizzare un vasto territorio, dall'altro fornisce alla fine uno strumento predittivo accurato e sensibile, grazie al quale si possono effettuare facilmente analisi previsionali atte a valutare gli effetti acustici di interventi sul territorio stesso.

1.2 Simulazione dello stato di progetto

Solitamente vengono analizzate matematicamente 4 diverse ipotesi, corrispondenti ai 2 periodi (diurno e notturno) ed alla presenza o meno di interventi di mitigazione della rumorosità. Con riferimento al quadro legislativo vigente in Italia, la situazione più problematica è usualmente quella notturna, in quanto nonostante la riduzione di rumorosità rispetto al periodo diurno, ci si deve confrontare con limiti di legge più bassi di ben 10 dB. Anche i limiti differenziali dentro gli edifici si riducono da 5 a 3 dB nel periodo notturno, e dunque per le sorgenti fisse diventa assai più problematico rientrare nei limiti, tenuto conto che il rumore residuo è più basso.

In molti casi, dunque, viene eseguita solo la simulazione relativa al periodo notturno, che per l'edilizia abitativa costituisce la situazione critica. In altri casi (scuole, asili) in cui non è previsto l'utilizzo notturno, si esegue invece ovviamente solo la simulazione diurna.

1.3 Definizione dei limiti di legge

Nel caso che l'area in cui la nuova opera va inserita non sia già dotata di classificazione acustica, sovente l'organo di controllo richiede che venga realizzata, congiuntamente alla valutazione di impatto, anche una bozza di classificazione acustica dell'area, sulla quale definire i limiti di legge. In altri casi, invece, ci si accontenta dell'applicazione dei limiti provvisori previsti dal DPCM 1 marzo 1991.

Nel caso sia da realizzare la bozza di zonizzazione, la stessa può venire ipotizzata partendo dall'analisi comparata delle mappature isolivello nello stato di fatto (senza edifici) ed in quello di progetto, e tenendo conto della tipologia edilizia ed urbanistica dei singoli complessi da edificare, nonché sulla base delle indicazioni contenute nel DPCM 1 marzo 1991 e nella Legge Quadro sul Rumore, o delle circolari esplicative emanate da alcune Regioni (es. Circ. Reg. Emilia Romagna 1 marzo 1993).

1.4 Verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione acustica

Sperabilmente la valutazione di impatto acustico dovrebbe consentire di affermare che la situazione acustica conseguente alla realizzazione dell'opera è soddisfacente, e rientra nei limiti di legge. Quando ciò non accade, alla relazione di impatto deve essere agganciata la valutazione, sempre a mezzo della stessa metodica di calcolo, della attenuazione ottenibile con ipotetici interventi di mitigazione acustica.

Ciò non costituisce ancora l'effettiva progettazione degli stessi, ma semplicemente una verifica della possibilità di sanare la situazione con opere di contenimento, quali barriere antirumore, terrapieni, asfalti fonoassorbenti, etc. E' opportuno, per congruità di metodo di calcolo e dei risultati, che tale valutazione previsionale venga eseguita a partire dallo stesso modello di calcolo impiegato per valutare lo stato di progetto.

Dall'analisi dei risultati di tale simulazione, si valuterà se gli interventi di mitigazione proposti sono efficaci, e se la loro realizzazione è concretamente prevedibile.

Nel caso l'esito di questa verifica sia negativo, e pertanto non sia possibile, nonostante gli interventi di mitigazione attuabili, rientrare nei limiti di legge, si deve concludere che la realizzazione dell'opera porterà ad un impatto acustico negativo. Spetta a questo punto all'autorità pubblica prendere una decisione nel merito, ed in particolare concedere o meno la licenza di edificazione, eventualmente subordinandola all'esecuzione di opere accessorie ovvero alla introduzione di specifici accorgimenti costruttivi.

Nel caso invece si verifichi che le opere di bonifica sono potenzialmente in grado di sanare la situazione, è necessario eseguire la progettazione di dettaglio delle opere stesse, cosa che solitamente richiede da un lato una stretta interazione con la progettazione di dettaglio dell'intera opera, dall'altro l'impiego di modelli numerici di calcolo più raffinati di quelli usati per la valutazione di impatto. Nei casi più critici si ricorre a prove sperimentali, sia su modelli in scala sia su "tratti di prova" in scala reale dei manufatti da impiegare. La presente relazione non approfondisce ulteriormente la questione della progettazione delle opere di bonifica.

2. Modelli matematici per la propagazione del rumore

Sono stati sviluppati negli ultimi anni numerosi modelli computerizzati atti alla previsione della propagazione del rumore in ambito urbano ed extraurbano. Alcuni di questi codici di calcolo sono stati sviluppati da enti pubblici, e vengono attualmente venduti ad un prezzo irrisorio (quali l'EMPA ed il SEMIBEL svizzeri, destinati il primo alla modellazione del rumore stradale ed il secondo al rumore ferroviario); essi però dispongono di limitate capacità di interfacciamento con l'esterno (sistemi cartografici digitalizzati tridimensionali, strumentazione di rilievo acustico, sistemi computerizzati di gestione del traffico, etc.).

Viceversa altri programmi sono stati raffinati ed evoluti con marcati scopi commerciali, e vengono oggi venduti a parecchie decine di milioni di lire (SoundPlan, Mithra): sebbene dotati di evolute interfacce utente, restano comunque "sistemi chiusi", funzionanti secondo algoritmi non noti (onde evitarne la duplicazione), e privi di possibilità di adattamento a casi particolari.

In alternativa a ciò, l'Università di Parma ha sviluppato negli ultimi 5 anni numerosi codici di calcolo "dedicati" a particolari problemi o realtà territoriali, includendo la modellizzazione del rumore alla fonte (programmi agli elementi finiti per impiego nell'industria automobilistica e ferroviaria), la propagazione al chiuso ed all'aperto, l'emissione sonora da parte di strade urbane, extraurbane ed autostrade, il rumore generato dal passaggio di convogli ferroviari tradizionali ed ad alta velocità, il rumore degli aerei, la schermatura da parte di manufatti antirumore, le prestazioni acustiche di interi edifici.

Tutti i programmi sono stati sviluppati in modo da renderli inter-operativi, grazie all'ambiente multitasking di Microsoft Windows: essi sono dotati di interfaccia utente amichevole (Visual Basic), gestiscono i dati in ingresso ed uscita tramite semplici files ASCII perfettamente documentati, si appoggiano a software di impiego universale come AutoCAD per la rappresentazione geometrica o Surfer per le funzioni di mappatura.

Gli ultimi nati, in ordine cronologico, sono i già citati programmi Citymap e Disiapyr, la cui descrizione dettagliata è reperibile in [5,6]. E' anche possibile ottenere il testo di tali articoli in forma elettronica, scaricandoli dal sito Internet dell'autore: [HTTP://pcfarina.eng.unipr.it](http://pcfarina.eng.unipr.it). Questi programmi consentono di valutare la rumorosità prodotta in ambito urbano da sorgenti sonore di tipo veicolare (stradale o ferroviario) e da sorgenti sonore fisse, sia di tipo lineare ("contorni" di aree produttive), sia "puntiformi" (con opportuna emissione direttiva, se necessario).

Un pregio non trascurabile dell'impiego di modelli matematici sviluppati in proprio consiste nella possibilità di modificare all'occorrenza i programmi stessi, per adattarli alle particolari esigenze del caso da studiare.

La versatilità di impiego e potenza ottenibile da modelli di calcolo sviluppati in proprio, ed adattati alle esigenze di impiego, non è riscontrabile (ovviamente) in nessun modello di calcolo "commerciale". Viene nel seguito presentata una breve illustrazione di tali codici di calcolo, seguita da un esempio applicativo relativo alla valutazione di impatto ambientale di un vasto comparto in periferia di Genova, in zona altimetricamente molto movimentata, comprendente

l'edificazione di unità abitative in coesistenza con un grosso centro commerciale, con una zona artigianale e con un grande centro sportivo e ricreativo.

2.1 Generalità

I programmi CITYMAP e DISIAPYR sono codici di calcolo per la propagazione del rumore nell'ambiente urbano: CITYMAP consente la mappatura acustica di vaste porzioni di territorio, facendo impiego di un algoritmo molto semplice per il calcolo dei livelli sonori, mentre DISIAPYR consente lo studio dettagliato di porzioni di territorio più contenute grazie all'impiego di un innovativo algoritmo di pyramid tracing.

Di conseguenza, CITYMAP fornisce il supporto previsionale alla realizzazione della mappatura acustica di un intero centro abitato, ed il suo impiego è prevedibile a supporto delle attività di zonizzazione acustica del territorio onde disporre in tempi ragionevoli di una "mappa del rumore" da porre a confronto con la "mappa dei limiti", e poter così individuare rapidamente le aree in cui si ha eccedenza rispetto ai limiti stessi.

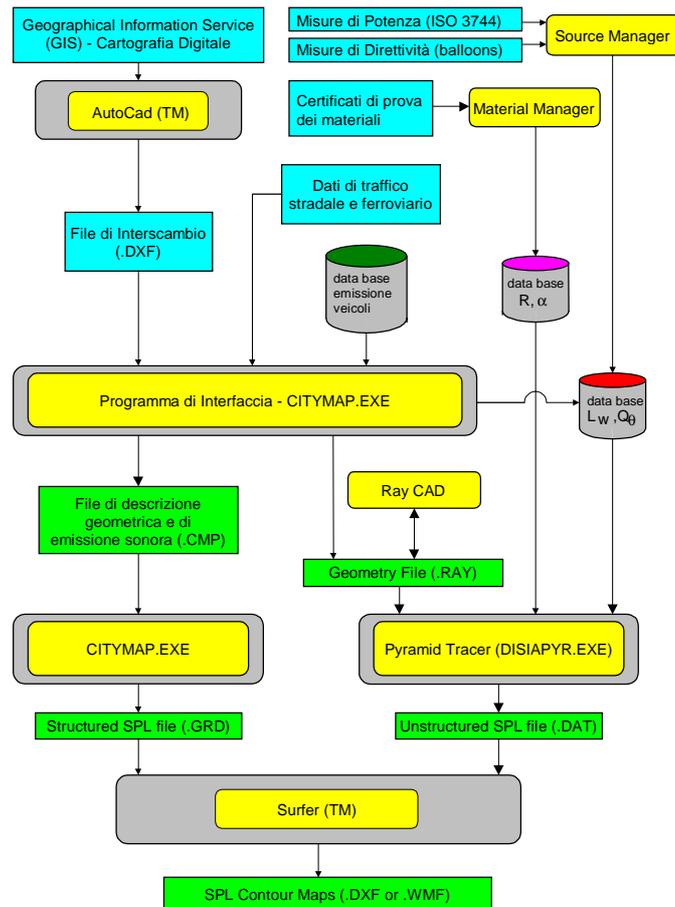
Gli interventi di bonifica possono poi venir studiati con il programma DISIAPYR, che consente di ottenere anche mappature acustiche su sezioni verticali, e che tiene conto dei complessi fenomeni di riflessione multipla sul terreno e sulle facciate degli edifici, nonché della diffrazione di primo e secondo ordine prodotta da ostacoli schermanti (edifici, barriere antirumore, terrapieni, etc.). Va inoltre sottolineato che DISIAPYR esegue i calcoli in bande d'ottava, mentre CITYMAP fornisce soltanto i valori di livello sonoro in dB(A).

Inevitabilmente però l'utilizzo di DISIAPYR richiede l'introduzione di una quantità di dati di input molto più vasta e dettagliata di CITYMAP: in particolare diviene necessario conoscere la natura delle superfici in gioco, onde scegliere dal data-base incorporato (ed estendibile) i coefficienti fonoassorbimento e fonoisolamento idonei; è poi necessario disegnare in 3 dimensioni la geometria da studiare, utilizzando o un programma CAD "general purpose" quale Autocad™, oppure l'apposito CAD tridimensionale RayCAD che viene fornito contestualmente a DISIAPYR. Con DISIAPYR è infine possibile prendere in considerazione anche sorgenti sonore concentrate ("puntiformi"), caratterizzate da un opportuno spettro di emissione (livelli di potenza in bande d'ottava) e da un "balloon" di direttività. Tali sorgenti concentrate vengono definite tramite l'impiego di un ulteriore programma accessorio (Source Manager), che consente di editare i dati di emissione e di generare automaticamente i balloon di direttività a partire da misure di livello sonoro di pressione eseguite secondo le metodologie delle norme ISO 3744 o 3746.

Esiste infine un data-base delle emissioni sonore unitarie dei veicoli stradali e ferroviari, ricavato dalla banca dati descritta nel capitolo precedente, costituito da dati memorizzati in files ASCII editabili e sostituibili; quando ulteriori campagne sperimentali consentiranno di raffinare le stime delle emissioni unitarie dei vari tipi di veicoli, sarà possibile aggiornare tali files senza dover ricompilare i programmi di calcolo. Va notato che i dati di emissione comprendono anche l'effetto della velocità dei veicoli, del tipo di pavimentazione e della pendenza della strada o ferrovia.

2.2 Collegamento fra i vari moduli

Il seguente diagramma di flusso illustra l'interazione fra i vari programmi del pacchetto, ed i files che consentono lo scambio di informazioni fra gli stessi:



Come si nota numerosi programmi sono chiamati ad interagire: di essi due sono programmi commerciali (Autocad™ e Surfer™), mentre gli altri sono stati realizzati in proprio.

Si parte da Autocad, che serve per tradurre le informazioni cartografiche in un file DXF leggibile da Citymap. All'interno di Citymap, avviene l'introduzione dei dati di traffico stradale e ferroviario, che vengono "agganciati" alle entità geografiche (strade e binari). Si provvede poi al calcolo del Livello Equivalente di Emissione, sulla base dei dati di emissione unitari (SEL) dei veicoli. Si salva infine l'insieme delle informazioni geometriche ed acustiche in un file .CMP (ASCII ed autodocumentato), che può ovviamente venire riletto da Citymap.

A questo punto, volendo operare un calcolo della mappa del rumore con l'algoritmo semplificato, si impiega ancora Citymap, che produce un file .GRD leggibile da Surfer, e contenente i valori del livello sonoro su una griglia rettangolare equispaziata.

Volendo viceversa operare un calcolo di mappature o sezioni impiegando il Pyramid Tracing, si salva la geometria in formato .RAY. Il file .RAY può eventualmente venire editato e modificato impiegando RayCAD, tramite il quale è molto agevole associare gli opportuni dati acustici alle superfici. Inoltre in RayCAD il posizionamento e la scelta delle sorgenti concentrate (descritte da files con estensione .SPK) è molto più agevole che in Autocad.

Ovviamente sia i dati di assorbimento ed isolamento delle superfici, sia quelli di potenza e direttività delle sorgenti debbono essere preventivamente resi disponibili: a questo scopo possono venire impiegati Material Manager e Source Manager, anche se sia il file contenente l'elenco dei materiali, sia i files .SPK che descrivono le sorgenti concentrate sono files ASCII autodocumentati, che possono venire editati manualmente.

Il file .RAY costituisce l'input del tracciatore di piramidi vero e proprio (DISIAPYR), che restituisce in uscita un file ASCII con estensione .DAT contenente, in ciascun punto della griglia di calcolo, oltre che le coordinate del punto stesso, lo spettro in ottave ed il livello sonoro complessivo in dB(A) ed in dB(LIN). Questo file .DAT può essere letto direttamente da Surfer, onde realizzare la mappatura con curve isolivello.

Infine, le mappature isolivello prodotte da Surfer possono venire esportate sia in formato .DXF che .WMF, onde sovrapporle al disegno CAD originale per la restituzione grafica finale.

Tutti i programmi di cui sopra sono resi interoperabili simultaneamente grazie all'ambiente multitasking di Windows: si è preferito lasciare separati i singoli moduli, onde consentire, ad esempio, di elaborare i risultati di un calcolo mentre ne è in esecuzione un secondo.

3. Valutazione dello stato di fatto

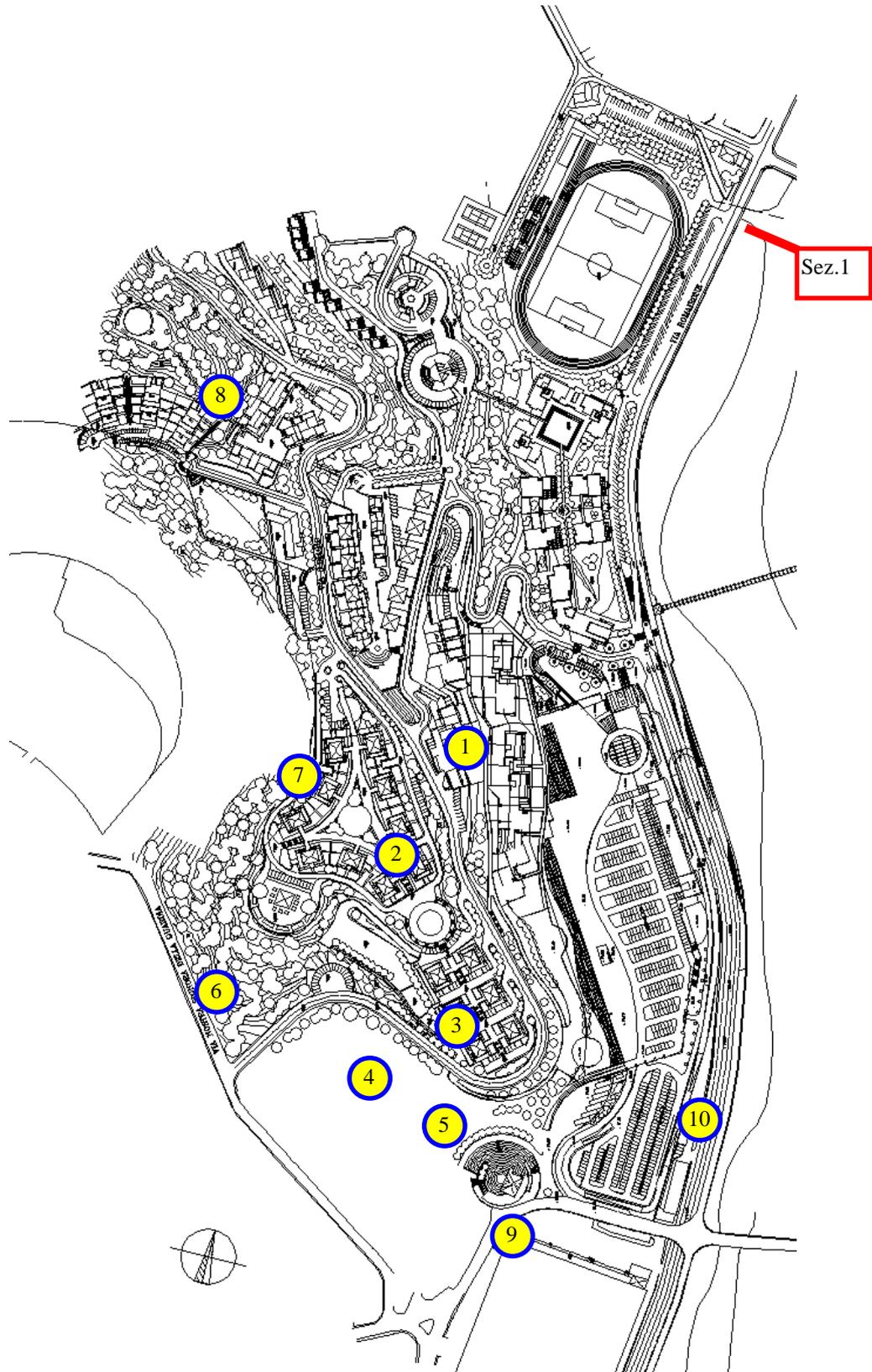
Viene qui utilizzato a scopo di esempio uno studio recentemente eseguito in relazione all'edificazione di un grosso complesso commerciale/residenziale, nel Comune di Genova. Si tratta di un'area piuttosto vasta, dall'altimetria parecchio movimentata, posta in vicinanza sia a strade di grande traffico che a linee ferroviarie. L'opera progettata prevede sia edilizia abitativa (possibili recettori), sia un complesso commerciale dotato di numerose sorgenti sonore fisse, e di una notevole capacità di attrazione di traffico stradale anche pesante.

Si tratta pertanto di un esempio particolarmente generale, dove tutte le problematiche relative alla modellizzazione acustica verranno adeguatamente affrontate.

La modellazione numerica dello stato di fatto è stata basata sulla taratura dei modelli matematici, resa possibile da una estesa campagna di rilievi sperimentali a ciò espressamente dedicati.

3.1 Postazioni di rilievo acustico

Sono state individuate 10 postazioni di rilievo significative nell'area in esame, localizzabili sulla seguente planimetria ridotta:



Una postazione fissa è stata installata nel punto n. 7, mentre sulla destra, in alto è visibile la sezione stradale della Via Romairone su cui sono state installate due delle quattro stazioncine per il conteggio automatico dei flussi veicolari.

Le altre due stazioncine sono state installate dalla parte opposta del torrente Polcevera, sulla via S.Quirico, esattamente in corrispondenza dell'altra sezione strumentata.

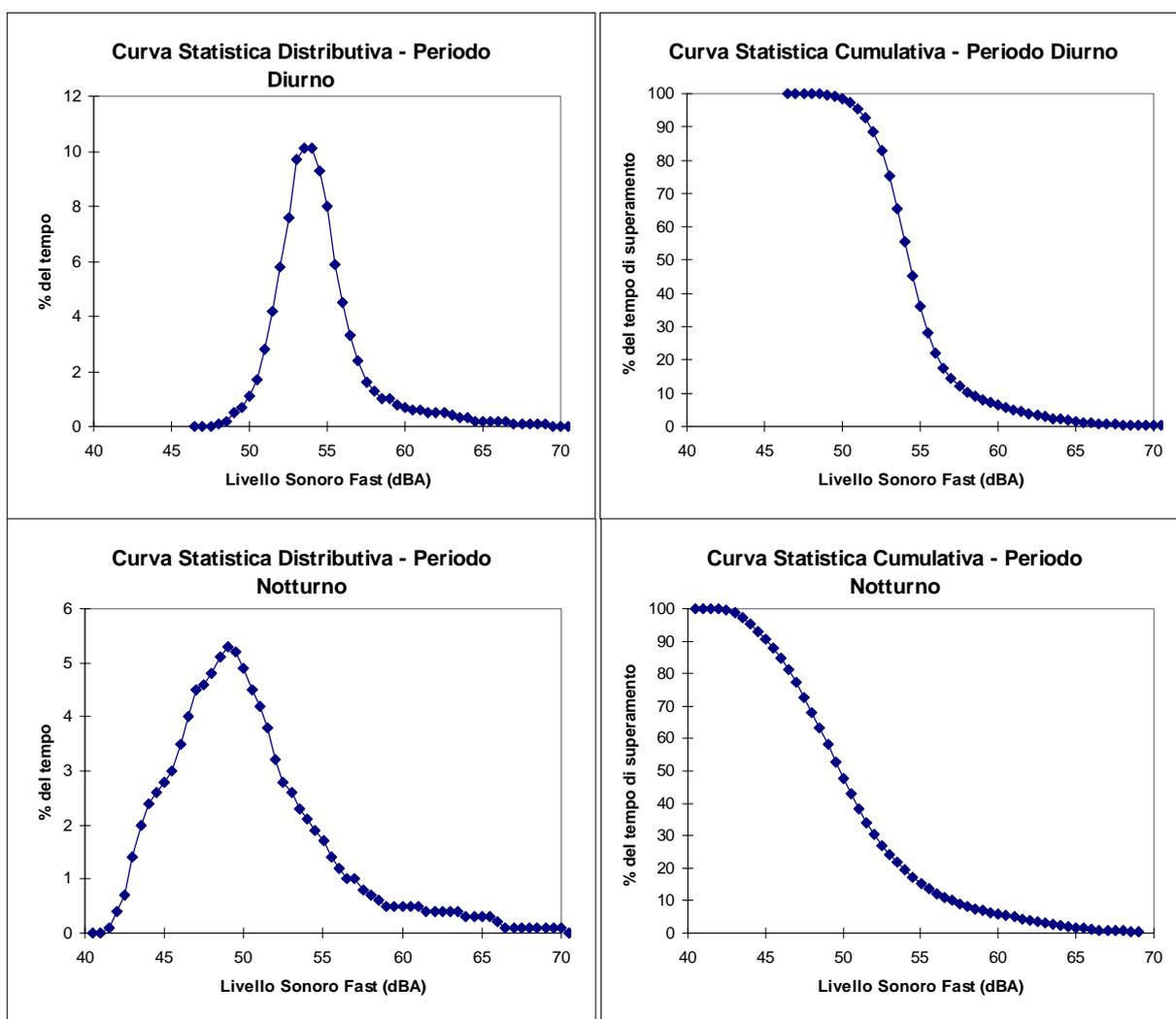
Nelle 10 postazioni sono stati eseguiti rilievi di breve durata (10 minuti) in occasione di tre giornate: l'8 agosto '96, il 19 settembre '96 ed il 20 settembre '96. In tutti tre questi giorni il cielo era molto nuvoloso, il vento debole o assente, e le superfici stradali erano bagnate per la pioggia caduta da poco. Sebbene non sia stata eseguita una dettagliata indagine storica sulla climatologia locale, è stato appurato che la zona è particolarmente piovosa, e pertanto le condizioni di cui sopra non sono da considerare anomale.

Inoltre è stato eseguito un rilievo di 24 ore continuativo, nella sola postazione n. 7. Nel seguito vengono presentati i risultati dei rilievi di cui sopra.

3.2. Risultati del rilievo di 24 ore nella postazione fissa

Nella postazione fissa è stato eseguito sia un rilievo fonometrico con analisi statistica, sia in parallelo un campionamento della storia temporale del livello sonoro con intervalli unitari di integrazione di 1 minuto.

Tale strumento ha consentito di ottenere la analisi statistica dei periodi diurno e notturno mediante le curve distributiva e cumulativa, che vengono di seguito riportate:



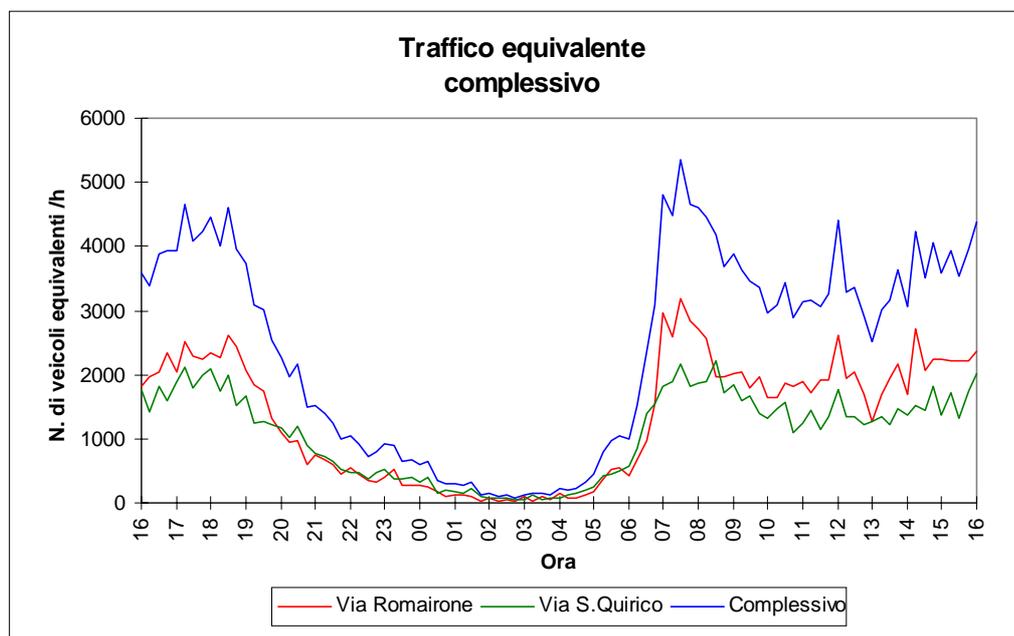
Si osserva come di notte la dispersione statistica del livello sonoro sia molto più vasta, indicando una notevole variazione della situazione acustica, mentre di giorno la situazione è molto più uniforme.

3.3. Conteggio del traffico stradale

Come già sottolineato, parallelamente al rilievo fonometrico di 24 ore è stato eseguito un simultaneo conteggio del traffico veicolare lungo le via Romairone e S.Quirico, che costeggiano sui due lati il torrente Polcevera. Sono state impiegate 4 centraline automatiche contaflusso a due tubi, in grado di rilevare sia il numero di veicoli transitati, sia il loro tipo, sia la velocità.

I dati sono stati raccolti in tabelle che riportano il numero di veicoli transitati in ogni intervallo temporale di 15 minuti, suddivisi in tre classi (Leggeri, Autobus e Camion) ed in tre fasce di velocità: <30 km/h, compresa fra 30 e 60 km/h, > 60 km/h.

Onde agevolare l'interpretazione di una tale massa di dati, si è proceduto alla graficazione del traffico orario complessivo equivalente (ottenuto sommando la numero di veicoli leggeri il numero di veicoli pesanti moltiplicato per 8, onde tener conto della loro maggiore rumorosità), per ciascuna delle due strade e cumulativo.



Si osserva come, durante il periodo notturno, il traffico scenda praticamente a zero dalle ore 01 alle ore 04, mentre viceversa nel periodo diurno esso è piuttosto stabile lungo l'intero periodo dalle 06 alle 22.

3.4. Taratura dei modelli matematici

Nello stato di fatto si è considerato il sito completamente sgombro e privo di manufatti (solo il terreno), ed è stata effettuata la mappatura isolivello alla quota di m 1.5 sopra il terreno.

Come sorgenti sonore sono state considerate due linee ferroviarie (la Genova-Torino e la linea che corre lungo il torrente Polcevera) e 12 tratti stradali. I dati di traffico su tali vie di traffico sono stati assunti sulla base dei conteggi effettuati, e su stime conseguenti della distribuzione dei flussi primari sulle vie laterali.

La seguente tabella riporta i dati di traffico primari assunti:

N.	Nome	L/h (g)	P/h (g)	Vl (km/h)	Vp (km/h)	L/h (n)	P/h (n)	Vl (km/h)	Vp (km/h)
1	Via Romairone	450	60	90	70	72	5	90	70
2	V. S.Quirico	356	48	90	70	84	6	90	70

I dati di emissione delle linee ferroviarie sono stati ottenuti nella fase di taratura del modello, imponendo che il rumore emesso dalle stesse verificasse il valore rilevato sperimentalmente nel punto di taratura (n. 7), pari a circa 52.3 dB(A) sia nel periodo diurno che notturno. Analogamente, è stato verificato che il solo rumore da traffico stradale, unito al rumore residuo, fornisce lo stesso valore rilevato sperimentalmente (54.0 dBA di Giorno e 50.8 dBA di notte). La seguente tabella riporta i valori di rumorosità sperimentali e calcolati dal modello nello stato di fatto

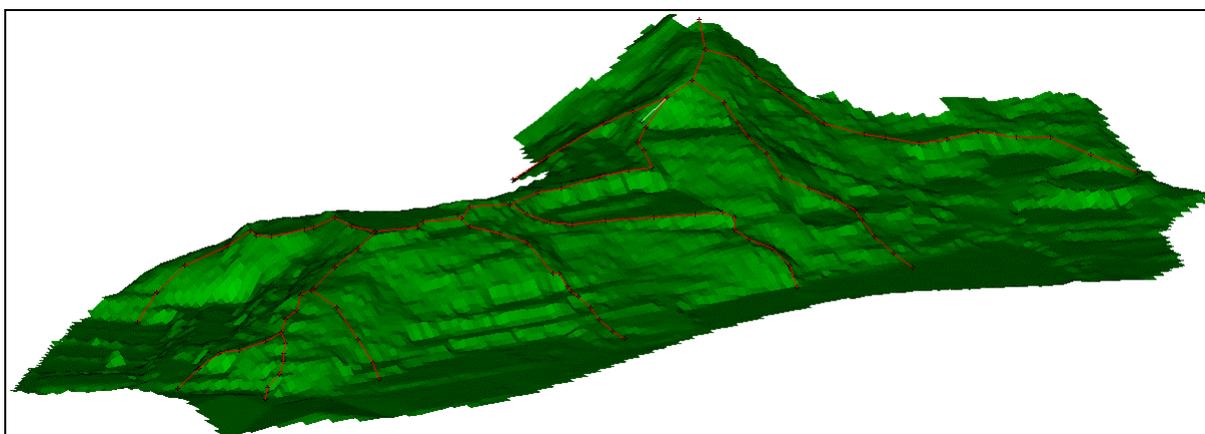
Punto n.	Leq G sperim.	Leq N sperim	Leq Gcalc. Totale	Leq N calc. Totale
1	59.7	/	58.1	51.7
2	61.4	/	56.0	50.4
3	55.7	/	55.9	50.6
4	51.5	/	53.0	50.3
5	55.6	/	57.1	52.4
6	51.1	/	54.3	52.7
7	57.1	54.7	56.3	53.1
8	51.3	/	57.7	54.0
9	55.2	/	58.3	53.0
10	55.7	/	63.6	57.2

Come si nota, l'accordo ottenuto è più che ragionevole, e pertanto il modello di emissione può considerarsi tarato.

3.5. Rappresentazione tridimensionale del sito

Per quanto riguarda la propagazione, il sito è stato modellato tenendo conto dell'altimetria del terreno molto variabile. Ciò è stato possibile grazie alla disponibilità dei dati di rilievo altimetrico, forniti in formato Autocad. Con un piccolo programma Basic scritto ad hoc, le informazioni altimetriche sono state estratte e trasformate in un file .DAT, che tramite il sottoprogramma di interpolazione di Surfer ha consentito di ottenere una rappresentazione tridimensionale completa dell'altimetria del terreno.

La seguente figura riporta un "rendering" di tale informazione:

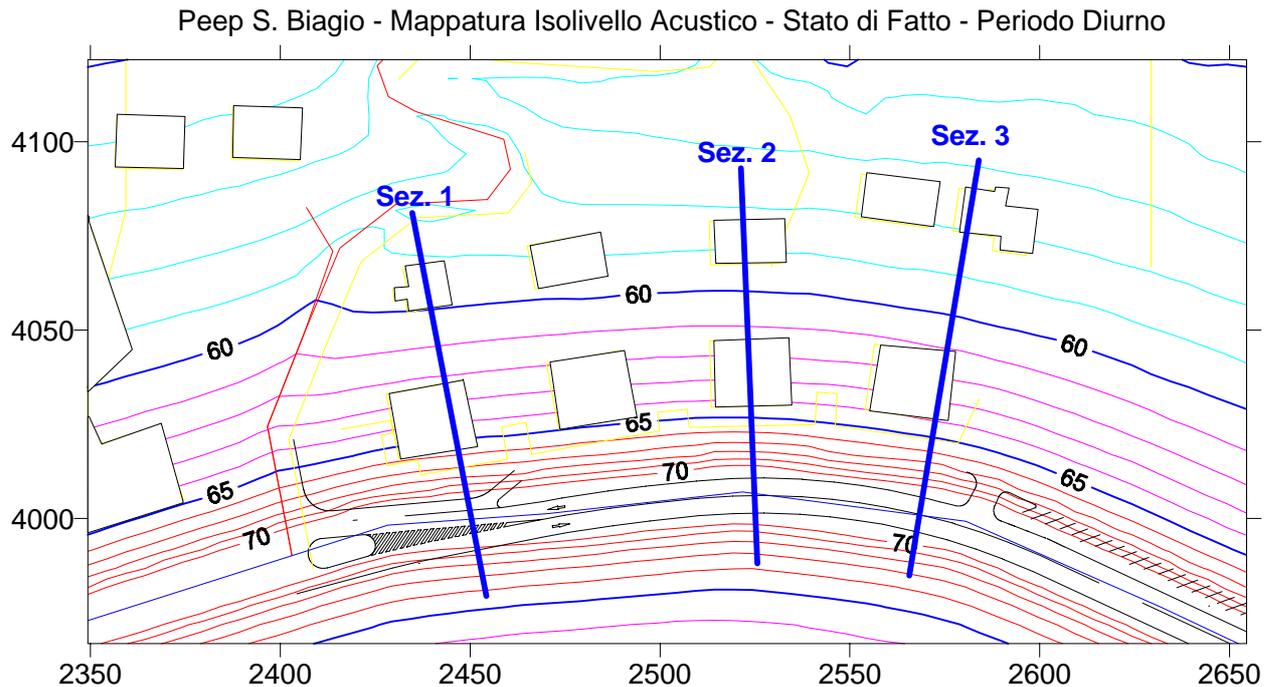


Rendering tridimensionale dell'altimetria del sito - stato di fatto.

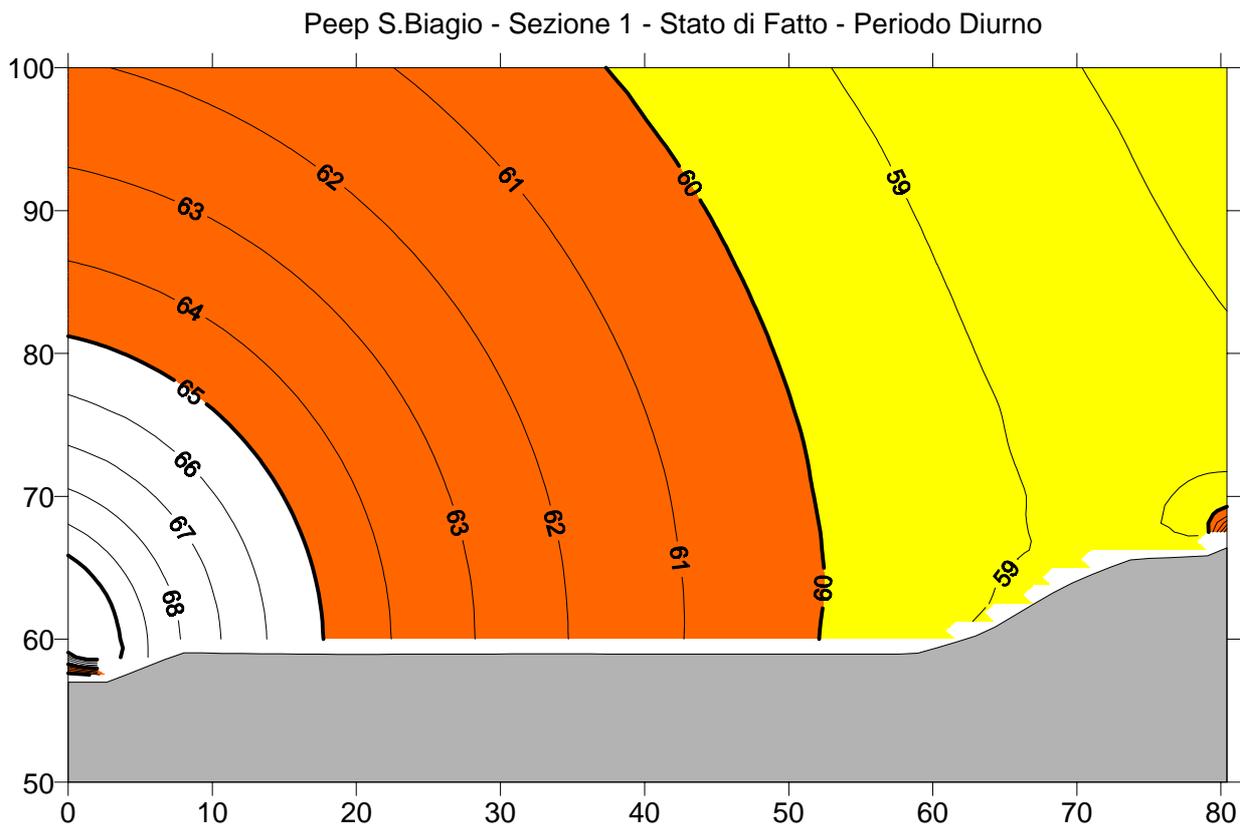
3.6 Calcolo della mappatura del rumore diurno e notturno nello stato di fatto

E' stata impiegata una griglia di calcolo di 250x118 punti, con passo di m 5. Ciascun punto ricevitore è stato collocato ad una quota di m 1.5 sopra al terreno. Il calcolo è stato effettuato tenendo in considerazione anche la presenza dell'effetto schermante del terreno stesso (per maggior chiarezza, ciò significa che in Disiapyr esso è stato dichiarato "obstructing").

Oltre che la mappatura dell'intera area, sono state mappate anche alcune sott-aree particolarmente significative. A titolo di esempio, viene qui riportata la mappatura isolivello relativa al periodo diurno per l'area destinata alla realizzazione del comparto PEEP, posto in prossimità delle sorgenti sonore fisse del centro commerciale ed alla viabilità di maggior traffico.

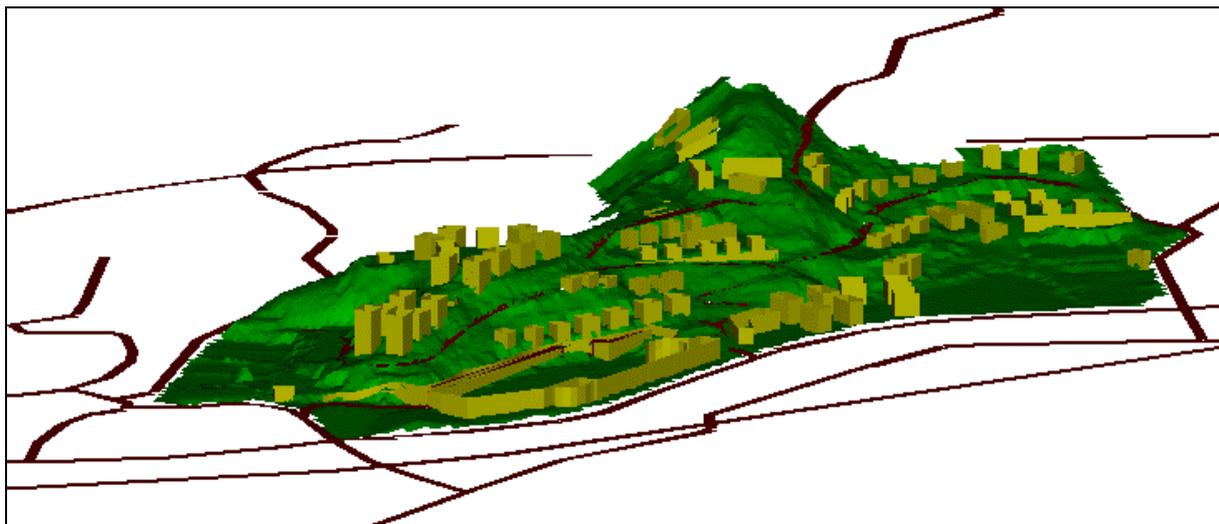


Poichè gli edifici investiti dal rumore sono abbastanza alti, la mappatura di cui sopra, relativa ad una quota di 5m sopra il terreno, non descrive adeguatamente il fenomeno della propagazione sonora sul piano verticale. Sono pertanto state eseguite anche mappature isolivello sulle 3 sezioni verticali indicate. Viene qui riportata quella relativa alla sez. 1, sempre per il periodo diurno.



4. Identificazione delle sorgenti sonore di progetto e del livello sonoro da esse indotto

Il calcolo è stato poi ripetuto relativamente allo stato di progetto. In questo caso sono stati inseriti gli edifici, che ovviamente forniscono una non trascurabile azione schermante. La seguente figura illustra la nuova situazione geometrica:



Rendering tridimensionale dell'altimetria del sito - stato di progetto.

Si nota che alcuni edifici appaiono eccessivamente alti: questo è dovuto al fatto che in realtà è previsto un rilevante movimento terra, e la quota del terreno nello stato di progetto sarà in realtà diversa da quella attuale. Purtroppo non era disponibile la cartografia digitalizzata della nuova

altimetria, per cui si è continuato ad impiegare quella relativa allo stato di fatto, mentre le quote del bordo superiore degli edifici sono quelle di progetto.

Si nota anche che gli edifici sono “scoperchiati”: questo è richiesto dalla logica di calcolo dei programmi impiegati. Il calcolo è stato ora eseguito ad una quota di circa 5m sopra il terreno, onde valutare la rumorosità esistente sulle facciate degli edifici, ad un piano “intermedio”. Si noti comunque che, quando punti di calcolo cascano “dentro” gli edifici, essi vengono sempre considerati ad una quota di 5m sopra il suolo, e pertanto il livello sonoro ivi calcolato perde alcun significato. Questo è particolarmente evidente nell’estesa area del Centro Commerciale, che risulta una sorta di recinto con una altissima barriera antirumore al contorno.

Questo peraltro non costituisce un problema grave, poichè conoscere il livello sonoro sul tetto degli edifici è di ben scarsa utilità.

Come parametri di calcolo, si è considerato un traffico addizionale sulla viabilità stradale così quantificato:

- 5000 autoveicoli/giorno diretti al centro commerciale (periodo diurno)
- 120 veicoli pesanti diretti al tunnel di carico/scarico merci (periodo diurno)
- 60 veicoli pesanti diretti al tunnel di carico/scarico merci (periodo notturno)

Sulla base delle vigenti disposizioni legislative, questo traffico addizionale è stato “diluito” sulle 16 ore diurne e sulle 8 ore notturne, sebbene in questo caso tale operazione porta sicuramente ad una sottostima degli effetti di disturbo sulla popolazione, che viceversa avverterà in maniera precipua il traffico di veicoli pesanti soltanto nelle ultime ore del periodo notturno e nelle prime ore di quello diurno.

Inoltre è stata considerata la presenza di 3 sorgenti sonore concentrate, aventi ciascuna un livello di potenza di 100 dB(A), collocate la prima nell’apposito cavedi previsto sulla copertura del centro commerciale, la seconda nell’anello periferico del lucernario del centro commerciale, e la terza entro il tunnel aerato. Le sorgenti concentrate sono state considerate omnidirezionali, ma i programmi di calcolo tengono conto della modifica sull’emissione sonora causata dalla schermatura e dalle riflessioni sulle pareti che circondano le sorgenti stesse.

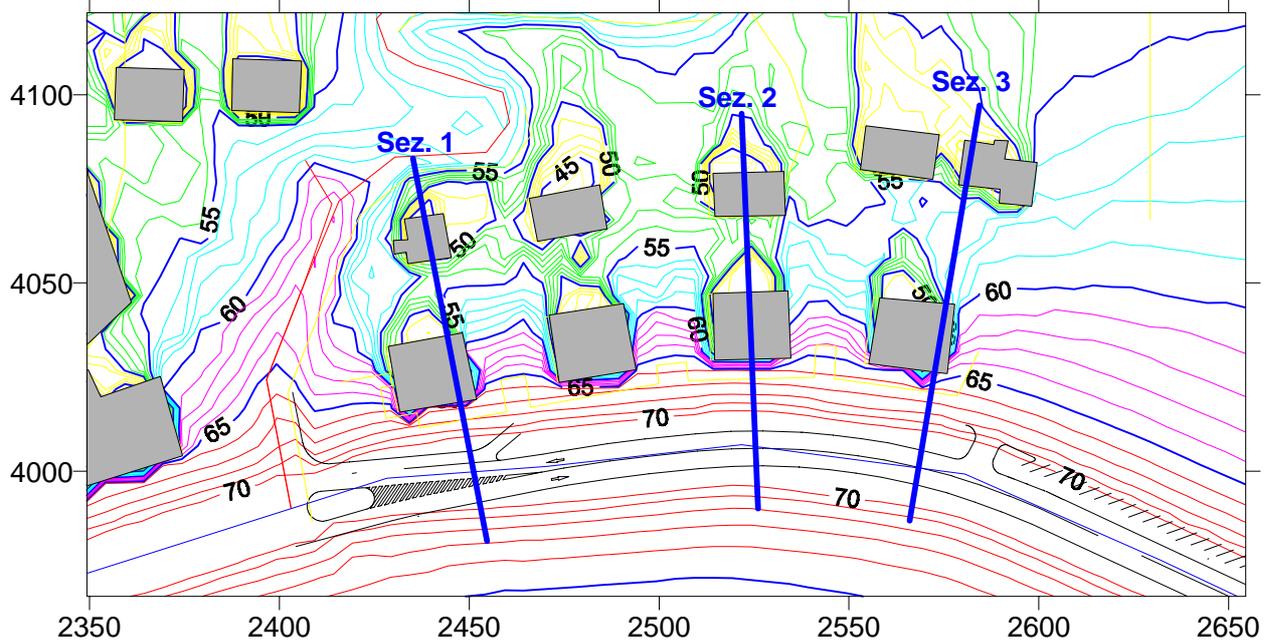
Il calcolo è stato poi ri-eseguito, tenendo conto dell’attenuazione prodotta dalle opere di mitigazione progettate, e quindi della presenza di baffles fonoassorbenti a copertura del tunnel di accesso, del cavedio macchinari e dell’anello esterno del lucernario. A tale intervento è stata assegnata una ipotetica riduzione della rumorosità emessa di 8 dB(A).

Non è stato necessario operare nuovamente i calcoli con i modelli matematici per ricostruire tale situazione. E’ infatti possibile riaggregare i risultati parziali delle singole emissioni sonore operando direttamente nel programma di graficazione Surfer, assegnando una prefissata riduzione ad alcune di esse. In tal modo è possibile investigare rapidamente anche altri scenari di mitigazione delle emissioni.

Poichè i tempi di calcolo nello stato di progetto erano eccessivi, il calcolo è stato eseguito su una griglia ridotta di 125x59 punti, con passo di 10 m.

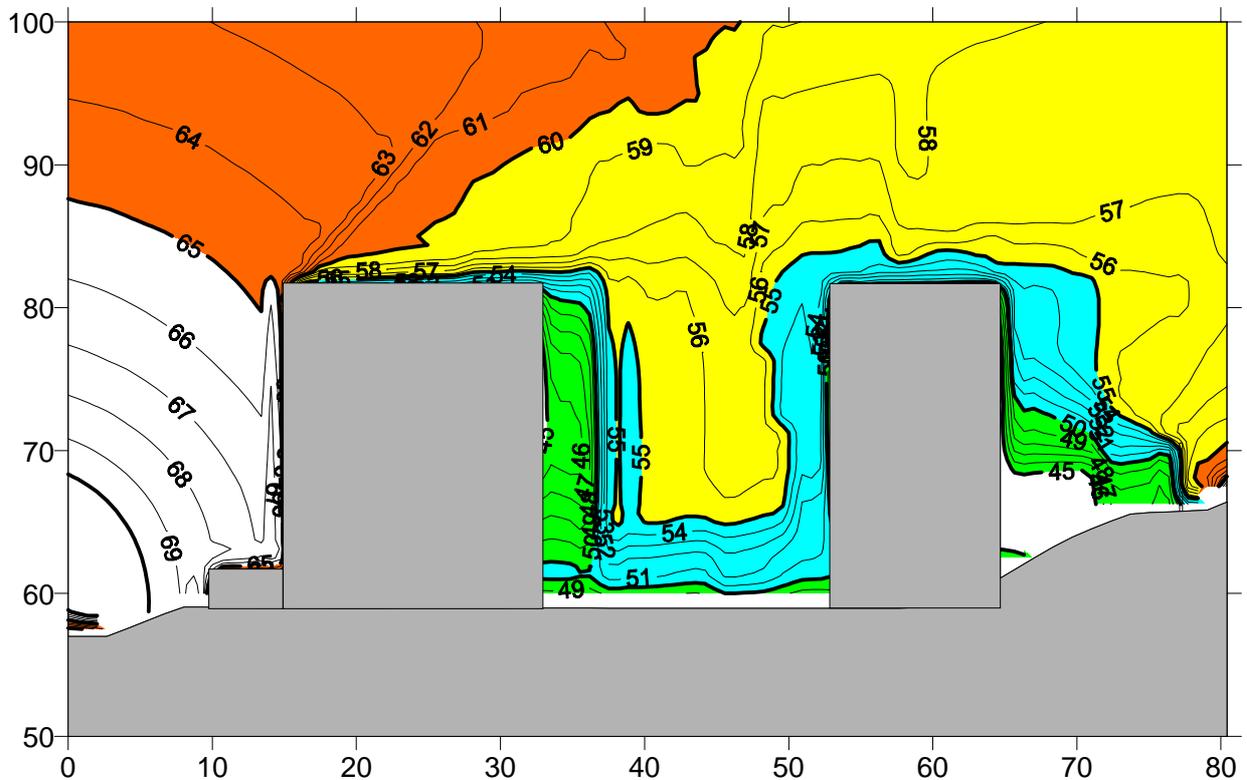
La seguente figura riporta i risultati della simulazione eseguita sempre relativamente al solo comparto PEEP, ed al periodo diurno, onde poter comparare la situazione con quella già illustrata al precedente paragrafo.

Peep S. Biagio - Mappatura Isolivello Acustico - Stato di Progetto - Periodo Diurno



Anche in questo caso è opportuno valutare mediante sezioni verticali la propagazione del rumore sulla facciata degli edifici di progetto. La seguente figura illustra la mappatura isolivello prevista per lo stato di progetto diurno sulla sez. 1.

Peep S. Biagio - Sezione 1 - Stato di Progetto - Periodo Diurno



Si può osservare con il valore limite diurno di 65 dB(A) sia leggermente superato sulla facciata affacciata sulla viabilità di grande traffico, mentre l'effetto schermante degli edifici causa una consistente riduzione di rumorosità all'interno della zona edificata.

5. Analisi dei risultati e proposta di zonizzazione

I valori di rumorosità previsti nello stato di progetto risultano ovunque abbastanza contenuti, grazie anche all'effetto schermante reciproco degli edifici, per cui in gran parte dell'area la rumorosità prevista è addirittura inferiore allo stato di fatto.

Lo stesso non accade soltanto per la prima fila di edifici, direttamente affacciati sul centro commerciale: per essi, tuttavia, l'adozione degli interventi di mitigazione già previsti nel progetto, nonché la scelta di non mantenere in funzione alcuna sorgente fissa nel periodo notturno (scelta forse poco realistica, ma effettuata su indicazione del committente) sono sufficienti a ridurre la rumorosità entro i limiti previsti per la classe IV.

Veniva comunque chiesto, in questo caso, di fornire a latere della valutazione di impatto anche una bozza di zonizzazione acustica dell'intera area oggetto dello studio.

Sulla base delle mappature isolivello previsionali già illustrate, e tenendo conto dei vincoli posti nell'assegnazione delle classi dal DPCM 1 marzo 1991 e dalla Legge Quadro n. 447 del 26/10/95, si è formulata la seguente ipotesi:

- Assegnare la classe IV (aree di intensa attività umana) alla prima fila di edifici affacciati sul centro commerciale, e relative pertinenze.
- Assegnare la classe III (zona mista), a causa della prescrizione di non avere mai aree contigue di classe non consecutiva, alla seconda fila di edifici situati a ridosso dei primi, nonché alle aree potenzialmente affette dal rumore delle infrastrutture di trasporto preesistenti all'intervento edificatorio
- Assegnare la classe II (aree esclusivamente residenziali) alla parte centrale dell'area, ove la tipologia edilizia è effettivamente solo abitativa, ed ove i valori previsti per tale zona sono quasi rispettati.

La seguente figura illustra schematicamente tale impostazione:



La zona in classe IV è retinata in blu, quella in classe II è circonscritta in verde, le aree restanti sono tutte in classe III.

6. Analisi dell'accuratezza dei dati

Il caso utilizzato come esempio ha mostrato quali metodiche di analisi e di taratura e quali tipi di risultati possono essere ottenuti facendo impiego di idonee metodiche previsionali. Ovviamente in casi specifici l'analisi può essere ulteriormente raffinata, eseguendo ad esempio mappature isolivello più dettagliate su singoli edifici, mappature su sezioni verticali onde apprezzare la variazione del livello sonoro ai diversi piani, o l'effetto di opere schermanti.

Ad una analisi più dettagliata non corrispondono però solitamente risultati più accurati: infatti le metodiche di calcolo sono sempre le stesse, l'incertezza sui dati di ingresso (flussi veicolari, descrizione geometrica del sito, caratteristiche acustiche delle superfici) non varia, e viceversa viene richiesto al programma di simulazione di evidenziare variazioni spaziali del livello sonoro anche molto modeste. Ciò significa che in realtà la scala piuttosto grossolana a cui è stato condotto lo studio, è la minima onde far sì che i risultati della simulazione siano affetti da un'incertezza sui valori confrontabile con l'incertezza "di posizione" dei punti di calcolo sulla mappa.

Volendo quantificare tale incertezza, non si può non riferire dei risultati di un test comparativo fra programmi di calcolo per la simulazione del rumore stradale, svoltosi nel 1995 [8]. 23 diversi gruppi di ricerca parteciparono ad un confronto impiegando 11 diversi programmi. Il confronto prevedeva due casi, uno molto semplice (strada lunga e dritta, prova di ostacoli) ed uno più complesso (svincolo con sovrappasso, terrapieno e boschetto). Nel complesso, la dispersione dei dati calcolati dai diversi programmi è stata molto elevata: nel punto situato a breve distanza dalla strada lunga e dritta, si sono avute differenze massime di 8 dB(A), con deviazione standard di 2.7 dB(A), mentre nei punti più lontani, parzialmente schermati, si è arrivati a differenze massime di oltre 14 dB(A), con deviazione standard di oltre 4.5 dB(A). Si tenga inoltre conto che tali differenze si sono avute partendo da dati assolutamente identici per tutti i programmi, mentre nell'impiego reale occorre aggiungere anche l'incertezza sui dati di traffico e sulla descrizione geometrica del sito.

In conclusione, si può affermare che l'impiego dei programmi di simulazione può fornire una accuratezza del tutto insufficiente se gli stessi non vengono usati con accortezza, effettuando sempre la taratura nello stato di fatto sulla base di idonei rilievi sperimentali, e lasciando al programma così tarato solo l'onere di estrapolare una situazione non troppo diversa da quella di taratura. In assenza di tale procedura di impiego, i valori numerici prodotti dal calcolo saranno inevitabilmente affetti da una incertezza di almeno 6/7 dB(A); e pertanto ben difficilmente potranno essere utilizzati per valutare il rispetto dei limiti di legge e dunque per stabilire se l'opera progettata sia o meno accettabile dal punto di vista acustico.

Note bibliografiche

- [1] **A. Farina** - "Modelli matematici per la previsione della diffusione del suono" - *Acqua Aria*, n. 3, pagg. 257-268, Marzo 1991.
- [2] Bunderminister für Verkehr, Schall 03, ed. 1990
- [3] Bunderminister für Verkehr, Richtlinien für den Larmschutz an Strassen, RLS-81, (1981).
- [4] **A. Farina** , G. Semprini - "RLS81" - Atti del convegno AIA 1989 "Metodi numerici di previsione del rumore da traffico", Parma, 12 Aprile 1989.
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] **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.
- [8] Pompoli R., **Farina A.**, Fausti P., Bassanino M., Invernizzi S., Menini L., "Intercomparison of traffic noise computer simulations", in: atti del XXIII Convegno Nazionale AIA - 18th International Congress for Noise Abatement AICB, Bologna, 12-14 settembre 1995, supplemento, p.523-559.