



Comune di Genova
Ufficio Ambiente Igiene Energia - Settore Ambiente
Unità Operativa Complessa Acustica

MAPPA ACUSTICA

**Secondo le disposizioni del D.Lgs 194/2005
e della Direttiva Europea 2002/49/EC29**





Comune di Genova

**Ufficio Ambiente Igiene Energia - Settore Ambiente
Unità Operativa Complessa Acustica**

MAPPA ACUSTICA

**Secondo le disposizioni del D.Lgs 194/2005
e della Direttiva Europea 2002/49/EC29**

Aggiornamento anno 2016

Sorgenti portuali esaminate:

**Bacino Storico – Area riparazioni navali
Voltri Terminal Europa**

Genova, 14 luglio 2017

Realizzazione:



Via N. Costa 7r – 16139 Genova

Ing. Marco DI PAOLO

Amministratore Unico
TCAA – Regione Liguria
D.Dle 2554 del 10/11/2005

Con il contributo di **Dott. Ing. Simona REPETTO, Ph.D.**



INDICE

1. Premessa	1
2. Normativa di riferimento	3
3. Mappatura acustica dell'area portuale Bacino Storico – Anno 2016.....	6
3.1 Caratteristiche dell'area e delle attività svolte	6
3.2 Realizzazione della mappatura acustica.....	7
3.2.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati di input	8
3.2.2 Definizione dei confini dell'area da investigare	11
3.2.3 Sviluppo del modello di propagazione sonora	13
3.3 Mappe acustiche	16
4. Mappatura acustica del Voltri Terminal Europa – Anno 2016	22
4.1 Caratteristiche dell'area e delle attività svolte	22
4.2 Realizzazione della mappatura acustica.....	24
4.2.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati di input	24
4.2.2 Definizione dei confini dell'area da investigare	27
4.2.3 Sviluppo del modello di propagazione sonora	30
4.2.4 Validazione del modello	30
4.3 Mappe acustiche	33
5. Conclusioni	37
Bibliografia.....	40

ALLEGATO 1: Tavole

Tavola 1	Mappa acustica della zona Bacino Storico - riparazioni navali in termini di L_{den} in formato grafico – Anno 2016
Tavola 2	Mappa acustica della zona Bacino Storico - riparazioni navali in termini di L_{night} in formato grafico – Anno 2016
Tavola 3	Mappa acustica della zona portuale Prà – Palmaro (Voltri Terminal Europa) in termini di L_{den} in formato grafico – Anno 2016
Tavola 4	Mappa acustica della zona portuale Prà – Palmaro (Voltri Terminal Europa) in termini di L_{night} in formato grafico – Anno 2016



1. Premessa

Il Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale", che recepisce la Direttiva Europea 2002/49/CE, impone di redigere per gli agglomerati urbani con più di 250.000 abitanti una mappatura acustica strategica. Tale azione ha lo scopo di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'esposizione della popolazione residente al rumore ambientale.

Come specificato all'art. 3 del suddetto Decreto, tale mappatura acustica strategica va condotta in aggiornamento per l'anno solare 2011. In relazione ai risultati conseguiti, l'autorità individuata dalla regione o dalla provincia autonoma elabora e trasmette all'Ente territoriale competente, per ogni ambito temporale di studio, i piani di azione e le sintesi di cui all'allegato 6 del D.Lgs. 194/05. I piani d'azione previsti ai commi 1 e 3 recepiscono i piani comunali di risanamento acustico ed i piani regionali triennali di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico adottati ai sensi degli articoli 3, comma 1, lettera i), 10, comma 5, 7 e 4, comma 2, della Legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Per ottemperare a tali obblighi il Comune di Genova ha affidato alla società Ingenia S.r.l., spin off dell'Università degli studi di Genova, l'incarico di effettuare la mappatura acustica riferita alle aree portuali di Prà – Palmaro (Voltri Terminal Europa) e al Bacino Storico nelle aree afferenti i cantieri delle riparazioni navali. Nel seguito si riportano pertanto gli elementi necessari alla mappatura acustica, secondo le modalità e i criteri definiti agli Allegati 1, 2 e 4 del D.Lgs. 194/05. Le mappature sono state condotte in relazione all'anno 2016, così come richiesto dalle norme di legge.

Nello sviluppare lo studio si sono seguite le linee guida prodotte dalla Commissione Europea nel documento dal titolo "Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure"^[1], redatto nel 2007. Si sono quindi adattati i criteri per la realizzazione delle mappe al contesto urbano genovese e si è cercato di individuare le criticità e di affrontarle applicando le suddette linee guida messe a disposizione dalla Commissione Europea. In particolare si è tenuto conto di un nuovo aspetto introdotto dal Decreto 194/2005, cioè del fastidio percepito dalle persone esposte per lunghi periodi al rumore emesso da una sorgente, con l'obiettivo di quantificare la percentuale di persone infastidite e di valutare quante sono le persone esposte ai diversi livelli di rumore.

Circa la natura delle aree considerate, in conseguenza della particolare orografia del terreno, la città di Genova si è estesa prevalentemente lungo la fascia costiera addossando il nucleo urbano alle aree portuali. La strada statale Aurelia (SS1), che attraversa Genova lungo tutto il tratto costiero, collega i quartieri di Genova Voltri e di Genova Nervi, posti rispettivamente nell'estremo ponente e nell'estremo levante cittadino. Lungo l'arco costiero genovese, le principali aree portuali sono quelle di Prà – Palmaro e del Bacino Storico in cui trovano collocazione i cantieri delle riparazioni navali. Si è quindi iniziata a sviluppare la mappatura acustica partendo dall'area del Voltri Terminal Europa nella zona di Prà. Analogamente si è proceduto per le aree del Bacino Storico, dal quartiere di Genova Foce a quello dell'Expo, operando in una zona caratterizzata da edifici anche e soprattutto residenziali.

Per tali aree si è proceduto alla mappatura acustica in conformità a quanto prescritto dal D.Lgs. 194/05, valutando i dati definiti all'Allegato VI. In particolare, si sono prodotte le mappe



strategiche in forma di grafico, che riportano le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB sia per l'indicatore acustico L_{den} , (Allegato 1 - Tavola 1), sia per l'indicatore acustico L_{night} (Allegato 1 – Tavola 2), così come richiesto al Punto 1.7 del succitato Allegato VI del D.Lgs 194/2005. Quindi, si sono valutate le grandezze previste ai Punti 1.5 e 1.6 dell'Allegato VI, ovvero:

- Numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} definiti dal Decreto
- Numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{night} definiti dal Decreto
- Numero di edifici residenziali;
- Numero di scuole;
- Numero di ospedali.

La presente relazione tecnica specialistica riporta la descrizione del quadro normativo di riferimento, dei dati di ingresso utili alla mappatura acustica, delle metodologie di calcolo e dei risultati ottenuti sia in termini grafici, mediante la produzione delle planimetrie riportate in allegato, sia mediante tabelle illustrative dell'impatto acustico sulla popolazione.



2. Normativa di riferimento

Per caratterizzare dal punto di vista acustico un agglomerato urbano, attualmente la normativa italiana di riferimento è il D.Lgs. n. 194 del 19 agosto 2005 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale” e smi. Lo strumento di pianificazione utilizzato ai fini della caratterizzazione acustica è la Mappatura Acustica Strategica.

Il Decreto definisce due tipi di Mappatura Acustica Strategica: per agglomerati e per infrastrutture principali. Nel caso delle Mappature Acustiche Strategiche per agglomerati è necessario valutare il contributo in termini di rumore dovuto alla presenza di assi stradali e ferroviari principali e aeroporti principali. Per caratterizzare distintamente tali contributi è indispensabile realizzare una mappa acustica per ognuna delle sorgenti di rumore presenti all'interno dell'agglomerato. Ogni ente gestore deve realizzare la mappa acustica della propria infrastruttura secondo i dettami del D.Lgs. 194/2005 e smi.

In quasi tutti gli articoli, commi ed allegati del Decreto si riporta testualmente la Direttiva europea 2002/49/CE nella sua versione in lingua italiana. Vengono di seguito brevemente descritti gli aspetti più importanti del Decreto in relazione allo studio che è stato condotto.

Con il D.Lgs. 194/2005 l'Italia delibera a livello nazionale le azioni per il controllo del rumore ambientale, definite a livello europeo dalla Direttiva europea 2002/49/CE, attraverso l'introduzione di:

- descrittori acustici, comuni a tutti i Paesi Membri;
- metodologie nella realizzazione delle misure fonometriche;
- metodologie di valutazione del rumore e del fastidio percepito dalle persone;
- criteri per la pianificazione acustica.

Non tutte le sorgenti sonore sono considerate nel Decreto: solo il rumore da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale e derivante da sorgenti industriali viene preso in considerazione.

L'obiettivo del Decreto Italiano così come della Direttiva Europea è quello di proteggere *aree edificate, parchi pubblici o in altre zone silenziose degli agglomerati, nelle zone silenziose in aperta campagna, nei pressi delle scuole, degli ospedali e di altri edifici e zone particolarmente sensibili al rumore.*

In accordo con il Decreto la valutazione e il controllo del rumore deve essere fatto seguendo in ordine progressivo le azioni sotto indicate:

- a) *l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche di cui all'articolo 3;*
- b) *l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione di cui all'articolo 4, volti ad evitare e a ridurre il rumore ambientale laddove necessario, in particolare, quando i livelli di esposizione possono avere effetti nocivi per la salute umana, nonché ad evitare aumenti del rumore nelle zone silenziose;*
- c) *assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti.*



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

Il D.Lgs. 194/2005 ha introdotto come descrittori acustici L_{den} (Day-Evening-Night Level) e L_{night} (Night Level), così come definiti dalla Direttiva europea, modificando però le fasce orarie in cui devono essere misurati/calcolati i descrittori acustici L_{day} , $L_{evening}$ e L_{night} , che insieme definiscono il descrittore acustico L_{den} . Ne consegue che anche i coefficienti numerici presenti nella formula di L_{den} sono differenti. Si riporta la formula di L_{den} così come definita all'Allegato I del D.Lgs. 194/2005:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left(14 \cdot 10^{L_{day}/10} + 2 \cdot 10^{L_{evening}+5/10} + 8 \cdot 10^{L_{night}+10/10} \right)$$

dove:

- a) L_{den} è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi giornalieri di un anno solare;
- b) L_{day} è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno solare;
- c) $L_{evening}$ è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno solare;
- d) L_{night} è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno solare;

Il periodo giorno-sera-notte è dalle 6.00 alle 6.00 del giorno successivo mentre per la Direttiva europea è dalle 7.00 alle 7.00 del giorno successivo. I periodi del giorno sono così suddivisi:

- 1) periodo diurno: dalle 06.00 alle 20.00 (mentre per la Direttiva è dalle 7.00 alle 19.00);
- 2) periodo serale: dalle 20.00 alle 22.00 (mentre per la Direttiva è dalle 19.00 alle 23.00);
- 3) periodo notturno: dalle 22.00 alle 06.00 (mentre per la Direttiva è dalle 23.00 alle 7.00).

I livelli di rumore devono essere valutati ad una quota di 4.0 ± 0.2 m rispetto alla quota del terreno e per la facciata dell'edificio maggiormente esposta. Tale altezza deve essere la stessa per il calcolo computazionale ai fini della realizzazione delle mappe acustiche e mappe acustiche strategiche.

Il Decreto definisce all'Allegato II i metodi computazionali (comuni sia all'Italia che agli Stati Membri dell'Unione Europea) per calcolare la propagazione sonora delle diverse tipologie di sorgente. Per quanto concerne il per il rumore dell'attività industriale, il metodo computazionale scelto è il metodo di calcolo ISO 9613-2: «Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation».

Possono essere ottenuti dati di rumorosità (dati di ingresso) idonei a questa metodologia mediante le tecniche di rilevamento previste dalla ISO 8297: 1994 «Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method», dalla EN ISO 3744: 1995 «Acoustics - Determination of sound power levels of noise using sound pressure - Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane» o dalla EN ISO 3746: 1995 «Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using an enveloping measurement surface over a reflecting plane».

Al fine di valutare e gestire il rumore ambientale, il Decreto introduce due strumenti di pianificazione acustica: la mappa acustica strategica, accennata precedentemente, e i piani d'azione.



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

La mappa acustica strategica è *“una mappa finalizzata alla determinazione dell'esposizione globale al rumore in una certa zona a causa di varie sorgenti di rumore ovvero alla definizione di previsioni generali per tale zona”*.

Mentre il piano d'azione viene definito come un *“piano destinato a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione”*.

Nel presente studio, avendo considerato un'unica sorgente di rumore situata all'interno di un agglomerato urbano, è stata realizzata una mappatura acustica per caratterizzare tale sorgente. Il Decreto (Art.2, comma 1, lettera o)) definisce con mappatura acustica: *“la rappresentazione di dati relativi a una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico in una certa zona.”*

Dopo che la Direttiva Europea 2002/49/CE è stata promulgata, si sono formati dei gruppi di lavoro (Working Group), i quali hanno avuto come obiettivo quello di definire le linee guida per la corretta applicazione dei diversi strumenti di caratterizzazione e pianificazione acustica, introdotti con la Direttiva. Nel corso di questi anni si sono formati 4 Working Group, tra cui il Working Group on Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) che ha definito le linee guida per la realizzazione delle mappe acustiche strategiche,

Il documento di sintesi del WG-AEN, il *“Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure”* ^[1] è stato largamente utilizzato nel presente studio e più volte citato in questa relazione tecnica.

Un'ultima importante considerazione riguarda i valori limite che secondo la Direttiva europea ogni Stato Membro deve definire in termini di L_{den} e $L_{nigh.}$: Nel D.Lgs 194/2005 tali valori limite non vengono stabiliti e, attualmente, a livello nazionale italiano i valori limite sono quelli definiti dal precedente D.P.C.M. 14.11.1997, i quali sono espressi in termini di L_{eq} (Livello equivalente di pressione sonora) per i due periodi di riferimento del giorno, periodo diurno (6.00 – 22.00) e periodo notturno (22.00 – 6.00).

3. Mappatura acustica dell'area portuale Bacino Storico – Anno 2016

Il tratto di zona portuale preso in considerazione è situato tra il quartiere di Genova Foce e il quartiere di Genova Porto Antico e più precisamente è costituito dalle aree dedicate alle riparazioni navali. La figura 3.1 mostra una vista satellitare della zona esaminata.



Figure 3.1 – Vista satellitare dell'area portuale del Bacino Storico

I confini dell'area investigata sono stati ottenuti sulla base della propagazione sonora in esterno della sola sorgente costituita dalle zone portuali del Bacino Storico, nel tratto di interesse. La metodologia applicata per definire tali confini sarà descritta più dettagliatamente nel seguito.

3.1 Caratteristiche dell'area e delle attività svolte

L'area considerata è lunga circa 3 km e si estende attraverso i quartieri di Genova Foce e Genova Porto Antico. Una vista satellitare dell'area portuale considerata e della zona circostante è riportata in figura 3.1 mentre una vista delle curve di livello è rappresentata in figura 3.2, unitamente alla principale destinazione d'uso degli edifici.

L'area portuale in esame presenta caratteristiche del tutto simili ad un'area di tipo industriale. Infatti l'attività lavorativa che si svolge all'interno, in varie officine o in vere e proprie unità

produttive, riguarda lavorazioni di tipo cantieristico o di allestimento navale che, dal punto di vista della produzione del rumore, non differisce molto da un sito produttivo non portuale.



Figura 3.2 – Curve di livello lungo il tratto di interesse dell'area portuale

Un elemento di caratterizzazione che contribuisce a distinguere, dal punto di vista acustico, in maniera netta due aree all'interno della zona sottoposta a verifica, può essere considerata la presenza della Strada Sopraelevata Aldo Moro; infatti l'area a sud della stessa risulta alquanto differente da quella sul lato a nord, sia a livello morfologico sia a livello urbano, essendo l'uso del territorio differente sui due lati.

A livello morfologico, il terreno presenta un andamento variabile con dislivelli e muri di sostegno principalmente nella zona più prossima alla Foce. A livello urbano, la zona a sud è caratterizzata da agglomerati industriali (cantieri navali, bacini di carenaggio, marine, ecc) o edifici destinati a servizi mentre il lato nord vede la presenza di un fitto reticolo edifici residenziali, in larga parte coincidente con il centro storico cittadino. Per la natura morfologica del territorio la zona portuale di interesse risulta in vista a una porzione rilevante del territorio urbano, in quanto gli edifici che sorgono sulle colline prospicienti il mare nella zona centrale della città affacciano proprio su tale area e risultano pertanto esposti ai rumori da essa provenienti.

3.2 Realizzazione della mappatura acustica

Al fine di realizzare la mappa acustica dell'area investigata in funzione dei descrittori acustici L_{den} e L_{night} , come richiesto dal D.lgs 194/2005, l'attività è stata svolta nella maniera seguente:



- Acquisizione ed elaborazione dei dati di input;
- Definizione dei confini dell'area da investigare;
- Preparazione del modello di propagazione sonora;
- Validazione del modello di propagazione sonora;
- Accuratezza del modello di propagazione sonora.

Come software di propagazione sonora è stato utilizzato il software commerciale MITHRA – SIG, versione 3.3.0.

3.2.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati di input

Questa è la fase sicuramente più importante nella redazione di una mappa acustica perché la mappa è rappresentativa della situazione di clima acustico reale solo se i dati di input raccolti sono loro stessi rappresentativi della condizione reale. Pertanto l'accuratezza di una mappa si basa sulla qualità dei dati raccolti. Tuttavia i dati di input che vengono richiesti per la creazione delle mappe sono numerosi e non sempre facilmente reperibili. Qualche volta i dati non sono disponibili o sono disponibili in parte oppure disponibili ma definiti con indicatori non appropriati. Inoltre alcuni dei dati richiesti hanno un grado di dettaglio così elevato che risulta molto difficile ottenerli, soprattutto in certi contesti urbani. La difficoltà di reperire tali dati è stata discussa ampiamente all'interno delle linee guida per la realizzazione delle mappe acustiche¹.

Nel presente studio vengono riportati i dati che sono stati raccolti per la realizzazione della mappa acustica dell'area presa in considerazione. Per ogni categoria di dati verrà fatta una descrizione su come sono stati raccolti ed elaborati. Tali dati sono stati raccolti per l'anno 2016 e sulla base di questi si sono sviluppate le relative simulazioni.

Dati di input: morfologia del territorio in esame

Le prime informazioni, che è necessario avere a disposizione, sono quelle riguardanti la morfologia del terreno, in quanto il primo passo per la realizzazione di una mappa acustica, è la creazione del modello digitale del terreno (DGM – Digital Ground Model). Tali informazioni sono state fornite dagli uffici tecnici del Comune di Genova in formato di file shape.

Per la realizzazione del DGM è stata presa in considerazione un'area molto ampia in modo tale che si fosse sicuri che l'area investigata, che deve essere definita in un secondo momento sulla base della propagazione sonora in campo libero della sola sorgente Bacino Storico, ricadesse all'interno di quest'area. Si Sono quindi unite tra loro due mappe cartografiche complete. Ciascuna mappa è di dimensioni 700m x 830m. Il DGM dell'intera area ha una superficie pari a 1 162 000 m².

Ogni mappa cartografica completa è formata da 50 shape file e relativi file database associati. Al fine di realizzare il DGM solo gli shape file relativi alle curve di livello, ai punti in quota, alle linee perimetrali degli edifici, alle linee di contorno degli assi stradali sono stati importati nel software di propagazione sonora. È stato inserito il tratto stradale di interesse e gli edifici che ricadono all'interno dell'area di studio, sebbene l'individuazione esatta dei confini dell'area sia stata fatta in un secondo momento.



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

Come detto e come è possibile vedere dalla figura 3.2 l'andamento del terreno è molto variabile: in alcuni punti i pendii sono ripidi e gli avvallamenti sono stretti e profondamente scavati.

Nella parte nord dell'area in esame il terreno è più pendente rispetto alla zona sud, arrivando ad avere una quota di pochi metri sul livello medio del mare.

Dal punto di vista acustico, l'andamento del terreno come sopra descritto comporta che anche zone vicine all'area portuale in esame possano essere esposte a bassi livelli di rumore emessi dalla sorgente mentre altre zone più lontane abbiano livelli di rumore in facciata elevati.

Dati di input: sorgenti portuali e strade adiacenti

L'area portuale, in questa zona, è costituita principalmente da sorgenti sonore del tutto similabili ad un'area di tipo industriale. Le sorgenti di rumore attive sono pertanto quelle corrispondenti alle lavorazioni che si svolgono sulle banchine o nelle zone immediatamente adiacenti. Nei cantieri navali le attività più rumorose, che in parte si svolgono all'aperto, sono dovute principalmente a operazioni di sabbiatura (operazione che si svolge sempre all'aperto), operazioni di picchettaggio degli scafi nei bacini di carenaggio e non, bocche di presa o di mandata di sistemi aeraulici di estrazione aria da locali di verniciatura, altoparlanti per segnalazioni connesse con le operazioni portuali e lavorative, movimentazione mezzi operativi, dispositivi di segnalazione acustica degli stessi, compressori di vario genere, autoclavi e gruppi frigoriferi. Il rumore prodotto dalle navi all'ormeggio, non in fase di allestimento, è in generale limitato all'uso prolungato di generatori di corrente (diesel) che vengono attivati quando la nave è in banchina.

A tali sorgenti proprie dell'area portuale si sovrappone il rumore dovuto al traffico veicolare lungo le strade adiacenti il porto, e specialmente lungo la strada sopraelevata A. Moro. Tale rumore è rilevante e tende a mascherare i suoni provenienti dalla zona portuale, così che il clima acustico nelle aree urbane prossime al Bacino Storico è principalmente definito da sorgenti sonore di tipo stradale.

Dati di input: classificazione degli edifici

L'inserimento e la classificazione degli edifici in base alla destinazione d'uso è stata fatta dopo che è stata definita l'area da mappare.

Nella cartografia fornita dagli uffici tecnici del Comune di Genova gli edifici sono inseriti in un unico layer. Non è presente una specifica distinzione degli edifici sulla base della destinazione d'uso. Pertanto è stato necessario verificare sul campo la reale destinazione d'uso degli edifici.

Sono state individuate 9 scuole, 9 edifici religiosi, 1 ospedale, 1 clinica e alcuni edifici ad uso prevalentemente commerciale. Il maggior numero di edifici è ad uso residenziale. Diversi edifici hanno una destinazione d'uso mista: commerciale e residenziale; tuttavia nel software è consentito inserirne solo una. A titolo precauzionale è stato scelto di considerare questi edifici come residenziali.

Sulla base delle informazioni richieste dal software, altri dati relativi agli edifici devono essere raccolti, come:

- il numero di piani;
- l'altezza di ciascun piano;
- l'altezza totale dell'edificio.



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

Le informazioni inerenti al numero di piani per ogni edificio è stata fatta, ove possibile, attraverso le informazioni contenute nella cartografia resa disponibile. Nel caso di assenza di informazioni, si è effettuata una verifica in loco o tramite servizi di geovisualizzazione online.

Nel software di propagazione sonora sono svariate le destinazioni d'uso degli edifici: edifici principali (residenziali), edifici ausiliari, scuole, ospedali, asili ed edifici di cui non è nota la destinazione d'uso o non può essere classificata all'interno delle altre categorie. Il calcolo del numero di residenti esposti a differenti livelli di rumore viene sviluppato da MITHRA – SIG unicamente per gli edifici residenziali. Edifici pubblici, ad uso commerciale, di culto sono stati inseriti come edifici ausiliari.

Dati di input: informazioni sulla popolazione esposta

Le informazioni inerenti il numero di persone che vivono all'interno degli edifici residenziali sono state raccolte sulla base di:

- la tipologia di edifici che sono presenti nell'area investigata
- il numero medio di persone che formano un nucleo familiare nei quartieri di Genova Foce, Genova Centro e Genova Caricamento.

Molti degli edifici che rientrano nell'area da mappare sono stati costruiti durante il boom edilizio degli anni '60. La superficie media degli appartamenti è di circa 80 m².

In generale la città di Genova ha osservato negli ultimi anni una lenta decrescita demografica mentre il numero di persone sopra i 65 anni di età è elevata, e i quartieri interessati dal presente studio non risultano rappresentare un'eccezione. La media dei nuclei familiari è costituita da due persone. Ai fini del calcolo del numero di persone esposte a differenti livelli di rumore, è stato inserito all'interno del modello di calcolo un valore medio di 40 m²/persona.

Dati di input: caratteristiche della superficie del terreno

Secondo le linee guida della Commissione Europea, si può assumere in generale che in ambito urbano la superficie del terreno sia riflettente mentre in aperta campagna sia assorbente. Si aggiunge inoltre che le caratteristiche del terreno possono essere trascurate per superfici inferiori ai 250 m², le quali abbiano caratteristiche differenti rispetto alle zone circostanti, senza che l'accuratezza del modello venga meno. Dal momento che l'area d'interesse è inserita in un contesto urbano, nei calcoli il terreno è stato assunto riflettente.

Le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno sono state inserite nel modello di propagazione in campo libero al fine di determinare i confini dell'area di studio.

Dati in input: informazioni meteorologiche

Dal momento che il D.lgs 194/2005 prevede come metodo di calcolo per il rumore da siti industriali (a cui i porti sono assimilati) il metodo di calcolo ISO 9613-2: «Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation», sono richieste per la modellizzazione anche informazioni inerenti la temperatura, l'umidità, la velocità e la direzione del vento. La raccolta dei dati medi annui di temperatura e umidità sono stati presi dalla stazione meteorologica di UNIGE-DICCA, sita presso la sede della Facoltà di Ingegneria in

*Tabella 4.1 – Valori medi mensili di temperatura e umidità dell'anno 2016*

2016	Temperatura [°C]	Umidità [%]
Gennaio	8.8	74
Febbraio	10.0	83
Marzo	11.4	70
Aprile	15.6	78
Maggio	17.1	77
Giugno	21.1	87
Luglio	24.8	80
Agosto	25.2	71
Settembre	22.9	76
Ottobre	16.1	80
Novembre	12.7	82
Dicembre	9.7	77
Media annua	16.3	78

Genova Albaro, via Montallegro 1. In tabella 4.1 sono riportati i valori medi mensili di temperatura ed umidità per l'anno 2016.

3.2.2 Definizione dei confini dell'area da investigare

I confini dell'area, che deve essere mappata dal punto di vista acustico, per una determinata tipologia di sorgente, vengono definiti sulla base della propagazione sonora della principale sorgente, presa in considerazione. Nelle linee guida fornite dalla Commissione Europea viene indicata la procedura consigliata per determinare i confini dell'area ai fini di realizzare la mappatura acustica della stessa. Per le strade principali, così come per le linee ferroviarie principali, tale procedura è suddivisa in 3 fasi successive:

1^a fase

Creare nel software di propagazione sonora una “situazione di rumore” in cui siano presenti esclusivamente: il DGM, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno e l'area portuale di interesse, dentro il quale sono inserite le caratteristiche delle sorgenti presenti.

Una volta definita la “situazione di rumore”, sulla base di essa deve essere creato il modello di propagazione sonora. Vista l'assenza di ostacoli verticali, la propagazione sonora sarà in campo libero.

Confrontare l'area racchiusa all'interno della curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) e la curva di isolivello sonoro $L_{night}=50$ dB(A) e prendere in considerazione solo la curva di isolivello sonoro che racchiude l'area più grande.

2^a fase

Misurare la distanza più grande “d” tra la sorgente volumica e la curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) (o $L_{night}=50$ dB(A)).



Moltiplicare tale distanza “d” per un coefficiente pari a 1.5, ottenendo così la distanza “d₁”.

3^a fase

Disegnare lungo tutto la sorgente volumica presa in esame e per ambo i lati una linea posta ad una distanza “d₁” dall’asse della sorgente stessa. L’area racchiusa da tale linea è l’area che deve essere mappata.

Nel presente studio, a cui è stato data un’impostazione a carattere prevalentemente sperimentale, la procedura qui sopra descritta per la determinazione dei confini dell’area di studio è stata eseguita in parte, per le ragioni che saranno spiegate più avanti.

In dettaglio viene descritta la procedura eseguita per la determinazione dell’area da mappare, relativamente allo studio in esame.

La prima fase è stata sviluppata in accordo con la procedura suggerita nelle linee guida della Commissione Europea.

Nel software è stata creata una “situazione di rumore” in cui erano presenti il DGM, precedentemente calcolato, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno, e la sorgente di rumore principale. Nel presente studio è stata considerata l’area portuale del Bacino Storico, in quanto la mappa acustica da realizzare fa riferimento a tale sorgente.

Per la modellizzazione della propagazione sonora in campo libero è stato scelto un reticolo a maglia costante, i cui elementi sono quadrati di lato 10 m. La mappa è stata realizzata ad una quota di 4 metri al di sopra del DGM. La configurazione di calcolo per la propagazione sonora è riportata in tabella 3.2.

Tabella 3.2 – Configurazione di calcolo

Angolo d’incremento [°]	7
Ordine di riflessione	1
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	500
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	non selezionato

È stato scelto un angolo d’incremento pari a 7° in quanto tale valore è un buon compromesso tra il tempo di calcolo e l’accuratezza.

È stato scelto un ordine di riflessione pari a 1 dal momento che nel modello non sono presenti ostacoli verticali e la propagazione sonora risulta quindi in campo libero.

La profondità di riflessione definisce il numero di potenziali superfici riflettenti che il raggio sonoro “ricercatore” può scavalcare affinché i raggi riflessi possano essere ancora trovati^[3]. Dal momento che in questo modello non ci sono ostacoli, è stata scelta una profondità di riflessione pari a 1.

“Raggio di massima ricerca” stabilisce quanto lontano una sorgente può essere dal ricettore e può ancora contribuire al livello sonoro complessivo in corrispondenza di tale ricettore. Dal momento che l’area è molto ampia è stato scelto di considerare il valore di default pari a 500 m.



Come pesatura è stata scelta la “A” come richiesto dalla vigente normativa di legge.

Non è stata selezionata la casella “Diffrazioni laterali” in quanto non sono presenti ostacoli verticali in questo modello.

Come metodo computazionale è stato scelto il metodo di calcolo ISO 9613-2 come richiede il D.Lgs. 194/2005.

Dopo aver elaborato tutti i dati, il software ha generato la mappa acustica, in termini di L_{den} e L_{night} , per la propagazione sonora in campo libero della sola sorgente sonora Bacino Storico.

La distanza tra la sorgente sonora e le curve di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) e $L_{night} = 50$ dB(A) varia significativamente lungo la costa in conseguenza dell'andamento del terreno, che come è stato già più volte detto, è molto variabile.

Dal momento che la zona a sud è uno specchio d'acqua mentre la zona a nord è più densamente popolata e si trova ad una quota superiore, il rumore che si propaga si estende maggiormente nella zona sud rispetto che nella zona nord.

È stata presa in considerazione l'area sottesa dalla curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) dal momento che essa è più estesa rispetto all'area racchiusa dalla curva di isolivello sonoro $L_{night} = 50$ dB(A).

La seconda e la terza fase della procedura per la determinazione dei confini dell'area di studio non sono state prese in considerazione in quanto nel contesto di studio in esame si ritiene la che metodologia definita dalle linee guida risulti talmente precauzionale da diventare poco efficace per i fini ai quali si è proposta. Infatti, in un contesto urbano come quello che si sta analizzando in questo studio, la presenza di ostacoli verticali, come edifici e muri, fa sì che la propagazione sonora non avvenga mai in campo libero, per cui considerare la distanza massima tra la sorgente e la curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) è già di per sé una misura cautelativa e non necessita di ulteriori correzioni.

Si è quindi scelto di considerare una distanza “d” costante, pari a 900 m, tra l'asse della sorgente e la linea che racchiude l'area di studio. Per mappature acustiche dove la sorgente principale si estende per svariati chilometri si suggerisce infatti di mantenere una distanza “d” costante, perché la morfologia del territorio può cambiare e pertanto è bene generalizzare la metodologia con cui vengono definiti i confini dell'area, prendendo una distanza fissa. Si vuole però suggerire, in base all'esperienza fatta in questo studio, di scegliere la distanza “d” per definire i confini dell'area di studio e non la distanza “ d_1 ” di cui alle linee guida della Commissione Europea, se la mappatura che deve essere realizzata è riferita ad una sorgente inserita in un territorio urbano densamente edificato.

3.2.3 Sviluppo del modello di propagazione sonora

Una volta definita l'area per la quale deve essere realizzata la mappatura, sono stati inseriti nel modello anche gli edifici, i muri e la distribuzione della popolazione residente.

Le sorgenti secondarie (stradali e ferroviarie) non sono state prese in considerazione per il presente studio. Unica eccezione è avvenuta in fase di validazione del modello, inserendo nella modellizzazione anche la sorgente stradale Strada Sopraelevata Aldo Moro, in quanto elemento di grande importanza come via di comunicazione principale ad intenso traffico veicolare. In altri termini si è validato il modello tenendo conto sia del rumore portuale, sia della sorgente sonora stradale suddetta, per poi procedere alla Mappatura Acustica in riferimento al rumore proveniente dalle sole sorgenti sonore presenti in ambito portuale.

3.2.4 Validazione del modello

Prima di realizzare la mappatura acustica, il modello di propagazione sonora deve essere validato. Tale validazione è stata fatta confrontando i livelli di pressione sonora misurati in campo e i livelli di pressione sonora calcolati dal software nelle medesime posizioni in cui sono state fatte le misure fonometriche.

Per la validazione del modello sono state prese in considerazione campagne di misura realizzate dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure della sede di Genova, effettuate nella zona di Corso Aurelio Saffi (Via Fiodor e Corso Saffi angolo Via Rivoli, indicate rispettivamente come Postazione 1 e Postazione 2), in zone prospicienti l'area oggetto di studio, come misure su tempo breve; la strumentazione utilizzata è quella in dotazione ad ARPAL.

È stata poi realizzata una campagna di misura ad hoc, con monitoraggio in continuo, nella zona Calata Grazie (Postazione 3). Per tale campagna è stato utilizzato uno strumento Brüel & Kjær mod. 2250.

In figura 3.3 sono rappresentate le posizioni dei punti di misura e in tabella 3.3 i valori riferiti all'intero periodo.



Figura 3.3 – Punti di misura

*Tabella 3.3 – Valori riferiti all'intero periodo*

Livelli equivalenti di pressione sonora in dB(A) riferiti all'intero periodo		
Postazione 1	DAY	68.8
Postazione 2	DAY	74.5
Postazione 3	DAY	66.7
	NIGHT	59.3

Come riportato in Tabella 3.4, per la presenza di ostacoli verticali il comando “Diffrazioni laterali” e “Sorgenti date da riflessioni laterali” è stato selezionato. È stato poi scelto un ordine di riflessione pari a 3 per ottenere una migliore accuratezza del risultato finale.

Tabella 3.4 – Configurazione di calcolo

Angolo d'incremento [°]	7
Ordine di riflessione	3
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	900
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	selezionato
Effetti del terreno a partire dalla superficie stradale	selezionato
Sorgenti date da riflessioni laterali	selezionato

Si è proceduto alla validazione del modello tramite calibrazione del livello di potenza sonora relativo all'area portuale, ricavato dalle misurazioni effettuate, modulandoli ed ottenendo i valori che meglio approssimano la situazione dello stato di fatto.

Dopo aver calcolato i livelli di pressione sonora, tali valori sono stati confrontati con quelli misurati nelle due campagne di misura. Il confronto è riportato in tabella 3.5.



Tabella 3.5 – Confronto tra livelli misurati e livelli calcolati

		Calcolato	Misurato	Scarto
Postazione 1	DAY	69.5	68.8	0.7
Postazione 2	DAY	74.4	74.5	- 0.1
Postazione 3	DAY	70.0	66.7	3.3
	NIGHT	64.9	60.3	4.6

Da tabella 3.5 si può vedere come le differenze tra valori calcolati e valori misurati è in tutti i casi inferiore a 5 dB. Tale valore non è piccolo, ma appare comunque accettabile tenuto conto dei limiti nella modellizzazione numerica e dell'incertezza nelle misure eseguite su un panorama complessivo di sorgenti acustiche. In ogni caso, il modello sovrastima la situazione reale. In questo senso è sicuramente preferibile ottenere differenze positive tra valori calcolati e misurati invece che differenze negative, perché il modello risulta in questo modo a favore di sicurezza. In altri termini l'incertezza propria della simulazione è generalmente nella direzione di una sovrastima degli effetti della sorgente.

Sulla base di questi risultati il modello è stato validato e si è potuto quindi procedere con l'elaborazione delle mappe acustiche.

3.3 Mappe acustiche

Il D.lgs 194/2005 prevede all'Allegato VI "Dati da trasmettere alla Commissione", che per gli agglomerati venga stimato:

- *il numero totale (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Le cifre vanno arrotondate al centinaio per eccesso o per difetto: (ad esempio: 5 200 = tra 5 150 e 5 249; 100 = tra 50 e 149; 0 = meno di 50). (Punto 1.5)*
- *Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. (Punto 1.6)*

Al Punto 1.7 dell'Allegato VI vengono inoltre richieste *le mappe strategiche in forma di grafico, le quali devono presentare almeno le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB.*

Mentre al Punto 8 dell'Allegato IV "Requisiti minimi delle mappe acustiche strategiche" si specifica che *per gli agglomerati devono essere tracciate mappe acustiche strategiche distinte*

*Bacino Storico e Voltri Terminal Europa*

per il rumore del traffico veicolare, ferroviario, aereo e dell'attività industriale. Possono essere aggiunte mappe relative ad altre sorgenti di rumore.

Nel presente studio, che rappresenta una parte della mappatura acustica strategica della città di Genova, è stata considerata la sorgente di rumore costituita dalla zona portuale del Bacino Storico e dalle attività industriali e di riparazioni navali lì localizzate. In ogni caso, le mappe acustiche della sorgente sonora presa in esame sono state realizzate seguendo i dettami del D.lgs 194/2005 e i suggerimenti delle linee guida forniti nel 2007 dalla Commissione europea.

Al fine di modellizzare la propagazione sonora della sorgente in esame, la mesh del modello di calcolo è stata posizionata ad una quota di 4 m rispetto alla quota del terreno, secondo come richiesto al Punto 7 dell'Allegato IV del D.lgs 194/2005: *le mappe acustiche strategiche ad uso locale o nazionale devono essere tracciate utilizzando un'altezza di misurazione di 4 m e intervalli di livelli di L_{den} e L_{night} di 5 dB come definito nell'Allegato VI.*

È stato possibile impostare una mesh con elementi della griglia che abbiano i lati di lunghezza uguale o inferiore a 10 m, così come suggerito dalle linee guida. Sulla base di queste indicazioni, la mappa acustica è stata realizzata impostando la tipologia di calcolo; la propagazione sonora del presente studio è stata ottenuta sulla base della configurazione di calcolo presentata in tabella 3.4 a cui sono stati aggiunti i parametri riportati in tabella 3.6.

Tabella 3.6 – Configurazione di calcolo

Distanza tra ricettori [m]	10.0
Quota sopra il terreno [m]	4.0
Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata	selezionato
Soppressione delle riflessioni sulle "proprie" facciate	selezionato

Il comando "Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata" è stato selezionato in quanto permette di calcolare le facciate silenziose.

Il comando "Soppressione delle riflessioni sulle "proprie" facciate" è stato selezionato in accordo con il D.lgs 194/2005. È stato inoltre selezionato per posizionare i ricettori in facciata per l'elaborazione delle mappe in accordo con l'Allegato VI del Decreto.

Per la spiegazione degli altri comandi si rimanda al paragrafo 3.3.2.

Come specificato all'art. 3 del D.Lgs. 194/2005, la mappatura acustica strategica va condotta per gli anni solari 2006, 2011 e 2016. In relazione ai risultati conseguiti, l'autorità individuata dalla regione o dalla provincia autonoma elabora e trasmette alla regione od alla provincia autonoma competente, per ogni ambito temporale di studio, i piani di azione e le sintesi di cui all'allegato 6 del D.Lgs. 194/05. I piani d'azione previsti ai commi 1 e 3 recepiscono i piani comunali di risanamento acustico ed i piani regionali triennali di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico adottati ai sensi degli articoli 3, comma 1, lettera i), 10, comma 5, 7 e 4, comma 2, della Legge 26 ottobre 1995, n. 447.

La mappatura per l'anno 2016 è stata realizzata facendo innanzitutto caso alle condizioni di esposizione al rumore per l'anno 2011 e per l'anno 2006, che rappresentano i primi anni di riferimento nel caso della Mappatura Acustica Strategica condotta in conformità alla Direttiva 2002/49/CE. Per quanto riguarda l'aggiornamento quinquennale della mappatura, nel caso in esame le variazioni nelle sorgenti sonore, così come risultano dai livelli sonori misurati nelle



stazioni di rilevamento disponibili, non appaiono significative al di là della variazione casuale propria degli eventi sonori che accompagnano tipicamente una attività di natura industriale quale quella portuale. In altri termini, la valutazione condotta per l'anno di riferimento 2016 non rileva variazioni significative nei valori di lungo termine degli indicatori di interesse.

Vale pertanto per le sorgenti di interesse una sostanziale stabilità, in quanto nel corso del quinquennio 2011-2016 queste non hanno subito variazioni significative o almeno tali da alterare i risultati della Mappatura Acustica Strategica. In questo senso si sottolinea come la mappatura acustica sia condotta attraverso indicatori di rumore che descrivono situazioni mediate e quindi non capaci di rilevare eventi temporanei o locali: tali eventi possono alterare le condizioni di esposizione al rumore della popolazione e il relativo fastidio ma non risultano agli scopi della presente attività.

Nell'ambito analizzato la stazionarietà delle condizioni di esposizione è riferita anche al quadro abitativo e demografico: nelle zone di interesse non ci sono stati nuovi insediamenti residenziali di rilievo o interventi di edificazione tali da modificare sostanzialmente la situazione nell'arco temporale considerato. Tale elemento, unito a quanto sopra descritto, motiva la effettiva stabilità nelle condizioni di esposizione al rumore per la popolazione nelle aree considerate.

In sintesi, poiché nelle aree interessate dallo studio non vi sono state variazioni significative dal punto di vista urbanistico o delle caratteristiche dei siti portuali e poiché il confronto tra i dati di rumore relativi all'anno 2011 e quelli del 2016 ha indicato una sostanziale corrispondenza dei livelli sonori e della esposizione al rumore per le aree esaminate, si ritiene che l'analisi condotta per l'anno 2011 si applichi sostanzialmente con uguale efficacia all'anno 2016.

Le tavole delle mappe acustiche in forma di grafico, come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005, sono riportate all'Allegato 1 della presente relazione e di seguito brevemente descritte:

Allegato 1 - Tavola 1: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{den} .

Allegato 1 - Tavola 2: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{night} .

Come colori sono stati utilizzati quelli definiti dalla ISO 1996-2:1987^[4]. Si noti che tale standard è stato sostituito dalla ISO 1996-2:2007, tuttavia questo nuovo standard non definisce i colori delle diverse fasce di livelli di rumore^[4].

Sulla base delle mappe acustiche che sono state elaborate si possono fare le seguenti osservazioni:

- La propagazione sonora del rumore emesso dall'area portuale del Bacino Storico è in molti punti contenuta dalla presenza degli edifici di primo fronte;
- Il campo sonoro è fortemente condizionato dalla presenza di edifici, che schermano e limitano la propagazione del rumore, e dalla morfologia del territorio, che per altro verso facilita la diffusione dell'energia sonora;
- La rappresentazione data dalle mappe sonore a 4 m di altezza dal suolo è parzialmente rappresentativa in una zona urbana nella quale i fabbricati sono di molti piani. I livelli di rumore possono essere significativamente più elevati ai piani superiori quando questi sono, come spesso accade, in vista della sorgente.

*Bacino Storico e Voltri Terminal Europa*

- Il contributo sonoro proveniente dall'area portuale del Bacino Storico risulta **MEDIAMENTE** meno rilevante di quello proveniente dalla strada sopraelevata A. Moro. Ciò non significa che localmente e temporaneamente ci possano essere sorgenti sonore portuali notevoli e disturbanti, ma che, ai fini della caratterizzazione di lungo termine scopo della mappatura acustica, il rumore da traffico appare in generale prevalente.

Attraverso la tipologia di calcolo CNM di MTHRA – SIG è comunque possibile inoltre calcolare quanto richiesto ai Punti 1.5 e 1.6 dell'Allegato VI del D.Lgs. 194/2005. Il software restituisce una tabella in cui viene riportato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} e di L_{night} definiti dal Decreto ad una quota di 4 m sopra il DGM. Tale numero è arrotondato al centinaio per eccesso o per difetto.

La tabella elaborata dal software riferita a L_{den} è riportata in tabella 3.7, mentre la tabella riferita a L_{night} è riportata in tabella 3.8.

Il numero totale di persone residenti nell'area considerate nel dominio della simulazione di propagazione acustica è pari a circa 30.000 unità, valore stimato considerando la popolazione riportata nel report statistico del Comune di Genova, con la situazione al 31 dicembre 2016.

Tabella 3.7 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}

	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	55 – 59	300
	60 – 64	100
	65 – 69	0
	70 – 74	0
	> 75	0

Tabella 3.8 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	50 – 54	400
	55 – 59	0
	60 – 64	0
	65 – 69	0
	> 70	0

Si sono inoltre realizzate delle tabelle riferite alla superficie esposta: in tabella 3.9 è riportata la superficie totale terrestre, espressa in km², esposta alle differenti bande di L_{den} e quelle per valori superiore ai 55 e ai 65 dB(A); in maniera analoga, in tabella 3.10 sono riportati i valori di superficie esposta in termini di L_{night} .

*Tabella 3.9 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}*

	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km ²)
	55 – 59	0.41
	60 – 64	0.23
	65 – 69	0.22
	70 – 74	0.16
	> 75	0.09
	> 55	1.11
	> 65	0.47

Tabella 3.10 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km ²)
	50 – 54	0.34
	55 – 59	0.24
	60 – 64	0.16
	65 – 69	0.17
	> 70	0.31

Si può osservare da queste tabelle che:

- Per quanto riguarda i valori di L_{den} superiori a 55 dB(A), corrispondenti ai livelli di rumore più elevati, la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{den} compresi tra 60 e 65 dB(A);
- Per quanto riguarda i valori di L_{night} superiori a 50 dB(A), corrispondenti ai livelli di rumore più elevati, la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{night} compresi tra 50 e 55 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{night} compresi tra 55 e 60 dB(A);
- L'ospedale e la clinica non sono esposti né a valori di L_{den} superiori a 55 dB(A), né a valori di L_{night} superiori a 50 dB(A);
- Solo un edificio di uno dei 9 complessi scolastici è esposto a livelli di L_{den} compresi tra 60 e 65 dB(A) mentre tre sono esposti a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A);
- Gli edifici esposti a livelli di L_{den} superiori a 75 dB(A) sono solo ed esclusivamente siti nell'area portuale oggetto di studio.

Si noti che, se un stesso edificio è composto da più parti con altezze e piani differenti tra loro, il software conteggia ogni singola struttura dell'edificio.



COMUNE DI GENOVA

Mappa acustica del territorio comunale (ex. D.lgs 194/2005)

Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

4. Mappatura acustica del Voltri Terminal Europa – Anno 2016

Il primo tratto di porto preso in considerazione è situato tra i quartieri di Genova Prà e il quartiere di Genova Palmaro e più precisamente coincide con le aree dove si svolgono le attività portuali del Voltri Terminal Europa. La figura 4.1 mostra una vista satellitare delle aree portuali esaminate.



Figure 4.1 – Vista satellitare dell'area Voltri Terminal Europa

4.1 Caratteristiche dell'area e delle attività svolte

L'area considerata è lunga circa 3 km e si estende attraverso i quartieri di Genova Prà e Genova Palmaro. Una vista satellitare dell'area portuale considerata e della zona circostante è riportata in figura 4.1 mentre una vista delle curve di livello è rappresentata in figura 4.2, unitamente alla principale destinazione d'uso degli edifici.

La società Voltri Terminal Europa (VTE), che opera nell'area oggetto del presente studio acustico, svolge presso il terminal contenitori di Voltri le sue attività di imbarco/sbarco e movimentazione contenitori. Tali operazioni sono svolte 24 ore al giorno per 363 giorni all'anno (fanno eccezione il 25 dicembre e il primo maggio). I turni di lavoro si articolano nel seguente modo: 1° turno 06:00 – 12:00, 2° turno 12:00 – 18:00, 3° turno 18:00 – 24:00, 4° turno 00:00 – 06:00.

L'area operativa del terminal si estende su 110 ettari di superficie complessiva suddivisa in 6 moduli. L'area è inoltre dotata di un terminal ferroviario con accesso diretto alla rete ferroviaria nazionale e alla rete ferroviaria dedicata al traffico merci idonea al trasporto di contenitori high cube; aree adibite a magazzini/container freight station di 20.000 m², aree verifica, gate

Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

camionistico e accesso diretto, mediante viadotto, alla rete autostradale nazionale. Oltre al Terminal contenitori, l'area portuale contiene anche un'ampia area retroportuale con circa 20.000 m² di magazzini e circa 7.000 m² di spazi uffici.

Dal punto di vista acustico quest'area portuale presenta caratteristiche del tutto simili ad aree di tipo industriale. Una caratteristica specifica del contesto in esame, rispetto ad un impianto di tipo esclusivamente industriale nel quale non avviene la movimentazione delle merci, riguarda la presenza di numerose sorgenti di rumore significative situate a quote differenti rispetto al piano di campagna (gru, carri ponte, ecc.), spesso caratterizzate da mobilità.

Le sorgenti di rumore attive sono solitamente quelle delle operazioni che si svolgono sulle banchine o nelle zone immediatamente adiacenti. Le attività più rumorose sono dovute a sorgenti con funzionamento pressoché continuo, quali quelle prodotte dalle navi all'ormeggio a causa dell'utilizzo generalizzato di generatori di corrente che vengono attivati quando la nave è in banchina.

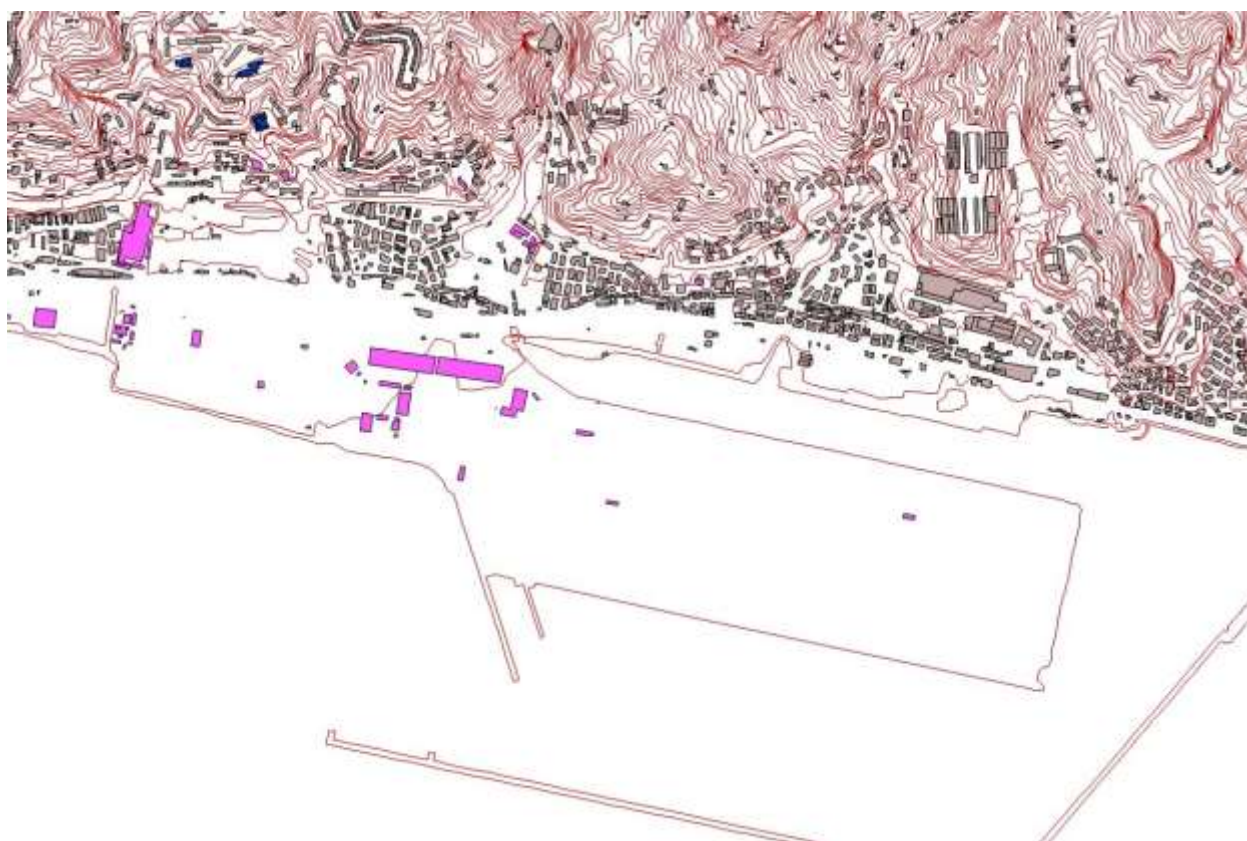


Figura 4.2 – Curve di livello lungo il tratto di interesse dell'area portuale

L'area urbana interessata alle emissioni sonore provenienti dal Voltri Terminal Europa si trova a nord dell'area portuale, in quanto gli spazi a sud, est e ovest sono costituiti dallo specchio acqueo che circonda il porto di Prà-Voltri.

A livello morfologico, l'area presenta un andamento variabile con dislivelli poco pronunciati nella fascia costiera immediatamente a ridosso dell'area portuale al di là della Fascia di Rispetto di Prà, configurando così un campo più aperto mentre immediatamente a nord della stessa i dislivelli aumentano sino a caratterizzare un vero e proprio andamento collinare. A livello urbanistico, la zona è principalmente caratterizzato da edifici residenziali.



L'area oggetto del presente studio acustico è caratterizzata dalla presenza di una importante arteria stradale, la strada SS1 Aurelia, e della tratta ferroviaria Genova – Ventimiglia. Lungo il quartiere si ha la presenza di una rete di strade urbane, come è frequente riscontrare nel tessuto urbano del capoluogo ligure, in alcuni tratti pedonali.

4.2 Realizzazione della mappatura acustica

Al fine di realizzare la mappa acustica dell'area investigata in funzione dei descrittori acustici L_{den} e L_{night} , come richiesto dal D.lgs 194/2005, l'attività è stata svolta nella maniera seguente:

- Acquisizione ed elaborazione dei dati di input;
- Definizione dei confini dell'area da investigare;
- Preparazione del modello di propagazione sonora;
- Validazione del modello di propagazione sonora.

Come software di propagazione sonora è stato utilizzato il software commerciale MITHRA – SIG, versione 3.3.0.

4.2.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati di input

Questa è la fase sicuramente più importante nella redazione di una mappa acustica perché la mappa è rappresentativa della situazione di clima acustico reale solo se i dati di input raccolti sono loro stessi rappresentativi della condizione reale. Pertanto l'accuratezza di una mappa si basa sulla qualità dei dati raccolti. Tuttavia i dati di input che vengono richiesti per la creazione delle mappe sono numerosi e non sempre facilmente reperibili. Qualche volta i dati non sono disponibili o sono disponibili in parte oppure disponibili ma definiti con indicatori non appropriati. Inoltre alcuni dei dati richiesti hanno un grado di dettaglio così elevato che risulta molto difficile ottenerli, soprattutto in certi contesti urbani. La difficoltà di reperire tali dati è stata discussa ampiamente all'interno delle linee guida per la realizzazione delle mappe acustiche¹.

Nel presente studio vengono riportati i dati che sono stati raccolti per la realizzazione della mappa acustica dell'area presa in considerazione. Per ogni categoria di dati verrà fatta una descrizione su come sono stati raccolti ed elaborati. Tali dati sono stati raccolti per l'anno 2016 e sulla base di questi si sono sviluppate le relative simulazioni.

Dati di input: morfologia del territorio in esame

Le prime informazioni, che è necessario avere a disposizione, sono quelle riguardanti la morfologia del terreno, in quanto il primo passo per la realizzazione di una mappa acustica, è la creazione del modello digitale del terreno (DGM – Digital Ground Model). Tali informazioni sono state fornite dagli uffici tecnici del Comune di Genova in formato di file shape.

Per la realizzazione del DGM è stata presa in considerazione un'area molto ampia in modo tale che si fosse sicuri che l'area investigata, che deve essere definita in un secondo momento sulla base della propagazione sonora in campo libero della sola sorgente Voltri Terminal Europa, ricadesse all'interno di quest'area.

A tale fine sono state unite tra loro quattro mappe cartografiche complete. Ciascuna mappa è di dimensioni 700m x 830m. Il DGM dell'intera area ha una superficie pari a 2 324 000 m².

Ogni mappa cartografica completa è formata da 50 shape file e relativi file database associati. Al fine di realizzare il DGM solo gli shape file relativi alle curve di livello, ai punti in quota, alle



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

linee perimetrali degli edifici, alle linee di contorno degli assi stradali sono stati importati nel software di propagazione sonora. Sono stati inseriti i tratti di interesse e gli edifici che ricadono all'interno dell'area di studio, sebbene l'individuazione esatta dei confini dell'area sia stata fatta in un secondo momento.

Come detto e come è possibile vedere dalla figura 5.2 l'andamento del terreno è molto variabile: in alcuni punti i pendii sono ripidi e gli avvallamenti sono stretti e profondamente scavati. Nella parte nord dell'area in esame il terreno è più pendente rispetto alla zona sud che, nel piazzale operativo dell'area portuale, arriva ad avere una quota di pochi metri sul livello medio del mare.

Dal punto di vista acustico, l'andamento del terreno come sopra descritto comporta che anche zone vicine all'area in oggetto possano essere esposte a bassi livelli di rumore emessi dalla sorgente portuale mentre altre zone più lontane abbiano livelli di rumore in facciata elevati.

Dati di input: caratteristiche portuali

Le principali sorgenti di immissioni sonore sull'abitato, riconducibili alla presenza del porto, risultano essere i motori e i gruppi elettrogeni delle navi all'ormeggio (soprattutto per la zona collinare di Pegli verso ponente) e la movimentazione dei container (tonfi, camion, cicaline delle gru, treni; soprattutto per quanto riguarda la fascia costiera di Prà).

La rumorosità, inoltre, risente di altre immissioni di origine non portuale: la zona collinare di Pegli è interessata da una rumorosità diffusa d'area (in massima parte dipendente dalle auto circolanti lungo la viabilità, distante e/o parzialmente schermata, attività di movimentazione dei container) e eventi episodici locali di natura antropica e naturale; la fascia costiera abitata è interessata, in maniera rilevante, dalla rumorosità del traffico percorrente l'Aurelia ^[2]. Per questo motivo i dati utilizzati sono stati elaborati al fine di discriminare il contributo portuale dal quello dovuto alle altre sorgenti presenti nella zona.

Dati di input: classificazione degli edifici

L'inserimento e la classificazione degli edifici in base alla destinazione d'uso è stata fatta dopo che è stata definita l'area da mappare.

Nella cartografia fornita dagli uffici tecnici del Comune di Genova gli edifici sono inseriti in un unico layer. Non è presente una specifica distinzione degli edifici sulla base della destinazione d'uso. Pertanto è stato necessario verificare sul campo la reale destinazione d'uso degli edifici.

Sono state individuate 6 scuole, 2 edifici religiosi, 1 edificio sanitario e alcuni edifici ad uso prevalentemente commerciale. Il maggior numero di edifici è ad uso residenziale. Diversi edifici hanno una destinazione d'uso mista: commerciale e residenziale; tuttavia nel software è consentito inserirne solo una. A titolo precauzionale è stato scelto di considerare questi edifici come residenziali.

Sulla base delle informazioni richieste dal software, altri dati relativi agli edifici devono essere raccolti, come:

- il numero di piani;
- l'altezza di ciascun piano;
- l'altezza totale dell'edificio.



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

Le informazioni inerenti al numero di piani per ogni edificio è stata fatta, ove possibile, attraverso le informazioni contenute nella cartografia resa disponibile. Nel caso di assenza di informazioni, si è effettuata una verifica in loco o tramite servizi di geovisualizzazione online.

Nel software di propagazione sonora sono svariate le destinazioni d'uso degli edifici: edifici principali (residenziali), edifici ausiliari, scuole, ospedali, asili ed edifici di cui non è nota la destinazione d'uso o non può essere classificata all'interno delle altre categorie. Il calcolo del numero di residenti esposti a differenti livelli di rumore viene sviluppato da MITHRA – SIG unicamente per gli edifici residenziali. Edifici pubblici, ad uso commerciale, di culto sono stati inseriti come altri edifici.

Dati di input: informazioni sulla popolazione esposta

Le informazioni inerenti il numero di persone che vivono all'interno degli edifici residenziali sono state raccolte sulla base di:

- la tipologia di edifici che sono presenti nell'area investigata
- il numero medio di persone che formano un nucleo familiare nei quartieri di Genova Prà e Genova Palmaro.

Molti degli edifici che rientrano nell'area da mappare sono stati costruiti durante il boom edilizio degli anni '60. La superficie media degli appartamenti è di circa 80 m².

In generale la città di Genova ha osservato negli ultimi anni una lenta decrescita demografica mentre il numero di persone sopra i 65 anni di età è elevata, e i quartieri interessati dal presente studio non risultano rappresentare un'eccezione. La media dei nuclei familiari è costituita da due persone. Ai fini del calcolo del numero di persone esposte a differenti livelli di rumore, è stato quindi inserito all'interno del modello di calcolo un valore medio di 40 m²/persona.

Dati di input: caratteristiche della superficie del terreno

Secondo le linee guida della Commissione Europea, si può assumere in generale che in ambito urbano la superficie del terreno sia riflettente mentre in aperta campagna sia assorbente. Si aggiunge inoltre che le caratteristiche del terreno possono essere trascurate per superfici inferiori ai 250 m², le quali abbiano caratteristiche differenti rispetto alle zone circostanti, senza che l'accuratezza del modello venga meno.

Dal momento che l'area d'interesse è inserita in un contesto urbano, nei calcoli il terreno è stato assunto riflettente. Le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno sono state inserite nel modello di propagazione in campo libero al fine di determinare i confini dell'area di studio.

Dati in input: informazioni meteorologiche

Dal momento che il D.lgs 194/2005 prevede come metodo di calcolo per il rumore da siti industriali (a cui i porti sono assimilati) il metodo di calcolo ISO 9613-2: «Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation», sono richieste per la modellizzazione anche informazioni inerenti la temperatura, l'umidità, la velocità e la direzione del vento. La raccolta dei dati medi annui di temperatura e umidità sono stati presi dalla stazione meteorologica di UNIGE-DICCA, sita presso la sede della Facoltà di Ingegneria in

*Tabella 4.1 – Valori medi mensili di temperatura e umidità dell'anno 2016*

2016	Temperatura [°C]	Umidità [%]
Gennaio	8.8	74
Febbraio	10.0	83
Marzo	11.4	70
Aprile	15.6	78
Maggio	17.1	77
Giugno	21.1	87
Luglio	24.8	80
Agosto	25.2	71
Settembre	22.9	76
Ottobre	16.1	80
Novembre	12.7	82
Dicembre	9.7	77
Media annua	16.3	78

Genova Albaro, via Montallegro 1. In tabella 4.1 sono riportati i valori medi mensili di temperatura ed umidità per l'anno 2016.

Per quanto riguarda direzione e velocità del vento, essendo la modellizzazione rivolta a stime mediate di lungo termine e stanti i limiti degli attuali algoritmi di calcolo, sono stati presi in considerazione i valori di default definiti dal metodo di calcolo per definire le condizioni favorevoli di propagazione sonora: 50% per il giorno, 75% per la sera e 100% per la notte.

4.2.2 Definizione dei confini dell'area da investigare

I confini dell'area che deve essere mappata, dal punto di vista acustico, per una determinata tipologia di sorgente, vengono definiti sulla base della propagazione sonora della principale sorgente presa in considerazione. Nelle linee guida fornite dalla Commissione Europea viene indicata la procedura consigliata per determinare i confini dell'area ai fini di realizzare la mappatura acustica della stessa. Per le strade principali, così come per le linee ferroviarie principali e le aree industriali tale procedura è suddivisa in 3 fasi successive:

1^a fase

Creare nel software di propagazione sonora una “situazione di rumore” in cui siano presenti esclusivamente: il DGM, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno e l'area portuale di interesse, dentro il quale sono inserite le caratteristiche delle sorgenti presenti.

Una volta definita la “situazione di rumore”, sulla base di essa deve essere creato il modello di propagazione sonora. Vista l'assenza di ostacoli verticali, la propagazione sonora sarà in campo libero.

Confrontare l'area racchiusa all'interno della curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) e la curva di isolivello sonoro $L_{night}=50$ dB(A) e prendere in considerazione solo la curva di isolivello sonoro che racchiude l'area più grande.

**2^a fase**

Misurare la distanza più grande “d” tra la sorgente volumica e la curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) (o $L_{night}=50$ dB(A)).

Moltiplicare tale distanza “d” per un coefficiente pari a 1.5, ottenendo così la distanza “d₁”.

3^a fase

Disegnare lungo tutto la sorgente volumica presa in esame e per ambo i lati una linea posta ad una distanza “d₁” dall’asse della sorgente stessa. L’area racchiusa da tale linea è l’area che deve essere mappata.

Nel presente studio, a cui è stato data un’impostazione a carattere prevalentemente sperimentale, la procedura qui sopra descritta per la determinazione dei confini dell’area di studio è stata eseguita in parte, per le ragioni che saranno spiegate più avanti.

In dettaglio viene descritta la procedura eseguita per la determinazione dell’area da mappare, relativamente allo studio in esame.

La prima fase è stata sviluppata in accordo con la procedura suggerita nelle linee guida della Commissione Europea. Nel software è stata creata una “situazione di rumore” in cui erano presenti il DGM, precedentemente calcolato, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno, e la sorgente di rumore principale. Nel presente studio è stata considerata l’area portuale del Voltri Terminal Europa, in quanto la mappa acustica da realizzare fa riferimento a tale sorgente.

Per la modellizzazione della propagazione sonora in campo libero è stato scelto un reticolo a maglia costante, i cui elementi sono quadrati di lato 10 m. La mappa è stata realizzata ad una quota di 4 m al di sopra del DGM. La configurazione di calcolo per la propagazione sonora è riportata in tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Configurazione di calcolo

Angolo d’incremento [°]	7
Ordine di riflessione	1
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	500
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	non selezionato

È stato scelto un angolo d’incremento pari a 7° in quanto tale valore è un buon compromesso tra il tempo di calcolo e l’accuratezza.

È stato scelto un ordine di riflessione pari a 1 dal momento che nel modello non sono presenti ostacoli verticali e la propagazione sonora risulta quindi in campo libero.

La profondità di riflessione definisce il numero di potenziali superfici riflettenti che il raggio sonoro “ricercatore” può scavalcare affinché i raggi riflessi possano essere ancora trovati ^[3]. Dal



momento che in questo modello non ci sono ostacoli, è stata scelta una profondità di riflessione pari a 1.

“Raggio di massima ricerca” stabilisce quanto lontano una sorgente può essere dal ricettore e può ancora contribuire al livello sonoro complessivo in corrispondenza di tale ricettore. Dal momento che l’area è molto ampia è stato scelto di considerare il valore di default pari a 500 m.

Come pesatura è stata scelta la “A” come richiesto dalla vigente normativa di legge.

Non è stata selezionata la casella “Diffrazioni laterali” in quanto non sono presenti ostacoli verticali in questo modello.

Come metodo computazionale è stato scelto il metodo di calcolo ISO 9613-2 come richiede il D.lgs 194/2005.

Dopo aver elaborato tutti i dati, il software ha generato la mappa acustica, in termini di L_{den} e L_{night} , per la propagazione sonora in campo libero della sola sorgente sonora Voltri Terminal Europa.

La distanza tra la sorgente sonora e le curve di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) e $L_{night} = 50$ dB(A) varia significativamente lungo la costa in conseguenza dell’andamento del terreno, che come è stato già più volte detto, è molto variabile.

Dal momento che la zona a sud è uno specchio d’acqua mentre la zona a nord è più densamente popolata e si trova ad una quota superiore, il rumore che si propaga si estende maggiormente nella zona sud rispetto che nella zona nord.

È stata presa in considerazione l’area sottesa dalla curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) dal momento che essa è più estesa rispetto all’area racchiusa dalla curva di isolivello sonoro $L_{night} = 50$ dB(A).

La seconda e la terza fase della procedura per la determinazione dei confini dell’area di studio non sono state prese in considerazione in quanto nel contesto di studio in esame si ritiene che la metodologia definita dalle linee guida risulti talmente precauzionale da diventare poco efficace per i fini ai quali si è proposta. Infatti, in un contesto urbano come quello che si sta analizzando in questo studio, la presenza di ostacoli verticali, come edifici e muri, fa sì che la propagazione sonora non avvenga mai in campo libero, per cui considerare la distanza massima tra la sorgente e la curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) è già di per sé una misura cautelativa e non necessita di ulteriori correzioni.

Si è quindi scelto di considerare una distanza “d” costante, pari a 900 m, tra l’asse della sorgente e la linea che racchiude l’area di studio. Per mappature acustiche dove la sorgente stradale principale si estende per svariati chilometri si suggerisce infatti di mantenere una distanza “d” costante, perché la morfologia del territorio può cambiare e pertanto è bene generalizzare la metodologia con cui vengono definiti i confini dell’area, prendendo una distanza fissa. Si vuole però suggerire, in base all’esperienza fatta in questo studio, di scegliere la distanza “d” per definire i confini dell’area di studio e non la distanza “ d_1 ” di cui alle linee guida della Commissione Europea, se la mappatura che deve essere realizzata è riferita ad una sorgente inserita in un territorio urbano densamente edificato.



4.2.3 Sviluppo del modello di propagazione sonora

Una volta definita l'area per la quale deve essere realizzata la mappatura, sono stati inseriti nel modello anche gli edifici, i muri e la distribuzione della popolazione residente.

Le sorgenti secondarie (stradali e ferroviarie) non sono state prese in considerazione per il presente studio, che è stato rivolto all'analisi del rumore portuale.

4.2.4 Validazione del modello

Prima di realizzare la mappatura acustica, il modello di propagazione sonora deve essere validato. Tale validazione è stata fatta confrontando i livelli di pressione sonora misurati in campo e i livelli di pressione sonora calcolati dal software nelle medesime posizioni in cui sono state fatte le misure fonometriche.

Per la validazione del modello sono state prese in considerazione le misure fonometriche in rilevamento continuo della centralina installata presso il terminal container del Voltri Terminal Europa. La centralina è stata attivata e collocata sul lato lungo rivolto ad occidente della Gru di ferrovia codificata TT02 ed opera in continuo h24, con memorizzazione dei livelli a prescindere dalle condizioni meteorologiche (vento, temporali, precipitazioni meteoriche) e dall'operatività della gru stessa. Per l'esecuzione del monitoraggio è stata impiegata la strumentazione di seguito riportata:

- fonometro integratore Brüel & Kjær tipo 2250 di classe I
- microfono da ½ pollice Brüel & Kjær tipo 4189
- unità per esterni Brüel & Kjær tipo UA 1404
- calibratore a 1000 Hz. da 94 e 114 dB Brüel & Kjær tipo 4231.

Sono state prese in considerazione campagne di misura differenti realizzate dall'Ufficio Energia e Rumore della Provincia di Genova, realizzate nella zona di Prà secondo il consueto schema di monitoraggio plurigiornaliero in continuo, in siti significativi per le immissioni acustiche di origine portuale. Per tali campagne sono stati utilizzati strumenti Brüel & Kjær mod. 2238.

Inoltre, due campagne di misura sono state realizzate ad hoc per un monitoraggio in continuo nell'area della passeggiata spiaggia di Prà/canale di calma e nei pressi della torretta canottaggio ubicata nella fascia di rispetto a ridosso dei confini del Terminal. Per tali campagne sono stati utilizzati strumenti Brüel & Kjær mod. 2250.

Per la centralina riferita alla Gru ferroviaria del Voltri Terminal Europa, si è registrato il livello indicato in Tabella 4.3 alla dicitura Postazione 1, per le misure eseguite in Via Scarpanto sono stati rilevati i livelli equivalenti per periodi di riferimento diurno e notturno rappresentati in Tabella 4.3 alla dicitura Postazione 2, mentre per le misure eseguite in passeggiata e quelli in torretta rispettivamente i valori alle Postazioni 3 e 4.

Il livello alla Postazione 1, la cui misura è avvenuta in continuo plurigiornaliero sulla base di monitoraggio annuo è rappresentativo dell'intero periodo diurno e notturno.

Le misure fonometriche effettuate alla Postazione 2 sono state effettuate come monitoraggio in continuo e misure su tempo breve.



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

Le misure fonometriche effettuate alla Postazione 3 e alla Postazione 4 sono state effettuate come monitoraggio in continuo.

In figura 4.3 sono rappresentate le posizioni dei punti di misura e in tabella 4.3 i valori riferiti all'intero periodo.

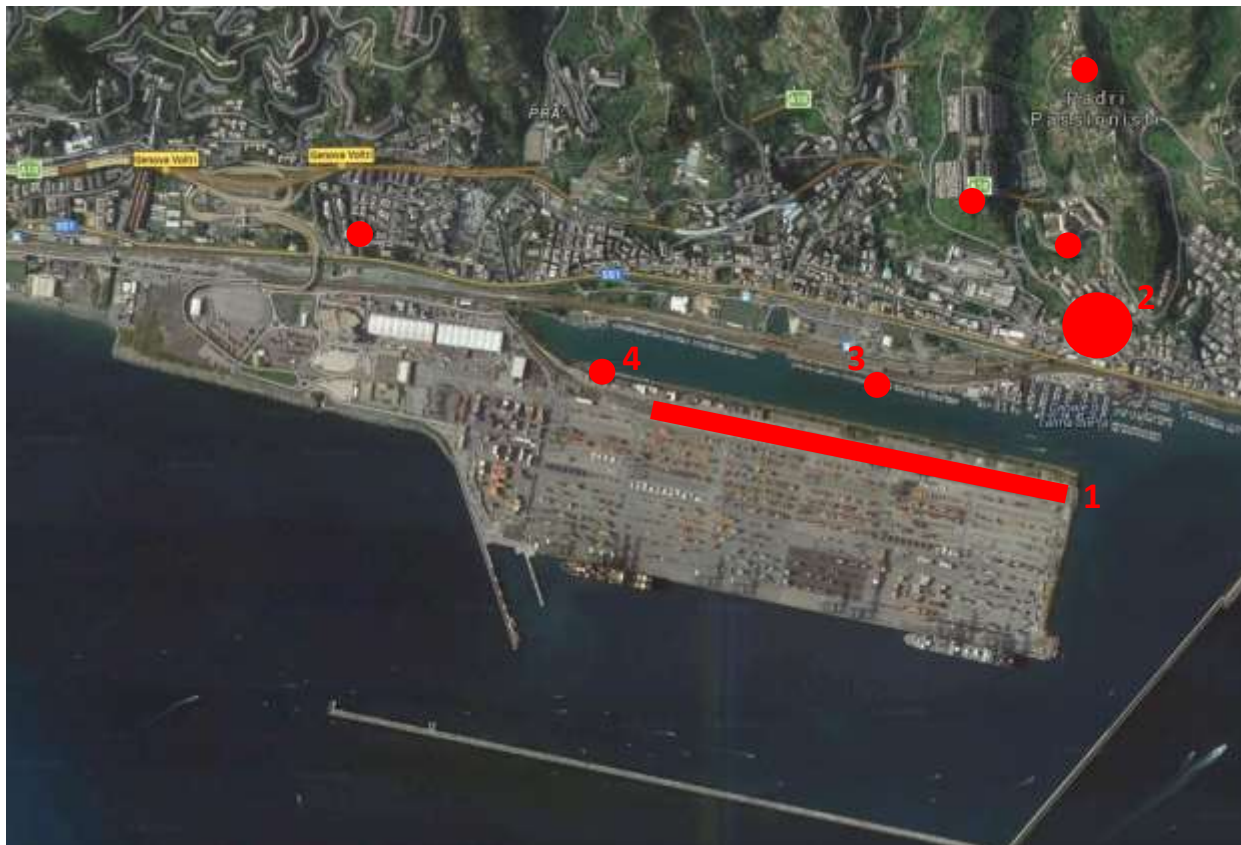


Figura 4.3 – Punti di misura

Tabella 4.3 – Valori riferiti all'intero periodo

Livelli equivalenti di pressione sonora in dB(A) riferiti all'intero periodo		
Postazione 1	DAY	63.6
	NIGHT	60.3
Postazione 2	DAY	52.4
	NIGHT	48.0
Postazione 3	DAY	66.5
	NIGHT	61.8
Postazione 4	DAY	64.4
	NIGHT	58.6



Come riportato in Tabella 4.4, per la presenza di ostacoli verticali il comando “Diffrazioni laterali” e “Sorgenti date da riflessioni laterali” è stato selezionato. È stato poi scelto un ordine di riflessione pari a 3 per ottenere una migliore accuratezza del risultato finale.

Tabella 4.4 – Configurazione di calcolo

Angolo d'incremento [°]	7
Ordine di riflessione	3
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	900
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	selezionato
Effetti del terreno a partire dalla superficie stradale	selezionato
Sorgenti date da riflessioni laterali	selezionato

Si è proceduto alla validazione del modello tramite calibrazione del livello di potenza sonora relativo all'area portuale, ricavato dalle misurazioni effettuate, modulandoli ed ottenendo i valori che meglio approssimano la situazione dello stato di fatto.

Dopo aver calcolato i livelli di pressione sonora, tali valori sono stati confrontati con quelli misurati nelle due campagne di misura. Il confronto è riportato in tabella 4.5.

Tabella 4.5 – Confronto tra livelli misurati e livelli calcolati

		Calcolato	Misurato	Scarto
Postazione 1	DAY	67.7	63.6	4.1
	NIGHT	65.1	60.3	4.8
Postazione 2	DAY	53.2	52.4	0.8
	NIGHT	49.9	48.0	1.9
Postazione 3	DAY	67.1	66.5	0.6
	NIGHT	61.1	61.8	-0.7
Postazione 4	DAY	65.1	64.4	0.7
	NIGHT	59.1	58.6	0.5



Da tabella 4.5 si può vedere come le differenze tra valori calcolati e valori misurati è in tutti i casi inferiore a 5 dB. Tale valore non è piccolo, ma appare comunque accettabile tenuto conto dei limiti nella modellizzazione numerica e dell'incertezza nelle misure eseguite su un panorama complessivo di sorgenti acustiche. In ogni caso, il modello sovrastima la situazione reale. In questo senso è sicuramente preferibile ottenere differenze positive tra valori calcolati e misurati invece che differenze negative, perché il modello risulta in questo modo a favore di sicurezza. In altri termini l'incertezza propria della simulazione è generalmente nella direzione di una sovrastima degli effetti della sorgente.

Sulla base di questi risultati il modello è stato validato e si è potuto quindi procedere con l'elaborazione delle mappe acustiche.

4.3 Mappe acustiche

Il D.lgs 194/2005 prevede all'Allegato VI "Dati da trasmettere alla Commissione", che per gli agglomerati venga stimato:

- *il numero totale (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Le cifre vanno arrotondate al centinaio per eccesso o per difetto: (ad esempio: 5 200 = tra 5 150 e 5 249; 100 = tra 50 e 149; 0 = meno di 50). (Punto 1.5)*
- *Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. (Punto 1.6)*

Al Punto 1.7 dell'Allegato VI vengono inoltre richieste *le mappe strategiche in forma di grafico*, le quali *devono presentare almeno le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB*.

Mentre al Punto 8 dell'Allegato IV "Requisiti minimi delle mappe acustiche strategiche" si specifica che *per gli agglomerati devono essere tracciate mappe acustiche strategiche distinte per il rumore del traffico veicolare, ferroviario, aereo e dell'attività industriale. Possono essere aggiunte mappe relative ad altre sorgenti di rumore*.

Nel presente studio, che rappresenta una parte della mappatura acustica strategica della città di Genova, è stata considerata la sorgente di rumore costituita dal Voltri Terminal Europa e un'area di dimensioni ridotte rapportate all'estensione di tale area portuale. In ogni caso, come già discusso ai paragrafi precedenti, le mappe acustiche relative alla sorgente sonora presa in esame sono state realizzate seguendo i dettami del D.lgs 194/2005 e i suggerimenti delle linee guida forniti nel 2007 dalla Commissione europea.

Al fine di modellizzare la propagazione sonora della sorgente in esame, la mesh del modello di calcolo è stata posizionata ad una quota di 4 m rispetto alla quota del terreno, secondo come richiesto al Punto 7 dell'Allegato IV del D.lgs 194/2005: *le mappe acustiche strategiche ad uso locale o nazionale devono essere tracciate utilizzando un'altezza di misurazione di 4 m e intervalli di livelli di L_{den} e L_{night} di 5 dB come definito nell'Allegato VI*.

È stato possibile impostare una mesh con elementi della griglia che abbiano i lati di lunghezza uguale o inferiore a 10 m, così come suggerito dalle linee guida. Sulla base di queste



indicazioni, la mappa acustica è stata realizzata impostando la tipologia di calcolo; la propagazione sonora del presente studio è stata ottenuta sulla base della configurazione di calcolo presentata in tabella 4.4 a cui sono stati aggiunti i parametri riportati in tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Configurazione di calcolo

Distanza tra ricettori [m]	10.0
Quota sopra il terreno [m]	4.0
Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata	selezionato
Soppressione delle riflessioni sulle “proprie” facciate	selezionato

Il comando “Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata” è stato selezionato in quanto permette di calcolare le facciate silenziose.

Il comando “Soppressione delle riflessioni sulle “proprie” facciate” è stato selezionato in accordo con il D.lgs 194/2005. È stato inoltre selezionato per posizionare i ricettori in facciata per l’elaborazione delle mappe in accordo con l’Allegato VI del Decreto.

Per la spiegazione degli altri comandi si rimanda al paragrafo 5.3.2.

Le tavole delle mappe acustiche in forma di grafico, come richiesto al Punto 1.7 dell’Allegato VI del D.lgs 194/2005, sono riportate all’Allegato 1 della presente relazione e di seguito brevemente descritte:

Allegato 1 - Tavola 3: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{den} .

Allegato 1 - Tavola 4: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{night} .

Come colori sono stati utilizzati quelli definiti dalla ISO 1996-2:1987 ^[4]. Si noti che tale standard è stato sostituito dalla ISO 1996-2:2007, tuttavia questo nuovo standard non definisce i colori delle diverse fasce di livelli di rumore ^[4].

Sulla base delle mappe acustiche che sono state elaborate si possono fare le seguenti osservazioni:

- La propagazione sonora del rumore emesso dall’area portuale di Prà – Palmaro è in molti punti contenuta dalla presenza degli edifici di primo fronte;
- I livelli sonori risultano maggiori sul lato sud rispetto al lato nord dell’area portuale, dal momento che la zona a sud è interamente al di sotto del livello del piazzale e non costruita sono presenti ostacoli. D’altra parte, essendo costituita da uno specchio acqueo marino, tale area non è interessante ai fini della Mappatura Acustica;
- Sul lato nord i livelli sonori risultano maggiori nei tratti di ponente rispetto che nel tratto di levante, poiché gli edifici sono più lontani rispetto alla sorgente.

Attraverso la tipologia di calcolo CNM di MITHRA – SIG è possibile inoltre calcolare quanto richiesto ai Punti 1.5 e 1.6 dell’Allegato VI del D.lgs 194/2005. Il software restituisce una tabella

*Bacino Storico e Voltri Terminal Europa*

in cui viene riportato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} e di L_{night} definiti dal Decreto ad una quota di 4 m sopra il DGM. Tale numero è arrotondato al centinaio per eccesso o per difetto. La tabella elaborata dal software riferita a L_{den} è riportata in tabella 4.7, mentre la tabella riferita a L_{night} è riportata in tabella 4.8.

Il numero totale di persone residenti nell'area considerata nel dominio della simulazione di propagazione acustica è pari a circa 22.000 unità, valore stimato considerando la popolazione riportata nel report statistico del Comune di Genova, con la situazione al 31 dicembre 2016.

Tabella 4.7 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}

	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	55 – 59	700
	60 – 64	300
	65 – 69	0
	70 – 74	0
	> 75	0

Tabella 4.8 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	50 – 54	400
	55 – 59	0
	60 – 64	0
	65 – 69	0
	> 70	0

Si sono inoltre realizzate delle tabelle riferite alla superficie esposta: in tabella 4.9 è riportata la superficie totale terrestre, espressa in km², esposta alle differenti bande di L_{den} e quelle per valori superiore ai 55 e ai 65 dB(A); in maniera analoga, in tabella 4.10 sono riportati i valori di superficie esposta in termini di L_{night} .

Tabella 4.9 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}

	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km ²)
	55 – 59	0.65
	60 – 64	0.60
	65 – 69	0.58
	70 – 74	0.34
	> 75	0.40

*Bacino Storico e Voltri Terminal Europa*

	> 55	2.57
	> 65	1.32

Tabella 4.10 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km ²)
	50 – 54	0.30
	55 – 59	0.28
	60 – 64	0.20
	65 – 69	0.16
	> 70	0.14

Si può osservare da queste tabelle che:

- Per quanto riguarda i valori di L_{den} superiori a 55 dB(A), corrispondenti ai livelli di rumore più elevati, la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{den} compresi tra 60 e 65 dB(A);
- Per quanto riguarda i valori di L_{night} superiori a 50 dB(A), corrispondenti ai livelli di rumore più elevati, la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{night} compresi tra 50 e 55 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{night} compresi tra 55 e 60 dB(A);
- Gli edifici scolastici risultano esposti al massimo a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A).

Si noti che, se un stesso edificio è composto da più parti con altezze e piani differenti tra loro, il software conteggia ogni singola struttura dell'edificio.



5. Conclusioni

La particolare morfologia del territorio ligure ha fatto sì che lo sviluppo urbano della città di Genova assumesse delle caratteristiche proprie, differenti da quelle di molte grandi città sia italiane, sia europee. La caratterizzazione del rumore ambientale, generato dalle principali sorgenti di rumore quali il traffico stradale, ferroviario, aeroportuale e industriale, per le peculiari caratteristiche del territorio e dello sviluppo urbano di Genova, risulta pertanto complessa.

Con il D.Lgs 194/2005, che recepisce la Direttiva europea 2002/49/CE, sono stati previsti nuovi strumenti normativi per la pianificazione acustica. In particolare si è introdotta la Mappatura Acustica Strategica, che diviene lo strumento principale per la pianificazione acustica e il controllo del rumore ambientale nei grossi conglomerati urbani. L'obiettivo della presente attività, condotta dallo spin off universitario INGENIA per conto del Comune di Genova - Ufficio Ambiente Igiene Energia - Settore Ambiente, è stato quello di applicare le disposizioni del D.lgs 194/2005 al contesto cittadino in oggetto, con la caratterizzazione delle due sorgenti portuali identificate nelle aree del Porto di Voltri e del Bacino Storico.

La mappatura acustica è stata sviluppata per le sorgenti portuali utilizzando come metodo di calcolo lo standard ISO 9613-2: «Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation», così come richiesto per il rumore da sorgenti industriali (e quindi portuale) dal D.lgs 194/2005.

In sintesi, a conclusione della attività condotta, si sono ottenuti i seguenti risultati:

- si è perimetrata e definita l'area da investigare secondo le modalità definite dalle linee guida prodotte dalla Commissione Europea nel documento dal titolo "Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure", redatto nel 2007
- come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è prodotta la mappa acustica in scala 1:5000 in termini di descrittore acustico L_{den} nella quale sono riportate le curve di livello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A)
- come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è prodotta la mappa acustica in scala 1:5000 in termini di descrittore acustico L_{night} nella quale sono riportate le curve di livello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A)
- come richiesto al Punto 1.5 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è valutato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} definiti dal Decreto
- come richiesto al Punto 1.6 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è valutato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{night} definiti dal Decreto
- è stata riportata l'area totale, in km^2 , esposta alle seguenti bande di valori di L_{den} 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, > 75 dB(A), unitamente alle superfici delle aree in cui i valori di L_{den} risultano maggiori di 55, 65 and 75 dB(A)
- si è valutato il numero di edifici residenziali nella zona di interesse che risultano esposti a specifici valori dei descrittori acustici L_{den} e L_{night}
- si è valutato il numero di scuole nella zona di interesse che risultano esposti a specifici valori dei descrittori acustici L_{den} e L_{night}

*Bacino Storico e Voltri Terminal Europa*

- si è valutato il numero di ospedali nella zona di interesse che risultano esposti a specifici valori dei descrittori acustici L_{den} e L_{night}

Si osserva che un'importante novità introdotta con il D.Lgs 194/2005 riguarda la definizione dei confini dell'area da mappare. Nel D.P.R. 30 marzo 2004, Decreto attuativo della Legge Quadro 447/1995, i confini vengono definiti in base alla tipologia di area in esame, mentre nel D.Lgs 194/2005, e più specificatamente nelle linee guida fornite dalla Commissione europea, tali confini sono determinati sulla base della propagazione sonora in campo libero della sorgente di rumore in esame. Questo elemento è risultato molto significativo, in quanto ha determinato una diversa perimetrazione dell'area interessata alla mappatura acustica e quindi della popolazione coinvolta nell'analisi.

Per l'area del Bacino Storico le suddette attività sono state condotte per l'anno di riferimento 2006, così come richiesto dalla Direttiva, e aggiornate all'anno 2011 e all'anno 2016 nei termini della verifica della stazionarietà delle condizioni di esposizione della popolazione al rumore e mediante la realizzazione di nuove campagne di misura.

Nel caso del Voltri Terminal Europa, si è prodotta inizialmente la mappatura per l'anno 2011, riportando quindi la situazione all'anno 2006 ed in seguito l'aggiornamento all'anno 2016. Poiché nell'area interessata dallo studio non vi sono state variazioni significative dal punto di vista urbanistico, abitativo o delle caratteristiche del sito portuale e poiché il confronto tra i dati di rumore relativi all'anno 2006, quelli del 2011 e quelli del 2016 ha indicato per il VTE un incremento comunque limitato dei livelli sonori per le sorgenti portuali, legato presumibilmente all'aumento dei traffici, si è sviluppato lo studio per l'anno 2006 riducendo nei termini indicati dai rilievi i livelli delle sorgenti sonore già valutati per l'anno 2011 e per l'anno 2016, con la realizzazione di due nuove apposite campagne di misura, e conducendo la conseguente mappatura e analisi.

I risultati ottenuti identificano la seguente situazione: solo l'1% dell'area oggetto di studio è esposta a livelli di L_{den} maggiori di 75 dB(A) con lo 0% di popolazione esposta al rumore causato dalle attività portuali prese in considerazione. Con riferimento al range di L_{den} maggiori di 55 dB(A), la maggior parte della popolazione è esposta a livelli compresi tra 55 e 59 dB(A) con meno dell'1.5% di popolazione esposta. Analogamente, per il descrittore acustico L_{night} , dove solo il 2.4% della popolazione è esposta a valori superiori i 50 dB(A) con meno del 7% di area esposta, mentre circa 40.000 residenti sono esposti ad un valore di L_{night} inferiore ai 35 dB(A) dato dalle sorgenti portuali.

Va sottolineato, in conclusione, come lo scopo della Mappatura Acustica Strategica non consista nella valutazione di situazioni di esposizione puntuale al rumore, quanto piuttosto sia quello di definire in termini strategici e generali quale sia il grado di inquinamento acustico di un'area rispetto alle diverse sorgenti di rumore presenti in un certo ambito urbano. In altri termini, situazioni locali di esposizione e disagio vanno affrontate puntualmente, con le modalità e gli strumenti efficaci in quelle circostanze. Inoltre, nel caso presente di rumore portuale, risulta difficile allo stato dell'arte la valutazione del contributo delle navi in banchina, nel senso che un calcolo condotto su un arco temporale di lungo termine inevitabilmente non riesce ad apprezzare adeguatamente tali sorgenti, che meritano pertanto una analisi specifica. Da ultimo, l'imposizione della Direttiva di operare la mappatura acustica a 4 m di altezza dal suolo, corrispondente al piano primo degli edifici, appare oggettivamente limitativa in un ambito urbano quale quello genovese, caratterizzato da edifici a diversi piani e con un pendici acclive delle colline su cui gli edifici sorgono; i livelli di rumore possono essere significativamente più elevati ai piani superiori quando questi sono, come spesso accade, in vista della sorgente.



Bacino Storico e Voltri Terminal Europa

Si ritiene comunque che la Mappatura Acustica condotta possa costituire una significativa base di partenza per una efficace pianificazione acustica del territorio, soprattutto per un comparto in passato così poco considerato come il rumore prodotto dalle attività portuale e delle navi. Sulla base di questa prima analisi sarà possibile definire politiche ambientali per la riduzione dell'inquinamento acustico e azioni per il controllo del rumore.



Bibliografia

- [1] Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure. European Commission Working Group on Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Versione 2, 13 agosto 2007
- [2] Studio sulla rumorosità di origine portuale sull'abitato di Genova – Alessandro Conte, Michele Balzano, Elisabetta Barbieri, Franca Stragapede – Ottobre 2011
- [3] MITHRA – SIG versione 3.3.0 manuale utente
- [4] ISO 1996:1987 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels
- [5] Position Paper on Presenting Noise Mapping Information to the Public. European Commission Working Group on Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Marzo 2008