

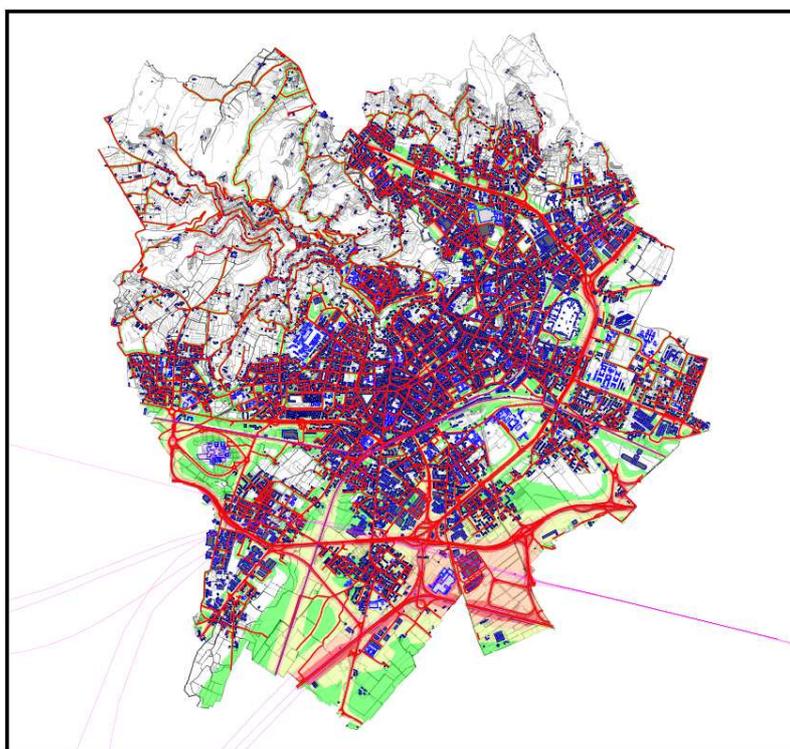


## **Committente**

COMUNE DI BERGAMO  
Direzione Verde pubblico e Ambiente – Servizio Ecologia e Ambiente  
Piazza Matteotti 3 – 24133 Bergamo (BG)

## **Progetto**

Aggiornamento della Mappatura Acustica Strategica



# **MAPPATURA ACUSTICA STRATEGICA**

*AG\_IT\_00\_00015 - Aggiornamento Anno 2022*

**Marzo 2022**

**Relazione Tecnica**

**Il presente documento è stato elaborato dalla:**

***Tecno Habitat S.p.A.***

*Via N. Battaglia 22 – 20127 MILANO  
(MI)*

*Telefono: (+39) 02-26.148.322 – Fax: (+39) 02-26.145.697*

***L.C.E. S.r.l.***

*Via dei Platani 7/9 – 20073 Opera*

*Tel: (+39) 02-57602858 – Fax: (+39) 02-57607234*

**Ne hanno curato la stesura:**

**SERGENTI Marco**

(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556 del 10.02.1998)

**DI FELICE Massimo**

(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 2572 del 25.06.1997)

**Staff:**

MAGNI Lorenzo, IRTO Davide, VUONO Marco

## Sommario

Sommario .....	3
1 Introduzione generale .....	4
2 Quadro normativo di riferimento.....	5
2.1 Obblighi e adempimenti .....	5
3 Descrizione dell'agglomerato e delle infrastrutture .....	7
3.1 Caratteristiche del territorio e dell'infrastruttura .....	8
4 Misure antirumore già in atto e progetti in preparazione .....	13
5 Metodi di calcolo e modelli applicati.....	15
5.1 Caratterizzazione delle sorgenti .....	15
5.2 Base dati territoriali .....	16
5.3 Modello e sua implementazione .....	16
5.4 Taratura del modello.....	17
5.5 Software implementazione modello.....	17
5.6 Parametri di calcolo .....	17
5.7 Modellizzazione degli elementi territoriali .....	18
5.8 Costruzione della mappatura acustica.....	18
5.9 Mappe di rumore.....	19
5.10 Grandezze considerate ai fini dell'attenuazione acustica.....	20
5.11 Specifiche del modello matematico usato .....	21
5.12 Tecnica di ritracciamento dei raggi ( <i>Raytracing</i> ) .....	22
5.13 Le tipologie di sorgenti .....	22
5.14 La diffrazione degli ostacoli .....	23
5.15 L'assorbimento di elementi.....	24
5.16 Quote di calcolo delle mappe .....	24
5.17 Riferimenti normativi del modello utilizzato .....	25
5.18 Il livello di accuratezza .....	25
6 I rilievi fonometrici .....	26
7 Stima della popolazione esposta e risultati .....	28
7.1 Stima della popolazione esposta .....	28
7.2 Risultati.....	29
8 Materiale trasmesso.....	32
9 Bibliografia .....	34

## 1 Introduzione generale

Il presente lavoro illustra la metodologia seguita nella stesura dell'aggiornamento della Mappatura Acustica Strategica per l'anno 2022 delle sorgenti interne all'agglomerato di Bergamo come previsto nel Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale". Il Decreto stabilisce che sia redatta la Mappatura Acustica per i Comuni che superano i 100.000 abitanti e definibili come agglomerato. Il Comune di Bergamo ricade in questa definizione.

L'Amministrazione del Comune di Bergamo ha disposto delle indagini necessarie alla conoscenza dei livelli di rumore prodotti dalle proprie infrastrutture stradali. L'obiettivo è quello di raccogliere e organizzare gli elementi preliminari di conoscenza necessari alla predisposizione del piano d'azione e del piano di risanamento acustico richiesti alla Provincia dalle normative vigenti.

Il presente lavoro si è articolato nelle seguenti fasi:

- Costruzione di una base di dati digitali contenenti le informazioni necessarie a scala comunale
- Campagna di misura per il rilievo dei livelli di rumore presenti in punti specifici del reticolo stradale provinciale. I risultati saranno utilizzati per tarare un modello di produzione e diffusione del rumore, basato sulle caratteristiche dei flussi di traffico esistenti.
- Applicazione del modello di simulazione del rumore stradale per la predisposizione delle mappe di rumore della rete stradale comunale.
- Applicazione del modello di simulazione del rumore industriale per la mappatura acustica delle industrie presenti all'interno dell'agglomerato.
- Calcolo delle mappe di rumore mediante l'utilizzo delle griglie acquisite dai gestori delle infrastrutture Aeroporti, Autostrade e Ferrovie

## 2 Quadro normativo di riferimento

### 2.1 Obblighi e adempimenti

Il Decreto Legislativo (D.Lgs.) n. 194 del 19/08/2005: "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale" ha recepito nell'ordinamento italiano la Direttiva 2002/49/CE: "Determinazione e gestione del rumore ambientale".

La direttiva nasce dalla necessità di mettere a punto misure ed iniziative specifiche per il contenimento dell'inquinamento acustico, a fronte di un contesto europeo che lamenta l'assenza di dati affidabili e comparabili relativi alle diverse sorgenti di rumore. L'obiettivo della direttiva è quindi quello di far sì che i livelli di inquinamento acustico siano rilevati, ordinati e presentati da tutti gli Stati secondo criteri confrontabili. Ciò presuppone l'uso di descrittori e metodi di determinazione armonizzati. I descrittori acustici selezionati dalla Direttiva sono Lden per determinare il disturbo sulle 24 ore e Ln per determinare i disturbi del sonno nel periodo notturno (dalle ore 22:00 alle ore 06:00).

I principali strumenti introdotti dalla Direttiva per raggiungere i propri obiettivi sono:

- la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale mediante la mappatura acustica delle principali sorgenti di rumore presenti sul territorio, da realizzarsi sulla base di metodi di determinazione comuni agli stati membri;
- l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti per garantire un processo democratico e condiviso di lotta al rumore;
- l'attuazione di piani d'azione per evitare e/o ridurre il rumore ambientale nonché per evitare aumenti di rumore nelle zone silenziose.

Il primo passo che deve essere intrapreso è quindi quello della predisposizione della mappatura acustica. Quest'ultima è definita come: *"la rappresentazione di dati relativi ad 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 o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di rumore"*.

Nel caso delle infrastrutture stradali, la mappatura acustica deve interessare tutti gli assi stradali all'interno dell'agglomerato.

Si ricorda che oltre a predisporre e trasmettere i risultati alla Regione, il Comune ha anche l'obbligo di comunicare e divulgare gli esiti della mappatura alla popolazione, prevedendo un periodo di consultazione. La partecipazione attiva e consapevole del pubblico, da perseguire soprattutto nella fase progettuale di redazione dei piani d'azione, è uno dei pilastri della politica comunitaria di lotta al rumore.

I contenuti e le procedure per l'esecuzione della mappatura acustica sono sommariamente descritti negli Allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194/2005. Il decreto prevedeva l'emanazione di linee guida più dettagliate da parte del Ministero dell'Ambiente e del Territorio che ad oggi non sono ancora state emanate.

A fronte del sussistere di un quadro operativo con diverse incertezze tecniche ed interpretative, un meritorio contributo chiarificatore è venuto dalla Regione Lombardia. Il documento: "Mappatura acustica delle infrastrutture stradali (D.Lgs. 194/2005). Specifiche per la fornitura dei dati alla Regione Lombardia",



della DG Qualità dell'Ambiente della Giunta Regionale, ha uniformato, almeno a livello regionale, i comportamenti e le modalità di lavoro di tecnici e gestori. In particolare la regione ha ufficializzato l'utilizzo del documento "Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005)" del marzo 2022. Questo documento, elaborato da un gruppo di lavoro sovranazionale gestito dalla Commissione Europea, condensa gli sforzi di approfondimento e risoluzione delle problematiche relative all'interpretazione delle direttive ed all'esecuzione della mappatura acustica.

La predisposizione della mappatura acustica delle strade del Comune di Bergamo è stata realizzata in piena coerenza con le indicazioni degli Allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194/2005 e con le linee guida regionali ed europee. La Regione Lombardia ha inteso associare alla consegna degli elaborati relativi alla mappatura acustica prevista per gli assi principali, anche la verifica del rispetto dei limiti previsti dal DPR 30/03/2004 n. 142: "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare", normativa strettamente nazionale ancora in vigore nonostante il recepimento della Direttiva 2002/49/CE.

### 3 Descrizione dell'agglomerato e delle infrastrutture

Bergamo, capoluogo dell'omonima provincia in Lombardia è un comune italiano di 120 208 abitanti, con un'estensione superficiale di 40,16 km<sup>2</sup> e una densità demografica di 2 993,23 ab./km<sup>2</sup>.

L'agglomerato di Bergamo è stato individuato con deliberazione di Giunta regionale VIII/8299 del 29 ottobre 2008 che ha definito il Comune di Bergamo quale autorità responsabile per gli adempimenti stabiliti dal d. lgs. 194/2005. L'ambito dell'agglomerato coincide con quello del territorio del Comune di Bergamo. Il codice identificativo dell'agglomerato è AG\_IT\_00\_00015.



*Mapa dell'agglomerato di Bergamo*



### 3.1 Caratteristiche del territorio e dell'infrastruttura

#### Strade

La città è attraversata dall'Autostrada A4, che la collega a Milano e Brescia. Bergamo è circondata su tre lati, ovest, sud ed est, da un sistema di strade tangenziali collegato all'autostrada, da cui partono le strade provinciali e statali dirette verso le valli e verso i capoluoghi delle province confinanti. Il Rondò delle Valli, altresì chiamato del Largo Decorati al Valor Civile, è una rotonda importante nel sistema viabilistico della città. Situato a nord-est, collega le strade statali e provinciali delle valli Seriana e Brembana con la circoscrizione che si snoda a sud del capoluogo, nonché col centro cittadino. Negli anni passati è stato affiancato da un sottopasso in direzione Val Brembana e da un cavalcavia in direzione Val Seriana.

#### Ferrovia

Dalla stazione ferroviaria partono treni per Milano, via Treviglio e via Carnate, per Brescia, per Lecco, per Cremona e per Seregno.

*Linea Bergamo-Treviglio Ovest:* è la linea, che collega Bergamo con Milano Via Treviglio, allacciandosi alla Ferrovia Milano-Venezia ed è stata raddoppiata negli ultimi anni.

*Linea Brescia-Bergamo:* La linea è servita da treni regionali Brescia-Bergamo ed è qualificata come complementare. La linea è una ferrovia a scartamento ordinario e a binario semplice. Il tratto Rovato-Brescia è a doppio binario, in comune con la Milano-Venezia.

*Linea Bergamo-Lecco:* La linea è servita da treni regionali Bergamo-Lecco ed è qualificata come complementare. La linea è una ferrovia a scartamento ordinario e a binario semplice, tranne la tratta Lecco – Calolziocorte, comune con la ferrovia Monza-Lecco, a doppio binario.

#### Aeroporto

Bergamo è servita dall'aeroporto di Bergamo-Orio al Serio, da cui partono frequenti collegamenti con numerose città d'Italia e d'Europa, e che rappresenta il terzo polo aeroportuale di Milano. Dal 2010 l'aeroporto di Orio al Serio è il quarto scalo d'Italia considerando numero passeggeri e movimentazione merci, dopo Roma-Fiumicino, Milano-Malpensa e Milano-Linate.

#### Mobilità urbana

Per quanto riguarda il traffico urbano, esiste una rete di autobus, che collega i diversi quartieri della città ed i comuni vicini. Due linee di funicolare collegano infine città bassa (viale Vittorio Emanuele II) a città alta (piazza Mercato delle Scarpe) e città alta (porta Sant'Alessandro) con il colle di San Vigilio.

La Funicolare di Bergamo Alta è uno dei due impianti di funicolare della città di Bergamo. Costruita nel lontano 1887, collega Città Alta, situata sul colle, al centro cittadino.

La Funicolare di Bergamo-San Vigilio è il secondo impianto di funicolare della città di Bergamo. Inaugurata nel 1912, e collega la città alta (porta Sant'Alessandro) con il colle di San Vigilio.

Nel 2009 è stata attivata una linea metrotramviaria che dalla stazione ferroviaria raggiunge Albino, realizzata sul sedime della soppressa Ferrovia della Valle Seriana. La linea, nota come "Tram delle Valli" fa parte di un progetto ampio che vedrà negli anni a venire anche la costruzione di una seconda linea che collegherà la città anche con la Valle Brembana, sempre seguendo il percorso della Ferrovia della Valle Brembana, altresì soppressa alla fine degli Anni Sessanta.

La stazione principale degli autobus ed il capolinea della metrotramvia sono situate in prossimità della stazione ferroviaria.

### Industrie

Ai fini della redazione della Mappa acustica strategica sono state individuate le industrie sottoposte ad Autorizzazione Integrata Ambientale (di seguito, per brevità, AIA). Il Decreto Legislativo del 19 agosto 2005 n° 194 definisce infatti i «siti di attività industriale» come le aree classificate in classe V o VI, ai sensi delle norme vigenti, in cui sono presenti attività industriali quali quelle definite nell'Allegato 1 del Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n° 59 avente ad oggetto "Attuazione integrale della Direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento". Sono state individuate le quattro attività elencate nella seguente tabella.

Nome azienda	Sito Impianto	Coordinate (WGS 84)
Arti Grafiche Srl	Via per Zanica, 92	45.671515, 9.672452
Mazzoleni Trafilerie Bergamasche Spa	Via del Ponte Pietra, 2	45.710193, 9.682328
Ambrogio Pagani Spa	Str. Cascinello, 9	45.663714, 9.660205
ZincoGalv Spa	Via F.lli Bandiera, 31	45.674277, 9.636772

### Ricettori sensibili

L'agglomerato di Bergamo comprende un ampio numero di numero di edifici sensibili suddivisi tra edifici ad uso sanitario e ad uso scolastico. Nella tabella qui di seguito vengono riportati gli edifici sensibili individuati all'interno del comune:

Nome Ricettore	Tipologia
ABF - Azienda Bergamasca Formazione	Istruzione
Accademia della Guardia di Finanza	Sanità
Asilo nido - Redona	Istruzione
Asilo Nido "Il bruco verde"	Istruzione
Asilo Nido "L'erba voglio"	Istruzione
Asilo nido #1	Istruzione
Asilo Nido #2	Istruzione
Asilo nido Ambarabà	Istruzione
Asilo Nido Arca di Noè	Istruzione
Asilo nido Arcobaleno	Istruzione
Asilo Nido di Loreto	Istruzione
Asilo Nido Gioiosa 2	Istruzione
Asilo Nido Girotondo	Istruzione
Asilo Nido i Coriandoli	Istruzione
Asilo Nido il Ciliegio	Istruzione
Asilo Nido Il Pesco - Monterosso	Istruzione
Asilo Nido IL PIOPPO	Istruzione
Asilo Nido Il Villaggio	Istruzione
Asilo Nido Kinder Club	Istruzione

Asilo Nido La Bottega di Archimede - Campagnola	Istruzione
Asilo Nido Le Tre Tate	Istruzione
Asilo nido Materna Sant'Anna	Istruzione
ASL Bergamo	Sanità
Associazione Autonoma Nuova Educazione G	Istruzione
Associazione Formazione Professionale del Patronato San Vincenzo	Istruzione
CA.RI.S.M.A. Casa di riposo Santa Maria Ausiliatrice	Sanità
Casa di Cura Beato Luigi Palazzolo	Sanità
Casa di Cura Privata Villa Santa Apollonia	Sanità
Casa di Cura San Francesco	Sanità
Centro Scolastico Tua Scuola	Istruzione
Circolo dei Bambini	Istruzione
Don Orione	Sanità
Enaip	Istruzione
Gli Amici di Pooh Borgo Porta Nuova	Istruzione
Humanitas - Clinica Castelli	Sanità
Humanitas Gavazzeni	Sanità
I.C. Mazzi - Scuola Fratelli Calvi	Istruzione
IIS Mario Rigoni Stern	Istruzione
Il Mondo di Seli	Istruzione
IMIBERG	Istruzione
Infanzia - Borgo Palazzo	Istruzione
Ist. Suore cappuccine casa di riposo san Francesco	Sanità
Istituto comprensivo paritario Don Carlo San Martino	Istruzione
Istituto d'Istruzione Superiore "Cesare Pesenti"	Istruzione
Istituto Figlie Sacro Cuore di Gesù	Istruzione
Istituto Musicale Conservatorio Gaetano	Istruzione
Istituto Musicale Gaetano Donizetti - Sede	Istruzione
Istituto Professionale Sonzogni	Istruzione
Istituto Scolastico Paritario Sant'Angela Merici	Istruzione
Istituto Scolastico Paritario Suore Sacramentine	Istruzione
Istituto Scolastico Sistema	Istruzione
Istituto Statale Istruzione Superiore "Guido Calli"	Istruzione
Istituto Superiore "Caterina Caniana"	Istruzione
Istituto Superiore Bortolo Belotti	Istruzione
Istituto Tecnico Aeronautico "Antonio Locatelli"	Istruzione
Istituto Tecnico Industriale "Giulio Natta"	Istruzione
Istituto Tecnico Industriale Paleocapa	Istruzione
Istituto Tecnico per Geometri "Giacomo Quarenghi"	Istruzione
ITIS Paleocapa	Istruzione
Liceo Artistico Manza	Istruzione
Liceo Classico Paolo Sarpi	Istruzione
Liceo Falcone sede distaccata	Istruzione
Liceo Linguistico Statale "Giovanni Falcone"	Istruzione
Liceo Scientifico Lussana	Istruzione
Liceo Scientifico Mascheroni	Istruzione
Liceo Scientifico Scienze Applicate Natta	Istruzione
Liceo Scientifico Scienze Umane Belotti	Istruzione
Liceo Scienze Umane Falcone - Succursale	Istruzione
Liceo Scienze Umane Secco Suardo - Sede	Istruzione
Noviziato Suore Poverelle istituto palazzolo	Istruzione
Opera S. Alessandro Santo Bambino Gesù'	Istruzione
Ospedale Papa Giovanni XXIII	Sanità
Primaria - Don Milani	Istruzione
R.S.A. Santa Chiara	Sanità
RSA Istituto Delle Suore Delle Poverelle	Istruzione
RSA San Sisto	Sanità



COMUNE DI BERGAMO

Scuola "Caterina Cittadini" delle Suore Orsoline	Istruzione
Scuola d'Arte Applicata Andrea Fantoni	Istruzione
Scuola dell'infanzia e asilo nido Virgo Lauretana	Istruzione
scuola dell'infanzia "Santa Croce"	Istruzione
Scuola dell'Infanzia Angelini - I.C. CAMOZZI	Istruzione
Scuola dell'Infanzia Centro	Istruzione
Scuola dell'infanzia Dasso	Istruzione
Scuola dell'infanzia della Provvidenza	Istruzione
SCUOLA DELL'INFANZIA IL VILLAGGIO DEI BAMBINI	Istruzione
Scuola dell'Infanzia International School of Bergamo	Istruzione
Scuola dell'infanzia Meucci	Istruzione
Scuola dell'Infanzia Santa Chiara	Istruzione
Scuola dell'Infanzia Santa Croce	Istruzione
Scuola dell'infanzia Savoia	Istruzione
Scuola di Pittura Accademia di Belle Arti	Istruzione
Scuola elementare Don Bosco	Istruzione
Scuola elementare Gianni Rodari	Istruzione
Scuola elementare Pascoli	Istruzione
Scuola elementare Savio	Istruzione
Scuola Elementare Scuri	Istruzione
Scuola infanzia "DONADONI"- CITTA' ALTA	Istruzione
Scuola infanzia "PETTENI "BRUNO MUNARI"	Istruzione
Scuola Infanzia Alessandra Benvenuti	Istruzione
Scuola infanzia Istituto Comprensivo	Istruzione
Scuola Infanzia Legrenzi	Istruzione
Scuola Infanzia Monterosso	Istruzione
Scuola Infanzia Munari	Istruzione
Scuola infanzia San Tommaso	Istruzione
Scuola Materna "Asilo Infantile di Colognola"	Istruzione
Scuola Materna Bellini	Istruzione
Scuola Materna C Gotti	Istruzione
Scuola Materna Don Francesco Garbelli	Istruzione
Scuola media Camozzi	Istruzione
Scuola Media Corridoni - IC De Amicis	Istruzione
Scuola media 'Da Rosciate'	Istruzione
Scuola Media Nullo	Istruzione
Scuola media Petteni	Istruzione
Scuola Montessori Bergamo	Istruzione
Scuola Papa Giovanni XXIII	Istruzione
Scuola Paritaria Leonardo Da Vinci	Istruzione
Scuola per l'infanzia Aquilone	Istruzione
Scuola primaria "Bergamo de Amicis" IC D	Istruzione
Scuola primaria "G. Rosa"	Istruzione
Scuola Primaria Alessandro Manzoni	Istruzione
Scuola primaria Biffi	Istruzione
Scuola Primaria Calvino - I.C. MUZIO	Istruzione
Scuola Primaria Cavezzali	Istruzione
Scuola Primaria 'Da Rosciate'	Istruzione
Scuola Primaria Diaz	Istruzione
Scuola primaria iSchool	Istruzione
Scuola primaria Italo Calvino	Istruzione
Scuola Primaria Locatelli	Istruzione
Scuola Primaria M. Ghisleni	Istruzione
Scuola Primaria Papa Giovanni XXIII	Istruzione
Scuola Primaria Rosmini	Istruzione
Scuola Primaria Scuola Montessori	Istruzione
Scuola Primaria Valli	Istruzione



COMUNE DI BERGAMO

Scuola S.B. Capitano (Opera Sant'Alessandro)	Istruzione
Scuola Secondaria 1 grado Lotto - I.C. Muzio	Istruzione
Scuola Secondaria 1 grado Sant'Angela	Istruzione
Scuola secondaria di primo grado "Lorenzo Lotto"	Istruzione
scuola secondaria di primo grado Amedeo di Savoia	Istruzione
Scuola Secondaria di Primo grado I.C. Donadoni	Istruzione
Scuola Secondaria primo grado Muzio	Istruzione
Scuola Secondaria Santa Lucia	Istruzione
Scuola Secondaria Virginio Muzio (Villaggio Sposi)	Istruzione
Scuola Svizzera	Istruzione
Scuole I e II grado (Opera Sant'Alessandro)	Istruzione
Scuole materne Grumello al Pian	Istruzione
Sede formazione universitaria Papa Giova	Istruzione
Seminario Vescovile Papa Giovanni XXIII	Istruzione
Università degli studi di Bergamo	Istruzione

## 4 Misure antirumore già in atto e progetti in preparazione

Riportiamo di seguito una schematizzazione di tutti gli interventi di mitigazione del rumore in essere.

Ad oggi non vi sono altri interventi pianificati per quanto riguarda questo aspetto.

### **Viadotto di Boccaleone**

#### Carreggiata stradale in direzione autostrada

Il tratto di barriera antirumore è stato realizzato a partire dall'inizio della rampa di raccordo tra la circonvallazione delle Valli ed il viadotto di Boccaleone con termine a Via Borgo Palazzo escludendo il ponte, per una lunghezza di 220 metri circa ed altezza complessiva di 3 metri, provvista di riduttore di rumorosità sommitale. La barriera è per i primi 30 metri, a partire dall'inizio rampa, realizzata con pannelli trasparenti in metacrilato, mentre i successivi 190 metri sono realizzati con pannelli ciechi prefabbricati in alluminio con interposto materiale fonoassorbente.

Vi è inoltre un tratto di barriera antirumore realizzata a partire dal ponte sulla Via Rosa per una lunghezza di 125 metri circa ed altezza complessiva di 3 metri, costituita da pannelli prefabbricati in alluminio verniciato con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

#### Carreggiata in direzione Valli

Il tratto di barriera antirumore è realizzato a margine della carreggiata est a partire dall'area insediamento ex Flamma di via Boccaleone, escludendo l'insediamento stesso, per concludersi al ponte su via Rosa, per una lunghezza di 180 metri circa ed altezza complessiva di 3 metri, costituita da pannelli prefabbricati in alluminio verniciato con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

Il tratto di barriera antirumore realizzata a partire dal ponte su Via Borgo Palazzo, escludendolo, sino alla fine della rampa di raccordo alla circonvallazione delle Valli, si estende per una lunghezza di 220 metri circa ed ha un'altezza complessiva di 3 metri. E' provvista di riduttore di rumorosità sommitale. La barriera è per i primi 190 metri realizzata con pannelli ciechi prefabbricati in alluminio con interposto materiale fonoassorbente, e per i successivi 30 metri in corrispondenza della fine della rampa è realizzata con pannelli trasparenti in metacrilato.

### **Via Stendhal e Circonvallazione Paltriniano (zona campagnola)**

Il tratto di barriera antirumore si estende a partire dal margine stradale est di Via Stendhal in prossimità dell'immissione in circonvallazione Paltriniano. Dalla circonvallazione Paltriniano la barriera prosegue sino all'intersezione semaforizzata con Via S. Giovanni Bosco, per una lunghezza complessiva di 435 metri circa. La barriera è realizzata in pannelli prefabbricati di alluminio con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce. Vi sono inserti con pannelli trasparenti in metacrilato. La barriera, per 84 metri circa, ha un'altezza complessiva di 4,50 metri e per 351 metri circa ha un'altezza di 6,50 metri.

## **Circonvallazione Fabriciano (zona Stadio – Valtesse)**

### Carreggiata stradale in direzione Ponteranica

Il tratto di barriera antirumore realizzata in prossimità dell'innesto con la bretella in uscita dalla rotonda Goisis, denominato rondò Monterosso, raccordantesi alla circonvallazione Fabriciano sino all'altezza della Via Toniolo/Zibordi, si estende per una lunghezza di 415 metri circa, ed è costituita da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

Il tratto di barriera antirumore realizzata in prossimità del cavalcavia sulla Via Pescaria, per una lunghezza di circa 130 metri circa, è costituito da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

Il tratto di barriera antirumore realizzata in prossimità del cavalcavia sulla Via Crocefisso, per una lunghezza di circa 190 metri circa, è costituito da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

Il tratto di barriera antirumore realizzata a parziale copertura dell'abitato in fregio alla parallela Via Zuccala Locatelli, per una lunghezza di circa 120 metri circa, costituita da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato. L'altezza complessiva della barriera varia da 3 metri a 5 metri.

### Carreggiata stradale in direzione di Bergamo Città (Valtesse-Zona Stadio)

Il tratto di barriera antirumore realizzata a partire dal ponte sulla Via Crocefisso sino al parco pubblico di Via Rosolino Pilo escluso, si estende per una lunghezza di circa 270 metri ed è costituito da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

Il tratto di barriera antirumore realizzata a partire dal parco pubblico di via Rosolino Pilo escluso sino a Via Delpino, per una lunghezza di circa 860 metri circa, è costituito da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato.

Il tratto di barriera antirumore realizzata al margine sinistro della bretella, ovvero il lato nord, in uscita dalla circonvallazione Fabriciano e che si immette nella rotonda Goisis, lungo circa 90 metri circa, è costituito da pannelli sandwich in legno con interposto materiale fonoassorbente e sopra luce con pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato. L'altezza complessiva della barriera varia da 2,50/3,00 metri a 5,00 metri.

## **Circonvallazione Plorzano (bretelle di raccordo a raso della rotonda di Largo Decorati al Valor Civile)**

Il tratto di barriera antirumore realizzata al margine ovest della bretella di raccordo della circonvallazione Plorzano e che si immette a raso nella rotonda di Largo Decorati al Valor Civile, e lungo circa 250 metri, è costituito da pannelli prefabbricati di alluminio e sopra luce con pannelli trasparenti in metacrilato, con un'altezza di 2,50 metri circa.

## 5 Metodi di calcolo e modelli applicati

La costruzione della mappatura acustica dell'agglomerato di Bergamo, ha seguito un percorso decisamente lungo ed articolato.

E' stata eseguita una campagna di misure a scopo di raccolta di informazioni relative allo stato di clima acustico del territorio e a scopo di taratura del modello di simulazione acustica e validazione finale dei dati ottenuti. La campagna di misura è stata effettuata programmando un alto numero di rilievi fonometrici estesi su tutto il territorio comunale.

Limitando la descrizione al percorso intrapreso per la costruzione della mappatura acustica, i principali passi intrapresi sono stati i seguenti.

- Caratterizzazione delle sorgenti. Per ogni tratto stradale in oggetto si è così proceduto: attualizzazione dei valori orari di traffico, attribuzione della velocità media di percorrenza, caratterizzazione del percorso stradale. Per le industrie, sono state eseguite misure da 24 ore, e sopralluoghi per individuare le caratteristiche emissive del sito.
- Basi dati Territoriali. Costruzione delle basi dati informative territoriali per l'individuazione dei recettori sensibili.
- Modello. Applicazione di un modello a griglia per la determinazione della distribuzione spaziale dei livelli di  $L_{den}$  e  $L_n$  attorno alle infrastrutture. Validazione dei risultati anche per mezzo del confronto con gli esiti delle misure effettuate in campo.
- Mappatura acustica. Classificazione degli edifici sulla base del criterio della facciata più esposta, sia rispetto a  $L_{den}$  che a  $L_n$ ; calcolo delle superficie e del numero di edifici compresi tra due isofone di  $L_{den}$ .
- Stime della popolazione esposta.

### 5.1 Caratterizzazione delle sorgenti

Il tracciato degli assi stradali oggetto del presente studio è stato fornito dal Comune di Bergamo in formato Shapefile sovrapponibile alla cartografia tecnica della Regione Lombardia.

Il tematismo di partenza è stato elaborato al fine di ottenere un file contenente i dati morfologici ed urbanistici nel formato e con le informazioni richieste dal software che implementa il modello di diffusione del rumore. Le principali elaborazioni eseguite sono state le seguenti:

- Verifica della continuità topologica degli archi relativi ad ogni singola strada ed eliminazione delle eventuali interruzioni dovute ad errori di digitalizzazione;
- Eliminazione dei nodi di interruzione associati a discontinuità non significative da un punto di vista dell'emissione di rumore: passaggi a livello, ponti, manufatti, ecc.
- Suddivisione degli archi stradali unicamente in relazione a variazioni che hanno effetto sulla produzione di rumore: variazione dei limiti di velocità, intersezioni che comportano variazioni del traffico, attraversamento dei centri urbani;
- Attribuzione agli archi di ogni strada dei valori orari di flusso suddivisi tra veicoli pesanti e veicoli leggeri. L'attribuzione è avvenuta a partire dai dati di censimento esistenti.



Anche i dati di traffico sono stati forniti dall'Amministrazione Comunale. Le strade in questione sono state censite ripetutamente ed i valori di traffico considerati sono quindi aggiornati ed affidabili.

Ad ogni arco sono stati associati i valori di velocità. Ai tratti urbani, o in presenza di specifici limiti, si è attribuita la velocità in funzione delle caratteristiche stradali e del raffronto con i risultati forniti dalla campagna di misure.

## **5.2 Base dati territoriali**

Al fine di una modellizzazione più dettagliata possibile della propagazione del rumore prodotto dalle infrastrutture si è deciso di realizzare un modello del territorio circostante le strade che tenesse in conto ogni singolo edificio presente. Il modello del territorio include tutti i dati relativi alla morfologia del territorio ed allo stato urbanistico relativo agli edifici ed ai canali di traffico da analizzare.

L'area da "mappare" è stata individuata nella totalità del territorio comunale.

I poligoni degli edifici sono stati caratterizzati attraverso i seguenti attributi: identificativo univoco dell'edificio, altezza dell'edificio, coefficiente di riflessione, tipologia destinazione d'uso, eventuale tipologia recettore sensibile.

Il sistema di riferimento adottato è l'ETRS89-GRS80: EPSG 4258, recepito dalle linee guida "Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005) – Marzo 2022".

## **5.3 Modello e sua implementazione**

In letteratura esistono numerosi modelli d'emissione e diffusione del rumore stradale, da quelli adottati ufficialmente dalle amministrazioni statali di diverse nazioni, a quelli proposti da centri di ricerca o da aziende private. La maggior parte di questi modelli sono implementati all'interno d'applicativi software commerciali o pubblici, che ne rendono agevole l'utilizzo, la presentazione dei risultati e l'esportazione dei dati.

La DIRETTIVA (UE) 2015/99 ha istituito CNOSSOS-EU 2015 come modello unificato europeo che stabilisce metodi comuni per la determinazione del rumore a norma della direttiva 2002/49/CE.

L'applicazione effettiva del modello è avvenuta utilizzando un programma commerciale appositamente predisposto per la simulazione acustica. Il programma utilizzato è stato SoundPLAN.

SoundPLAN è un prodotto per il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da: traffico veicolare, traffico ferroviario, traffico aeroportuale, insediamenti industriali, sorgenti puntuali, areali e lineari. Può inoltre essere utilizzato per il calcolo di barriere acustiche e degli effetti prodotti dal loro inserimento.

La modellizzazione acustica di SoundPLAN è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti, fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

Generalmente i valori prodotti da un modello sono caratterizzati da un fondo d'incertezza e perciò devono essere sempre sottoposti al vaglio critico d'esperti e soprattutto essere validati dal raffronto con la situazione reale misurata in campo.

## 5.4 Taratura del modello

L'accuratezza della modellizzazione è stata verificata confrontando i dati generati dal modello con i dati riscontrati nelle misure fonometriche effettuate in precedenza.

Data la variabilità dei livelli di rumore riscontrati dalle misure fonometriche effettuate nei punti di misura esterni, è stato individuato un intervallo di confidenza sul valore medio delle misure effettuate in ogni punto. Quest'analisi statistica è stata compiuta in modo da permettere il confronto dei risultati in considerazione, non solo del valore medio, ma anche della variabilità dei risultati delle misure.

L'incertezza associata alle previsioni modellistiche è di 2.88 dB(A) come specificato al paragrafo 6.15. Di conseguenza si può ritenere validato il dato modellistico, in quanto il discostamento tra i valori misurati e quelli calcolati sono inferiori all'incertezza stessa del modello.

## 5.5 Software implementazione modello

I descrittori acustici da utilizzare per la mappatura acustica sono: il livello giorno-sera-notte (Lden) ed il livello notte (Ln), entrambi espressi in dBA. La Direttiva prevede che il livello giorno-sera-notte si ottenga dalla combinazione del livello giorno (Lday), del livello sera (Levening) e del livello notte (Ln) secondo la seguente formula, che combina i 3 livelli calcolati nel corso delle 24 ore, penalizzando i livelli sera e notte rispettivamente di 5 e 10 dBA.

$$L_{den} = 10 * \log_{10} \frac{1}{24} \left( n_d * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + n_e * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + n_n * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

dove, secondo la ripartizione delle 24 ore giornaliera adottata dall'Italia, valgono le seguenti definizioni:

- Lday : è livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno;
- Levening : è livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno,
- Lnight : è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno;
- nd: è il numero di ore del periodo diurno (dalle 06:00 alle 20:00);
- ne: è il numero di ore del periodo serale (dalle 20:00 alle 22:00);
- nn: è il numero di ore del periodo notturno (dalle 22:00 alle 06:00).

## 5.6 Parametri di calcolo

All'interno del modulo di SoundPLAN di implementazione del modello « CNOSSOS-EU 2015 » sono stati impostati i seguenti parametri di calcolo.

- Griglia di calcolo. La griglia è costituita da un reticolo con maglia 10 metri. All'interno di ogni maglia della griglia di calcolo, SoundPLAN utilizza una sotto-griglia costituita da 81 (9x9) ricettori interni. Il calcolo è fatto per ogni elemento della sotto-griglia e poi per interpolazione è determinato il valore attribuito al centroide dalla griglia di calcolo. Impostando i parametri "min/max" e "differenza", rispettivamente uguali a 10 e 0,15 dBA, si ottiene una precisione



elevata. I parametri stabiliscono che tra gli angoli di ciascuna cella non ci siano più di 10 dBA di differenza, e che la differenza tra valore interpolato e calcolato sia minore di 0,15 dBA.

- Parametri meteorologici. I parametri meteorologici da considerare in input sono l'umidità relativa, la temperatura e la pressione atmosferica. In mancanza di dati meteo climatici ufficiali annui, sono stati inseriti i seguenti valori standard:
  - Umidità relativa: 70 %
  - Temperatura atmosferica: 15 °C
  - Pressione atmosferica: 1013.25 hPa
  - Velocità e direzione vento: Nessuna
- Altezza dal suolo. La mappa del rumore è calcolata ad un'altezza di 4 metri dal suolo. Il terreno è stato considerato ad altezza variabile secondo quanto riportato negli elaborati di shapefiles relativi alla stesura delle isoipse e le strade sono state ipotizzate pari alla situazione reale, ricreando quote, rilevati, sistemi di barriere e quant'altro riportato negli ulteriori shapefiles dedicati.

## 5.7 Modellizzazione degli elementi territoriali

Attorno all'asse stradale sono stati considerati gli elementi territoriali di seguito descritti, opportunamente modellizzati tenendo conto delle loro caratteristiche geometriche, morfologiche ed acustiche.

- Strade. Per ogni strada sono stati inseriti in SoundPLAN i principali parametri morfologici e strutturali: il numero di corsie, la larghezza d'ogni corsia e la tipologia di asfalto utilizzata.
- Edifici. Gli edifici presenti nel territorio comunale sono stati georeferenziati e inseriti all'interno di un apposito file relativo a morfologia del territorio ed edifici creato in SoundPLAN. Gli edifici sono stati considerati edifici "standard", cioè senza fonte di emissione e con coefficienti di riflessione superficiale esterno pari a 1. Gli edifici sono modellati come parallelepipedi aventi dimensioni di base uguali alle dimensioni riportate negli shapefiles di riferimento.
- Interventi di mitigazione del rumore in atto. Le barriere attualmente presenti sul territorio sono state inserite nel modello di calcolo e rimandiamo ai capitoli successivi per una descrizione più approfondita.
- Suolo e vegetazione. L'attribuzione delle caratteristiche acustiche del territorio circostante le infrastrutture è avvenuta sulla base dell'uso del suolo indicato dalle cartografie e dagli aerofotogrammetrici disponibili.

## 5.8 Costruzione della mappatura acustica

SoundPLAN implementa un modello di calcolo "a griglia". Il risultato della simulazione è costituito da una griglia a maglie quadrate di lato 10 metri, posta a 4 metri dal suolo, che copre tutta l'area d'interesse. In ogni punto d'incrocio della griglia, il software calcola il valore dei Lday, Levening e Ln, più il valore di Lden ottenuto da questi applicando la formula vista ai paragrafi precedenti.

Il valore dei descrittori in ogni punto dipende dall'intensità della sorgente, dalla distanza del punto considerato dalla sorgente, dagli eventuali ostacoli presenti, dai coefficiente di riflessione/assorbimento delle superfici poste nelle vicinanze.

La griglia dei valori risultanti è georeferenziata e può essere esportata da SoundPLAN come mappa del rumore e come tabella convertibile in file excel. Partendo dalla tabella è possibile ricavare il numero



degli edifici ricadenti in questa superficie a determinati intervalli di isofoniche successive sia nell'ambito  $L_{den}$  che nell'ambito  $L_{night}$  e, conoscendo il numero di residenti d'ogni edificio, la popolazione compresa nell'intervallo che separa le curve isofoniche.

Conoscendo il numero di residenti degli edifici è immediato calcolare il numero degli abitanti esposti. Il metodo di stima dei residenti appena esposto si basa sul criterio della presenza degli edifici all'interno di zone del territorio associate a intervalli di livelli del descrittore acustico  $L_{den}$  (criterio della presenza). Al fine della mappatura acustica, il D.lgs.194/2005 esige che gli edifici (e quindi i loro residenti) siano acusticamente classificati anche sulla base del criterio del "livello della facciata più esposta".

Una volta assegnato ad ogni edificio il valore della facciata più esposta, gli edifici possono essere raggruppati per intervalli di livello dei descrittori acustici. Conoscendo la distribuzione dei residenti tra i diversi edifici si può ottenere il numero di persone che occupa edifici esposti a ciascuno dei seguenti intervalli di livello  $L_{den}$ : 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dB(A) e che occupa edifici esposti a ciascuno dei seguenti intervalli di livello  $L_n$ : 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 dB(A).

Per ottenere l'esposizione complessiva del territorio, quanto elaborato a livello di sole strade comunali è stato unito a quanto già effettuato da altri enti responsabili di altre strutture ricadenti nel comune di Bergamo altresì soggette al D.Lgs.194/2005, e nello specifico:

- il tratto Autostradale della A4 di proprietà di Autostrade per l'Italia
- i tratti stradali in gestione alla provincia di Bergamo
- i tratti ferroviari di proprietà di Trenitalia S.p.A
- la parte di mappatura acustica dell'Aeroporto di Orio al Serio ricadente nella parte pertinente al Comune di Bergamo.

## 5.9 Mappe di rumore

I valori di  $L_n$  calcolati da SoundPLAN coincidono con i valori di livello equivalente,  $Leq(A)_n$ , previsti dalla normativa italiana come indicatore del rumore prodotto da una strada nel periodo notturno. Approfittando della libertà data dalla Direttiva in tal senso ai singoli stati, il D.lgs. 194/05 ha fatto coincidere l'inizio e la durata del periodo di riferimento di  $L_n$  con quelli già previsti per il periodo notturno, cioè dalle ore 22:00 alle ore 6:00.

Il periodo diurno invece, secondo la normativa italiana, è formato da un unico intervallo di tempo che inizia alle ore 06:00 e termina alle ore 22:00. La direttiva spezza invece la parte diurna della giornata in due parti, introducendo il periodo serale (evening). Il livello equivalente diurno,  $Leq(A)_d$ , può comunque essere ancora ottenuto dai risultati del modello CNOSSOS-EU 2015 forniti da SoundPLAN combinando i valori di  $L_{day}$  e  $L_{evening}$  con la seguente formula di somma pesata:

$$Leq(A)_d = 10 * \log_{16} \left( 14 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 * 10^{\frac{L_{evening}}{10}} \right)$$



## MODELLISTICA MATEMATICA SUL RUMORE

### 5.10 Grandezze considerate ai fini dell'attenuazione acustica

#### - Direttività della sorgente

Il modello matematico riporta fedelmente la situazione emissiva delle sorgenti includendo la distribuzione in frequenza. Per emissioni particolarmente concentrate sulle medie ed alte frequenze, si nota che l'emissione acquista una certa direttività, ovvero una direzione preferenziale di emissione.

In questi casi sarà quindi necessario tenere conto della eventuale direzionalità della sorgente e considerare come livello di potenza sonora non tanto quello globale fornito ma un livello corretto che tenga conto della direttività

$$L_{WD} = L_W + D_C$$

dove:

$L_{WD}$  è il livello di potenza sonora corretto (dB);

$L_W$  è il livello di potenza sonora medio (dB);

$D_C$  è la correzione da applicare al livello di potenza sonora (dB).

La condizione in cui il fattore correttivo  $D_C=0$  dB indica che la sorgente è omnidirezionale, ossia che l'emissione della sorgente è uniforme in tutte le direzioni senza alcuna particolare preferenza per una direzione particolare.

I termini che compongono  $D_C$  sono fondamentalmente due: l'indice di direttività (*directivity index*  $D_i$ ) e l'indice di emissione sull'angolo solido ( $D_\Omega$ ).

$$D_C = D_i + D_\Omega$$

Il fattore di correzione  $D_\Omega$  sarà:

$D_\Omega = 0$  dB emissione su  $4 \pi$  radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);

$D_\Omega = 3$  dB emissione su  $2 \pi$  radianti (una superficie riflettente);

$D_\Omega = 6$  dB emissione su  $\pi$  radianti (due superfici riflettenti);

$D_\Omega = 9$  dB emissione su  $\pi / 2$  radianti (tre superfici riflettenti).



Questi fattori correttivi vanno bene seguendo il metodo di calcolo proposto in queste pagine, in quanto l'influenza dell'assorbimento del terreno viene tenuta in conto nei prossimi paragrafi. Nel caso di metodi diversi in cui l'attenuazione del terreno non viene contemplata i valori saranno i seguenti:

- $D_{\Omega} = 0$  dB emissione su  $4\pi$  radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);
- $D_{\Omega} = 3$  dB emissione su  $2\pi$  radianti (una superficie riflettente che non sia il terreno);
- $D_{\Omega} = 3$  dB emissione su  $\pi$  radianti (due superfici riflettenti di cui una il terreno);
- $D_{\Omega} = 6$  dB emissione su  $\pi$  radianti (due superfici riflettenti di cui nessuna sia il terreno);
- $D_{\Omega} = 6$  dB emissione su  $\pi/2$  radianti (tre superfici riflettenti di cui una il terreno);
- $D_{\Omega} = 9$  dB emissione su  $\pi/2$  radianti (tre superfici riflettenti).

### Elementi di attenuazione sul percorso dell'onda acustica

Il livello di pressione sonora  $L_p$  presente nella posizione del ricevitore sarà fornita dal valore di partenza della potenza sonora a cui devono essere detratti i contributi di attenuazione.

$$L_p = L_{wd} + A$$

dove:

$L_p$  è il livello di pressione sonora al ricevitore (dB);

$L_{wd}$  è il livello di potenza sonora corretto (dB);

$A$  è la correzione da applicare che tiene conto dei fattori di attenuazione (dB).

I fattori di assorbimento che concorrono nella formazione del nostro termine  $A$  possono essere riassunti nella seguente relazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{ter} + A_{rifl} + A_{dif} + A_{misc}$$

dove:

$A_{div}$  è l'attenuazione per la divergenza geometrica (dB);

$A_{atm}$  è l'attenuazione per le condizioni meteorologiche (dB);

$A_{ter}$  è l'attenuazione del terreno (dB);

$A_{rifl}$  è l'attenuazione per la riflessione su ostacoli (dB);

$A_{dif}$  è l'attenuazione per effetti schermanti (dB);

$A_{misc}$  è l'attenuazione per effetti diversi (dB).

Le condizioni del vento non entrano in questo contesto supponendole di entità non influente, per aree ad intensa presenza di vento si correggerà la direzionalità di emissione della sorgente.

### 5.11 Specifiche del modello matematico usato

Il modello matematico per acustica usato è Soundplan ver. 8.2 agg. 2020 prodotto dalla Braunstein + BerntGmb.

E' il modello acustico più diffuso e testato nel mondo e consente attraverso i suoi moduli di poter sopperire a tutte le problematiche di emissione delle diverse sorgenti presenti sul territorio.

Tuttavia è opportuno verificare i dati di uscita, sia grafici che tabellari, a scopo di individuare eventuali imprecisioni e conseguenti correzioni. Per questo motivo è stato successivamente inserito un capitolo dedicato alle incertezze associate alle valutazioni.

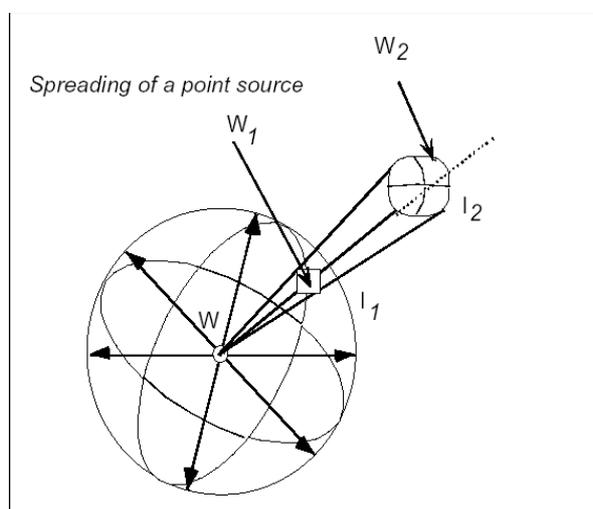
### 5.12 Tecnica di ritracciamento dei raggi (*Raytracing*)

Nel calcolo del livello presente nei diversi punti della rappresentazione spaziale della zona è stata utilizzata la tecnica di ritracciamento.

Vengono in sostanza sparati dei raggi che partono dalle diverse sorgenti e quando un raggio colpisce un ostacolo il punto di proiezione diventa esso stesso una sorgente di tipo puntiforme.

Il modello riproduce l'emissione sonora mediante raggi e, nel momento in cui un raggio colpisce un ostacolo, l'ostacolo stesso diventa sorgente, rimettendo esso stesso un raggio. Il raggio viene rimesso dall'ostacolo con variazioni di intensità e direzione imposte dalla natura dell'ostacolo stesso.

La situazione viene descritta nella figura seguente.



**Figura 1** – Emissione dei raggi di tracciamento

Viene infine calcolato il contributo dei diversi raggi che arrivano all'ascoltatore ipotetico come somma energetica dei livelli.

### 5.13 Le tipologie di sorgenti

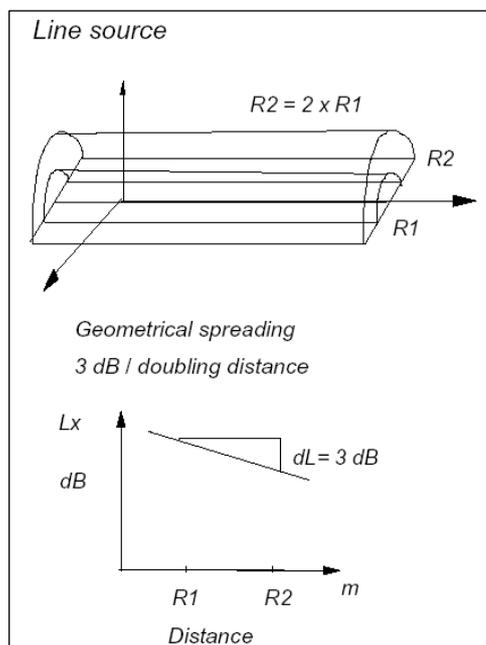
Le sorgenti possono essere considerate fondamentalmente di tre tipi:

- ✓ *puntiformi*
- ✓ *lineiformi*
- ✓ *areali*

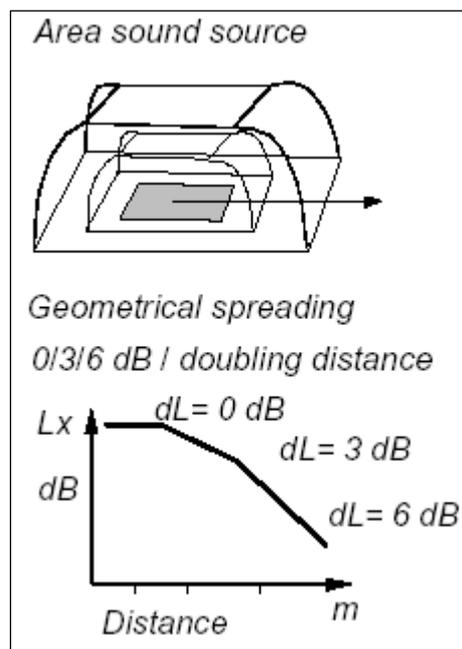
Per quanto riguarda la modalità di propagazione delle sorgenti puntiformi, il modello riproduce la legge della divergenza geometrica, per la quale si ha che ad ogni raddoppio della distanza dalla sorgente si registra un'attenuazione di 6 dB del livello sonoro.

Nel caso di sorgente lineare, che è la componente modellistica rappresentativa di tutte le sorgenti viarie, si ha la situazione rappresentata nella figura di seguito.

Per le sorgenti areali la propagazione è una composizione delle diverse tipologie di sorgenti ed è un componente modellistica fondamentale nella riproduzione di impianti e strutture industriali.



**Figura 2** – Emissione di una sorgente lineiforme

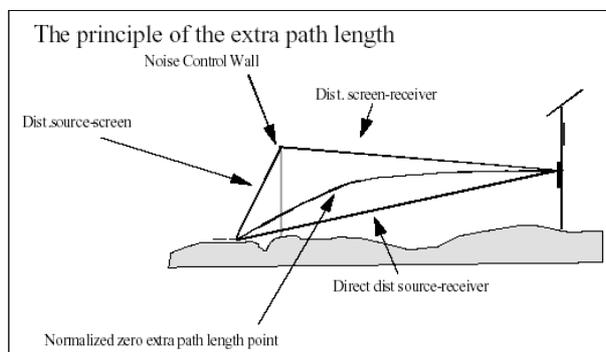


**Figura 3** – Emissione di una sorgente areale

### 5.14 La diffrazione degli ostacoli

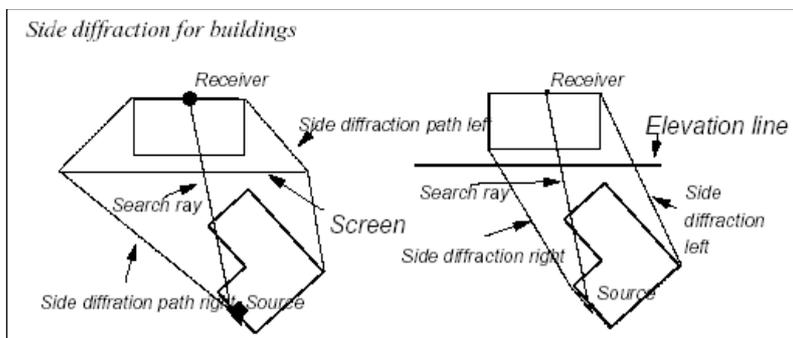
Elemento importante soprattutto per la caratterizzazione degli eventuali risanamenti sono le metodologie di calcolo per le barriere e gli eventuali ostacoli.

Nella figura sottostante si possono notare i diversi percorsi dell'onda acustica nel suo cammino quando incontra una barriera.



**Figura 4** – Diffrazioni verticali

All'interno del programma di calcolo vengono considerate non solo le diffrazioni dei bordi superiori di eventuali ostacoli (barriere, edifici, ecc.) ma anche le diffrazioni laterali, cosa molto importante nel caso di strutture industriali.

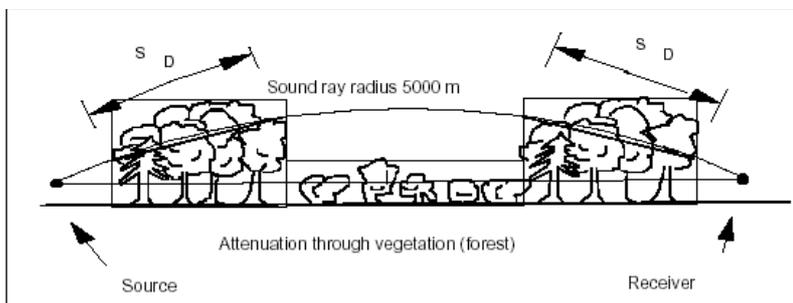


**Figura 5** – Diffrazioni laterali

### 5.15 L'assorbimento di elementi

Lungo il suo percorso l'onda sonora può incontrare elementi che assorbono parte dell'energia come può avvenire nel caso di boschi o di aree particolari con moltitudine di ostacoli.

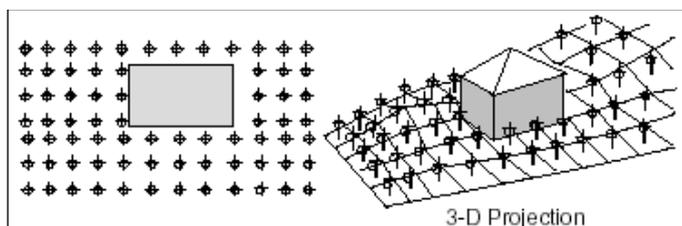
Nel programma è possibile considerare queste aree fornendo un valore di assorbimento per frequenza o semplicemente impostando la tipologia del fogliame.



**Figura 6** – Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno

### 5.16 Quote di calcolo delle mappe

Le mappature sono ottenute ad una certa altezza relativa dal terreno in modo che anche in condizioni di morfologie particolari i livelli sono quelli che si misurerebbero andando su quel punto con un cavalletto di altezza pari alla quota scelta.



**Figura 7** – Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno

### 5.17 Riferimenti normativi del modello utilizzato

Il modello usato (Soundplan) risponde a diverse linee guida europee tra cui:

*NMBP Route 96*

*CoRTN - Calculation of Road Traffic Noise*

*ISO 9613-1 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1"*

*ISO 9613-2 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2"*

*VDI 2714 "Sound propagation outdoors"*

*VDI 2720 "Noise control by screening"*

*RLS90 "Guideline for noise protection along highways"*

*SHALL 03 "Guideline for calculating sound immersion of railroads"*

*VDI 2751 "Sound radiation of industrial buildings"*

*StatensPlanverk 48*

*CNOSSOS-EU: 2015*

Come previsto dal Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, la linea guida utilizzata è CNOSSOS-EU: 2015.

### 5.18 Il livello di accuratezza

Per la modellazione della situazione esistente, il livello di accuratezza, seguendo queste indicazioni, migliora fino a portarsi vicino all'accuratezza della sola misura. È chiaro che quando si affrontano le simulazioni di stato futuro, con l'introduzione di sorgenti specifiche e con gli elementi di bonifica acustica (dossi o barriere), si possono introdurre nuove incertezze che vanno a peggiorare il valore di accuratezza globale.

La differenza in questa situazione si può avere su come un modello calcola, a differenza di un altro, le attenuazioni delle barriere. Analizzando le relazioni di Fresnel si può dire che l'ampiezza di errore dovrebbe essere limitata entro 1 dB(A), il che ci porta verso un'incertezza totale sulla simulazione pari a:

$$u(s) = 2.88 \text{ dBA}$$

## 6 I rilievi fonometrici

La campagna fonometrica eseguita è trattata in una relazione separata e riportata in allegato.

È stato effettuato un monitoraggio acustico al fine di determinare un set di dati utili per procedere con la calibrazione e la validazione del modello di propagazione acustica.

Le misure sono state eseguite con microfono posto a 4m di altezza rispetto al piano campagna.

I punti sono stati individuati preventivamente dal Comune di Bergamo. Si tratta di 48 punti distribuiti sul territorio cittadino. Le misure sono state realizzate il più possibile vicino agli elementi oggetto di analisi ed hanno avuto una durata complessiva di 24h o 7 giorni a seconda del caso.

Sono state condotte misure fonometriche su diversi intervalli temporali e su diversi oggetti di indagine:

- 9 misure settimanali presso ricettori sensibili;
- 31 misure da 24 ore presso infrastrutture stradali;
- 4 misure da 24 ore presso siti industriali soggetti ad autorizzazione AIA;
- 4 misure da 24 ore presso zone definite Quiet Areas (parchi pubblici).

Qui di seguito viene riportato l'elenco dei punti di misura:

Punto di misura	Durata
Punto 1 – Sede ATS – Via Borgo Palazzo	7 gg
Punto 2 – Humanitas Gavazzeni - Via Giuseppe Mazzini	24 ore
Punto 3 – Viale Vittorio Emanuele II	24 ore
Punto 4 – Provincia di Bergamo – Via Gabriele Camozzi	7 gg
Punto 5 – Istituto Belotti – Via Stezzano	7 gg
Punto 6 – Viale delle Mura	24 ore
Punto 7 – Istituto Quarenghi – Circonvallazione Mugazzone	7 gg
Punto 8 – Istituto Falcone – Via Broseta	7 gg
Punto 9 – Biblioteca Tiraboschi – Via San Giorgio	7 gg
Punto 10 – Liceo Paolina Secco Suardo – Via Angelo Maj	7 gg
Punto 11 – Via Palma il Vecchio – Via Evaristo Baschenis	24 ore
Punto 12 – Istituto Rota – Via Giuseppe Garibaldi	7 gg
Punto 13 – Via Pietro Paleocapa	24 ore
Punto 14 – Via Geremia Bonomelli	24 ore
Punto 15 – Via Giuseppe Verdi – Via Francesco Petrarca	24 ore
Punto 16 – Via Bartolomeo Bono	24 ore
Punto 17 – Viale Papa Giovanni XXIII – Via Roma	24 ore
Punto 18 – Istituto Polaresco – Via Briantea	7 gg
Punto 19 – Via Filippo Corridoni	24 ore

Punto 20 – Via Gianforte Suardi	24 ore
Punto 21 – Via San Giovanni Bosco	24 ore
Punto 22 – Via per Grumello	24 ore
Punto 23 – Via dei Bersaglieri	24 ore
Punto 24 – Via Cesare Correnti	24 ore
Punto 25 – Via Cesare Battisti	24 ore
Punto 26 – Galleria Conca d'oro	24 ore
Punto 27 – Via Zanica	24 ore
Punto 28 – Via Vittore Ghislandi	24 ore
Punto 29 – Via per Orio al Serio	24 ore
Punto 30 – Via Salvo D'Acquisto	24 ore
Punto 31 – Via Pontesecco	24 ore
Punto 32 – Circonvallazione Fabriciano	24 ore
Punto 33 – Circonvallazione Leuceriano	24 ore
Punto 34 – Circonvallazione Paltriniano	24 ore
Punto 35 – Circonvallazione Plorzano	24 ore
Punto 36 – Circonvallazione delle Valli	24 ore
Punto 37 – Via Martin Luther King	24 ore
Punto 38 – Via Lunga	24 ore
Punto 39 – Via Autostrada	24 ore
Punto 40 – Tramvia	24 ore
Punto 41 – Quiet Area 1 (Parco Giusti del Galgario)	24 ore
Punto 42 – Quiet Area 2 (Green Way del Morla)	24 ore
Punto 43 – Trafilerie Mazzoleni Spa - Via del Ponte Pietra	24 ore
Punto 44 – Arti Grafiche Srl - Via Zanica	24 ore
Punto 45 – Ambrogio Pagani Spa - Strada Cascinello	24 ore
Punto 46 – ZincoGalv Spa - Via Fratelli Bandiera	24 ore
Punto 47 – Quiet Area 3 (Via Allegrezza)	24 ore
Punto 48 – Quiet Area 4 (Via Valmarina)	24 ore

## 7 Stima della popolazione esposta e risultati

### 7.1 Stima della popolazione esposta

Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, le procedure di costruzione dei risultati di una mappatura acustica richiedono sempre prima l'attribuzione di un valore di un qualche descrittore acustico ad ogni edificio esposto, e successivamente il calcolo della popolazione esposta sulla base del numero di abitanti presenti in ogni edificio. L'attribuzione del numero esatto di residenti ad un singolo edificio è quindi uno dei passaggi fondamentali della mappatura.

Per realizzare questa attribuzione in modo esatto bisognerebbe conoscere la disposizione delle singole unità abitative all'interno di ogni edificio e la distribuzione dei residenti al loro interno. Partendo da queste informazioni, sarebbe possibile differenziare il livello dell'esposizione a cui sono soggetti gli abitanti degli appartamenti collocati dietro la facciata più esposta da quello degli abitanti degli appartamenti più interni che beneficiano della schermatura dell'edificio stesso. La caratterizzazione acustica delle varie unità abitative e l'aggregazione degli abitanti esposti negli stessi intervalli di rumore permette il calcolo esatto della popolazione esposta alle differenti classi di  $L_{den}$  e  $L_{night}$ .

Un livello d'informazione così dettagliato è estremamente difficile da ottenere, sia per l'elevato numero d'edifici da indagare, sia per le difficoltà che si incontrano nel ricercare informazioni private presso la popolazione.

Nell'impossibilità di disporre del numero esatto dei residenti e della disposizione degli appartamenti di ogni singolo edificio, la numerosità della popolazione esposta può essere solo stimata in base a valutazioni relative alla densità abitativa.

Nel documento di ARPA Lombardia "4<sup>a</sup> fase di applicazione della direttiva 2002/49/CE (2022-2023)", all'appendice A, viene illustrato il metodo di calcolo della popolazione per edifici, mediante i dati dei residenti ricavati dalle informazioni del Censimento della popolazione e delle abitazioni (ISTAT, ultimo censimento) pubblicati e scaricabili dal sito dell'ISTAT. Nello specifico sono stati utilizzati:

- lo shapefile contenente le perimetrazioni di tutte le sezioni di censimento;
- il file con i risultati del Censimento (ultimo censimento) relativi alla popolazione residente, a livello di sezione censuaria.

Con le funzioni messe a disposizione dagli applicativi GIS, i due file sono collegati e ad ogni poligono-sezione presente nello shapefile delle sezioni di censimento sono associati i corrispondenti dati di popolazione residente. Per l'attribuzione della popolazione residente è utilizzato lo shapefile degli edifici estratto dal database topografico (DBT) di Regione Lombardia che contiene, tra le altre informazioni, il dato di superficie in pianta e altezza dell'edificio.

I ricettori sensibili individuati sono riportati al capitolo 3.

## 7.2 Risultati

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dal modello di calcolo relativi a: popolazione esposta, edifici esposti e aree chilometriche per le fasce stabilite Lden e Lnight, oltre al numero di edifici sensibili presenti all'interno di esse.

		POPOLAZIONE ESPOSTA	EDIFICI ABITATIVI	SCUOLE	OSPEDALI
<b>Lden</b>	<b>55-59</b>	53862	6538	288	159
	<b>60-64</b>	50405	6040	196	31
	<b>65-69</b>	26803	2662	64	22
	<b>70-74</b>	8011	768	16	5
	<b>&gt;75</b>	1346	145	0	0
<b>Lnight</b>	<b>50-54</b>	45138	5384	144	27
	<b>55-59</b>	25007	2459	64	21
	<b>60-64</b>	8048	889	11	8
	<b>65-69</b>	2698	196	6	1
	<b>&gt;70</b>	149	20	0	0

*Dati di sintesi di popolazione, edifici e recettori sensibili esposti ai livelli Lden e Lnight tenendo conto di tutte le sorgenti di rumore presenti nell'agglomerato*

Sorgente	Gestore	Numero di persone esposte Lden (dB(A))				
		55-59	60-64	65-70	70-75	>75
Infrastrutture stradali	Comune di Bergamo	39595	43870	24929	7682	1308
	Provincia di Bergamo	650	227	263	32	33
	Autostrade	578	208	11	1	0
	<b>Totale</b>	40823	44305	25203	7715	1341
Infrastrutture ferroviarie	RFI	4838	2569	1584	296	0
Siti di attività industriale	<b>Totale</b>	1021	198	16	0	5
Aeroporti	Sacbo	7180	3333	0	0	0

*Sintesi tabellare dei dati relativi all'esposizione della popolazione a livelli di Lden suddivisi per tipologia di sorgenti di rumore presenti nell'agglomerato*

Sorgente	Gestore	Numero di persone esposte Lnight (dB(A))				
		50-54	55-59	60-64	65-70	>70
Infrastrutture stradali	Comune di Bergamo	35432	23169	7528	2664	144
	Provincia di Bergamo	241	285	39	34	0
	Autostrade	439	21	4	0	0
	<b>Totale</b>	36112	23475	7571	2698	144
Infrastrutture ferroviarie	RFI	3098	1525	477	0	0
Siti di attività industriale	<b>Totale</b>	949	4	0	0	5
Aeroporti	Sacbo	538	7	0	0	0

Sintesi tabellare dei dati relativi all'esposizione della popolazione a livelli di Lnight suddivisi per tipologia di sorgenti di rumore presenti nell'agglomerato

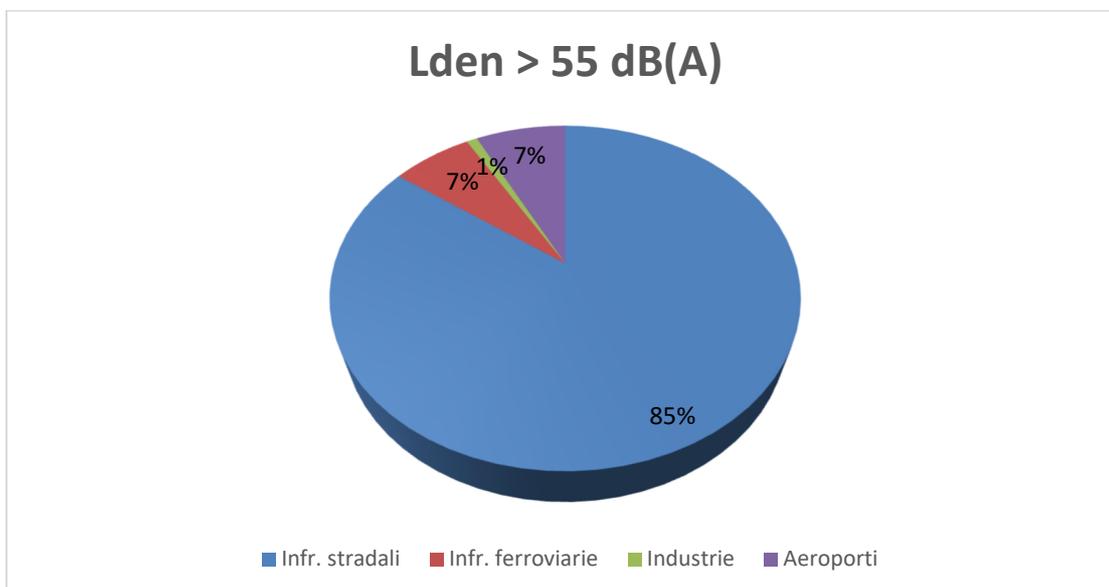
Sorgente	Gestore	% Superficie esposta Lden (Km <sup>2</sup> )				
		55-59	60-64	65-69	70-74	>75
Infrastrutture stradali	<b>Totale</b>	16.93	13.42	7.15	3.66	1.57
Infrastrutture ferroviarie	RFI	2.37	1.16	0.65	0.20	0.01
Siti di attività industriale	<b>Totale</b>	1.54	0.63	0.21	0.05	0.08
Aeroporti	Sacbo	11.03	4.43	1.52	0.00	0.00

Sintesi dei dati relativi all'esposizione della superficie a livelli di Lden riportati in percentuale

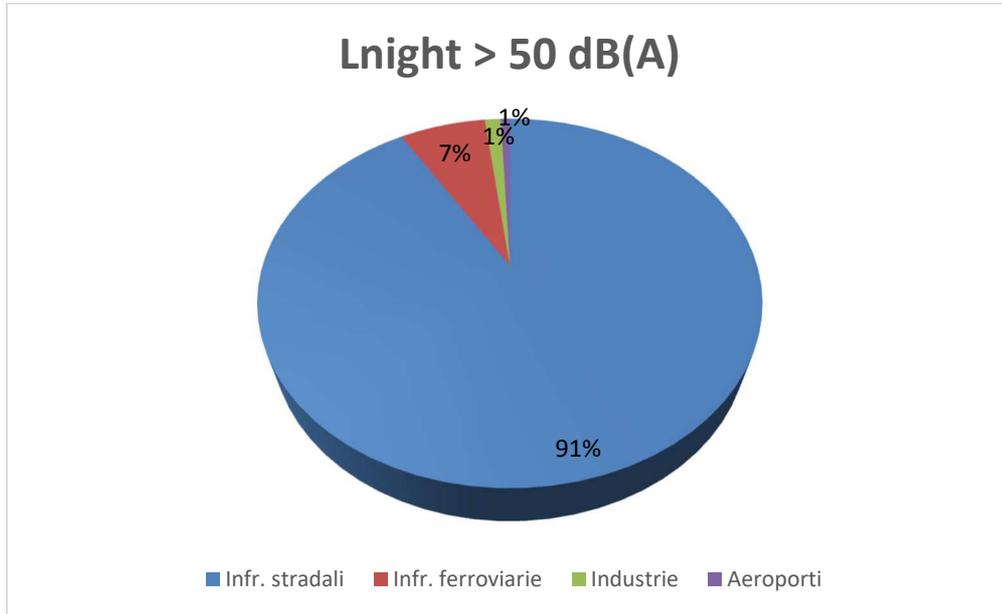
Sorgente	Gestore	% Superficie esposta Lnight (Km <sup>2</sup> )				
		50-54	55-59	60-64	65-70	>70
Infrastrutture stradali	<b>Totale</b>	1.14	0.74	0.48	0.47	0.01
Infrastrutture ferroviarie	RFI	1.39	0.70	0.31	0.02	0.00
Siti di attività industriale	<b>Totale</b>	1.26	0.53	0.14	0.06	0.06
Aeroporti	Sacbo	5.19	2.11	0.00	0.00	0.00

Sintesi dei dati relativi all'esposizione della superficie a livelli di Lnight riportati in percentuale

### Percentuale delle persone esposte a Lden > 55 dB(A) suddivisi per tipologia di sorgente



**Percentuale delle persone esposte a  $L_{night} > 50$  dB(A) suddivisi per tipologia di sorgente**



## 8 Materiale trasmesso

- Cartella RELAZIONE: Contiene la relazione in formato PDF.

AG\_IT\_00\_00015\_Report.pdf

- Cartella GEOPACKAGE: Contiene la documentazione in formato gis ed excel dei seguenti documenti:

AgglomerationSource.gpkg

AgglomerationSource (geometria)  
AgglomerationSourceVoidables (tabella)  
CodelistProperties (tabella)  
DatasetDefaultProperties (tabella)

Agglomeration-StragicNoiseMaps.gpkg

CodelistProperties (tabella)  
DatasetDefaultProperties (tabella)  
ESTATUnitReference (tabella)  
ExposureAgglomeration (tabella)  
ExposureValueInAgglomeration (tabella)  
Voidables (tabella)  
NoiseContours\_airportsInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_airportsInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_allSourcesInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_allSourcesInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_industryInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_industryInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_railwaysInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_railwaysInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_roadsInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_roadsInAgglomeration\_Lnight (geometria)

Agglomeration-StragicNoiseMaps\_LineString.gpkg

CodelistProperties (tabella)  
DatasetDefaultProperties (tabella)  
ESTATUnitReference (tabella)  
ExposureAgglomeration (tabella)  
ExposureValueInAgglomeration (tabella)  
Voidables (tabella)  
NoiseContours\_airportsInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_airportsInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_allSourcesInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_allSourcesInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_industryInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_industryInAgglomeration\_Lnight (geometria)  
NoiseContours\_railwaysInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_railwaysInAgglomeration\_Lnight (geometria)



NoiseContours\_roadsInAgglomeration\_Lden (geometria)  
NoiseContours\_roadsInAgglomeration\_Lnight (geometria)

05\_Competent Authority (DF2) Nov 2021.xlsm

- Cartella ALLEGATI: Contiene le mappe delle isofone e i report delle misure fonometriche:

AG\_IT\_00\_00015\_Air\_NoiseAreaMap\_Lden.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Air\_NoiseAreaMap\_Lnight.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_AllSources\_NoiseAreaMap\_Lden.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_AllSources\_NoiseAreaMap\_Lnight.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Industry\_NoiseAreaMap\_Lden.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Industry\_NoiseAreaMap\_Lnight.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Rails\_NoiseAreaMap\_Lden.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Rails\_NoiseAreaMap\_Lnight.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Roads\_NoiseAreaMap\_Lden.pdf  
AG\_IT\_00\_00015\_Roads\_NoiseAreaMap\_Lnight.pdf

Relazione monitoraggio acustico Bergamo.pdf  
Allegato Rilievi Fonometrici  
Allegato Planimetria dei punti di misura

## 9 Bibliografia

1. Direttiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee 18.7.2002.
  2. EC – DG ENV, Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC, Handbook (including data specification) – October 2007.
  3. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WGAEN), Good Practice Guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure – Version 2, 13 August 2007.
  4. COM/2011/0321 Final Report from the Commission to the European Parliament and the Council - Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio sull'applicazione della direttiva sul rumore ambientale ai sensi dell'articolo 11 della direttiva 2002/49/CE.
  5. Directive 2003/4/EC of the European Parliament and of the Council of 28 January 2003 on public access to environmental information and repealing Council Directive 90/313/EEC.
  6. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).
  7. JRC Reference Report – Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU).
  8. The WHO - World Health Organization - Europe, Night Noise Guidelines for Europe.
  9. Directorate-General for Internal Policies – Policy Department A: Economic and Scientific Policy, Towards a comprehensive Noise Strategy – November 2012.
  10. EC - Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE project.
  11. The WHO - World Health Organization - Europe, WHO LARES Final report Noise effects and morbidity.
  12. The WHO – World Health Organization, Regional Office for Europe, JRC European Commission, Burden of disease from environmental noise. 2011
  13. A. Tanese, E. di Filippo, R. Rennie, La pianificazione strategica per lo sviluppo del territorio - Analisi e Strumenti per l'innovazione - I Manuali, Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Funzione Pubblica.
  14. UNI/TR 11327:2009, Acustica - Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.
  15. UNI/TR 11327, Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.
- Pagina 35 16. UNI 11252:2007, Procedure di conversione dei valori di LAeq diurno e notturno e di LVA nei descrittori Lden e Lnight, novembre 2007.



17. UNI/TR 11327, Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.
18. DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".
19. DPR 30/03/2004, n.142, "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447".
20. DPR 18/11/1998, n.459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario".
21. DM 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale".
22. DM 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"
23. D.Lgs. 19/08/2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".
24. L. 26/10/1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".
25. DM 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".
26. DPCM 1/03/1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" G.U. Serie Generale n. 57 del 8/3/1991;
27. L. 26/10/1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" G.U. n. 254 del 30/10/1995; Suppl. Ord. n. 125.
28. DM Ambiente 11/12/1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo" G.U. Serie Generale n. 52 del 11/12/1996.
29. Circolare Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 06/09/2004 "Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali". G.U. Serie Generale n. 217 del 15/09/2004.
30. DPCM 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" G.U. Serie Generale n. 297 del 22/12/1997.
31. DPCM 16/04/1999, n. 215 "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi" G. U. Serie Generale n. 153 del 2/7/1999.
32. DPCM 31/03/1998 "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, Pagina 36 7 e 8, della L. 26 ottobre 1995, n. 447 Legge quadro sull'inquinamento acustico" G. U. Serie Generale n. 120 del 26/5/1998.
33. DP. 11/12/1997, n. 496 "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili" G.U. Serie Generale n. 20 del 26/1/1998.

34. DM 20/05/1999 “Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico” G.U. Serie Generale n. 225 del 24/09/1999.
35. DM Ambiente 3/12/1999 “Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti” G.U. Serie Generale n. 289 del 10/12/1999.
36. D.Lgs. 19/08/2005, n. 194, “Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”. GU n. 222 del 23.09.2005.
37. L. 07/08/1990, n. 241 “Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi”.
38. D.Lgs. 19/08/2005, n. 195 “Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale”.
39. D.Lgs. 3/04/2006 n.152, “Norme in materia ambientale”
40. D.Lgs 17/02/2017, Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161.
41. MAATM - “Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005) – Specifiche tecniche MATTM – marzo 2022”
42. MAATM - “Definizione del contenuto minimo delle relazioni inerenti alla metodologia di determinazione delle mappe acustiche e valori descrittivi delle zone soggette ai livelli di rumore-Linee guida MATTM – marzo 2022”



**tecno habitat s.p.a.**  
Dott. Ing. Massimo Di Felice  
Igienista Industriale Certificato n. 00043  
Tecnico Competente in Acustica  
Ambientale ex L. 447/95  
(D.P.G.R. n° 2574 del 25/6/97)

