



Comune di Modena

MAPPATURA ACUSTICA STRATEGICA DELL'AGGLOMERATO DI MODENA

(ai sensi del D. Lgs. 194 del 19/08/2005)



RELAZIONE TECNICA



Comune
di Modena

SETTORE AMBIENTE, PROTEZIONE CIVILE, MOBILITA' E
SICUREZZA DEL TERRITORIO

Responsabile P.O. Ufficio Impatto Ambientale

Dott.ssa Daniela Campolieti

Collaboratori

Dott. Alberto Pirondi

Dott. Roberto Ferrari Valeriani

A.P. Silvano Sandoni



Sezione Provinciale
di Modena

SERVIZIO SISTEMI AMBIENTALI - AREA DI SISTEMI AMBIENTALI

Responsabile Servizio Sistemi Ambientali

Dott.ssa Daniela Sesti

Collaboratore Tecnico Profess.le Esperto

Dott.ssa Barbara Notari

Collaboratore Tecnico Profess.le Esperto

Dott.ssa Antonella Sterni

1	Premessa.....	5
2	Introduzione	5
3	Descrizione dell’agglomerato	6
3.1	Autorità competente	6
3.2	Ritratto dell’agglomerato	6
4	Contesto normativo e limiti di riferimento.....	8
4.1	Normativa Comunitaria.....	8
4.2	Normativa Nazionale.....	9
4.3	Normativa Regionale.....	12
4.4	Limiti	13
5	Programmi di contenimento del rumore.....	16
5.1	Interventi di contenimento del rumore realizzati prima dell’approvazione del Piano d’Azione	16
5.1.1.	Schermi acustici	16
5.1.2.	Asfalti a bassa rumorosità	19
5.1.3.	Zone 30.....	20
5.1.4.	Sostituzione serramenti edifici scolastici	21
5.2	Interventi di contenimento del rumore realizzati successivamente all’approvazione del Piano d’Azione	21
5.2.1.	Schermi acustici	21
5.2.2.	Asfalti a bassa rumorosità	21
5.2.3.	Zone 30.....	22
5.2.4.	Piste ciclabili in sede	22
5.3	Interventi di contenimento del rumore realizzati da altri gestori	22
6	Metodi di calcolo e modelli applicati	25
6.1	SORGENTI	25
6.1.1.	Rumore Stradale	25
6.1.2.	Major roads	29
6.1.3.	Rumore ferroviario	29
6.1.4.	Rumore Industriale	30
6.1.5.	Rumore Aereoportuale	31
6.2	Altri elementi del modello.....	31
6.2.1.	Edifici	31
6.2.2.	Ricettori sensibili.....	32

6.2.3.	Barriere Acustiche.....	32
6.2.4.	Modello del Terreno ed effetto Suolo	32
6.2.5.	Dati Meteorologici	33
6.2.6.	Parametri di calcolo	34
6.3	Taratura del Modello.....	35
6.3.1.	Emissioni sonore dei veicoli	35
6.3.2.	Emissioni delle aree industriali	36
6.3.3.	Stima del grado di accuratezza del modello.....	37
6.4	Mappe acustiche e mappatura strategica.....	42
7	Stima dei residenti, degli edifici esposti a livelli sonori in fasce stabilite e ricettori sensibili 43	
8	Sintesi dei risultati.....	47
9	Materiale trasmesso.....	47
10	Riferimenti bibliografici	50

1 Premessa

Il D.Lgs.194/2005 prevede l'obbligo da parte degli agglomerati urbani con popolazione maggiore di 100.000 abitanti di elaborare la Mappatura Acustica Strategica nonché i Piani d'Azione per l'abbattimento del rumore ambientale in recepimento alla Direttiva Europea 2002/49/CE.

Lo spirito fondamentale della Direttiva è quello di fornire ai paesi membri strumenti e metodi comuni per “fotografare” lo stato dell'inquinamento acustico degli agglomerati urbani maggiori e delle principali infrastrutture di trasporto. L'approccio si fonda sulla determinazione dell'esposizione al rumore ambientale mediante la mappatura acustica realizzata sulla base di metodi comuni, sull'informazione del pubblico e sull'attuazione di piani di azione a livello locale.

La Direttiva considera descrittori nuovi rispetto alla normativa acustica nazionale, pertanto il DLgs 194/2005, in conformità al dettato della Direttiva, prevede l'utilizzo dei descrittori Lden (livello day-evening-night o livello giorno-sera-notte) e Lnight (livello notturno), il primo usato per valutare il disturbo legato all'esposizione al rumore nell'intero arco della giornata, il secondo per valutare il disturbo del sonno.

La Regione Emilia Romagna, così come previsto dalla normativa, ha provveduto con Deliberazione della Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 1369 del 17 Settembre 2102 all'individuazione degli agglomerati con più di 100.000 abitanti, identificando l'agglomerato di Modena coincidente con il territorio del Comune di Modena.

La Giunta Comunale ha quindi approvato, con deliberazione n. 522 del 12 novembre 2013, la “Mappatura Acustica Strategica dell'agglomerato di Modena”, ai sensi dell'art.3 del D.lgs 194/2005, e successivamente, con deliberazione n. 663 del 29 novembre 2016 il “Piano d'Azione dell'agglomerato di Modena”.

Il presente elaborato illustra la metodologia e i dati relativi all'aggiornamento della Mappatura Acustica Strategica dell'agglomerato di Modena, redatta ai sensi dell'art.3 comma 6 del D.lgs. 194/05, tenuto conto delle indicazioni contenute nel documento “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” del 10 Marzo 2017, a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Il presente lavoro è stato svolto in collaborazione con ARPAE Sezione Provinciale di Modena che ha già elaborato la Mappatura Acustica Strategica dell'Agglomerato di Modena approvata nel settembre 2012.

2 Introduzione

In base a quanto richiesto dal D.Lgs. n.194 del 19/08/2005, quale recepimento ed attuazione della Direttiva Europea 2002/49/CE, il Comune di Modena, identificato come agglomerato, ha l'obbligo di provvedere alla mappatura acustica relativamente alle sorgenti rumorose presenti sul proprio territorio, in particolare infrastrutture viarie e attività industriali.

La normativa vigente prevede l'utilizzo di modelli di calcolo, al fine di prevedere i livelli acustici generati. Lo standard utilizzato per simulare il rumore da traffico stradale è il metodo di calcolo ufficiale francese XPS 31-133, mentre per il rumore industriale si è applicato il metodo ISO 9613 per le sorgenti areali.

Entrambi questi standards sono raccomandati dalla direttiva 2002/49/CE e dalla raccomandazione 2003/613/CE della Commissione delle Comunità Europee e implementati nel software IMMI ver.6.3 utilizzato.

Si è tenuto conto anche delle 'Linee Guida per l'elaborazione delle mappe acustiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati delle Regione Emilia-Romagna' a cura del Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico della Regione ER.

Le linee guida suddette fanno, inoltre, riferimento al documento 'Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure' (WG-AEN/2007), che fornisce alcuni strumenti e suggerimenti su come reperire i dati di ingresso o sopperire alla loro mancanza, dando anche utili suggerimenti su come valutare le incertezze delle ipotesi assunte.

3 Descrizione dell'agglomerato

3.1 Autorità competente

Di seguito vengono riportate le informazioni sull'autorità competente relativamente alla stesura e all'adozione della presente Piano d'Azione:

autorità: Comune di Modena

responsabile: P.O. Dott.ssa Daniela Campolieti - Settore Ambiente, Protezione Civile, Mobilità e Sicurezza del Territorio - Servizio Energia, Ambiente e Protezione Civile - Ufficio Impatto Ambientale.

indirizzo: Via Santi, 40 - 41123 Modena

numero di telefono: 059 203 2380 fax: 059 203 2117

e-mail: daniela.campolieti@comune.modena.it

3.2 Ritratto dell'agglomerato

Il territorio dell'agglomerato di Modena coincide con quello del Comune di Modena, pertanto sia la superficie dell'agglomerato che la popolazione dell'agglomerato hanno gli stessi valori di quelle del Comune di Modena (rif: Tabella 1).

Il Comune di Modena è capoluogo di Provincia; la città si trova in un territorio pianeggiante i cui confini sono parzialmente costituiti dai fiumi Secchia e Panaro che lambiscono la città senza attraversarla.

Modena, come ogni altra realtà urbana ad alto sviluppo economico è ad elevato tasso di motorizzazione: 631 autovetture per 1000 abitanti e 754 autovetture per 1000 abitanti maggiorenni (dato 2015, Fonte: Unione Regionale Camere di Commercio su dati ACI). L'elevato tasso di motorizzazione e l'elevata ripartizione modale (l'uso dell'auto privata è pari al 75% del trasporto privato, dati censimento 2010) costituiscono un contributo rilevante per l'esposizione della popolazione all'inquinamento acustico indotto dal traffico.

Il centro storico, con traffico ad accesso limitato, è racchiuso da un anello di viali e gran parte della città è racchiusa da un sistema di tangenziali da cui si dipartono assi radiali verso il centro della città.

La città è inoltre attraversata dall'asse della via Emilia che la taglia orizzontalmente in due.

Il territorio comunale è attraversato a sud dall'Autostrada A1, con la presenza all'interno del comune di due caselli autostradali, Modena Nord e Modena Sud, e a nord dalla linea ferroviaria Alta Velocità Milano-Bologna.

Le infrastrutture stradali che insistono sul territorio comunale sono suddivise per competenze tra gli enti Comune di Modena, Provincia di Modena, A.N.A.S e Autostrade per l'Italia SpA.

Oltre alla linea ad alta capacità Milano-Bologna il territorio comunale è attraversato dai seguenti assi ferroviari: linea Milano-Bologna; linea Modena-Sassuolo; linea Verona-Mantova-Modena.

L'agglomerato di Modena è infine servito, oltre che dai servizi ferroviari, anche da una rete di mobilità pubblica su gomma grazie ad un servizio di autolinee extraurbane e da un servizio di trasporto pubblico locale.

Tabella 1: Descrizione Agglomerato di Modena (al 31-12-2015)*

CODICE IDENTIFICATIVO	IT_a_ag00023
Superficie	183,49 km ²
Superficie urbanizzata	41,94 km ²
% Superficie urbanizzata su superficie totale	22,80%
Popolazione residente	184.973 unità
Densità di popolazione	1.007 abitanti/km ²
Verde totale	9,72 km ²
Verde totale per abitante	52,5 m ² /abitante
Rapporto % verde pubblico/superficie urbanizzata	22,50%
Piste ciclabili	216,0 km
Rete stradale comunale	871 Km
Autoveicoli esclusi ciclomotori nel Comune	149.200
Autovetture nel Comune	116.693

* Fonte: Annuario statistico del Comune di Modena 2016

Modena rappresenta una realtà produttiva sin dagli anni '50 e '60 legando la propria immagine al settore dei motori; lo sviluppo del tessuto produttivo e l'insediamento delle fabbriche e dei laboratori nella periferia negli anni '60 e successivamente l'ampliamento del contesto urbano dovuto all'aumento demografico hanno portato ad una situazione nella quale è possibile trovare ditte di importanti dimensioni confinanti con abitazioni residenziali che hanno preso il posto di fabbriche dismesse. Sono inoltre presenti zone ad alta vocazione produttivo-artigianale che si estendono oltre la tangenziale di Modena (zona industriale di Modena Nord e Zona industriale Torrazzi) oltre a zone miste artigianali/residenziali in fase di riqualificazione urbana (Villaggio Artigiano). Le più recenti zone di ampliamento industriale sono rappresentate dalle aree limitrofe alla via Emilia Ovest in direzione Reggio nell'Emilia nelle quali la presenza di insediamenti residenziali è estremamente ridotta.

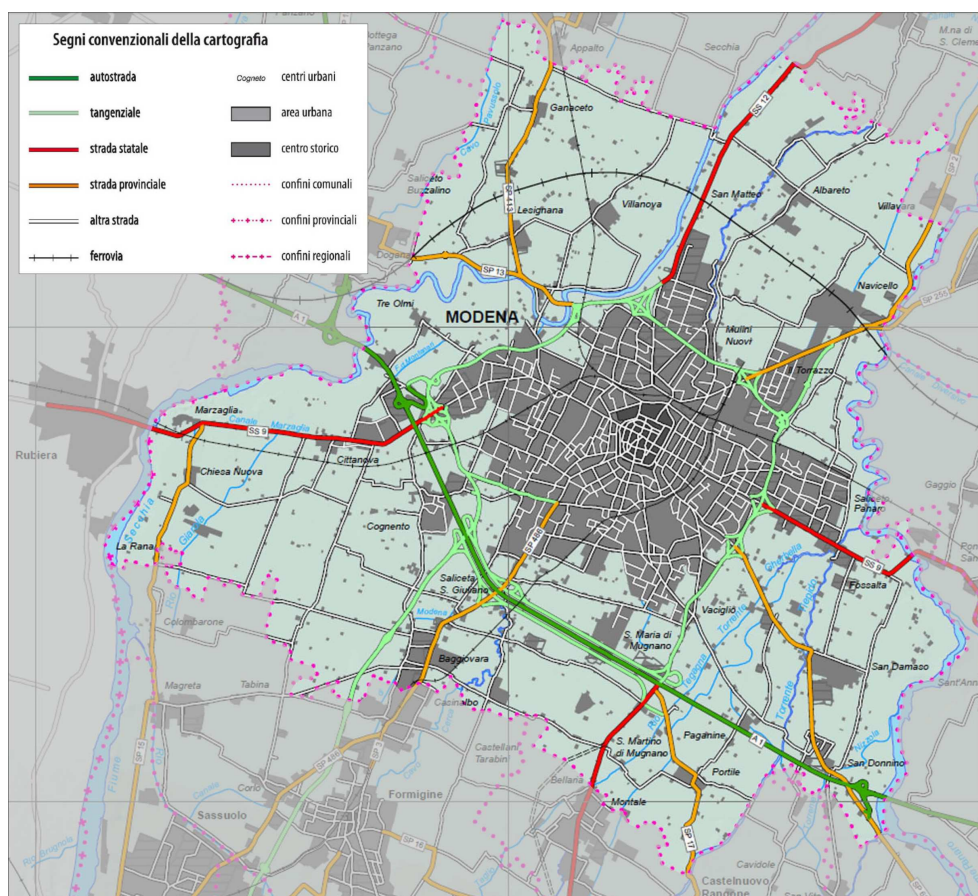


Figura 1: Agglomerato di Modena

Dal 30 novembre 2014 i treni della linea “storica” Milano-Bologna corrono, nel tratto fra Modena e Rubiera, su nuovi binari la cui realizzazione fu decisa nell'ambito del progetto per la linea Alta Velocità. Il nuovo tracciato, lungo oltre 8,5 chilometri di cui quasi 2 all'interno di una galleria artificiale, si sviluppa interamente nel comune di Modena, a ovest della stazione ferroviaria, fra le località di San Cataldo e Cittanova. La dismissione di un tratto della ferrovia storica che attraversava diagonalmente il tessuto urbanizzato, oltre a rappresentare una opportunità per la mobilità dolce e pubblica, ha determinato un decremento della rumorosità per la popolazione residente: il nuovo tratto infatti si sviluppa a nord rispetto l'abitato.

4 Contesto normativo e limiti di riferimento

Il quadro normativo italiano in materia di inquinamento acustico è molto articolato e stabilisce diversi descrittori acustici e limiti.

L'Unione europea, con l'obiettivo di conseguire un elevato livello di tutela della salute e dell'ambiente, ha voluto attuare una politica comune volta a conseguire un miglioramento della qualità acustica dell'ambiente in cui viviamo.

4.1 Normativa Comunitaria

La **Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale** (recepita in Italia con il

D.Lgs 19/08/05 n°194) costituisce lo strumento attraverso il quale il Parlamento e il Consiglio dell'Unione Europea hanno voluto definire un metodo comune a tutti i paesi membri al fine di evitare, prevenire e ridurre gli effetti nocivi dell'esposizione della popolazione al rumore ambientale, dove con tale termine ci si riferisce ai *“suoni indesiderati o nocivi in ambiente esterno prodotti dalle attività umane, compreso il rumore emesso da mezzi di trasporto, dovuto al traffico ferroviario, al traffico aereo e proveniente da siti di attività industriali (...)”*

Tale direttiva riguarda il rumore ambientale cui è esposto l'essere umano, in particolare, nelle zone edificate, nei parchi pubblici o in altre zone silenziose degli agglomerati, nei pressi delle scuole, degli ospedali e di altri edifici e zone particolarmente sensibili al rumore.

Per prevenire e ridurre l'inquinamento acustico è prevista l'attuazione progressiva di diverse azioni:

- la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale attraverso una mappatura acustica realizzata sulla base di metodi comuni agli stati membri;
- l'informazione del pubblico relativamente al rumore e ad i suoi effetti;
- l'adozione da parte degli stati membri di piani d'azione, in base ai risultati della mappatura del rumore, per perseguire obiettivi di riduzione dell'inquinamento acustico laddove necessario e di conservazione della qualità acustica dell'ambiente qualora questa sia buona.

I “piani d'azione” sono i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico e i relativi effetti, compreso, se necessario, la loro riduzione.

La direttiva stabilisce che nella realizzazione delle mappe acustiche vengano utilizzati i descrittori acustici Lden (level day-evening-night) e Lnight (level night) dove:

- Lden è il descrittore acustico giorno-sera-notte usato per qualificare il disturbo legato all'esposizione al rumore nell'arco delle 24 ore;
- Lnight è il descrittore acustico notturno relativo ai disturbi del sonno.

Obiettivo della direttiva europea è quello di contenere l'esposizione al rumore della popolazione, indipendentemente dal rispetto o meno dei limiti che ciascun Stato membro si è dato.

4.2 Normativa Nazionale

I principali riferimenti legislativi nazionali sono rappresentati dalle seguenti norme:

Legge Quadro n.447 del 26/10/1995 - "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

La materia dell'inquinamento acustico è stata regolamentata dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico L. n. 447 del 26/10/95, e dai relativi decreti applicativi.

La L. n. 447 del 26/10/95 stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dal rumore, definisce limiti e assegna le competenze ai vari organi amministrativi (Stato, regioni, province e comuni) nonché fornisce indicazioni per la predisposizione dei piani di risanamento acustico e per le documentazioni di impatto acustico e per le valutazioni previsionali di clima acustico le prime volte a verificare preventivamente la compatibilità con il territorio di nuovi insediamenti e infrastrutture che producono rumore (aeroporti, discoteche, strade, ferrovie, insediamenti produttivi), le seconde a verificare preventivamente la compatibilità del territorio ad ospitare funzioni sensibili (scuole, ospedali, aree residenziali, parchi pubblici).

La Legge Quadro riserva ai Comuni un ruolo centrale con competenze di carattere programmatico e decisionale. Oltre alla classificazione acustica del territorio, spettano ai comuni la verifica del rispetto della normativa per la tutela dall'inquinamento acustico all'atto del rilascio delle concessioni edilizie, la regolamentazione dello svolgimento di attività temporanee e manifestazioni, l'adeguamento dei regolamenti locali con norme per il contenimento dell'inquinamento acustico e, soprattutto, l'adozione dei piani di risanamento acustico nei casi in cui le verifiche dei livelli di rumore effettivamente esistenti sul territorio comunale evidenzino il mancato rispetto dei valori limite di attenzione.

DPCM del 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

Tale decreto disciplina i valori limite di emissione e di immissione (assoluto e differenziale) ed i valori di attenzione e qualità definiti dalla legge quadro associandoli alle classi acustiche, ovvero alle diverse zone che compongono la classificazione acustica del territorio comunale. Di seguito viene riportata la definizione delle diverse classi acustiche introdotta dal decreto.

Tabella 2: definizione delle Classi acustiche del territorio comunale (art.1)

CLASSE I - aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
CLASSE II - aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali
CLASSE III- aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici
CLASSE IV - aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie.
CLASSE V - aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
CLASSE VI - aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Tutti i limiti e i valori di qualità sono riferiti ai periodi di riferimento diurno (dalle ore 6:00 alle 22:00) e notturno (dalle ore 22:00 alle ore 6:00).

DM 16.3.98 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"

Tale decreto descrive e fissa le modalità e le condizioni per una corretta rilevazione dei livelli sonori prodotti dalle sorgenti di rumore (sia fisse che mobili) presenti sul territorio, sia all'interno degli ambienti abitativi che all'esterno.

D.P.R. 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”.

Il decreto stabilisce fasce territoriali di pertinenza acustica, all'interno delle quali fissa valori limite assoluti di immissione, distinti nei due periodi di riferimento (diurno o notturno), differenti per le linee esistenti o di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 Km/h e per le nuove linee ferroviarie con velocità di progetto superiore a 200 Km/h (alta velocità). I limiti di immissione al di fuori della fascia di pertinenza, sono quelli stabiliti nel DPCM 14/11/97.

DECRETO 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.”

Tale decreto costituisce un documento di rilevanza strategica al fine del perseguimento degli obiettivi di tutela dall'inquinamento acustico: in esso vengono infatti definiti obblighi, criteri e scadenze con cui le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, predispongono i piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stesse. Il decreto stabilisce anche un criterio per la definizione delle priorità degli interventi.

D.P.R. 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 legge 26 ottobre 1995, n. 447.”

Il D.P.R. 142 del 30/03/04 stabilisce, per tutte le tipologie di infrastrutture stradali fasce territoriali di pertinenza acustica e fissa i valori limite di immissione, all'interno della fascia di pertinenza, differenti per infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione.

I limiti di immissione al di fuori della fascia di pertinenza, sono quelli stabiliti nel DPCM 14/11/97.

D.Lgs 19 agosto 2005, n.194 – Attuazione della direttiva 2002/49/CE relative alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

Il Dlgs 19 agosto 2005, n. 194 è stato emanato per attuare e recepire la direttiva 2002/49/CE sul rumore ambientale.

Tale decreto stabilisce, in conformità con la direttiva 2002/49/CE, che le Autorità competenti mettano a punto le mappature acustiche e i piani d'azione, destinati a gestire e contenere nei loro territori i problemi di inquinamento acustico, nonché ad evitare aumenti del rumore nelle zone silenziose, per gli agglomerati urbani con più di 100.000 abitanti e per le principali infrastrutture di trasporto (assi stradali su cui transitano più di tre milioni di veicoli all'anno, assi ferroviari su cui transitano più di 30 000 convogli all'anno ed aeroporti principali con più di 50.000 movimenti/anno). Stabilisce infine che venga assicurata l'informazione e la partecipazione del pubblico.

Il provvedimento non trova applicazione per il rumore generato dalla persona esposta, dalle attività domestiche, proprie o del vicinato, né per il rumore sul posto di lavoro prodotto dalla

stessa attività lavorativa o a bordo dei mezzi di trasporto o dovuto ad attività militari svolte nelle zone militari.

E' importante evidenziare che il Decreto ha definito i periodi di riferimento giorno, sera e notte utili alla definizione del descrittore L_{den} in maniera differente rispetto alla Direttiva 2002/49/CE.

In particolare il periodo giorno-sera-notte viene così suddiviso:

- L_{day} (livello giorno) dalle 06:00 alle 20:00 (durata 14 ore);
- $L_{evening}$ (livello sera) dalle 20:00 alle 22:00 (durata 2 ore)
- L_{night} (livello notte) dalle 22:00 alle 6:00 (durata 8 ore)

Il periodo di riferimento notturno utilizzato per valutare il livello L_{night} coincide così con quello attualmente utilizzato per determinare il livello $Leq(A)$ notturno come definito nella Legge quadro n. 447/95.

Il Livello L_{den} per l'Italia è quindi definito dalla seguente formula:

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

con

- L_{day} è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato "A" determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno;
- $L_{evening}$ è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato "A" determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno;
- L_{night} è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato "A" determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno.

4.3 Normativa Regionale

Legge regionale 9 maggio 2001, n°15 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico".

Con la legge 9/2001, la Regione Emilia Romagna ha dato attuazione all'art.4 della legge 26 ottobre 1995 n.447 disciplinando le proprie competenze in materia di inquinamento acustico.

In particolare la legge stabilisce che i Comuni devono provvedere alla classificazione acustica del proprio territorio per zone omogenee e redigere il Piano di Risanamento Acustico.

La metodologia e i criteri per la classificazione acustica del territorio sono stati fissati con **D.G.R. n° 2053/2001 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico: criteri e condizioni per la classificazione acustica del territorio ai sensi del comma 3 dell'art.2 della L.R. 15/2001 recante disposizioni in materia di inquinamento acustico"**.

DGR n.1339 del 23/09/2013 "Dlgs 194/2005 Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale – Approvazione delle Linee guida per l'elaborazione dei piani d'azione relativi alle strade ed agli agglomerati della Regione Emilia-Romagna".

Con tale delibera la Regione ha approvato le Linee guida come strumento tecnico di supporto agli agglomerati per le attività di elaborazione dei piani d'azione.

4.4 Limiti

Il Dlgs 19 agosto 2005, n. 194 stabilisce che le mappature acustiche ed i piani d'azione debbano essere redatti utilizzando i descrittori acustici dello standard europeo tuttavia ad oggi non sono ancora stati emanati i decreti di conversione dei valori limite per gli indicatori nazionali (L_{diurno} e $L_{notturno}$) in valori di L_{den} e L_{night} .

Tuttavia nelle Linee Guida dell'Emilia Romagna approvate con DGR n.1339/2013 è proposta una metodologia di conversione dei limiti dai parametri previsti dallo standard italiano a quelli previsti dallo standard europeo.

Il metodo utilizzato per la conversione dei valori limite è il seguente.

Il valore limite per il livello giorno-sera-notte L_{den} , espresso in decibel ponderati "A", è definito dalla seguente espressione:

$$L_{den,lim} = 10 \log \frac{1}{24} \left(14 * 10^{L_{diurno,lim}/10} + 2 * 10^{(L_{diurno,lim}+5)/10} + 8 * 10^{(L_{notturno,lim}+10)/10} \right) \quad [dB]$$

dove:

- $L_{den,lim}$ è il valore limite del livello giorno-sera-notte (day-evening-night level) L_{den} ;
- $L_{diurno,lim}$ è il valore limite del livello continuo equivalente ponderato "A", in periodo diurno (ore 06-22) secondo la legislazione italiana;
- $L_{notturno,lim}$ è il valore limite del livello continuo equivalente ponderato "A", in periodo notturno (ore 22-06) secondo la legislazione italiana.

Il valore limite per il livello notturno $L_{night,lim}$, espresso in decibel ponderati "A", è posto uguale a limite $L_{notturno,lim}$.

In questo modo sono stati convertiti i limiti vigenti in Italia e riportati di seguito in termini di L_{den} e L_{night} .

Limiti di cui al D.P.C.M. 14/11/1997

Il Comune di Modena ha approvato la prima Classificazione Acustica del territorio comunale unitamente al Piano di Risanamento Acustico con Delibera di Consiglio Comunale n. 29 nel febbraio del 1999.

Nel 2005 la carta della classificazione acustica è stata adeguata ai criteri della DGR 2053/2001 e successivamente è stata oggetto di numerose varianti ed aggiornamenti contestualmente all'adozione-approvazione di varianti specifiche al PSC-POC e per aggiornare lo stato di fatto e di progetto alle modifiche intervenute al tessuto urbano e/o delle infrastrutture di trasporto.

La classificazione acustica del territorio comunale prevede, ai sensi della normativa vigente, una classificazione dello Stato di Fatto, relativa al tessuto urbano esistente, per il quale le previsioni dello strumento urbanistico vigente si intendono sostanzialmente attuate, ed una classificazione dello Stato di Progetto relativa alle aree per le quali lo strumento di pianificazione vigente prevede sostanziali trasformazioni territoriali, urbanistiche e di destinazione d'uso, non ancora attuate e tali da incidere sulla attribuzione delle classi acustiche.

La Classificazione Acustica del Comune di Modena prevede 5 classi acustiche a cui sono associati i relativi limiti (Tabella 3):

Tabella 3: Valori limite assoluti di immissione associati alle classi acustiche del territorio comunale e corrispondenti valori in termini di descrittori europei

Classi di destinazione d'uso del territorio	L _{diurno} (06.00 - 22.00) dB(A)	L _{notturno} (22.00 - 06.00) dB(A)	L _{den} dB(A)	L _{night} dB(A)
I aree particolarmente protette	50	40	50,7	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45	55,7	45
III aree di tipo misto	60	50	60,7	50
IV aree di intensa attività umana	65	55	65,7	55
V aree prevalentemente industriali	70	60	70,7	60

Limiti di cui al D.P.R. 459/1998

Infine i limiti di rumore nell'ambiente esterno per le infrastrutture ferroviarie sono fissati dal D.P.R. 459/1998 all'interno di fasce di pertinenza acustica definite "a partire dalla mezzera dei binari esterni e per ciascun lato" di larghezza pari a 250 m. Nel caso la fascia sia divisa in due parti quella denominata fascia A è la striscia di terreno più vicina all'infrastruttura, della larghezza di m 100, quella denominata fascia B è la striscia di terreno della larghezza di m 150 che parte dal confine della fascia A.

La tabella che segue sintetizza i vari limiti vigenti.

Tabella 4: Valori limite di immissione per le infrastrutture ferroviarie stabiliti dal D.P.R. 459/1998 e corrispondenti valori in termini di descrittori europei

TIPO DI INFRASTRUTTURA	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, Ospedali, case di cura e riposo				Altri ricettori			
		L _{diurno} dB(A)	L _{notturno} dB(A)	L _{den} dB(A)	L _{night} dB(A)	L _{diurno} dB(A)	L _{notturno} dB(A)	L _{den} dB(A)	L _{night} dB(A)
esistente	100 (fascia A)	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
	150 (fascia B)	50	40	50,7	40	65	55	65,7	55
di nuova realizzazione con velocità ≤ 200km/h	100 (fascia A)	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
	150 (fascia B)	50	40	50,7	40	65	55	65,7	55
di nuova realizzazione con velocità > 200km/h	250	50	40	50,7	40	65	55	65,7	55

* per le scuole vale solo il limite diurno

Limiti di cui al D.P.R. 142/2004

I limiti di rumore nell'ambiente esterno per le infrastrutture stradali sono fissati dal D.P.R. 142/2004 all'interno di fasce di pertinenza acustica definite come “*striscia di terreno misurata in proiezione orizzontale, per ciascun lato dell'infrastruttura, a partire dal confine stradale*”. Nel caso la fascia sia divisa in due parti quella denominata fascia A è la striscia di terreno, per ciascun lato dell'infrastruttura, che parte dal confine stradale, quella denominata fascia B è la striscia di terreno, per ciascun lato dell'infrastruttura, che parte dal confine della fascia A.

La tabella che segue riporta i limiti vigenti per le infrastrutture viarie esistenti.

Tabella 5: Valori limite di immissione per le strade esistenti e assimilabili stabiliti dal D.P.R. 142/2004 e corrispondenti valori in termini di descrittori europei

TIPO DI STRADA (secondo codice della strada, Norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole*, Ospedali, case di cura e riposo				Altri ricettori			
		L _{diurno} dB(A)	L _{notturno} dB(A)	L _{den} dB(A)	L _{night} dB(A)	L _{diurno} dB(A)	L _{notturno} dB(A)	L _{den} dB(A)	L _{night} dB(A)
A – autostrada	100 (fascia A)	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
	150 (fascia B)					65	55	65,7	55
B – extraurbana principale	100 (fascia A)	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
	150 (fascia B)					65	55	65,7	55
C – extraurbana secondaria Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
	150 (fascia B)					65	55	65,7	55
C – extraurbana secondaria Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
	50 (fascia B)					65	55	65,7	55
D – urbana di scorrimento Da (Strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	50,7	40	70	60	70,7	60
D – urbana di scorrimento Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	50,7	40	65	55	65,7	55
E – urbana di quartiere	30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati nella tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995							
F – locale	30								

* per le scuole vale solo il limite diurno

5 Programmi di contenimento del rumore

Il Comune di Modena ha cominciato ad attuare azioni di riduzione dell'inquinamento acustico a partire dal 1995 ponendo in opera diversi interventi di mitigazione a lato delle principali infrastrutture stradali presenti sul territorio. Successivamente, con Deliberazione del Consiglio Comunale di Modena n.29 del 22/02/1999, è stato approvato il Piano di Risanamento Acustico del territorio comunale. Il Piano di Risanamento, oltre alla realizzazione di altri schermi acustici per la protezione dal rumore stradale, prevedeva un programma di miglioramento delle condizioni acustiche delle pertinenze degli edifici scolastici, l'applicazione di asfalti a bassa rumorosità in sostituzione dei normali conglomerati bituminosi nonché l'adozione di ZONE30 a bassa velocità. Infine, con Delibera di Giunta n. 663 del 29/11/2016, il Comune di Modena ha approvato il Piano d'Azione dell'Agglomerato di Modena, ai sensi del Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194 avente come obiettivo generale la riduzione del numero di abitanti esposti a livelli elevati di rumore. Il Piano d'Azione approvato contempla a sua volta diversi provvedimenti di varia natura, quali veri e propri interventi di mitigazione acustica ma anche interventi di pianificazione urbanistica o sulla mobilità il cui orizzonte temporale per il raggiungimento degli obiettivi è stato fissato al 2017.

Si riporta di seguito una sintetica descrizione degli interventi di contenimento del rumore, suddivisi per diverse tipologie, attuati nell'Agglomerato di Modena prima e dopo l'approvazione del Piano d'Azione ai sensi del DLgs. 194/2005.

5.1 Interventi di contenimento del rumore realizzati prima dell'approvazione del Piano d'Azione

5.1.1. Schermi acustici

Gli interventi di riduzione dell'inquinamento acustico attuati tramite la realizzazione di schermi acustici a bordo strada prima dell'approvazione del Piano d'Azione dell'Agglomerato di Modena sono riconducibili ai seguenti manufatti.

- Via Nuova Estense (corsia nord) - anno 1995, lunghezza 152 m, per la protezione di 30 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra strada Morane e strada Vaciglio;
- Via Nuova Estense (corsia sud) - anno 1995, lunghezza 452 m, per la protezione di 250 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Della Pietra e strada Vaciglio Centro;
- Via Divisione Acqui (lato sud) - anno 1995, lunghezza 341 m, per la protezione di 150 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Stradello Fossa Monda e via Martinelli;
- Viale Leonardo Da Vinci - anno 1995, lunghezza 253 m, per la protezione di un polo scolastico;
- Autostrada A1 (corsia sud) - anno 1995, lunghezza 178 m, la protezione dei residenti di abitazioni poste a nord di strada Cognento;
- Autostrada A1 (corsia sud) - anno 1995, lunghezza 321 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni comprese tra strada Cognento e via Beltrami;
- Autostrada A1 (corsia sud) - anno 1995, lunghezza 350 m, per la protezione dei residenti di abitazioni poste a sud di via Beltrami;
- Viale Salvo D'Acquisto (lato sud) - anno 1995, lunghezza 153 m, per la protezione di 400 abitanti circa residenti delle abitazioni di via Terranova;

-
- Viale Salvo D'Acquisto (lato nord) - anno 1995, lunghezza 230 m, per la protezione di 100 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra strada Morane e via Pallanza;
 - Via Pavia (lato nord) - anno 1995, lunghezza 183 m, per la protezione di 50 abitanti circa residenti delle abitazioni di via Legnano;
 - Via Pavia (lato sud) - anno 1995, lunghezza 120 m, per la protezione di 20 abitanti circa residenti delle abitazioni stradello Medici-Caula;
 - Tangenziale Sud Neruda (lato sud) - anno 1995, lunghezza 140 m, per la protezione dell'Istituto Scolastico "Don Milani";
 - Viale Salvo D'Acquisto (lato nord) - anno 1995, lunghezza 80 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni di via Pallanza;
 - Via Nuova Estense (corsia sud) - anno 1995, lunghezza 48 m, per la protezione di 10 abitanti circa residenti delle abitazioni di strada Vaciglio Centro;
 - Tangenziale Nord Pasternak (corsia sud) - anno 1996, lunghezza 363 m, per la protezione di 300 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Divisione Acqui e via Cilea;
 - Tangenziale Nord Pasternak (corsia nord) - anno 1996, lunghezza 260 m, per la protezione di 100 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Divisione Acqui e il cavalcaferrovia RFI;
 - Tangenziale Nord Carducci (corsia sud) - anno 1996, lunghezza 300 m, per la protezione di 150 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Cervino e la ferrovia dismessa Modena-Mirandola;
 - Tangenziale Nord Carducci (corsia sud) - anno 1996, lunghezza 454 m, per la protezione di 150 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Cervino e il canale Naviglio;
 - Tangenziale Nord Carducci (corsia sud) - anno 1996, lunghezza 268 m, per la protezione di 250 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra il canale Naviglio e via Del Mercato;
 - Tangenziale Nord Carducci (corsia nord) - anno 1996, lunghezza 200 m, per la protezione di 20 abitanti circa residenti delle abitazioni presso il raccordo con S.S. n.12;
 - Tangenziale Nord Pirandello (corsia nord) - anno 1996, lunghezza 250 m, per la protezione di 200 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Regina Pedena Nord e il canale di Freto;
 - Tangenziale Nord Pirandello (corsia sud) - anno 1996, lunghezza 80 m, per la protezione di 10 abitanti circa residenti delle abitazioni presso stradello Anesino Sud;
 - Viale Salvo D'Acquisto (lato nord) - anno 1996, lunghezza 700 m, per la protezione di 300 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Fratelli Rosselli e il Parco Della Repubblica;
 - Viale Salvo D'Acquisto (lato sud) - anno 1996, lunghezza 143 m, la protezione di 400 abitanti circa residenti delle abitazioni di via Arezzo;
 - Via Zucchi (lato est) - anno 1996, lunghezza 88 m, per la protezione di 100 abitanti circa residenti delle abitazioni di via Marianini;
 - Tangenziale Nord Pirandello (corsia nord) - anno 1996, lunghezza 90 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni di strada Barchetta;
-

-
- Via Nuova Estense (corsia sud) - anno 1997, lunghezza 160 m, per la protezione di 20 abitanti circa residenti delle abitazioni poste in prossimità di via Della Pietra;
 - Via Gazzotti (lato nord) - anno 1997, lunghezza 170 m, per la protezione di 20 abitanti circa residenti delle abitazioni di via Gazzotti.
 - Viale Italia (corsia nord) - anno 1998, lunghezza 330 m, per la protezione dell'Istituto Scolastico "Cattaneo";
 - Viale Italia (corsia sud) - anno 1998, lunghezza 150 m, per la protezione dell'Istituto Scolastico "Guarini";
 - Viale Italia (corsia sud) - anno 1998, lunghezza 122 m, per la protezione di 20 abitanti circa residenti delle abitazioni poste in prossimità di via Schiocchi;
 - Via Nuova Estense (corsia sud) - anno 1998, lunghezza 100 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni comprese tra da via Vignolese a via Silvati;
 - Viale Salvo D'Acquisto (lato nord) - anno 1998, lunghezza 240 m, per la protezione dell'area Parco Della Repubblica;
 - Ferrovia Modena-Verona (lato est) - anno 1999, lunghezza 360 m, per la protezione di 150 abitanti circa residenti delle abitazioni di stradello Capitani;
 - Raccordo stradale casello ingresso A1 - Modena Nord - anno 2000, lunghezza 180 m, altezza 3 m, costo complessivo di 87.890€ per la protezione di circa 10 abitanti residenti delle abitazioni adiacenti al raccordo;
 - Viale Salvo D'Acquisto (lato sud) - anno 2000, lunghezza 450 m, altezza 6 m per la protezione di 60 abitanti circa residenti delle abitazioni comprese tra via Reggio Emilia e via Faenza;
 - Tangenziale Nord Pasternak (corsia nord) - anno 2001, lunghezza 113, altezza 5 m, costo complessivo di 203.885€ per la protezione di 70 abitanti circa residenti delle abitazioni prossime allo svincolo con via Respighi;
 - Cavalcaferrovia di Via Ciro Menotti (lato ovest) - anno 2002, lunghezza 165 m, altezza 3 m, costo complessivo di 166.332€ per la protezione di circa 130 abitanti residenti delle abitazioni prossime al cavalca ferrovia;
 - Tangenziale Sud Neruda (lato nord e sud) - anno 2002, lunghezza 252,5 m, altezza tra 2,5-4 m, costo complessivo di 282.925€ per la protezione di circa 50 abitanti residenti delle abitazioni di via Linneo e di via Pantanelli;
 - Cavalcaferrovia di Viale Cialdini (lato est e ovest) - anno 2003, lunghezza 320 m, altezza 3 m, costo complessivo di 438.514€ per la protezione di circa 50 abitanti residenti delle abitazioni di via Cialdini;
 - Strada Contrada (lato nord) - anno 2003, lunghezza 200 m, altezza 3 m per la protezione di circa 20 abitanti residenti delle abitazioni di via Pienza;
 - Tangenziale Nord Pasternak (corsia sud) - anno 2005, lunghezza 515 m, altezza tra 4-7 m, costo complessivo di 1.100.000€ per la protezione di circa 300 abitanti residenti delle abitazioni collocate presso lo svincolo di via Nonantolana (Strada Provinciale n.255);
 - Via Nuova Estense (corsia nord) - anno 2006, lunghezza 240 m, altezza tra 3-4 m, costo complessivo di 892.370€ per la protezione di circa 60 abitanti residenti delle abitazioni collocate presso la rotatoria di Vaciglio (tratto 1 e 2);
-

- Via Nuova Estense (corsia nord) - anno 2006, lunghezza 85 m, altezza 4 m, costo complessivo di 296.000€ per la protezione di circa 20 abitanti residenti delle abitazioni collocate presso la rotatoria di Vaciglio (tratto 3);
- Tangenziale Nord Carducci - anno 2006, lunghezza 290 m, altezza tra 5-6 m, costo complessivo di 758.000€ per la protezione di circa 250 abitanti residenti delle abitazioni comprese tra il canale Naviglio e via Del Mercato (sostituzione della barriera naturale presente prima dell'approvazione del Piano di Risanamento Acustico);
- Viale La Marmora (lato est) - lunghezza 410 m, anno 2008, altezza tra 4-5 m, costo complessivo di 602.250€ per la protezione di circa 320 abitanti residenti delle abitazioni collocate presso via Ariosto, Via Croce e Via Boccaccio;
- Strada Nazionale per Carpi Nord (lato sud) - anno 2009, lunghezza 413 m, altezza tra 3-4 m, costo complessivo di 796.843€ per la protezione di circa 100 abitanti residenti delle abitazioni collocate presso la località San Pancrazio;
- Tangenziale Nord Carducci - anno 2009, lunghezza 321 m, altezza 3 m, costo complessivo di 406.000€ per la protezione di circa 20 abitanti residenti delle abitazioni collocate presso il cavalcavia di Via Albareto.

5.1.2. Asfalti a bassa rumorosità

Gli interventi di riduzione dell'inquinamento acustico attuati dal Comune di Modena tramite l'applicazione di asfalti a bassa rumorosità sono stati realizzati unicamente in corrispondenza di infrastrutture gestite dal Comune di Modena. L'uso di asfalti a bassa rumorosità su strade urbane costituisce una strategia di riduzione del rumore, apprezzabile dalla popolazione, nelle situazioni dove non è possibile intervenire con altre tipologie di azioni di risanamento.

- Via Emilia Ovest - Applicazione asfalto anno 2003 su un tratto stradale della lunghezza di circa 500 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Tassoni - Applicazione asfalto anno 2004 su un tratto stradale della lunghezza di circa 800 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Storchi - Applicazione asfalto anno 2005 su un tratto stradale della lunghezza di circa 550 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Reiter - Applicazione asfalto anno 2006 su un tratto stradale della lunghezza di circa 600 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Monte Kosica - Applicazione asfalto anno 2006 su un tratto stradale della lunghezza di circa 300 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Muratori - Applicazione asfalto anno 2006 su un tratto stradale della lunghezza di circa 700 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Strada Albareto (presso frazione Albareto) - Applicazione asfalto anno 2006 su un tratto stradale della lunghezza di circa 900 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Fratelli Rosselli - Applicazione asfalto anno 2006 su un tratto stradale della lunghezza di circa 900 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;

- Via Nuova Estense (tratto tra strada Morane e strada Contrada) - Applicazione asfalto anno 2006 su un tratto stradale della lunghezza di circa 900 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Via Delle Suore - Applicazione asfalto anno 2007 su un tratto stradale della lunghezza di circa 400 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Barozzi - Applicazione asfalto anno 2008 su un tratto stradale della lunghezza di circa 800 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Via Divisione Acqui - Applicazione asfalto anno 2008 su un tratto stradale della lunghezza di circa 700 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Via San Faustino - Applicazione asfalto anno 2009 su un tratto stradale della lunghezza di circa 400 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Tangenziale Nord Carducci - Applicazione asfalto anno 2009, riasfaltamento completo dell'infrastruttura per una lunghezza di circa 5000 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale;
- Viale Italia - Applicazione asfalto anno 2010 su un tratto stradale della lunghezza di circa 800 m, per la protezione dei residenti delle abitazioni prospicienti l'infrastruttura stradale.

5.1.3. Zona 30

Gli interventi di riduzione dell'inquinamento acustico conseguiti attuati dal Comune di Modena tramite l'adozione di ZONE30 a bassa velocità di attraversamento sono i seguenti:

- Via Ribera - Zona30 (anno 2000) su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 9100 m lineari, il macro intervento coinvolge anche gli assi di via Zoboli, via Cimabue e via Marinetti, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Zamenhof - Zona30 (anno 2000) su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 2500 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Barchetta - Zona30 (anno 2002) su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 2500 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento.
- Area del Centro Storico di Modena - Zona30 anno 2013 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 23.000 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Cimone - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 2350 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Firenze - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 2600 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Guareschi (località Cognento) - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 2200 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Paganine (località Paganine) - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 1000 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Albareto (località Albareto) - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 3800 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;

- Via Maestri del Lavoro - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 4000 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Mantegna - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 5700 m lineari, il macro intervento coinvolge anche gli assi di via Cividale, via Pelloni e via Gemona, per la protezione dei residenti dell'area di intervento;
- Via Borsellino - Zona30 su una rete stradale della lunghezza complessiva di circa 2000 m lineari, per la protezione dei residenti dell'area di intervento.

5.1.4. Sostituzione serramenti edifici scolastici

Il Comune di Modena garantisce la manutenzione ordinaria a circa 100 edifici ad uso scolastico di diverso ordine e grado, comprendendo quindi nidi, materne, elementari e medie. Di questi edifici solamente 33 sono di proprietà comunale per i quali viene garantita la manutenzione anche straordinaria mentre i rimanenti sono scuole statali la cui manutenzione ordinaria è stata posta in capo all'amministrazione comunale.

La sostituzione dei serramenti con infissi moderni e performanti nei confronti dell'abbattimento del rumore è stata effettuata sulla quasi totalità dei 33 edifici ad uso scolastico di proprietà comunale mentre per i fabbricati ad uso scolastico di proprietà statale gli infissi devono essere sostituiti per circa il 30% delle strutture.

5.2 Interventi di contenimento del rumore realizzati successivamente all'approvazione del Piano d'Azione

5.2.1. Schermi acustici

Per quanto concerne la realizzazione di schermi acustici a lato di infrastrutture stradali il Piano d'Azione dell'Agglomerato di Modena, approvato con Delibera di Giunta n. 663 del 29/11/2016, prevede la realizzazione di un unico intervento denominato "1-Capitani". L'intervento consiste nell'inserimento di una barriera antirumore a bordo della corsia nord della Tangenziale L. Pirandello.

L'attuazione dell'intervento, per il quale è stata elaborata la progettazione esecutiva, è programmata entro la fine del 2017.

5.2.2. Asfalti a bassa rumorosità

Gli interventi di riduzione dell'inquinamento acustico, previsti dal Piano d'Azione, attuati tramite l'applicazione di asfalti a bassa rumorosità sono stati tutti realizzati. In particolare sono stati realizzati gli interventi denominati:

- 4-Vignolese, intervento di asfaltatura che prevedeva inoltre la realizzazione di una Zona 30 ricompresa tra gli assi viari principali di Strada Vignolese, di Strada Vaciglio, di Via della Pietra e di Strada Bellaria;
- 7-Ribera, intervento di asfaltatura che prevedeva inoltre la realizzazione di una Zona 30 ricompresa tra gli assi viari principali di Via Giardini, Viale Amendola, Via Panni;
- 9-Campi, intervento di asfaltatura che prevedeva, nell'ambito di una vasta ristrutturazione edilizia privata, la sostituzione di una parte dei vecchi infissi del Policlinico di Modena;
- 10-Amendola, intervento di asfaltatura di Viale Amendola;
- 11-Canaletto, intervento di asfaltatura di un tratto di Strada Canaletto Nord;
- 12-Vignolese 2; intervento di asfaltatura di un tratto di Via Vignolese.

5.2.3. *Zone 30*

Gli interventi di riduzione dell'inquinamento acustico, previsti dal Piano d'Azione, attuati tramite l'adozione di Zone 30 a bassa velocità di attraversamento sono stati tutti realizzati. In particolare sono stati realizzati gli interventi denominati:

- 2-Centro storico, l'area, già zona a traffico limitato (ZTL), in cui l'accesso e la circolazione dei veicoli a motore è consentito solo ai residenti e a particolari categorie di veicoli in orari prestabiliti;
- 3-Torrazzi, zona del quartiere "Torrazzi" ricompresa tra gli assi viari principali di Strada Albareto, di Via Nonantolana e della Tangenziale Nord Giosuè Carducci;
- 4-Vignolese, adozione di Zona 30 ricompresa tra gli assi viari principali di Strada Vignolese, di Strada Vaciglio, di Via della Pietra e di Strada Bellaria. L'intervento prevedeva inoltre la riasfaltatura di un tratto di Via Vignolese con asfalto a bassa rumorosità;
- 5-Sacca, adozione di Zona 30 ricompresa tra gli assi viari principali di Viale La Marmora, di Strada Canaletto Sud, di Via delle Suore e di Strada Sant'Anna;
- 6-Cogmento, adozione di Zona 30 ricompresa tra gli assi viari principali dell'Autostrada A1, Via Guareschi, Via Jacopo Da Porto Sud e Strada Cogmento;
- 7-Ribera, adozione di Zona 30 ricompresa ricompresa tra gli assi viari principali di Via Giardini, Viale Amendola, Via Panni.

5.2.4. *Piste ciclabili in sede*

Per quanto concerne la realizzazione di piste ciclabili in sede propria il Piano d'Azione dell'Agglomerato di Modena prevede la realizzazione di un intervento denominato "8-Giardini/Barozzi". L'intervento previsto consiste nella realizzazione di due piste ciclabili in affiancamento a due tratti di importanti direttrici stradali; Via Giardini e Via Barozzi.

La pista ciclabile di Via Giardini è stata realizzata la pista ciclabile di Via Barozzi è di prossima attuazione.

5.3 **Interventi di contenimento del rumore realizzati da altri gestori**

La Mappatura Strategica relativa all'Agglomerato di Modena deve tener conto anche dei contributi acustici generati dalle infrastrutture di trasporto presenti sul territorio in gestione a enti diversi dal Comune di Modena.

Si riporta di seguito l'elenco degli interventi di contenimento del rumore, suddivisi per tipologia di infrastruttura, attuati nell'Agglomerato di Modena dai diversi gestori di infrastrutture di trasporto.

Per quanto concerne il sistema delle autostrade si evidenzia che nell'agglomerato di Modena è presente il tratto dell'Autostrada A1, indicativamente compreso tra le progressive km 156 e km 171, in gestione ad Autostrade per l'Italia SpA.

L'intera tratta autostradale è stata interessata dall'ampliamento dell'infrastruttura con la realizzazione della quarta corsia di marcia per ciascuna delle carreggiate; il progetto di ampliamento dell'infrastruttura è stato preventivamente sottoposto al procedimento di Valutazione d'Impatto Ambientale conclusosi con il Decreto VIA n. 4903 del 24/05/2000. Nell'ambito di tale procedimento sono stati esaminati da parte degli enti competenti gli impatti dell'opera sulle diverse matrici ambientali, tra cui anche l'impatto acustico.

In virtù di tale opera di ampliamento sono stati contestualmente realizzati diversi interventi di mitigazione acustica riconducibili a barriere acustiche a bordo dell'infrastruttura per un totale di oltre 5000m lineari di lunghezza complessiva.

Per quanto concerne il sistema delle strade statali in gestione ad ANAS SpA si evidenzia che le infrastrutture che interessano l'Agglomerato di Modena sono costituite da:

- tratti periurbani di Via Emilia Est e di Via Emilia Ovest (SS9);
- tratti periurbani di Strada Bellaria, di Strada Nuova Estense e di Strada Nazionale Canaletto Nord (SS12);
- tratti di competenza delle Tangenziali di Modena ovvero parti della Tangenziale Nord Luigi Pirandello, della Tangenziale Sud Mistral e relativo raccordo con la Strada Modena-Sassuolo (denominati NSA72) e Tangenziale Complanare Luigi Einaudi (denominata NSA72DIR).

Gli interventi realizzati sulle infrastrutture stradali che attraversano l'Agglomerato di Modena sono riconducibili ai seguenti casi:

- barriera acustica posta a lato della Tangenziale Nord Luigi Pirandello in prossimità dello svincolo con Strada Nazionale Canaletto Nord (SS12), per una lunghezza complessiva di circa 180m;
- barriere acustiche poste a lato della Tangenziale Complanare Luigi Einaudi per una lunghezza complessiva di circa 1500m.

Per quanto concerne il sistema delle strade provinciali in gestione all'ente Provincia di Modena si evidenzia che le infrastrutture che interessano l'agglomerato di Modena sono costituite da:

- tratto periurbano della Strada Modena-Sassuolo;
- tratto periurbano della SP 255 San Matteo della Decima;
- tratto periurbano della SP 413 Romana;
- tratto periurbano della SP 486 di Montefiorino;
- tratto periurbano della SP 623 del Passo Brasa-SP 16 di Castelnuovo Rangone;
- tratto periurbano della SP 1 Sorbarese;
- tratto periurbano della SP 13 Campogalliano.

Gli interventi realizzati sulle infrastrutture stradali che attraversano l'Agglomerato di Modena sono riconducibili ai seguenti casi:

- sul tratto periurbano della SP 255 San Matteo della Decima (IT_a_rd0053002), la realizzazione del nuovo tracciato della variante Tangenziale Rabin già dotata di barriere antirumore per una lunghezza complessiva di circa 300m;
- sul tratto periurbano della SP 413 Romana (IT_a_rd0053003), la stesura di asfalto fonoassorbente monostrato in località Ganaceto, per complessivi 960m e superficie 7680m², e in località Lesignana, per complessivi 785m e superficie 6280m².

Per quanto concerne il sistema ferroviario le infrastrutture che interessano l'agglomerato di Modena sono costituite da:

1. tratto della linea Alta Velocità, posto a nord del territorio comunale di Modena, indicativamente compreso tra il Fiume Panaro a est (zona Navicello) e l'asse della SP 13 Campogalliano a ovest;
2. linea storica Milano-Bologna, che attraversa l'agglomerato di Modena in direzione est-ovest, è stato per comodità di descrizione suddiviso nei seguenti tratti:
 - a) tratto compreso tra il quartiere Modena Est e il Cimitero San Cataldo;
 - b) nuovo tratto compreso tra il Cimitero San Cataldo e la progressiva 47+146.956;
 - c) tratto compreso tra la progressiva 47+146.956 e il Ponte sul Fiume Secchia.
3. linea ferroviaria Modena-Mantova che attraversa l'agglomerato di Modena in direzione nord-sud, tratto compreso tra la progressiva 37+903.940 e il confine nord del territorio comunale di Modena.

1. Linea Alta Velocità

I lavori per la costruzione del tratto della linea Alta Velocità sono iniziati nell'anno 2000. Il progetto della linea ferroviaria è stato approvato tramite l'istituto della Conferenza dei Servizi attraverso un Decreto del Ministro dei Trasporti n. 751(52)/TAV4 del 08/07/1998. Nell'ambito di tale procedimento sono stati esaminati da parte degli enti competenti gli impatti dell'opera sulle diverse matrici ambientali, tra cui anche l'impatto acustico. Sono quindi state prescritte e poi realizzate preliminarmente alla messa in esercizio dell'infrastruttura ferroviaria, anche le opere di mitigazione necessarie al rispetto dei limiti di legge vigenti.

2. Linea Storica Milano-Bologna

Il nuovo tratto ferroviario compreso tra il Cimitero San Cataldo e la progressiva 47+146.956 della linea storica Milano-Bologna, che attraversa l'agglomerato di Modena in direzione est-ovest, è entrato in esercizio a partire dall'anno 2015. Le mitigazioni acustiche relative a tale tratto di linea ferroviaria sono state dimensionate attraverso uno studio di previsione di impatto acustico denominato *“Raddoppio linea Modena-Soliera, rilocalizzazione Linea Storica MI-BO, 3° binario e bretella merci Villanova-Marzaglia”*. Anche in questo caso le mitigazioni sono state realizzate preliminarmente alla messa in esercizio del nuovo tratto dell'infrastruttura ferroviaria.

Gli interventi di risanamento acustico effettuati nel tratto linea compreso tra il quartiere Modena Est e il Cimitero San Cataldo sono stati previsti nello studio di previsione di impatto acustico *“Progettazione acustica bonifica linea storica Bologna-Milano km 32+000÷km 38+100 Area Urbana di Modena”*, prodotto da RFI nell'anno 2009. In particolare, sono stati realizzati due degli interventi previsti nello studio, due barriere antirumore per complessivi 975m di lunghezza lineare (450m+525m). Tali manufatti non sono stati simulati nell'aggiornamento della mappa acustica fornita dal gestore ferroviario pertanto, i livelli sonori simulati relativamente a tale tipologia di infrastruttura, risultano complessivamente sovrastimati. Il gestore è stato formalmente informato di tale imprecisione che provvederà a correggere nei prossimi aggiornamenti degli elaborati.

Nessun nuovo intervento di mitigazione acustica è stato realizzato nel restante tratto di linea ferroviaria storica compreso tra la progressiva 47+146.956 e il Ponte sul Fiume Secchia. Si rammenta che per tale tratto gli interventi di mitigazione sono previsti dal Piano degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore redatto da Rete Ferroviaria Italiana ai sensi del DM Ambiente 29/11/2000.

3. Linea Modena Mantova

Il tratto della linea Modena-Mantova compreso tra la progressiva 37+903.940 e il confine nord del territorio comunale di Modena, punto 3, è stato recentemente raddoppiato. Le mitigazioni acustiche relative a tale tratto di linea ferroviaria sono state dimensionate attraverso uno studio di previsione di impatto acustico denominato “*Raddoppio linea Modena-Soliera, rilocalizzazione Linea Storica MI-BO, 3° binario e bretella merci Villanova-Marzaglia*”. Le mitigazioni sono quindi state realizzate preliminarmente alla messa in esercizio della nuova infrastruttura ferroviaria.

6 Metodi di calcolo e modelli applicati

In base a quanto richiesto dal D.Lgs. n.194 del 19/08/2005, quale recepimento ed attuazione della Direttiva Europea 2002/49/CE, il Comune di Modena, identificato come agglomerato, ha l’obbligo di provvedere alla mappatura acustica relativamente alle sorgenti rumorose presenti sul proprio territorio, in particolare infrastrutture viarie e attività industriali.

La normativa vigente prevede l’utilizzo di modelli di calcolo, al fine di prevedere i livelli acustici generati. Lo standard utilizzato per simulare il rumore da traffico stradale è il metodo di calcolo ufficiale francese XPS 31-133, mentre per il rumore industriale si è applicato il metodo ISO 9613 per le sorgenti areali. Entrambi questi standards sono raccomandati dalla direttiva 2002/49/CE e dalla raccomandazione 2003/613/CE della Commissione delle Comunità Europee.

Le mappe acustiche e la mappatura strategica dell’agglomerato di Modena sono state realizzate con l’ausilio di un software previsionale per l’acustica in ambiente esterno, IMMI ver. 6.3, prodotto dalla casa tedesca Wölfel Meb-Systeme & Software GmbH, nel quale sono implementati i metodi standard consigliati.

Nell’elaborazione delle mappe si è tenuto conto delle ‘Linee Guida per l’elaborazione delle mappe acustiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati delle Regione Emilia-Romagna’ a cura del Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico della Regione ER.

Le linee guida suddette fanno, inoltre, riferimento al documento ‘Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure’ (WG-AEN/2007), che fornisce alcuni strumenti e suggerimenti su come reperire i dati di ingresso o sopperire alla loro mancanza, dando anche utili suggerimenti su come valutare le incertezze delle ipotesi assunte.

6.1 SORGENTI

6.1.1. Rumore Stradale

Tutti i dati di input utilizzati sono stati forniti dal comune o ottenuti elaborando le informazioni a disposizione e basandosi sulla conoscenza del territorio in accordo con il comune stesso, nei modi descritti nel seguito.

Volumi di traffico nei tre periodi di riferimento normativi

Seguendo le indicazioni del decreto legislativo n.194 del 2005, i descrittori acustici risultanti dalla simulazione, devono rappresentare il livello di rumore continuo equivalente a lungo termine. Di conseguenza, i flussi da immettere nella simulazione (flussi medi orari) devono essere rappresentativi, nei 3 periodi di interesse (giorno, sera, notte), di un anno solare; questo comporta una “mediazione” della situazione reale, in quanto i flussi veicolari possono variare

anche sensibilmente nell'arco di un anno e dipendono da fattori quali giorno della settimana, apertura o meno di scuole/uffici, attività straordinarie come mercati, blocchi del traffico, ecc. Il dato utilizzato nella simulazione è stato quindi ottenuto da diverse elaborazioni finalizzate a valutare un flusso medio annuale, comprensivo anche del sabato e della domenica, giorni in cui i flussi di traffico variano sensibilmente rispetto alle altre giornate.

Gli archi stradali principali e relativi flussi (anno di riferimento 2016) sono stati forniti dal Servizio Mobilità del Comune di Modena; ad ogni arco stradale è associata l'informazione dei volumi di traffico (numero di veicoli leggeri e pesanti) relativi all'ora di punta mattutina (dalle 7.45 alle 8.45).

Queste informazioni, risultanti dal modello di simulazione del traffico VISUM, presentano alcuni limiti:

- i flussi si riferiscono soltanto alle strade principali del territorio comunale, , comprendendo sia assi di competenza del comune, sia tratti di competenza di A.N.A.S. e Provincia: mancando i percorsi a minor traffico, i flussi sugli archi stradali potrebbero essere affetti da una sovrastima in quanto, a parità di movimenti, si hanno meno percorsi utilizzabili;
- assenza dei flussi relativi all'autostrada e al trasporto pubblico, che sono stati stimati con un procedimento apposito;
- assenza dei flussi relativi al centro storico di Modena in quanto i dati forniti in input al modello di traffico utilizzato non hanno permesso di simulare correttamente gli spostamenti in una zona a traffico limitato.

Partendo dai dati relativi all'ora di punta mattutina, sono stati ricavati coefficienti di proporzionalità tra questi flussi e quelli relativi ai periodi giorno (dalle 6 alle 20), sera (dalle 20 alle 22) e notte (dalle 22 alle 6), per ottenere il dato di input richiesto dal modello XPS 31-133 implementato in IMMI. Questa operazione è stata eseguita elaborando misure di traffico in continuo, svolte su periodi di diversi giorni, in particolare:

- 9 misure extraurbane eseguite dalla Provincia di Modena
- 18 misure urbane eseguite dal Comune di Modena.

Analizzando la localizzazione delle misure di traffico, è stato scelto di calcolare i coefficienti di proporzionalità come media dei valori ottenuti per quattro tipologie di strada, che corrispondono alla classificazione secondo il Codice della Strada:

- strade urbane (tipo D, E, F): tutte le misure effettuate all'interno dell'anello delle tangenziali, ad eccezione di via Contrada;
- strade extraurbane (tipo C, F): le misure svolte al di fuori dell'anello delle tangenziali e quella su Via Contrada;
- tangenziale (tipo B);
- strada Modena-Sassuolo e complanare (tipo B).

I coefficienti ottenuti (Tabella 6), sono stati moltiplicati per il volume di veicoli dell'ora di punta, al fine di ottenere i flussi per i periodi giorno, sera e notte. L'attribuzione dei coefficienti agli archi stradali è stata eseguita basandosi sulla classificazione stradale (secondo il codice della strada) fornita dal comune di Modena.

Tabella 6: Coefficienti per calcolare il dato orario medio nel periodo di riferimento a partire dall'ora di punta mattutina

Tipologia di strada	Coefficiente Q_h/Q_h punta (veicoli leggeri)			Coefficiente Q_h/Q_h punta (veicoli pesanti)		
	6-20	20-22	22-6	6-20	20-22	22-6
Urbana	0.92	0.71	0.26	-	-	-
Extraurbana	0.78	0.87	0.21	0.90	0.34	0.10
Tangenziale	0.80	0.52	0.18	0.88	0.22	0.20
Modena Sassuolo e Complanare	0.61	0.48	0.12	1.03	0.25	0.12

Nel definire il traffico pesante, si è tenuto conto che la maggior parte delle strade interne all'anello delle tangenziali (strade urbane) presentano il divieto di transito per tali mezzi: per tutti questi assi viari è stato perciò considerato un traffico pesante nullo.

I flussi di traffico degli assi viari secondari sono stati ottenuti seguendo l'indicazione del Tool 2.5 della 'Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure' (WG-AEN/2007), come consigliato dalle Linee guida Regionali. È stata concordata una classificazione degli archi, scegliendo tra le definizioni proposte (strade chiuse, strade di servizio, strade di raccolta, strade principali minori), distinguendo tra aree industriali e non: nel primo caso è stato considerato anche un traffico pesante, diurno e notturno, secondo quanto indicato nel Tool 4.5; in tutte le altre aree il traffico pesante degli assi secondari è stato considerato nullo.

I flussi medi orari associati agli assi secondari sono riportati nella seguente Tabella 7.

Tabella 7: Flussi medi orari (Q_h), veicoli leggeri e pesanti, associati agli archi secondari

Tipologia di strada	Veicoli leggeri (veic/ora)			Veicoli pesanti (veic/ora)		
	6-20	20-22	22-6	6-20	20-22	22-6
Strada chiusa	14	13	3	-	-	-
Strada di servizio	29	25	6	-	-	-
Strada di raccolta	58	50	12.5	-	-	-
Strade principali minori	114	100	25	-	-	-
Strada di servizio-area industriale	27	25	6	2	-	-
Strada di raccolta-area industriale	51	47	12	6	3	0.5

Per quanto riguarda il contributo al rumore stradale generato dal traffico veicolare che transita sull'Autostrada A1 gestita da Autostrade per l'Italia S.P.A, il gestore ha trasmesso al Comune di Modena documentazione completa fornendo i livelli acustici degli indicatori L_{den} ed L_{night} sia in formato di isolinee che in formato grid, riferiti alla gestione 2016, all'interno di un corridoio di 250 m per lato a partire dal bordo stradale.

Si è scelto tuttavia di ricostruire la mappa acustica di tale asse viario, utilizzando i dati di traffico forniti dal gestore Autostrade nell'aggiornamento del 2016, in quanto la rumorosità prodotta dall'esercizio dell'infrastruttura autostradale incide anche sui livelli sonori presenti a distanza maggiore di 250m dall'infrastruttura stessa. Operando in questo modo si è inoltre potuto meglio rappresentare le zone di intersezione con la restante viabilità presente sul territorio comunale. I livelli acustici generati dall'infrastruttura così modellizzata sono stati confrontati con quelli riportati nelle mappe acustiche fornite da Autostrade per l'Italia S.P.A verificando la sostanziale corrispondenza degli stessi.

Per quanto riguarda il contributo al rumore stradale generato dal traffico veicolare delle tratte stradali principali, con traffico superiore a 3.000.000 di veicoli all'anno, gestite da ANAS S.p.A., il gestore ha trasmesso una nota con la quale ha comunicato di non aver provveduto ad aggiornare le mappe presentate nel 2011 (riferite alla gestione 2010) in quanto non sono intervenute modifiche alle infrastrutture nel corso degli ultimi anni. Le tratte individuate dal gestore sono: tratti della SS9 via Emilia e della SS12 via Canaletto al di fuori del centro abitato, un breve tratto di Tangenziale.

La documentazione trasmessa nel 2011 da ANAS S.p.A. al Comune di Modena ha fornito i livelli acustici degli indicatori Lden ed Lnight sia in formato di isolinee che in formato grid all'interno di un corridoio di 250 m per lato a partire dal bordo stradale.

Per determinare i livelli acustici determinati dalle infrastrutture stradali gestite da ANAS S.p.A. è stata comunque seguita la stessa procedura descritta per l'infrastruttura autostradale per meglio raccordare i tratti con tutta la viabilità dell'agglomerato. In questo caso sono stati utilizzati si è preferito utilizzare i dati di traffico forniti dal modello VISUM utilizzato dal Comune di Modena al fine di meglio raccordare i tratti con il resto della viabilità dell'agglomerato.

Per quanto riguarda il contributo al rumore stradale generato dal traffico veicolare delle tratte stradali principali, con traffico superiore a 3.000.000 di veicoli all'anno, gestite dalla Provincia di Modena, non è pervenuto al Comune di Modena, da parte del gestore, l'aggiornamento dei dati al 2016. Sono state pertanto considerate le tratte stradali principali individuate dalla Provincia di Modena nella mappatura acustica riferita all'anno 2012. Anche in questo caso sono stati considerati i flussi determinati dal modello VISUM.

Il modello ha infine tenuto conto delle immissioni sonore generate dal traffico del trasporto pubblico su gomma, determinando i percorsi e i flussi degli autobus, sia relativi alle linee urbane che a quelle extraurbane, con apposita elaborazione.

I flussi medi orari nei tre periodi di riferimento, per gli autobus urbani ed extraurbani sono stati calcolati a partire dai dati delle corse, presenti sul sito del gestore SETA S.p.A.; per quanto riguarda i percorsi urbani, essi sono stati digitalizzati a partire dalla mappa delle linee bus, mentre i percorsi extraurbani sono stati forniti in formato shape file dall'Agenzia per la Mobilità di Modena (aMO).

Caratterizzazione delle sorgenti stradali

Per eseguire la simulazione dei livelli acustici prodotti dal traffico veicolare è necessario caratterizzare la sorgente stradale, oltre che con il dato di flusso, anche con la velocità media dei veicoli circolanti, la tipologia di asfalto, i sensi di marcia e la tipologia di flusso.

Per quanto riguarda la velocità, non avendo informazioni sulle reali velocità medie di percorrenza, è stato scelto di utilizzare in generale i limiti imposti dal Codice della Strada e da ordinanze comunali, con alcune eccezioni, evidenziate in azzurro nella Tabella 8. In particolare, per la maggior parte dei tratti della tangenziale è stato scelto di utilizzare 80 km/h invece che 70 km/h (da ordinanza comunale) sulla base di misure relative alle velocità medie reali di percorrenza; inoltre, sono state isolati singolarmente svincoli autostradali, svincoli della tangenziale e rotonde, ed è stato attribuito a questi archi una velocità di 40 km/h.

Infine alle strade urbane è stata attribuita la velocità media di percorrenza di 40 km/h, anziché il limite di 50 km/h, considerando la presenza di frequenti incroci, rotatorie, semafori e rallentamenti dovuti a traffico. Gli assi secondari sono stati considerati come strade di tipo locale urbano.

Tabella 8: Velocità medie attribuite alle infrastrutture stradali

TIPOLOGIA	Velocità media veicoli leggeri (km/h)	Velocità media veicoli pesanti (km/h)
A – Autostrada	130	100
ASV – Svincolo autostradale	40	40
B – Extraurbana principale	80	70
BSV – Svincolo tangenziale	40	40
C – Extraurbana secondaria	70	70
D – Urbana a scorrimento	50	50
D – Urbana a scorrimento veloce	50	50
E – Urbana	40	40
F – Locale extraurbana	70	70
F – Locale urbana	40	40
F – Vicinale	50	50
Z30 – E – Urbana	30	30
Z30 – F - Locale urbana	30	30

Ogni arco stradale è stato caratterizzato dalla tipologia di asfalto (normale o fonoassorbente) e dal numero di corsie (tutte le strade sono state considerate come un'unica sorgente lineare pur avendo due corsie, una per ciascun senso di marcia, tranne che le strade di tipo A e B, per le quali è stata inserita una sorgente lineare per ciascuna corsia) in base alle indicazioni fornite dal Comune di Modena.

Infine, è stato deciso di simulare tutte le sorgenti con un flusso continuo, al fine di ottenere una situazione media del traffico.

Sono stati, infine, modellizzati i principali cavalcavia e sottopassi, al fine di rappresentare al meglio la realtà.

6.1.2. Major roads

In analogia a quanto fatto nella precedente mappatura acustica, sono state considerate come major roads le strade con più di 3 milioni di veicoli all'anno di competenza non comunale: autostrada A1, strade di competenza ANAS S.p.A. (tratti della via Emilia, Strada Canaletto e Strada Estense al di fuori del centro abitato di Modena; alcuni tratti di tangenziale), strade di competenza provinciale (Asse Viario Modena – Sassuolo, SP 255 di S. Matteo della Decima [Nonantolana], SP 413 – Romana [Nazionale per Carpi], SP 486 di Montefiorino [Giardini], SP 623 del Passo Brasa [Vignolese], Tangenziale Rabin).

6.1.3. Rumore ferroviario

Per quanto riguarda il rumore ferroviario, il gestore degli assi ferroviari principali su cui transitano più di 30.000 convogli all'anno relativamente all'Agglomerato di Modena, RFI S.p.A.,

ha trasmesso al Comune di Modena la documentazione dell'aggiornamento della mappatura acustica riferita all'esercizio ferroviario relativo all'anno 2015.

La documentazione pervenuta contiene tuttavia delle imprecisioni: la simulazione modellistica infatti vede la contemporanea presenza del vecchio tracciato della linea storica Milano-Bologna, oggi completamente dismesso, e del nuovo tracciato in esercizio dal 2015, posto più a nord rispetto alla vecchia tratta. Dall'analisi delle isofone trasmesse dal gestore si evince chiaramente che la simulazione ha considerato, erroneamente, le due tratte come se fossero in funzione contemporaneamente, considerando in sostanza un numero doppio di convogli rispetto a quello circolante sulla linea.

Inoltre non è stata consegnata la simulazione modellistica dell'asse ferroviario Alta Velocità Milano-Bologna benché nel Data Flow IT_a_DF5_2016_AGG_MODENA.xls trasmesso dal gestore sia riportato per tale asse un numero di treni/anno superiore a 41.500.

Infine la simulazione dei livelli acustici stimati da RFI per la linea storica Milano-Bologna rilocata non ha tenuto conto della schermatura dovuta agli edifici presenti nella fascia dei 500 m considerata, né delle caratteristiche strutturali adottate nella costruzione della linea stessa (un tratto è stato realizzato in trincea e uno in galleria), né della presenza delle barriere acustiche già realizzate.

Non potendo implementare il modello di simulazione da traffico ferroviario si è scelto di costruire, sulla base dei punti georeferenziati trasmessi da RFI ai quali sono associati i livelli acustici degli indicatori L_{den} ed L_{night} , un grid di punti utilizzando i dati trasmessi dal gestore riferiti al 2015 e purati dai dati riferiti al tratto di linea storica dismessa e aggiungendo i dati relativi alla tratta Alta Velocità consegnati per la mappatura strategica riferita al 2011, nonostante i flussi ferroviari riferiti a questa tratta siano circa la metà di quelli assegnati all'esercizio 2015.

La scelta adottata ha comportato comunque delle stime errate: i livelli sonori della mappa acustica riferita al rumore ferroviario risultano infatti complessivamente sovrastimati lungo il tratto della ferrovia storica Milano-Bologna rilocata e sottostimata lungo l'asse ferroviario Alta Velocità Milano – Bologna.

6.1.4. Rumore Industriale

Dati di emissione e caratterizzazione delle sorgenti industriali

Nell'agglomerato di Modena ci sono diverse aree a destinazione prevalentemente industriale, dove le attività svolte sono soprattutto di tipo artigianale e piccola industria.

Essendo molto difficile reperire l'informazione quantitativa del rumore prodotto dalle singole attività lavorative presenti in ciascuna area industriale di Modena, si è ritenuto di seguire il suggerimento al par. 3.2.4 delle Linee Guida regionali di fare riferimento al Toolkit 10.5 della 'Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and Production of Associated Data on Noise Exposure' (WG-AEN/2007) e considerare come sorgenti industriali le intere aree classificate dal comune in classe acustica V (destinazione prevalentemente industriale), associando alle stesse una potenza superficiale omogenea su tutta l'area.

Rispetto al Tool di cui sopra, si è deciso di considerare delle potenze generalmente più contenute per le aree industriali di Modena, in base ai risultati di misure di 24 h messe a disposizione dal comune ed effettuate dai tecnici comunali nei pressi nell'area artigianale/industriale situata nel Quadrante di Modena Ovest oltre che a misure di rumore tratte dallo studio d'impatto acustico prodotto ai fini del rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale relativa all'esercizio dell'impianto di incenerimento rifiuti presso l'area di via Cavazza.

L'area artigianale/industriale di Modena Ovest rappresenta la tipica area con insediamenti produttivi e artigianali di media dimensione, con attività rumorose all'interno di capannoni, ma anche nelle aree di pertinenza all'esterno degli stessi, prevalentemente funzionanti nel periodo diurno e quasi assenti in quello notturno. Questa è la tipologia di area industriale prevalente nel tessuto urbano di Modena.

L'area di via Cavazza, in particolare la porzione a nord-est, ha invece caratteristiche diverse in quanto all'interno dell'area è presente l'inceneritore di Modena che rappresenta una sorgente di rumore in continuo.

In particolare sono stati considerati due punti di misura nell'area di Modena Ovest e tre punti nell'area di via Cavazza, che per collocazione risultano prevalentemente influenzati dal rumore dovuto alle attività industriali e non al rumore di altre sorgenti, come strade o ferrovia, e da questi si sono ricavati i livelli di potenza sonora areale da associare alle due differenti tipologie di area industriale, effettuando una sorta di taratura, come meglio spiegato nel seguito.

Le aree di classe V individuate nello stato di fatto della zonizzazione acustica vigente sono, quindi, state considerate delle sorgenti areali, poste ad un'altezza di 2 m dal suolo, le cui potenze superficiali ottenute dai rilievi fonometrici sono di seguito riportate.

Tabella 9: Potenza sonora superficiale per le aree industriali nei tre periodi

Periodo di riferimento		Potenza superficiale Aree classe V (L_w/m^2)	Potenza superficiale Area inceneritore (L_w/m^2)
Giorno	(6 - 20)	55	50
Sera	(20 - 22)	50	50
Notte	(22 - 6)	45	50

Tutte le sorgenti industriali sono state modellizzate secondo lo standard ISO 9613-2, così come suggerito dalla raccomandazione Europea e dalle Linee Guida regionali.

6.1.5. Rumore Aereoportuale

Nell'agglomerato non sono presenti aeroporti principali.

6.2 Altri elementi del modello

6.2.1. Edifici

Gli edifici sono un elemento fondamentale da considerare nella simulazione. Infatti, da una parte, riflettono (ed eventualmente assorbono) il rumore emesso dalle sorgenti, dall'altro rappresentano i ricettori dove è localizzata la popolazione residente.

Il comune di Modena ha fornito una banca dati georeferenziata aggiornata al 2016, dove sono rappresentati tutti gli edifici come poligoni, ai quali, per quelli abitati, è associato il numero di residenti.

Nella stessa banca dati è stata fornita l'altezza degli edifici. Tale dato è stato ricavato, noto il numero di piani di un edificio, assegnando un'altezza a ciascun piano pari a 3 metri, o, laddove il numero di piani non era noto come nel caso di insediamenti commerciali e produttivi, assegnando ai fabbricati un'altezza pari a 5 metri.

Infine gli edifici sono stati considerati come ostacoli riflettenti, con un coefficiente di riflessione (α) pari a 0.20, come suggerito dalle Linee Guida Regionali.

6.2.2. Ricettori sensibili

I ricettori sensibili (scuole e ospedali) sono stati forniti dal comune di Modena in una banca dati georeferenziata aggiornata al 2016.

Gli edifici sono stati distinti in due gruppi:

1. scuole;
2. ospedali e strutture sanitarie di degenza.

Per ciascun ricettore sensibile è stato stimato il livello in facciata massimo a 4 m di altezza, per ciascun descrittore L_{den} e L_{night} , ed è stato valutato in quale fascia di livello acustico si colloca, distinguendo tra le due categorie.

6.2.3. Barriere Acustiche

Le barriere acustiche sono state fornite dal Comune di Modena in formato shape file nel quale è riportata l'altezza dello schermo.

Alle barriere antirumore sono state attribuite le seguenti caratteristiche: completo fonoisolamento (trasmissione nulla attraverso la parete) e coefficiente di assorbimento (α) pari a 0.9.

6.2.4. Modello del Terreno ed effetto Suolo

Per quanto riguarda il modello del terreno, si è scelto di non tenere conto della variazione delle quote del suolo sul livello del mare, in quanto la variazione massima tra l'estremità nord e sud del territorio comunale è di circa 30 metri e avviene molto gradualmente. Si è, perciò, ritenuto che l'approssimazione di considerare il suolo a quota zero su tutto il territorio, e la conseguente stima dei livelli acustici generati a 4 m rispetto a tale quota, rispecchino in modo soddisfacente la realtà.

Relativamente alle quote, è opportuno rilevare che sono invece stati modellizzati i principali cavalcavia e sottopassi, con relative altezze rispetto alla quota zero del suolo.

Si è, inoltre, tenuto conto di un parametro importante per la stima dei livelli acustici, che è il potere di assorbimento del suolo (Ground Factor G). Esso varia da 0 (nel caso di suolo completamente riflettente come rivestimenti stradali e cemento) a 1 (per suoli completamente assorbenti come la vegetazione).

A tal fine è stato utilizzato uno strumento del software IMMI, che permette di suddividere il dominio di calcolo in poligoni, a cui assegnare uno specifico valore di G .

Prendendo come riferimento la carta di uso del suolo del progetto europeo "Corine Land Cover" (aggiornato all'anno 2008), il territorio comunale è stato suddiviso in cinque aree omogenee a cui è stato assegnato il Ground Factor G (vedi Tabella 10), secondo quanto indicato nella norma ISO 9613-2 e raccomandato dalla Linee Guida regionali.

Tabella 10: Ground Factor G associato ai vari tipi di suoli

Uso del suolo	Ground Factor G
Aree residenziali e industriali	0.5
Infrastrutture dei trasporti e discariche	0
Zone umide e corsi d'acqua	0
Aree verdi artificiali non agricole	1
Territori agricoli, boscati e seminaturali	1

Inoltre è opportuno specificare che alle sorgenti stradali modellizzate secondo lo standard XPS 31-133 viene associata, secondo tale norma, una superficie del sedime con G pari a 0, cioè totalmente riflettente.

6.2.5. Dati Meteorologici

Nello standard per la modellizzazione del rumore stradale XPS 31-133 le condizioni meteorologiche rappresentano un fattore importante sulla propagazione del rumore, in modo particolare quando ci si allontana di qualche centinaio di metri dalla sorgente. L'effetto della meteorologia viene esplicitato come percentuale di condizioni favorevoli alla propagazione nelle diverse direzioni.

Le Linee Guida regionali suggeriscono alcune soluzioni, mutate dal relativo Toolkit 21 del documento già citato “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data and Noise Exposure” (WG-AEN/2007):

1. utilizzare dati meteorologici locali, cioè serie storica (almeno dieci anni) di dati relativi a velocità, direzione del vento e radiazione solare;
2. utilizzare dati specificati in Norme tecniche o regolamentazioni nazionali, ovvero dati meteorologici medi definiti a livello nazionale, che per l'Italia non sono disponibili;
3. applicare delle percentuali fisse di propagazione favorevole a seconda del periodo di riferimento: 50% per il periodo diurno, 75% per il periodo serale, 100% per il periodo notturno.

Il primo e il terzo metodo sono stati testati utilizzando il software di calcolo IMMI 6.3.

Per quanto riguarda la soluzione 1, IMMI possiede uno strumento appositamente creato per elaborare dati meteo, che nel presente caso sono quelli registrati dal 2004 al 2011 dalla stazione meteorologica urbana, collocata sull'edificio ospitante gli uffici comunali in Via Santi a Modena, al fine di ottenere una maschera che esprime la percentuale di propagazione favorevole nelle varie direzioni, con un dato ogni 20° gradi. Il risultato ottenuto non è stato, però, ritenuto attendibile: la maschera calcolata da IMMI mostrava una probabilità nulla di propagazione favorevole nel periodo diurno e serale e pari al 100% nel periodo notturno. Una volta confrontati con gli stessi programmatori del software, che hanno ammesso l'incerta affidabilità di questo strumento di IMMI, si è deciso di trascurare la soluzione 1.

Non essendo percorribile la soluzione 2, è stato deciso di valutare, mediante il confronto tra stima e misura, se la propagazione del suono fosse meglio modellizzata dai valori suggeriti dalle linee guida della Commissione Europea al punto 3 sopra descritto o piuttosto da una situazione di propagazione omogenea, che considera una percentuale di propagazione favorevole nulla in tutte le direzioni, cioè in pratica non tiene conto dell'influenza delle condizioni meteo.

Questa valutazione è stata eseguita utilizzando misure svolte dal Comune di Modena nell'ambito di uno studio finalizzato al dimensionamento di uno schermo acustico posto a lato della tangenziale Nord G. Carducci. Al fine di verificare i livelli di rumore presso gli edifici nella situazione ante operam, il Comune ha eseguito misure di 24 ore in due punti, M1 ed M2 posti a diversa quota e distanza dalla sorgente sonora. Contestualmente, sono stati rilevati flussi di traffico e velocità nel tratto di tangenziale antistante le postazioni di misura.

Avendo a disposizione sia la caratterizzazione della sorgente sonora, che le misure dei livelli acustici, è stata riprodotta tale situazione con il software di calcolo, nelle due ipotesi meteorologiche già discusse:

- condizioni meteo cautelative proposte dal gruppo di lavoro WG-AEN della Commissione Europea, ovvero una probabilità di propagazione favorevole in tutte le direzioni sorgente-

ricevitore pari al 100% nel periodo notturno, 75% nel periodo serale e 50% nel periodo diurno;

- condizioni meteo omogenee, cioè probabilità di propagazione favorevole pari a zero in tutte le direzioni.

In Tabella 11 sono riportati i risultati della simulazione e il confronto con le misure.

Tabella 11: Risultati della simulazioni nelle due ipotesi meteorologiche e confronto con le misure

Condizioni meteo	Pto misura	Altezza microfono (m)	Distanza da sorgente (m)	Periodo (durata)	Leq simulato (dBA)	Leq misurato (dBA)	Δ Leq (dBA)
Cautelative consigliate dalla CE	M1	16	60	Giorno (16h)	69.0	70.5	-1.5
				Notte (8h)	63.4	65.5	-2.1
	M2	4	95	Giorno (16h)	65.9	62.0	3.9
				Notte (8h)	61.6	54.5	7.1
Omogenee	M1	16	60	Giorno (16h)	68.4	70.5	-2.1
				Notte (8h)	62.2	65.5	-3.3
	M2	4	95	Giorno (16h)	62.3	62.0	0.3
				Notte (8h)	56.1	54.5	1.6

La simulazione risulta meglio rispecchiare la misura con le condizioni consigliate dalla CE per il punto di misura M1 e con le condizioni omogenee per il punto M2: quest'ultimo, essendo posto a 4 metri dal livello del suolo, ovvero all'altezza alla quale deve essere eseguita la mappatura acustica, è stato ritenuto più significativo per la scelta delle condizioni meteo da applicare, considerando anche che in generale i parametri meteo suggeriti dalla CE tendono a innalzare in modo significativo i livelli notturni, inducendo spesso una sovrastima dei livelli misurati, come si è potuto osservare considerando i punti di verifica di cui si parla nel prossimo paragrafo.

Le condizioni meteo proposte dalla Commissione Europea, nel caso della situazione tipica di Modena, risultano perciò eccessivamente cautelative, considerando che i dati meteo medi degli ultimi dieci anni nell'area urbana di Modena evidenziano una percentuale di calme di vento intorno al 50% sull'intero periodo e i giorni in cui mediamente si verifica la condizione di inversione termica sono meno del 30%.

Per analogia sono state considerate condizioni meteo omogenee anche per il rumore industriale, applicando un fattore C_0 pari a zero nei tre periodi di riferimento.

Per quanto riguarda i parametri di temperatura ed umidità, che determinano l'effetto di assorbimento da parte dell'atmosfera, sono state considerati valori medi annui, così come suggerito dalle Linee Guida regionali, e cioè 15°C per la temperatura e 70% per l'umidità relativa.

6.2.6. Parametri di calcolo

Il calcolo dei livelli sonori per la sorgente stradale e la sorgente industriale è stato effettuato adottando una griglia di calcolo con risoluzione pari a 10x10m e una quota di 4 m sopra al piano di campagna.

Di seguito si riassumono le principali impostazioni generali di calcolo adottate:

- 1 indicatori restituiti dalle simulazioni:

- 1.1 Lden relativo all'intera giornata, calcolato con la formula presente nell'allegato 1, comma 1 del D.Lgs. 194 del 2005¹;
 - 1.2 Lgiorno_{14ore}: livello del periodo diurno (6-20);
 - 1.3 Lsera: livello del periodo serale (20-22);
 - 1.4 Lnotte: livello del periodo notturno (22-6);
 - 1.5 Lgiorno_{16ore}: livello del diurno (6-22) della legge quadro 447 del 1995.
- 2 distanza a cui vengono considerate le sorgenti nel calcolo del livello acustico in ciascun punto ricevitore della griglia pari a 4 km per tutte le sorgenti simulate (stradali ed industriali);
 - 3 minima differenza di livello uguale a 20 dB: questa impostazione permette, in un punto ricevitore qualsiasi, di trascurare una sorgente sonora il cui contributo è inferiore di 20 dB rispetto al valore globale calcolato preliminarmente in quel punto; questa scelta, che riduce ulteriormente i tempi di calcolo, è supportata da quanto suggerito dallo stesso manuale di IMMI che individua tale valore come il più appropriato nella maggior parte dei casi;
 - 4 ordine di riflessione considerato pari ad uno;
 - 5 gamma di interesse per superfici riflettente uguale a 10 metri: rappresenta la distanza entro la quale si risente dell'effetto della riflessione;
 - 6 assorbimento atmosferico determinato da temperatura pari a 15°C e umidità relativa pari al 70%..

6.3 Taratura del Modello

6.3.1. Emissioni sonore dei veicoli

Al fine di verificare se il modello XPS 31-133 riproduce correttamente le emissioni sonore dei veicoli, è stato effettuato un confronto tra i valori di livello continuo equivalente Leq(A) stimati restituiti dal modello con quanto rilevato in misure di breve durata svolte a bordo strada, contando il traffico transitante durante le misure e ricostruendo le medesime condizioni di traffico nel modello.

Le misure sono state eseguite da ARPA, a 1 m dal bordo di 10 arterie stradali del territorio comunale, con il microfono a 1.3 m di altezza dal suolo, ed è stato eseguito contemporaneamente un conteggio del numero di veicoli, leggeri e pesanti, transitanti al momento della misura acustica. Gli assi stradali considerati sono caratterizzati da diverse condizioni di traffico (sia in termini di numero di veicoli che di percentuale di mezzi pesanti) e da differenti tipologie di asfalti (normale e fonoassorbente).

Sono state, inoltre, considerate delle misure di 10 minuti, ripetute dal comune da 20 a 40 volte, in due punti di misura, ai fini della verifica dell'efficacia dell'asfalto fonoassorbente, per le quali è stato fatto il contemporaneo conteggio dei veicoli: il fonometro in questi casi si trovava a 4 m di altezza dal suolo e a distanze dal bordo stradale tra 4.5 e 6 m.

Dal confronto tra livelli acustici simulati e misurati è emerso che:

1

$$L_{DEN} = 10 \cdot \text{LOG} \left(\frac{14 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}}}{24} \right)$$

- il modello XPS 31-133 restituisce risultati che mediamente sovrastimano il Leq misurato: considerando le misure sorgenti-orientate effettuate da Arpa, la sovrastima come media aritmetica è inferiore a 1 dBA, mentre la media degli scarti quadratici risulta inferiore a 1.5 dBA; la differenza si riduce fino a 0.9 come media degli scarti quadratici, se si considerano le misure ripetute dal comune a distanze maggiori rispetto al ciglio stradale e, soprattutto, con il microfono posto a 4 m di altezza dal suolo, dove la simulazione risente meno dell'influenza dell'effetto-terreno dovuto alla sede stradale (come è stato spiegato in precedenza);
- il modello riesce a simulare correttamente l'abbattimento dovuto alla presenza di un asfalto fonoassorbente rispetto ad un asfalto classico (circa 3 dBA);
- la velocità media reale dei veicoli è una variabile molto importante che può portare anche a variazioni significative del livello stimato: per i veicoli leggeri, per velocità oltre i 40 km/h, il livello continuo equivalente a bordo strada aumenta di 1,5 dBA ogni 10 km/h; per i pesanti, invece, a basse velocità (fino a 50 km/h) il livello diminuisce con la velocità (-1,3 dBA ogni 10 km/h); infine, oltre i 70 km/h, aumenta di 1 dBA ogni 10 km/h.

6.3.2. Emissioni delle aree industriali

Per la verifica dell'emissione sonora delle aree industriali sono stati utilizzati due monitoraggi da 24 ore (P1 e P2) eseguiti dal comune di Modena nella zona artigianale/industriale di Modena Ovest, tra via Newton e la ferrovia, a sud della via Emilia. Sono, inoltre, stati considerati tre punti di misura di 24 ore (punti 1, 5 e 6) effettuati da tecnici incaricati dal gestore dell'impianto d'incenerimento rifiuti di via Cavazza nei pressi dell'impianto stesso.

Si ritiene che questi punti siano prevalentemente influenzati dal rumore delle attività industriali presenti nelle aree di interesse e che, perciò, siano adatti alla taratura del modello rispetto all'emissione sonora delle aree industriali stesse.

Il confronto tra valori misurati e simulati nei due periodi, diurno 16 ore (6-22) e notturno (22-6), con le relative elaborazioni statistiche relative a media, deviazione standard e media degli scarti quadratici, sono riportati nelle seguenti Tabella 12 e Tabella 13.

Tabella 12: Confronto tra simulazioni e misure per il rumore industriale – Periodo diurno

Periodo diurno (6-22)	Leq misurato [dBA]	Leq simulato [dBA]	Δ Leq [dBA]	Δ Leq (media)	Δ Leq (deviazione standard)	Media degli scarti quadratici
P1	56.5	58.1	1.6	0.4	2.2	3.9
P2	54.0	57.0	3.0			
Punto1	57.0	54.3	-2.7			
Punto5	54.0	54.6	0.6			
Punto6	51.0	50.6	-0.4			

Tabella 13: Confronto tra simulazioni e misure per il rumore industriale – Periodo notturno

Periodo notturno (22-6)	Leq misurato [dBA]	Leq simulato [dBA]	Δ Leq [dBA]	Δ Leq (media)	Δ Leq (deviazione standard)	Media degli scarti quadratici
P1	48.5	48.5	0	1.1	1.4	2.8
P2	47.5	47.4	-0.1			
Punto1	51.0	54.3	3.3			
Punto5	53.0	54.6	1.6			
Punto6	49.5	50.2	0.7			

6.3.3. Stima del grado di accuratezza del modello

La stima del grado di incertezza del modello era già stata valutata nella precedente mappatura acustica: essa si ritiene ancora valida, in quanto il modello e gli standard acustici utilizzati sono gli stessi, così come gran parte delle ipotesi semplificative, così come sopra descritte.

Per la valutazione dell'accuratezza complessiva del modello, sono stati utilizzati dei rilievi fonometrici forniti dal Comune di Modena, eseguiti a seguito di esposti di cittadini, o per la verifica dell'efficacia di barriere acustiche, o contenuti in valutazioni di clima acustico: essi sono stati utilizzati come misure ricettore-orientate e di verifica, come indicato nelle Linee Guida regionali. Sono state trascurate le rilevazioni più datate (precedenti al 2008) ed effettuate in condizioni non omogenee con lo stato di fatto rappresentato nella simulazione, ad esempio misure eseguite prima dell'installazione di barriere acustiche, o di asfalti fonoassorbenti.

A tal fine sono state selezionate solo le misure confrontabili, come durata e periodo di misura, nonché come condizioni al contorno, con il dato simulato: le rilevazioni considerate in tutto sono 26, hanno durata di 24 ore e sono state eseguite tra il 2008 e il 2011. Tra esse, 20 si riferiscono a rumore generato prevalentemente da sorgenti stradali ed, essendo collocate a diverse distanze da strade di differente classificazione, rappresentano in modo esauriente le varie situazioni che si possono verificare in un agglomerato. Altri 3 punti risultano influenzati sia da rumore stradale, che ferroviario; 2 punti subiscono il contributo di rumore industriale e stradale; infine 1 punto rappresenta la concomitanza di rumore stradale, industriale e ferroviario.

In Figura 2 si riporta la localizzazione delle misure di rumore utilizzate e in Tabella 14 le caratteristiche.

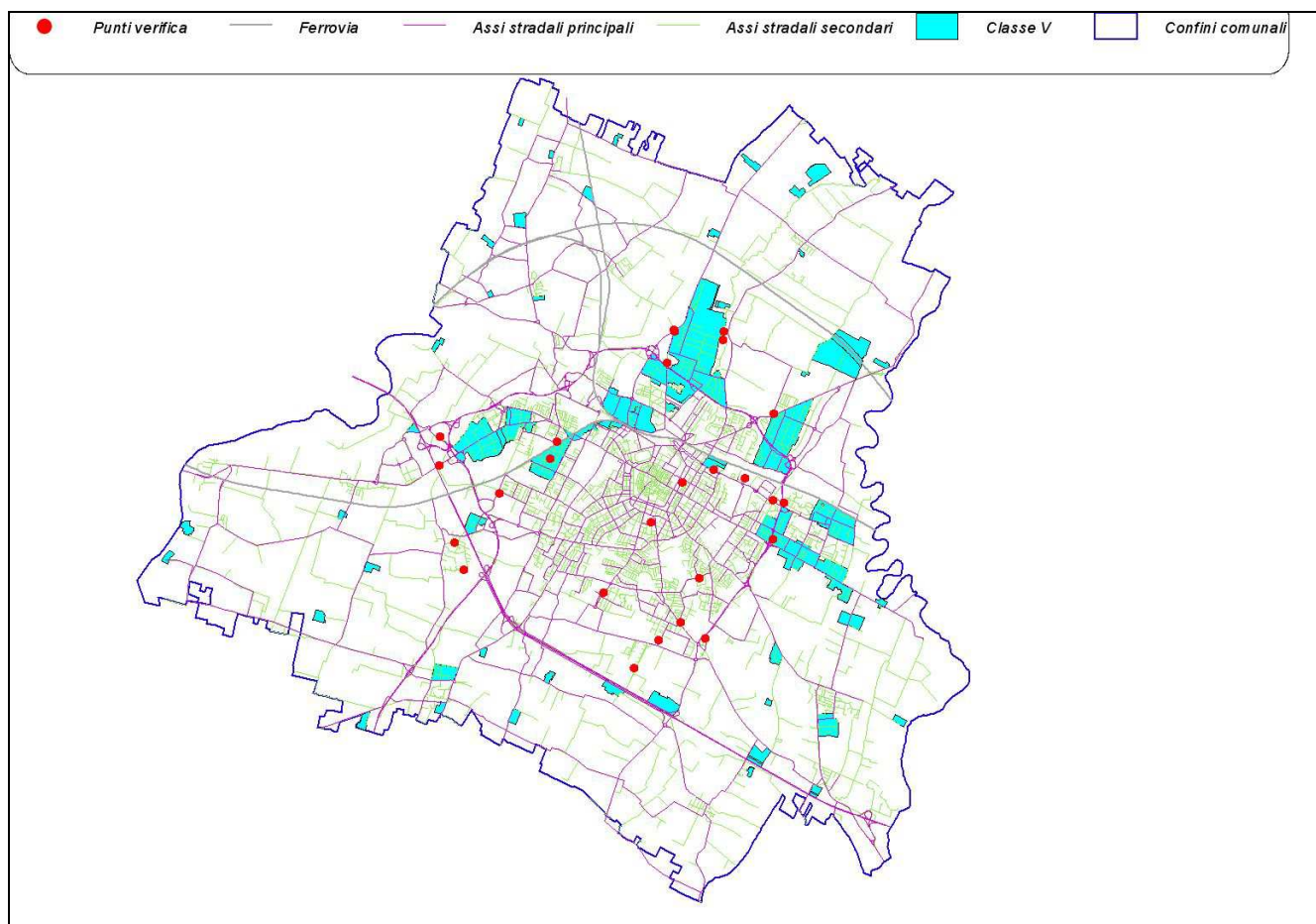


Figura 2: Localizzazione delle misure di rumore eseguite dal Comune di Modena

Tabella 14: Caratteristiche delle misure di rumore considerate nella valutazione dell'incertezza del modello

N° punto	Indirizzo	n° civico	Sorgenti	Tipologia strada	Distanza da sorgente [m]	Altezza microfono [m]	Data	Ora inizio misura	Durata [ora]
270	Via Jacopo da Porto Nord	20	strade	D-A	7-64	4	19/02/2008	17:00	24
273	Via Antonio Peretti	21	strade	E-E	90-150	26	19/02/2008	12:00	24
280	Strada Vaciglio Sud	984	strade	B	67,5	4	14/05/2008	12:00	24
281	Viale Virginia Reiter	34	strade	E	3	4	28/05/2008	12:00	24
284	Strada Naz. del Canaletto Centro	376	strade	F-B	3-45	4	03/06/2008	10:00	24
293	Via Divisione Acqui	141	strade+ferrovia	D - Fer	110-170	4	24/09/2008	17:00	24
313	Via Francesco Ghiaroni		strade	E-C	9-115	4	09/09/2009	12:00	24
314	Via Emilia Est	1141	strade	B	25	8	29/09/2009	18:00	24
315	Via Fratelli Rosselli		strade	D	7	4	27/10/2009	10:00	24
323	Strada Fossa Monda centro	4	strade	D-B	24-175	4	17/11/2009	11:00	24
327	Via Antonio Pacchioni	75	strade	D	4	4	15/12/2009	16:00	24
333	Strada Cave Ramo		strade	B	29	4	22/06/2010	16:00	24
335	Via Alcide Garagnani	15	strade	B	35	8	24/06/2010	12:00	24
355	Strada Naz. del Canaletto Centro	490	strade	C	25	4	20/10/2010	11:00	24
356	Stradello Alzaia	12	strade	C	11	4	21/11/2010	12:00	24
357	Strada Contorno Cogmento	48	strade	F	5	4	09/03/2011	13:00	24
358	Strada Cavo Argine	2	strade	D	16	4	24/03/2011	13:00	24
360	Via Alessandro Argiolas		strade	D-A	62-530	4	22/03/2011	12:00	24
365	Via Giovanni Guareschi	249	strade	A	350	4	09/02/2011	10:00	24
366	Via Marco Polo	201	ferrovia-strade	Fer-F	19-50	4	24/02/2011	12:00	24
367	Via Pavia		strade	D	20	4	19/04/2011	13:30	24
380	Via Aristotele	295	strade-ferrovia	E-C-Fer	20-50-330	4	29/09/2011	19:00	24
381	Via Lerici	3	strade	D	18	4	05/10/2011	12:00	24
P4	Via della Chiesa	172	industriale-strade-ferrovia	MOW-E-Fer	0-8-190	4	30/07/2012		24
Punto 2	Via Cavazza	50/4	industriale-strade	Hera-E	360-6	4	nov-dic/2010		24
Punto 4	Strada Albareto	449/1	industriale-strade	Hera-E	240-40	6	nov-dic/2010		24

I punti di misura risultano ben distribuiti all'interno del territorio comunale e a varie distanze dalle strade; inoltre risultano adeguatamente rappresentate tutte e sei le tipologie di strada del Codice della Strada. Sono, infine, presenti punti influenzati anche dalle altre sorgenti di rumore (industria, ferrovia).

Nelle Tabella 15 e Tabella 16 sono riportati i livelli acustici ottenuti dalla simulazione per le tre diverse tipologie di sorgente (strade, industrie e ferrovia), e il livello simulato complessivo, confrontato con il valore misurato rispettivamente per il periodo di riferimento diurno e notturno.

Tabella 15: Risultati simulazioni per le diverse sorgenti, valore simulato complessivo e confronto con misure – Periodo diurno

N° punto	Indirizzo	LAeq - diurno [dBA]					DLAeq Simulato-Misurato
		Simulato				Misurato	
		Strade	Industrie	Ferrovia	Totale	Totale	
270	Via Jacopo da Porto Nord	73.3	38.1	40.3	73.3	72.6	0.7
273	Via Antonio Peretti	49.1		39.6	49.6	53.5	-3.9
280	Strada Vaciglio Sud	61.2		43.0	61.3	57.6	3.7
281	Viale Virginia Reiter	62.6	11.7	39.9	62.6	65.0	-2.4
284	Strada Naz. del Canaletto Centro	66.9	50.1	39.5	67.0	67.8	-0.8
293	Via Divisione Acqui	51.7	40.0	52.7	55.4	55.2	0.2
313	Via Francesco Ghiaroni	59.7		39.3	59.7	62.9	-3.2
314	Via Emilia Est	71.0	58.2	40.5	71.1	70.7	0.4
315	Via Fratelli Rosselli	65.9		40.3	65.9	63.4	2.5
323	Strada Fossa Monda centro	67.5	39.6	42.8	67.5	64.1	3.4
327	Via Antonio Pacchioni	67.9	50.5	44.7	68.0	68.3	-0.3
333	Strada Cave Ramo	69.0	40.4	39.8	69.0	70.0	-1.0
335	Via Alcide Garagnani	64.5	41.0	45.6	64.5	62.1	2.4
355	Strada Naz. del Canaletto Centro	68.9	50.7	42.7	68.9	67.7	1.2
356	Stradello Alzaia	71.3	47.4	42.7	71.4	71.3	0.1
357	Strada Contorno Cognento	57.3	31.2	40.0	57.4	58.0	-0.6
358	Strada Cavo Argine	68.7	50.9	40.4	68.7	69.4	-0.7
360	Via Alessandro Argiolas	56.9	35.2	39.2	57.0	54.0	3.0
365	Via Giovanni Guareschi	58.8		40.0	58.9	60.6	-1.7
366	Via Marco Polo	52.4	47.9	68.4	68.5	68.6	-0.1
367	Via Pavia	58.6		39.9	58.7	62.9	-4.2
380	Via Aristotele	59.0	32.2	44.2	59.1	59.7	-0.6
381	Via Lerici	64.4		39.9	64.4	61.0	3.4
P4	Via della Chiesa	59.7	58.3	39.9	61.8	63.0	-1.2
Punto 2	Via Cavazza	61.5	48.8		61.6	58.5	3.1
Punto 4	Strada Albareto	47.3	50.5		51.5	53.0	-1.5

Tabella 16: Risultati simulazioni per le diverse sorgenti, valore simulato complessivo e confronto con misure – Periodo notturno

N° punto	Indirizzo	LAeq - notturno [dBA]					DLAeq Simulato-Misurato
		Simulato				Misurato	
		Strade	Industrie	Ferrovia	Totale	Totale	
270	Via Jacopo da Porto Nord	68.2	28.5	39.7	68.2	67.3	0.9
273	Via Antonio Peretti	43.7		39.2	45.0	46.2	-1.2
280	Strada Vaciglio Sud	55.0		42.8	55.2	51.8	3.4
281	Viale Virginia Reiter	57.2	2.1	39.6	57.2	57.0	0.2
284	Strada Naz. del Canaletto Centro	60.7	40.5	39.0	60.8	61.6	-0.8
293	Via Divisione Acqui	45.8	30.4	52.3	53.2	53.4	-0.2
313	Via Francesco Ghiaroni	54.4		39.2	54.5	57.2	-2.7
314	Via Emilia Est	64.3	48.6	40.3	64.3	64.3	0.0
315	Via Fratelli Rosselli	60.4		39.6	60.4	53.6	6.8
323	Strada Fossa Monda centro	62.1	30.0	42.6	62.1	55.2	6.9
327	Via Antonio Pacchioni	62.6	40.8	44.4	62.7	61.2	1.5
333	Strada Cave Ramo	61.7	30.8	39.2	61.7	65.9	-4.2
335	Via Alcide Garagnani	58.5	31.3	45.3	58.6	57.2	1.4
355	Strada Naz. del Canaletto Centro	62.0	41.1	37.2	62.0	61.0	1.0
356	Stradello Alzaia	64.2	37.8	37.2	64.2	64.9	-0.7
357	Strada Contorno Cognento	49.2	21.5	39.4	49.6	49.4	0.2
358	Strada Cavo Argine	63.3	41.3	40.1	63.3	64.8	-1.5
360	Via Alessandro Argiolas	52.8	25.5	39.2	53.0	52.6	0.4
365	Via Giovanni Guareschi	52.0		39.4	52.3	53.4	-1.1
366	Via Marco Polo	46.6	38.3	67.6	67.6	68.1	-0.5
367	Via Pavia	52.1		39.6	52.4	56.1	-3.7
380	Via Aristotele	53.1	22.6	43.6	53.5	56.4	-2.9
381	Via Lerici	59.1		39.6	59.1	56.3	2.8
P4	Via della Chiesa	52.6	48.7	39.5	53.9	51.5	2.4
Punto 2	Via Cavazza	54.4	46.0		54.9	50.0	4.9
Punto 4	Strada Albareto	40.5	48.2		48.6	50.0	-1.4

Le differenze medie tra il valore stimato e quello misurato sono riportate in Tabella 17 e vengono rappresentate graficamente per ciascun punto di misura nelle Figura 3 e Figura 4.

Si osserva che, per la maggior parte dei punti di misura, la differenza tra stima e misura è inferiore a 3 dB. Avendo a disposizione un buon numero di punti di misura (26), lo scarto medio tra valori simulati e misurati rappresenta adeguatamente l'incertezza media della simulazione.

Mediamente l'incertezza del modello si esprime con una sovrastima fino a 0.5 dB, in particolare nel periodo notturno, con una variazione inferiore a 3 dB (Tabella 17).

Tenendo presente che in fase di verifica della simulazione dell'emissione sonora delle sorgenti strade secondo lo standard XPS 31-133 era risultata una sovrastima dell'ordine di 1-1.5 dBA, si può concludere che la propagazione dei livelli di rumore è simulata in modo soddisfacente con i parametri di calcolo scelti.

Applicando la procedura di calibrazione del modello suggerita al Paragrafo 3.4.7 delle Linee Guida della Regione ER, si ottiene la media degli scarti quadratici che risulta superiore ai 3 dB auspicati dalla LG stesse: essa risulta comunque più contenuta nel periodo diurno, più evidente nel periodo notturno (Tabella 17).

Tabella 17: Media, deviazione standard e media degli scarti quadratici della differenza tra livelli simulati e misurati

	$\Delta L_{\text{Giorno (16 ore)}}$ [dBA]	ΔL_{Notte} [dBA]
Media	0.1	0.5
Deviazione standard	2.3	2.8
Media degli scarti quadratici	5.1	8.2

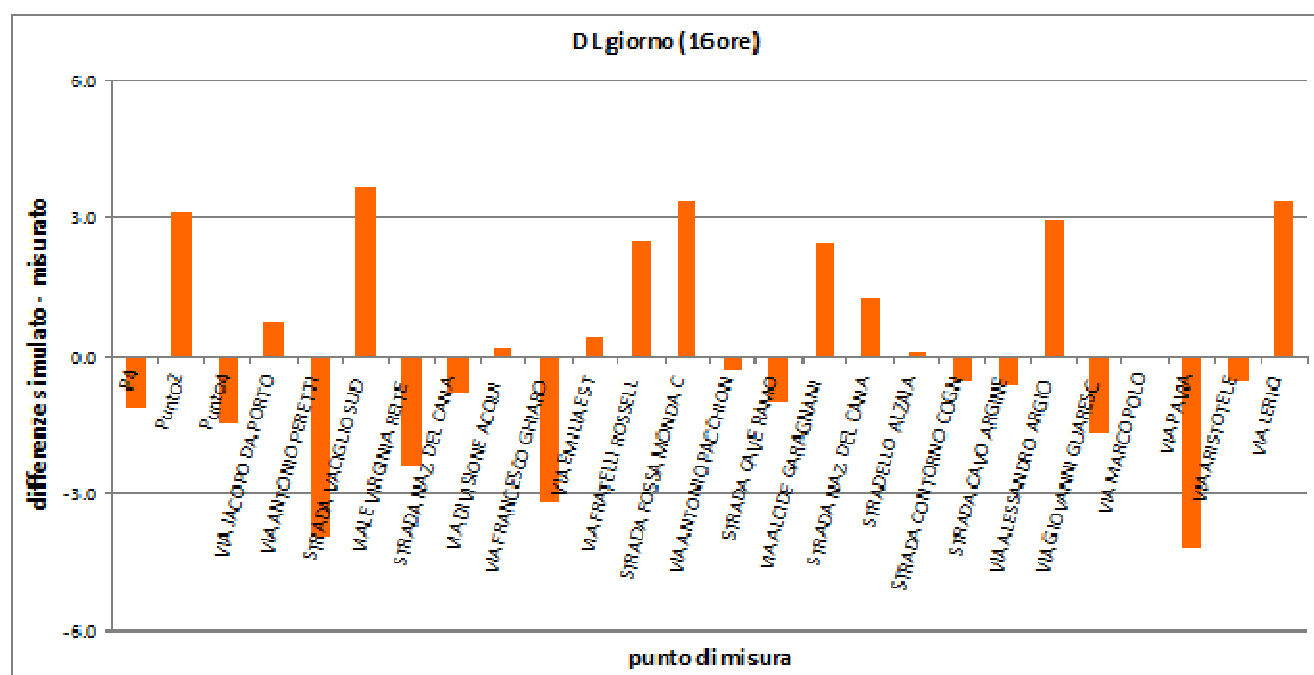


Figura 3: $\Delta L_{\text{Giorno (16 ore)}}$ tra livello simulato e misurato in ogni punto di misura

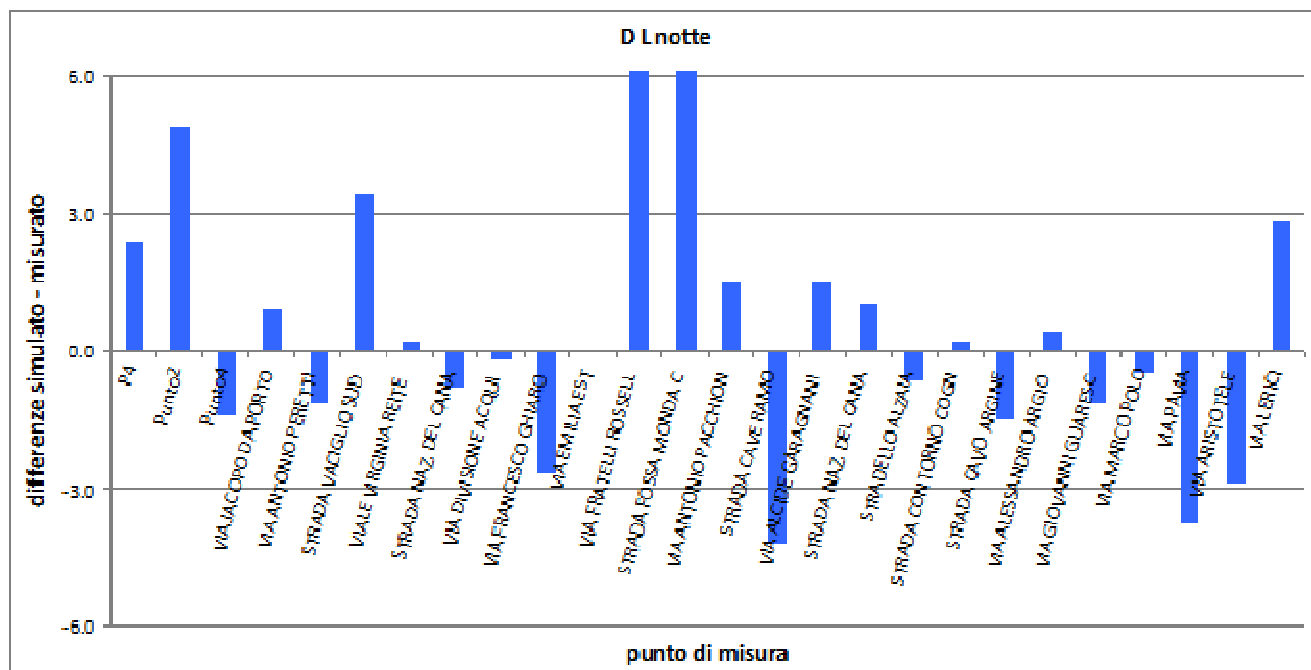


Figura 4: $\Delta L_{N_{notte}}$ tra livello simulato e misurato in ogni punto di misura

6.4 Mappe acustiche e mappatura strategica

Le mappe acustiche per le singole sorgenti sono state ottenute estraendo le curve di isolivello prodotte da IMMI, relative ai valori di 55, 60, 65, 70 e 75 per l'indicatore L_{den} e ai valori di 50, 55, 60, 65 e 70 per l'indicatore L_{night} .

Per ottenere le curve isofoniche (aree chiuse) corrispondenti è stata necessaria un'ulteriore elaborazione con un software GIS.

La mappatura strategica è stata ottenuta attraverso specifici strumenti di IMMI, sommando energeticamente, per ciascun punto della griglia di calcolo, i livelli sonori determinati per le tre tipologie di sorgente presenti nell'agglomerato di Modena (stradale, ferroviaria e industriale).

Si segnala che la mappa acustica relativa al rumore ferroviario risulta essere significativamente differente da quella consegnata dall'ente gestore, per i motivi riportati al paragrafo 6.1.3, e che la scelta adottata nella realizzazione della mappa può aver comportato una valutazione significativamente errata dei livelli sonori generati dalla sorgente ferroviaria.

I risultati dei calcoli e delle elaborazioni effettuati sono stati rappresentati graficamente, mediante aree rappresentative delle fasce di isolivello L_{den} e L_{night} , nelle tavole allegate come di seguito specificato:

- Tavola 1a: Mappa Acustica Rumore Stradale – L_{den} (scala 1:25.000)
[file: IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lden.pdf]
- Tavola 1b: Mappa Acustica Rumore Stradale – L_{night} (scala 1:25.000)
[file: IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lnight.pdf]
- Tavola 2a: Mappa Acustica Rumore Ferroviario – L_{den} (scala 1:25.000)
[file: IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lden.pdf]
- Tavola 2b: Mappa Acustica Rumore Ferroviario – L_{night} (scala 1:25.000)

[file:IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lnight.pdf]

- Tavola 3a: Mappa Acustica Rumore Industriale – Lden (scala 1:25.000)
[file:IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lden.pdf]
- Tavola 3b: Mappa Acustica Rumore Industriale – Lnight (scala 1:25.000)
[file:IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lnight.pdf]
- Tavola 4a: Mappatura Strategica – Lden (scala 1:25.000)
[file:IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.pdf]
- Tavola 4b: Mappatura Strategica – Lnight (scala 1:25.000)
[file:IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.pdf]

7 Stima dei residenti, degli edifici esposti a livelli sonori in fasce stabilite e ricettori sensibili

La stima della popolazione esposta al rumore stradale e industriale è stata effettuata utilizzando una funzione di calcolo di IMMI che determina i livelli in facciata agli edifici ai quali è assegnato un numero di residenti maggiore di zero. Il numero di edifici esposti a definiti livelli sonori è stato quindi determinato associando a ciascun edificio con presenza di residenza il livello massimo tra quelli calcolati su una corona di ricettori posti sulla facciata dell'edificio stesso, ad un'altezza di 4 m.

Non avendo implementato in IMMI il calcolo per la sorgente ferroviaria, la stima della popolazione esposta a questa tipologia di sorgente è stata effettuata assegnando, a ciascuno edificio, il valore del livello sonoro determinato dal rumore ferroviario ottenuto in quel punto dall'interpolazione dei livelli sonori forniti da RFI.

La stessa cosa è stata fatta per i livelli Lden e Lnight dovuti a tutte le sorgenti, partendo dalla griglia ottenuta con IMMI per la mappa strategica, interpolata con il metodo IDW con apposito strumento di Arcmap ed estrapolando i livelli interpolati nei punti ricevitori considerati nel calcolo di facciata per il rumore stradale e industriale. Infine i livelli massimi di Lden e di Lnight così ottenuti sono stati associati agli edifici abitati.

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- 1 livelli di rumore in facciata (indicatori Lden e Lnight) degli edifici abitati per le sorgenti stradali (major roads e tutte le strade), industriali, ferroviarie e per il complesso di tutte le sorgenti considerate;
- 2 numero e percentuale di abitazioni e di persone residenti esposte al livello più elevato, suddivisi in fasce di livello acustico così come richiesto dal D.Lgs. 194/2005;
- 3 numero e percentuale di ricettori sensibili (scolastici - ospedali e case di cura con degenza) esposti a fasce di livello acustico di facciata.

Nelle seguenti Tabella 18, Tabella 19, Tabella 20, Tabella 21 e Tabella 22 sono riportati il numero di edifici abitativi e sensibili, nonché il numero di abitanti (approssimato al centinaio) e la percentuale (%) di popolazione esposta alle fasce di livello acustico sulla popolazione totale, così come richiesto dal D. Lgs. 194/2005, per i due indicatori acustici Lden e Lnight, per le diverse sorgenti di rumore. Si evidenzia che a causa dell'arrotondamento al centinaio del numero di abitanti, laddove il numero degli edifici residenziali è molto basso si può verificare che il numero di abitanti risulti pari a 0 in quanto inferiore a 50 unità. La stima del numero di

edifici scolastici è stata fatta solo per l'indicatore acustico Lden non essendoci fruizione degli stessi in periodo notturno.

Nelle Tabelle sono state riportate anche le superfici esposte alle diverse fasce di livello acustico per i due indicatori acustici Lden e Lnight, per le diverse sorgenti di rumore, e la loro percentuale rispetto alla superficie dell'agglomerato.

Nei grafici di Figura 5 e Figura 6 è riportata la distribuzione percentuale delle persone esposte rispettivamente a livelli di Lden > 55 dB(A) e Lnight > 50dBA per le tre tipologie di sorgente.

Tabella 18: Popolazione, edifici, ricettori sensibili e superficie esposti a livelli Lden e Lnight determinati da tutte le sorgenti stradali

		Popolazione esposta		Edifici Residenziali		Edifici Scolastici	Ospedali/ case di cura	Superficie esposta	
		numero*	%	numero	%	numero	numero	kmq	%
Lden [dBA]	55-59	45300	24,5	4433	25,7	30	1	27,1	14,8%
	60-64	31900	17,2	2682	15,6	31	1	17,7	9,6%
	65-69	34500	18,7	2514	14,6	23	2	11,9	6,5%
	70-74	7400	4	677	3,9	2	1	6,9	3,8%
	≥ 75	400	0,2	58	0,3	0	0	4,4	2,4%
Lnight [dBA]	50-54	29700	16,1	2635	15,3	-	1	20,0	10,9%
	55-59	35800	19,4	2703	15,7	-	2	13,8	7,5%
	60-64	15300	8,3	1228	7,1	-	2	8,6	4,7%
	65-69	1300	0,7	157	0,9	-	0	4,0	2,2%
	≥ 70	0	0	5	0	-	0	2,3	1,3%

*arrotondato al centinaio

Tabella 19: Popolazione, edifici e ricettori sensibili esposti a livelli Lden e Lnight determinati dalle strade principali (major road)

		Popolazione esposta		Edifici Residenziali		Edifici Scolastici	Ospedali/ case di cura
		numero*	%	numero	%	numero	numero
Lden [dBA]	55-59	4900	2,6	807	4,7	3	0
	60-64	2400	1,3	397	2,3	5	0
	65-69	1800	1,0	338	2,0	0	0
	70-74	1200	0,6	208	1,2	0	1
	≥ 75	400	0,2	55	0,3	0	0
Lnight [dBA]	50-54	3200	1,7	512	3,0	-	0
	55-59	1900	1,0	348	2,0	-	0
	60-64	1300	0,7	265	1,5	-	0
	65-69	800	0,4	114	0,7	-	1
	≥ 70	0	0	5	0	-	0

*arrotondato al centinaio

Tabella 20: Popolazione, edifici e ricettori sensibili esposti a livelli L_{den} e L_{night} determinati dal rumore ferroviario

		Popolazione esposta		Edifici Residenziali		Edifici Scolastici	Ospedali/ case di cura	Superficie esposta	
		numero*	%	numero	%	numero	numero	kmq	%
L_{den} [dBA]	55-59	4100	2,2%	357	2,1%	4	0	7,3	4,0%
	60-64	1900	1,0%	238	1,4%	2	0	6,1	3,3%
	65-69	600	0,3%	103	0,6%	2	0	3,8	2,1%
	70-74	600	0,3%	59	0,3%	1	0	1,8	1,0%
	≥ 75	600	0,3%	28	0,2%	0	0	0,9	0,5%
L_{night} [dBA]	50-54	5100	2,8%	433	2,5%	-	0	0,1	2,8%
	55-59	3700	2,0%	315	1,8%	-	0	5,1	3,0%
	60-64	1600	0,9%	195	1,1%	-	0	5,5	2,7%
	65-69	500	0,3%	72	0,4%	-	0	5,0	1,5%
	≥ 70	1000	0,5%	68	0,4%	-	0	2,8	1,0%

*arrotondato al centinaio

Tabella 21: Popolazione, edifici e ricettori sensibili esposti a livelli L_{den} e L_{night} determinati dal rumore industriale

		Popolazione esposta		Edifici Residenziali		Edifici Scolastici	Ospedali/ case di cura	Superficie esposta	
		numero*	%	numero	%	numero	numero	kmq	%
L_{den} [dBA]	55-59	3200	1,7	601	3,5	1	0	10,3	5,6
	60-64	0	0	2	0	0	0	0,6	0,3
	65-69	0	0	0	0	0	0	0	0
	70-74	0	0	0	0	0	0	0	0
	≥ 75	0	0	0	0	0	0	0	0
L_{night} [dBA]	50-54	0	0	5	0	-	0	0,8	0,4
	55-59	0	0	0	0	-	0	0	0
	60-64	0	0	0	0	-	0	0	0
	65-69	0	0	0	0	-	0	0	0
	≥ 70	0	0	0	0	-	0	0	0

*arrotondato al centinaio

Tabella 22: Popolazione, edifici e ricettori sensibili esposti a livelli L_{den} e L_{night} determinati dal rumore di tutte le sorgenti (stradale/industriale/ferroviario)

		Popolazione esposta		Edifici Residenziali		Edifici Scolastici	Ospedali/ case di cura	Superficie esposta	
		numero*	%	numero	%	numero	numero	kmq	%
L_{den} [dBA]	55-59	45900	24,8	4280	24,8	30	2	30,1	16,4%
	60-64	32900	17,8	2938	17,0	31	1	25,8	14,1%
	65-69	34700	18,8	2543	14,7	23	2	16,2	8,8%
	70-74	8000	4,3	713	4,1	2	1	8,7	4,7%
	≥ 75	1000	0,5	91	0,5	1	0	5,2	2,8%
L_{night} [dBA]	50-54	30700	16,6	2784	16,1	-	2	24,8	13,5%
	55-59	37000	20	2858	16,6	-	1	18,3	10,0%
	60-64	16700	9	1368	7,9	-	2	13,3	7,2%
	65-69	2200	1,2	248	1,4	-	0	6,7	3,7%
	≥ 70	1000	0,5	70	0,4	-	0	4,1	2,2%

*arrotondato al centinaio

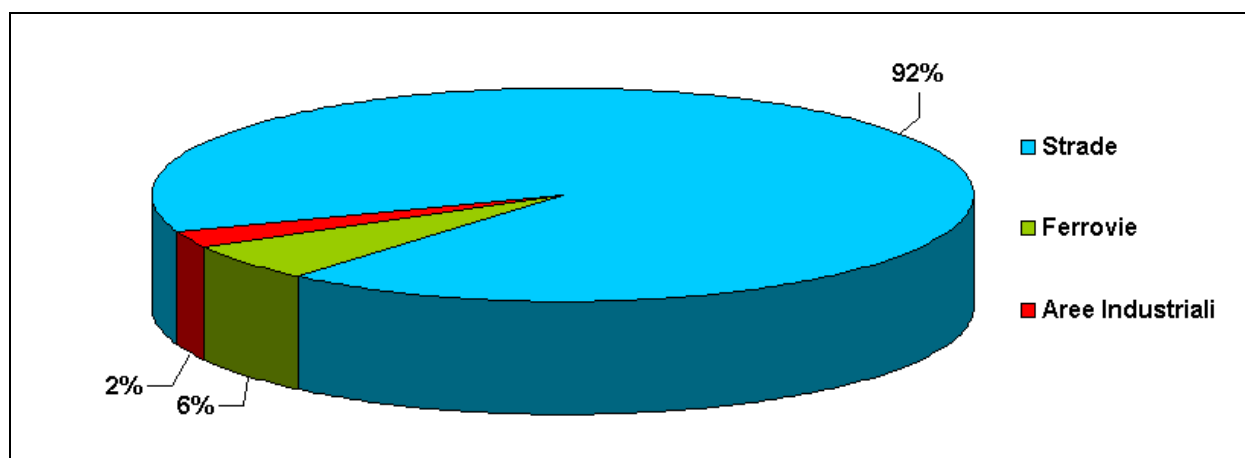


Figura 5: Percentuale persone esposte a livelli di $L_{den} > 55$ dB(A) per tipologia di sorgente

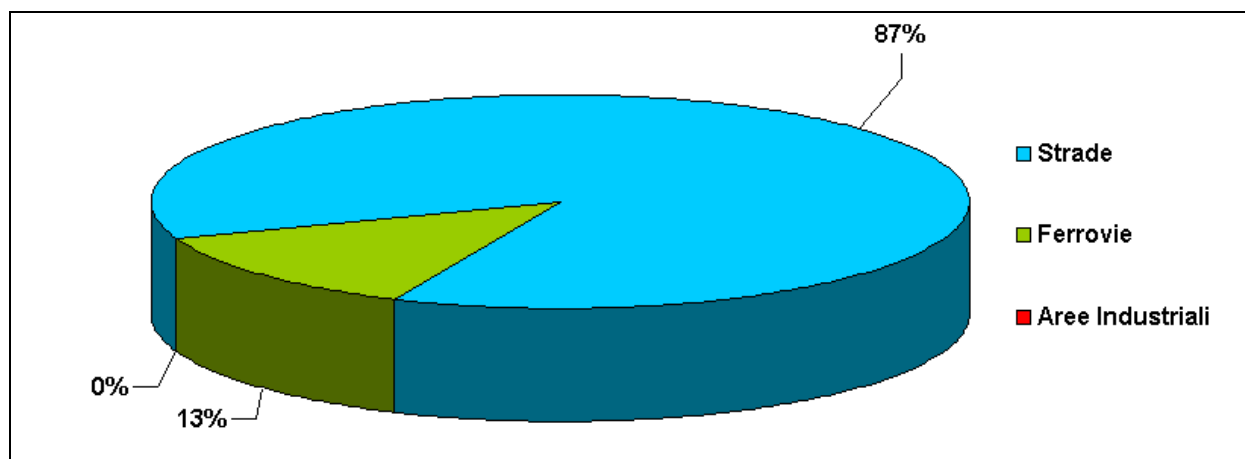


Figura 6: Percentuale persone esposte a livelli di $L_{night} > 50$ dB(A) per tipologia di sorgente

8 Sintesi dei risultati

I risultati ottenuti evidenziano come un'elevata percentuale di popolazione sia esposta a livelli sonori superiori alle soglie fissate per la mappatura strategica nel valore di 55 dB(A) di Lden e 50 dB(A) di Lnight.

L'indicatore Lden rappresenta il livello sonoro medio presente nell'intero periodo della giornata ed è il parametro che consente di valutare gli effetti complessivi di disturbo indotto dal rumore. L'indicatore Lnight è il livello sonoro medio nel periodo compreso tra le ore 22 e le ore 06 e viene utilizzato per valutare gli effetti del rumore sul sonno.

Le persone esposte a valori superiori a 55 dBA risultano infatti circa il 66% dei residenti dell'agglomerato mentre quelle esposte a valori superiori a 50 dBA di Lnight risultano circa il 44%. Se consideriamo le soglie da non superare raccomandate a livello internazionale, fissate in un valore di 65 dB(A) di Lden e 55 dB(A) di Lnight, le persone esposte sono pari rispettivamente a circa il 24% e il 28% della popolazione residente.

La sorgente sonora prevalente nell'agglomerato di Modena è costituita dal traffico veicolare, responsabile per il 92% dell'esposizione della popolazione a livelli Lden superiori a 55 dBA e per il 87% dell'esposizione a livelli Lnight superiori a 50 dBA. La sorgente ferroviaria è responsabile per il 6% e per il 13% rispettivamente nei due periodi di riferimento mentre le sorgenti industriali sono responsabili per il 2% solo nel periodo DEN.

Rispetto alla precedente mappatura, il numero di residenti esposti a livelli più contenuti aumenta, mentre diminuisce, di conseguenza, quello degli esposti a livelli più elevati, per entrambi gli indicatori Lden e Lnight associati al rumore stradale: complessivamente il numero di esposti a livelli di Lden superiori a 55 dBA risultano 119500 (pari al 64,6% della popolazione residente), contro i 142100 abitanti (pari a 76,8% della popolazione residente) valutati nel 2013. Per quanto riguarda l'indicatore Lnight il numero di abitanti esposti a livelli superiori a 50 dBA risultano 82100 (pari al 44,5% dell'intera popolazione), mentre nella precedente mappatura essi risultavano 97100, più del 50% della popolazione residente (52,5%).

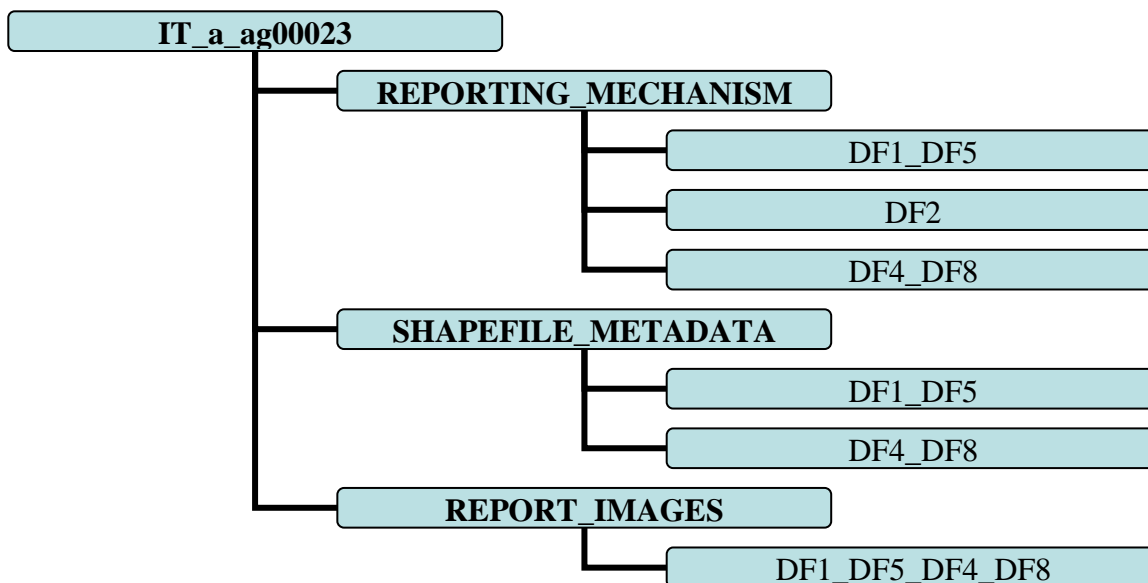
Di conseguenza, essendo il rumore stradale la sorgente più impattante per l'agglomerato di Modena, il numero di persone esposte a livelli più elevati diminuisce anche per quanto riguarda il livello acustico dovuto a tutte le sorgenti considerate (stradali, industriali e ferroviarie): nella presente mappatura i residenti esposti a Lden superiore a 55 dBA sono 122500 (pari al 66,2%), nel 2013 erano 153300 (pari al 82,8%); gli abitanti esposti a livelli di Lnight superiori a 50 dBA risultano 87600 (pari al 47,3% del totale), contro i 105200 (56,8%) della mappatura precedente.

Si evidenzia che la diminuzione dei livelli di esposizione evidenziata dalla mappatura strategica è in parte dovuto anche alla minore esposizione al rumore ferroviario, grazie alla delocalizzazione di un tratto di linea storica in un'area meno popolata, diminuzione che potrebbe risultare anche maggiore di quella valutata in considerazione delle approssimazioni fatte nell'analisi del rumore ferroviario.

9 Materiale trasmesso

La documentazione digitale elaborata è stata predisposta secondo quanto previsto nel documento "Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05) - Specifiche tecniche" del 10 Marzo 2017, a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

La documentazione è stata suddivisa in cartelle secondo lo schema seguente:



La cartella REPORTING_MECHANISM contiene i file in formato *xls* secondo i modelli predisposti dall'Agenzia Europea dell'Ambiente e riportati di seguito:

NoiseDirectiveDF1_5.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Map_AggRoad.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Map_AggRail.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Map_AggInd.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Map_AggAir.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Collect_AggRoad.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Collect_AggRail.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Collect_AggInd.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_Collect_AggAir.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_AP.xls

NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_AP_Collect.xls

NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_Road.xls

NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_Rail.xls

NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_Ind.xls

NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_Air.xls

NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_Air_Major.xls

NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_ALL.xls

La cartella SHAPEFILE_METADATI contiene gli strati informativi georeferenziati in formato *shapefile* (sistema di riferimento ETRS89) e i relativi metadati in formato *xls*. Di seguito si riporta l'elenco dei file; dove è richiamato il file con estensione *.shp* si intende l'insieme di file con estensione *.shp*, *.dbf*, *.shx* e *.prj*.

DF1_DF5:

IT_a_DF1_5_2015_Agg_IT_a_ag00023_Location.shp

IT_a_DF1_5_2015_Agg_IT_a_ag00023_Location.xls

DF4_DF8:

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseContourMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseContourMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseContourMap_Lnight.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseContourMap_Lnight.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lnight.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lnight.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseContourMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseContourMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseContourMap_Lnight.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseContourMap_Lnight.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lnight.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lnight.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseContourMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseContourMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseContourMap_Lnight.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseContourMap_Lnight.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lnight.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lnight.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseContourMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseContourMap_Lden.xls

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.shp

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.xls
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseContourMap_Lnight.shp
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseContourMap_Lnight.xls
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.shp
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.xls

La cartella REPORT_IMAGES contiene il presente report e le tavole delle mappature acustiche e strategiche in formato *pdf* come di seguito dettagliato.

DF1_DF5_DF4_DF8:

IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Report.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lden.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Roads_NoiseAreaMap_Lnight.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lden.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Rails_NoiseAreaMap_Lnight.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lden.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_Ind_NoiseAreaMap_Lnight.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.pdf
IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00023_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.pdf

10 Riferimenti bibliografici

Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

Raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003 Concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità.

D.Lgs 194/2005 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”.

European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*, Version 2, 13rd August 2007.

Delibera della Giunta Regionale 17 settembre 2012, n. 1369 “DLgs 194/05 ‘Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale’ - Approvazione delle ‘Linee guida per l’elaborazione delle mappature acustiche e delle mappe acustiche strategiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna’”.

European Environment Agency, “Delivery guide for Environmental Noise - Data: DF4_DF8: Strategic noise maps for major roads, major railways, major airports and agglomerations”, Rev 3.1, 23rd December 2016.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, *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*, 10 Marzo 2017

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, *Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05) - Specifiche tecniche*, 10 Marzo 2017