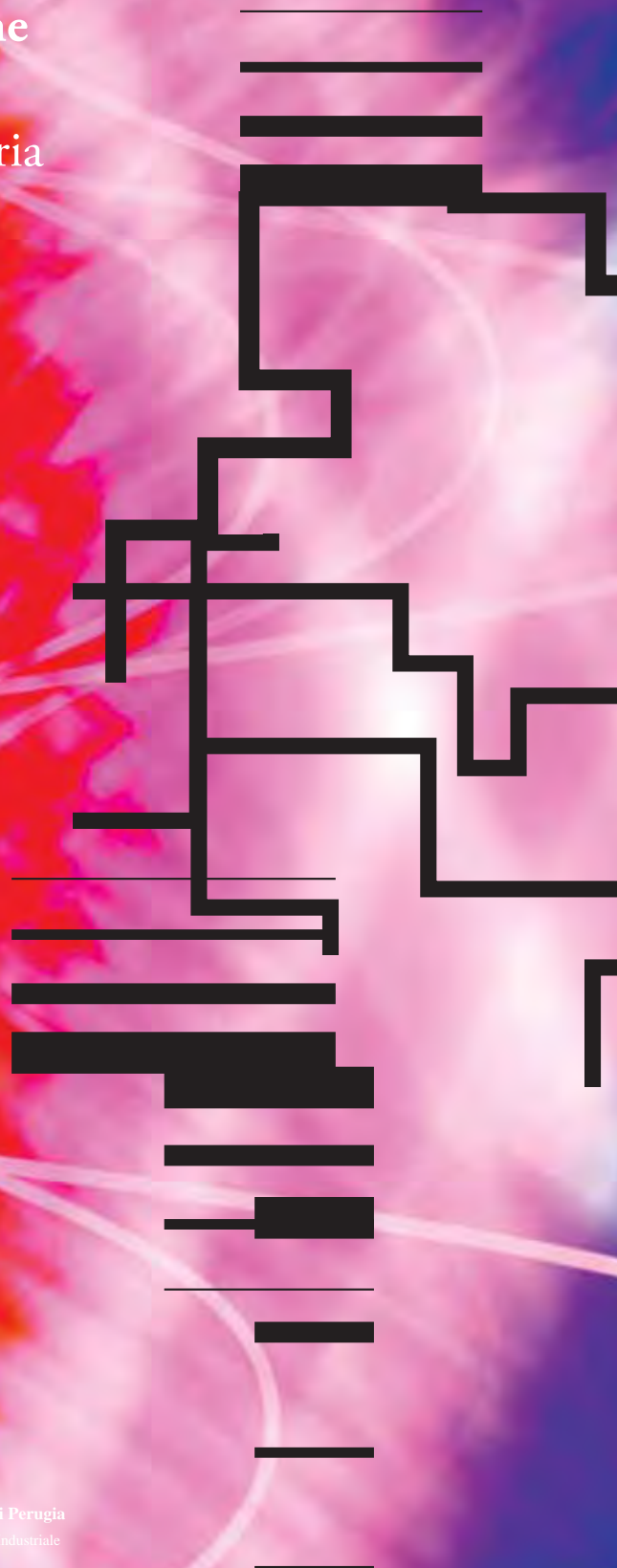


**Una stima della popolazione  
esposta al rumore:  
alcuni casi di studio in Umbria**

**Provincia di Terni**









agenzia regionale per la protezione ambientale

**ARPA Umbria - Agenzia regionale  
per la protezione ambientale**

via Pievaiola (San Sisto) - Perugia  
tel: 075 515961 - fax 075 51596235  
www.arpa.umbria.it  
arpa@arpa.umbria.it



**Università degli Studi di Perugia**

Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Sezione di Fisica Tecnica

**Autori**

Francesco Asdrubali - Università degli Studi di Perugia  
Orietta Baglioni - Arpa Umbria  
Laura Bennati - Arpa Umbria  
Maria Grazia Consalvi - Arpa Umbria  
Stefano Ortica - Arpa Umbria  
Samuele Schiavoni - Università degli Studi di Perugia  
Cinzia Tosti - Arpa Umbria

**Collaborazione**

Monica Angelucci - Arpa Umbria

**Progetto grafico**

Paolo Tramontana

**Impaginazione**

Emanuele Capponi

**Stampa**

GESp srl, Cerbara (PG)

Stampato su carta ecologica

Eventuali duplicazioni, anche di parti della pubblicazione,  
sono autorizzate a condizione che venga citata la fonte  
©Copyright 2011 Arpa Umbria

**Una stima della popolazione  
esposta al rumore:**  
alcuni casi di studio in Umbria

Provincia di Terni



# Indice

Presentazione.....	7
Premessa .....	9

## PARTE I - Approccio metodologico

<b>1</b>	<b>Stima dell'indicatore "popolazione esposta al rumore" .....</b>	<b>17</b>
1.1	<i>Rilevanza e utilità dell'indicatore .....</i>	17
1.2	<i>Dati attualmente disponibili .....</i>	19
1.3	<i>Alcune metodologie sviluppate ed esperienze realizzate .....</i>	28
<b>2</b>	<b>Metodologie disponibili per la stima della popolazione esposta al rumore.....</b>	<b>41</b>
2.1	<i>Procedure per la stima della popolazione in assenza di dati disponibili dal PRG.....</i>	41
2.2	<i>Procedure per la stima della popolazione esposta con dati disponibili dal PRG .....</i>	42
2.3	<i>Procedure per la stima della popolazione esposta con dati Istat disponibili.....</i>	43
2.4	<i>Metodologie per la valutazione dell'indicatore popolazione esposta nei presenti casi di studio .....</i>	46
<b>3</b>	<b>Mappature acustiche su scala urbana e utilizzo del software di calcolo previsionale.....</b>	<b>55</b>
3.1	<i>Introduzione .....</i>	55
3.2	<i>Caratteristiche e potenzialità dei software previsionali per la modellazione acustica.....</i>	55
	<b>Bibliografia.....</b>	<b>61</b>

## PARTE II - Casi di studio

<b>Metodi per la stima della popolazione esposta al rumore.....</b>	<b>65</b>
<i>Introduzione.....</i>	65
<i>Descrizione della procedura seguita nella valutazione della popolazione esposta nei casi di studio .....</i>	67

## FABRO

<b>1</b>	<b>Calcolo della popolazione esposta al rumore nel comune di Fabro .....</b>	<b>73</b>
1.1	<i>Descrizione dell'area di studio .....</i>	73
1.2	<i>Calcolo e rappresentazione dei risultati .....</i>	74

## **NARNI**

<b>2</b>	<b>Calcolo della popolazione esposta al rumore nel comune di Narni - Narni città</b> .....	<b>79</b>
2.1	<i>Descrizione dell'area di studio</i> .....	79
2.2	<i>Calcolo e rappresentazione dei risultati</i> .....	84

TAVOLE

<b>3</b>	<b>Calcolo della popolazione esposta al rumore nel comune di Narni - Narni Scalo</b> .....	<b>87</b>
3.1	<i>Descrizione dell'area di studio</i> .....	87
3.2	<i>Infrastrutture stradali</i> .....	89
3.3	<i>Infrastrutture ferroviarie</i> .....	90
3.4	<i>Sorgenti industriali</i> .....	90
3.5	<i>Calcolo e rappresentazione dei risultati</i> .....	92

TAVOLE

## **TERNI**

<b>4</b>	<b>Calcolo della popolazione esposta al rumore emesso dal polo chimico ternano</b> .....	<b>97</b>
4.1	<i>Descrizione dell'area di studio</i> .....	97
4.2	<i>Individuazione delle sorgenti di rumore</i> .....	100
4.3	<i>Valutazione dell'emissione del rumore industriale</i> .....	101
4.4	<i>Calcolo e rappresentazione dei risultati</i> .....	102
4.5	<i>Confronto con le emissioni delle principali infrastrutture stradali presenti</i> .....	104

TAVOLE

<b>5</b>	<b>Calcolo della popolazione esposta al rumore nelle aree limitrofe al polo siderurgico ternano</b> .....	<b>107</b>
5.1	<i>Descrizione dell'area di studio</i> .....	107
5.2	<i>Calcolo e rappresentazione dei risultati</i> .....	109

TAVOLE



## Presentazione

*Il rumore viene oggi individuato come una delle più rilevanti cause del peggioramento della qualità della vita ed è ormai riconosciuto come uno dei principali problemi ambientali. Pur essendo talvolta ritenuto meno rilevante rispetto ad altre forme di inquinamento come quello atmosferico o delle acque, il rumore suscita sempre di più reazioni negative nella popolazione esposta.*

*La principale sorgente di rumore risulta essere il traffico stradale, che interessa la maggior parte della popolazione esposta a livelli superiori ai limiti. Benché negli ultimi quindici anni i livelli di emissione sonora dei veicoli siano sicuramente diminuiti, non si sono avuti benefici nell'esposizione a rumore che sembra aumentata in relazione all'incremento dei volumi di traffico stradale. L'incremento dell'esposizione a rumore tende ad estendersi sia nel tempo (periodo notturno), sia nello spazio (aree rurali e suburbane); ad aumentare le preoccupazioni per il futuro riguardo all'inquinamento acustico vi sono ulteriori elementi, quali, ad esempio, il previsto aumento dei veicoli e del relativo chilometraggio e l'aumento del traffico aereo.*

*La determinazione dell'esposizione della popolazione al rumore risulta essere un importante obiettivo da raggiungere e anche la normativa più recente tiene conto della necessità di valutare tale riferimento parametrico; infatti, uno degli obiettivi introdotti dalla direttiva 2002/49/CE, già recepita dalla normativa nazionale, è proprio la raccolta di informazioni sullo stato di esposizione al rumore della popolazione nei diversi Stati Membri.*

*Le indagini sul territorio italiano mettono in evidenza la scarsità di dati a disposizione, la disomogeneità degli stessi, la necessità di predisporre, quanto prima, di procedure condivise per la determinazione dell'indicatore.*

*Per tale motivo l'Agenzia di protezione ambientale, in collaborazione con l'Università di Perugia, (Dipartimento di Ingegneria Industriale - Sezione di Fisica Tecnica) ha avviato nel 2005 una ricerca sulla popolazione esposta al rumore nella regione Umbria, impiegando alcune metodologie sviluppate a livello nazionale e internazionale.*

*Questo rapporto riunisce tutte le informazioni sulle metodologie utilizzate per lo studio e la loro applicazione in alcune realtà locali oltre alla quantificazione della popolazione esposta nei territori studiati con particolare attenzione all'utilizzo degli indicatori quali - quantitativi individuati dalle nuove normative di settore.*

*Il documento è suddiviso in due parti principali. Nella prima sono presentate le basi metodologiche utilizzate, nella seconda sono riportati i risultati dello studio su alcuni territori comunali.*

*Si auspica che questa relazione, su una tematica così rilevante per la qualità della vita delle comunità, possa rappresentare una linea di indirizzo comportamentale anche per gli altri Comuni.*

*Dott. Giancarlo Marchetti  
Direttore Tecnico Arpa Umbria*

## Premessa

Le problematiche emergenti legate all'inquinamento acustico del territorio comunitario hanno indotto il Parlamento e il Consiglio U.E. all'emanazione della cosiddetta direttiva rumore ambientale (Direttiva 2002/49/CE), con lo scopo di migliorare i livelli di tutela dell'ambiente e delle asalute dei cittadini.

L'art.1 chiarisce bene che l'obiettivo principale è, secondo le priorità, quello di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi, compreso il fastidio provocato dall'esposizione al rumore ambientale, definito come i suoni indesiderati o nocivi in ambiente esterno prodotti dalle attività umane, compreso il rumore emesso da mezzi di trasporto, traffico veicolare, traffico ferroviario, traffico aereo e proveniente da siti industriali. Questa direttiva rappresenta, oggi, il riferimento primario per l'adozione e lo sviluppo di misure comunitarie di contenimento del rumore generato da sorgenti, quali veicoli stradali e su rotaia e relative infrastrutture, aeromobili, attrezzature utilizzate all'aperto e attrezzature industriali, macchinari mobili.

Nello specifico la direttiva 2002/49/CE riguarda il rumore ambientale al quale è esposto l'essere umano, in particolare nelle zone edificate, nei parchi pubblici o in altre zone silenziose degli agglomerati, nelle zone silenziose in aperta campagna, nei pressi delle scuole, degli ospedali e di altri edifici e zone particolarmente sensibili al rumore (art.2).

Con l'art.3 della direttiva vengono introdotte alcune definizioni, tra le quali vanno annoverate le seguenti:

- descrittore acustico: la quantità fisica che descrive il rumore ambientale avente un rapporto con un effetto nocivo;
- determinazione: qualsiasi metodo per calcolare, predire, stimare o misurare il valore del descrittore acustico o i relativi effetti nocivi;
- valore limite: valore del descrittore acustico stabilito dallo Stato membro, il cui superamento induce le autorità competenti a esaminare o applicare provvedimenti di attenuazione del rumore;
- piani d'azione: i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico e i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione.

I descrittori, nonché le relative procedure di misurazione del rumore ambientale, sono individuati dal normatore europeo allo scopo di caratterizzare l'esposizione della popolazione a tale forma di inquinamento: pertanto, un importante

elemento di novità, è rappresentato dall'introduzione di nuovi descrittori, quali:

- $L_{den}$  (day-evening-night noise indicator): descrittore acustico per il fastidio globale;
- $L_{night}$  (night-time noise indicator): descrittore acustico relativo alle ore notturne (h 22.00 - h 06.00);
- $L_{day}$  (day-noise indicator): descrittore acustico per il fastidio durante il giorno (h 06.00 - h 20.00);
- $L_{evening}$  (evening-noise indicator): descrittore acustico per il fastidio durante il periodo serale (h 20.00 - h 22.00).

Nello specifico si tratta di descrittori acustici principali  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , di descrittori acustici supplementari come  $L_{day}$  e  $L_{evening}$ , nonché di indicatori diversi per la delimitazione delle zone acustiche (art.5, comma terzo). Tali descrittori acustici, primari e supplementari, sono puntualmente riportati nell'allegato I della direttiva esame.

Un altro importante descrittore dell'inquinamento acustico introdotto dalla direttiva 2002/49CE è la quota di popolazione esposta all'inquinamento acustico, intendendo con questa terminologia il numero di persone che vivono nelle abitazioni esposte a predeterminati livelli di rumore. Tale parametro appare di particolare rilevanza non solo per la tutela della salute della popolazione nei confronti degli effetti nocivi del rumore, ma anche nel determinare la priorità degli interventi di risanamento da attuare. Tale indicatore compare, tra l'altro, tra i sette indicatori individuati dal sistema delle agenzie Ispra<sup>1</sup>/Arpa/Appa, come prioritari ai fini della raccolta di informazioni per la descrizione dell'inquinamento acustico secondo il modello DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatto e Risposte).

Riguardo, invece, ai metodi di determinazione dei descrittori acustici, la direttiva raccomanda agli Stati membri che non dispongono di un metodo nazionale di calcolo o che intendano cambiarlo, l'adozione dei seguenti quattro metodi provvisori di calcolo e delle relative linee guida:

- per il rumore del traffico veicolare: metodo di calcolo ufficiale francese "NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC- CSTB)", citato in *Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6* e nella norma francese *XPS 31-133*. Per i dati di ingresso concernenti l'emissione, questi documenti fanno capo al docu-

---

1) Ispra (ex Apat), Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

mento *Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980*;

- per il rumore ferroviario: metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi pubblicato in *Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai 1996 (RMR)*, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996;
- per il rumore degli aeromobili: documento 29 ECAC.CEAC *Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports*, 1997. Tra i diversi approcci per la modellizzazione delle linee di volo, va usata la tecnica di segmentazione di cui alla sezione 7.5 del documento 29 ECAC.CEAC (Commissione Europea per l'Aviazione Civile);
- per il rumore dell'attività industriale: ISO 9613-2: "Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation";
- "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" - Raccomandazione della Commissione delle Comunità Europee n. 2003/613/CE del 6 agosto 2003.

La necessità dell'impiego di quest'ultimi descrittori acustici è legata all'elaborazione e alla revisione della mappatura acustica strategica, cioè di quella rappresentazione del territorio finalizzata alla determinazione globale dell'esposizione al rumore in una certa zona a causa di varie sorgenti di rumore (sorgenti concorrenti), ovvero alla definizione di previsioni generali per tale zona.

Il decreto legislativo n.194/2005, entrato in vigore in data 8 ottobre 2005, recepisce le disposizioni della direttiva 2002/49/CE, operando nel contempo il riordino e il coordinamento delle vigenti disposizioni in materia di tutela dell'ambiente abitativo e dell'ambiente esterno dall'inquinamento acustico.

A partire dell'art.1 vengono individuate le finalità e il campo di applicazione del provvedimento, concentrando quanto stabilito dalla direttiva negli articoli 1 e 2. Nel primo articolo il legislatore italiano dispone che "per quanto non previsto dal presente decreto si applicano le disposizioni della legge n.447/1995 e successive modifiche, nonché la legislazione vigente in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico adottata in attuazione della citata legge", ossia viene mantenuto l'impianto normativo della legge quadro sull'inquinamento acustico e dei relativi decreti attuativi (art.1, comma terzo).

Con gli artt. 3 e 4 vengono fissati gli obblighi a carico delle autorità pubbliche, individuate dalla Regione o Provincia autonoma e degli enti gestori di servizi trasporto o delle relative infrastrutture, per quanto concerne l'elaborazione e la consegna alla Regione o Provincia autonoma competente, delle mappe acustiche e delle mappe strategiche. Nello specifico l'art.4 stabilisce di effettuare, entro i termini stabiliti, le mappature acustiche suddette per tutti gli:

- agglomerati con più di 100.000 abitanti;
- assi stradali principali su cui transitano più di 3.000.000 veicoli/anno;
- assi ferroviari principali su cui transitano più di 30.000 convogli/anno;
- aeroporti civili o militari aperti al traffico civile in cui si svolgono più di 50.000 movimenti/anno.

Allo scopo di ridurre il rumore ambientale, quando i livelli di esposizione possono avere effetti nocivi per la salute pubblica, l'art.4 prevede la predisposizione di piani di azione che, tenuto conto dei risultati della mappatura acustica, hanno come scopo la gestione dei problemi connessi all'inquinamento acustico e ai suoi effetti.

La norma in esame introduce, con l'art.5, i nuovi descrittori acustici  $L_{den}$  e  $L_{night}$  e i relativi metodi di determinazione già citati.

E' importante specificare che tali indicatori non trovano univoca corrispondenza nell'attuale legislazione nazionale di riferimento per le differenze legate ad aspetti temporali, spaziali e di campo acustico ad essi collegati, pertanto il legislatore italiano ha opportunamente concesso, fino alla definizione a livello comunitario di metodi armonizzati, di utilizzare i dati acustici disponibili, previa conversione nei descrittori riportati dalla direttiva e nel caso si tratti di dati risalenti, al più, all'ultimo triennio (art.5, comma primo e terzo).

Per quel che riguarda l'elaborazione di metodi di determinazione armonizzati, in Europa hanno già operato diversi gruppi di lavoro (WG AEN, WG-Road, WG-Rail, etc.) aventi funzione di supporto e indirizzo per la Commissione nell'applicazione dei requisiti richiesti dalla direttiva 2002/49/CE e in particolare per la predisposizione di linee guida di riferimento sui metodi di determinazione già citati nell'allegato II della medesima direttiva, ma anche studi e progetti finalizzati alla determinazione di criteri uniformi per la caratterizzazione delle sorgenti di rumore stradale e ferroviario (cfr. HARMONOISE), industriale e aeroportuale (cfr. IMAGINE, SEFA, etc.) e che debbono ancora completare l'iter progettuale. Anche qui, i metodi di determinazione dei descrittori e le relazioni dose-effetto, in analogia con quanto contemplato all'art. 6

della direttiva 2002/49/CE, vengono individuati dalle prescrizioni degli allegati n. 2 e 3 del decreto, nonché sulla previsione dei criteri ancora da stabilire con apposito decreto del Ministro dell'Ambiente da emanarsi entro 180 giorni dalla data di adozione del decreto in esame.

Di notevole interesse è in particolare il progetto HARMONOISE (*Harmonised Accurate and Reliable Methods for the UE Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise*), finanziato dalla Comunità europea, ha prodotto dei metodi per il calcolo del rumore ambientale causato da rumore stradale e ferroviario. Nell'ambito del progetto sono stati sviluppati due modelli: uno di riferimento, più accurato, adatto per calcoli relativi a situazioni locali e particolari, e uno ingegneristico più semplificato, adatto alla mappatura acustica di grandi aree.





# **PARTE I**

## **Approccio metodologico**



# 1 / Stima dell'indicatore “popolazione esposta al rumore”

## 1.1 Rilevanza e utilità dell'indicatore

La popolazione esposta al rumore è uno degli indicatori per la descrizione dell'inquinamento acustico ed è inserita all'interno del modulo *State* nel modello di conoscenza ambientale DPSIR (tabella 1.1). L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) ha collocato tale indicatore nell'elenco degli *European Community health indicators*.

L'indicatore stima l'entità della popolazione esposta all'inquinamento acustico. Le metodologie per la sua costruzione, non essendo ancora completamente standardizzate, non consentono la perfetta comparabilità dei dati che, pertanto, hanno un carattere indicativo; il percorso metodologico per il popolamento di questo indicatore è stato oggetto di una specifica attività da parte dell'Apat (l'attuale Ispra), in collaborazione con il sistema delle Agenzie e il Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici (CTN\_AGF).

Nella legislazione italiana la popolazione esposta al rumore è richiamata, più o meno direttamente, nelle seguenti normative:

- *Legge Quadro 447/95 sull'inquinamento acustico.*  
I Comuni con più di 50.000 abitanti devono predisporre una relazione biennale sullo stato acustico del territorio comunale; la popolazione esposta al rumore risulta uno dei principali indicatori individuati per tale relazione, in ambito CTN\_AGF;
- *DM 29/11/00 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto e delle relative infrastrutture, dei piani e degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore”.*

Il numero delle persone interessate da elevati livelli di rumorosità è uno dei parametri che intervengono nella definizione del grado di priorità degli interventi di risanamento condotti nell'ambito del piano di contenimento e abbattimento del rumore, predisposto dai Gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture.

La Direttiva europea 2002/49/CE prevede l'elaborazione di mappe acustiche strategiche per tutte le aree urbanizzate con popolazione superiore a 100.000 abitanti e per tutti gli aeroporti e gli assi stradali e ferroviari principali. Fra i dati da trasmettere alla Commissione Europea (allegato VI della direttiva) è prevista anche l'indicazione del numero di persone che vivono in abitazioni esposte a

**Tabella 1.1:** Indicatori scelti nel modello DPSIR relativi al tema Rumore (Annuario dati ambientali Apat 2004).

Tema SINAnet	Nome indicatore	DPSIR	Qualità Informazione	Copertura		Stato e Trend	Rappresentazione	
				S	T		Tablette	Figure
Rumore	Popolazione esposta al rumore	S	★	C 48/8.101	1996-2006		-	-
	Sorgenti controllate e percentuale di queste per cui si è riscontrato almeno un superamento dei limiti	S	★★★	R 15/20	2000-2003; 2006		13.1	13.1-13.3
	Stato di attuazione dei piani di classificazione acustica comunale	R	★★★	R	2006		13.2	13.4-13.6
	Stato di attuazione delle relazioni sullo stato acustico comunale	R	★★★	C 119/144 R 18/20	2006		13.3	-
	Stato di approvazione dei piani comunali di risanamento acustico	R	★★★	C 7.141/8.101 R 18/20	2006		13.4	-
	Osservatorio normativa regionale	R	★★★	R 15/20	2006		13.5	-
	Percentuale di km della rete ferroviaria nazionale per la quale si ha il superamento dei limiti	S	★★★	I	2004	-	-	-
	Stato di approvazione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore per la rete ferroviaria	R	★★★	I	2004	-	-	-
	Percentuale di km della rete stradale nazionale per la quale si ha il superamento dei limiti	S	★★	I	2006	-	13.6	-
	Stato di approvazione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore per la rete stradale	R	★★	I	2006	-	13.7	-
	Stato di attuazione della caratterizzazione acustica degli intorni aeroportuali	R	★★★	Aeroporti 39/45	2006	-	13.8	-

predefinite classi di valori dei descrittori acustici  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , con distinzione fra il rumore prodotto dalle diverse sorgenti (traffico stradale, ferroviario, aereo e attività industriale). Tale stima è inoltre riportata tra i requisiti minimi della mappatura acustica strategica (allegato IV della direttiva) e dei piani d'azione (allegato V della direttiva), secondo le prescrizioni della 2002/49/CE.

## 1.2 Dati attualmente disponibili

Come per tutti i dati connessi al rumore ambientale, anche per la stima della popolazione esposta la Direttiva 2002/49/CE impone agli Stati membri di raccogliere informazioni sulla esposizione al rumore della popolazione attraverso metodologie ben definite per rendere i risultati omogenei e confrontabili. È pertanto necessario un lavoro di “ricognizione”, il cui risultato potrebbe di fatto rendere poco utilizzabili i dati disponibili, frutto di campagne di misura e stime della popolazione esposta condotte finora nei vari Stati membri, poiché non rispondenti a criteri e metodi introdotti dalla direttiva. Tale impegno riguarderà praticamente tutti i Paesi europei, alcuni dei quali dispongono di dati più significativi (Francia, Germania, Olanda, ecc.), altri con conoscenze limitate, e molti per i quali si inizierà da zero.

### 1.2.1 Quadro delle conoscenze in Italia

In Italia l'attuale livello di conoscenza circa la quantificazione della popolazione esposta al rumore è insoddisfacente. L'entità del problema non è identificabile su vasta scala territoriale, poiché l'assenza di un preciso input normativo nazionale sull'argomento ha fatto sì che i pochi dati raccolti non siano confrontabili, in quanto frutto di iniziative locali prive, quindi, di omogeneità metodologica. Una prima importante raccolta di dati relativi all'esposizione al rumore della popolazione è stata condotta da Ispra, in collaborazione con il sistema delle Agenzie e con il CTN\_AGF, a partire dal 2001.

La fonte informativa da cui estrarre una quantificazione dell'entità del problema su scala nazionale è l'Annuario dei dati ambientali Ispra, la cui prima edizione è relativa all'anno 2002. I dati riportati in tale pubblicazione sono presentati in tabella 1.2. È bene ricordare che i dati mostrati hanno carattere indicativo, in quanto derivanti dall'applicazione di tecniche di analisi e rilevazione disomogenee, e non sono perfettamente confrontabili tra loro.

**Tabella 1.2:** Percentuale di popolazione residente in aree dove la rumorosità ambientale, in esterno, è maggiore a 65 dBA di giorno e di 55 dBA di notte in alcune città/comuni italiani (dall'Annuario dei dati ambientali Apat, 2002).

Comune	Popolazione studiata sul totale [%]	Popolazione residente in aree ove LeqA diurno > 65dBA [%]	Popolazione residente in aree ove LeqA notturno > 55dBA [%]
Arezzo	80	42	45
Bologna(1)	100	53	
Busalla <sup>(2)</sup> (Ge)	100	30	
Ciriè <sup>(3)</sup> (To)	100	4	18
Ferrara	90 (circa)	35	70
Firenze	100	49	100
Genova	23	31	
Livorno	25	85	94
Modena	80	29	33
Monza	100	15	27
Padova	100	11	33
Pesaro	100	32	
Pisa	20	83	99
Quincinetto <sup>(3)</sup> (To)	100	0	1
Rivoli <sup>(3)</sup> (To)	100	3	25
Venezia/Mestre	29		
Verona	100	26	
Vicenza	71	37	


(1) La percentuale di popolazione è stata calcolata con riferimento al livello giorno/notte, LAeqD/N.

(2) Il Comune di Busalla ha circa 6.000 abitanti.

(3) si intende la percentuale di popolazione nei differenti luoghi di esposizione al rumore ambientale (residenze, ospedali, scuole, parchi, ecc.) ponderata per il tempo medio di permanenza. I Comuni di Rivoli, Ciriè e Quincinetto hanno rispettivamente circa 52.000, 19.000 e 1.200 abitanti.

La tabella evidenzia come una quota significativa della popolazione risulti esposta a livelli superiori a quelli di riferimento. Inoltre, va fatto presente che in alcuni comuni (es. Pisa e Livorno) il campione di popolazione esaminato è limitato e riferito particolarmente a residenti lungo le strade principali, caratterizzate da maggiori livelli di rumorosità.

I dati più recenti a disposizione risultano attualmente quelli relativi all'Annuario dei dati ambientali Apat 2004, pubblicato nel 2005. A tutte le Agenzie regionali/provinciali è stato inviato un questionario. Dalle risposte in esso fornite emerge che, sebbene l'indicatore abbia grossa rilevanza nel descrivere lo stato dell'ambiente dal punto di vista dell'inquinamento acustico, la copertura spaziale (44 Comuni su 8101) e temporale (anni 1991-2003) non è ancora sufficiente, come pure l'accuratezza, per la limitata confrontabilità dei dati. L'immagine seguente mostra in maniera chiara e immediata la situazione attuale e il trend dell'indicatore in esame.

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE VALUTAZIONI		
Trend	Nome indicatore	Descrizione
	<b>Popolazione esposta al rumore</b>	I dati attualmente disponibili sull'esposizione al rumore della popolazione sono ancora relativamente scarsi e spesso poco confrontabili, a causa delle diverse tecniche di rilevamento e di analisi utilizzate; è comunque possibile osservare percentuali significative i popolazione esposta a livelli superiori a quelli presi a riferimento (65 dB(A), Leq diurno; 55 dB(A), Leq notturno).

Nella tabella 1.3 sono indicate, per alcuni comuni italiani, le percentuali di popolazione residente in aree in cui la rumorosità ambientale, in esterno, è maggiore di 65 dB(A) di giorno e di 55 dB(A) di notte, sul totale della popolazione studiata; la sorgente di rumore prevalente è il traffico veicolare. Analogamente, in tabella 1.4, vengono riportati i dati relativi alla popolazione esposta al rumore prodotto da alcune infrastrutture lineari di trasporto per le quali sono stati realizzati studi specifici.

**Tabella 1.3:** Percentuale di popolazione residente in aree in cui la rumorosità ambientale (a), in esterno, è maggiore di 65 dBA di giorno e di 55 dBA di notte, in alcuni comuni italiani (dall'Annuario dei dati ambientali Apat, 2004).

Comune	Popolazione totale residente nel comune n.	Popolazione considerata nello studio sul totale della popolazione residente %	Popolazione residente in aree in cui LAeq diurno > 65 dBA rispetto alla popolazione considerata nello studio %	Popolazione residente in aree in cui LAeq notturno > 55 dBA rispetto alla popolazione considerata nello studio %	Sorgenti a cui è riferita l'esposizione della popolazione ed anno di elaborazione dello studio(b)	Metodologia di studio utilizzata (c)
Torino	901.019	100	31	77	Strade 2003	A2
Ciriè (TO)(d)	19.004	100	19	36	Strade 2001-2002	A2
Quincinetto (TO)(d)	1.076	100	2	34	Strade 2001-2002	A2
Rivoli(TO)(d)	51.966	100	23	47	Strade 2001-2002	A2
Aosta	34.062	100	46	32	Rumore ambientale 1997-1998	A1-A2
Courmayeur (AO)	2.790	100	36	38	Rumore ambientale 1996	A1
Chatillon (AO)	4.712	100	52	72	Rumore ambientale 2000	A1
20 comuni rurali (e) (AO)	5.599	100	6	15	Rumore ambientale (2002)	A1
Monza	119.421	100	15	27	Rumore ambientale 1999	
Padova	209.527	100	11	33	Strade 2002	A1
Mestre (Venezia)	177.000	100	29	-	Strade 1998	A1
Verona	260.000	100	26	44	Strade 2001	A1
Vicenza	109.445	71	37	-	Strade 2000	A1
Bologna	381.178	100	(f)53	-	Infrastr.di trasporto 1997	A1
Ferrara	131.737	90	35	-	Traffico veicolare 1997	A1
Modena	174.000	80	29	33	Traffico veicolare urbano 1991	B
Modena	177.800	91	(g)47	(g)60	Traffico veicolare 2000	A1
Busalla (GE)	6.000	100	30	-	Infrastr. trasporto e industrie 2001	-
Livorno(i)	161.673	25	85	94	Strade	A1
Pisa(i)	92.379	20	83	99	Strade	A1
Pesaro	88.713	100	32	-	Traffico 1998	-
Perugia	148.575	100	-	22	Infrastr. trasporto 1995-1996	A1
Terni	103.964	100		10	Infrastr. trasporto 1995-1997	A1

Fonte: Elaborazione Apat/CTN\_AGF su dati Arpa/Appa

#### LEGENDA:

(a) Come indice di rumorosità si utilizza il Livello Continuo Equivalente ponderato A, valutato dalle ore 06.00 alle 22.00 (giorno) e dalle 22.00 alle 06.00 (notte)

(b) Anno/periodo a cui sono riferibili i dati di esposizione al rumore della popolazione

(c) Metodologia/e utilizzata/e:

A1) Stima della popolazione esposta a partire dai dati demografici e da mappature acustiche ottenute attraverso misure fonometriche e/o modelli di calcolo

A2) Stima della popolazione esposta a partire dai dati demografici e da mappature acustiche ottenute anche attraverso metodi di tipo statistico che prevedono una classificazione della rete viaria e misure fonometriche effettuate su un campione di strade opportunamente scelto

B) Campionamento statistico della popolazione e valutazione dell'esposizione a rumore del campione di popolazione scelto attraverso misure fonometriche ed eventuali applicazioni modellistiche

C) Altro

(d) Sono disponibili anche i dati di esposizione della popolazione espressi nei descrittori acustici previsti dalla Direttiva 2002/49/CE,  $L_{den}$  e  $L_{night}$

(e) Allein, Bionaz, Chamois, Champorcher, Doues, Emarese, Gressoney la Trinité, La Magdeleine, Ollomont, Oyace, Perloz, Pont Bozet, Rhemes Notre Dame, Rhemes St George, Roisan, St. Denis, St. Nicolas, St. Rhemy en Bosses, Valgrisenche, Valsavarenche

(f) La percentuale di popolazione è stata calcolata con riferimento al Livello giorno/notte, che si ottiene penalizzando di 10 dB il rumore misurato nelle ore notturne

(g) Le percentuali di popolazione sono riferite ai descrittori acustici  $L_{den}$  (> 65 dBA) e  $L_{night}$  (>55 dBA) (day = ore 06.00 - 18.00, evening = ore 18.00 - 22.00, night = ore 22.00 - 06.00)

(h) Le percentuali di popolazione esposta sono riferibili al solo agglomerato urbano

(i) I risultati sono relativi a un campione limitato di popolazione con prevalenza di residenti nelle strade principali



**Tabella 1.4:** Percentuale di popolazione residente in aree dove la rumorosità ambientale (a) prodotta da infrastrutture lineari di trasporto, in esterno, è maggiore di 65 dBA di giorno e di 55 dBA di notte (dall'Annuario dei dati ambientali Apat, 2004).

Infrastruttura/i	Lun- ghezza totale	Lunghes- za totale della/e tratta/e studiata/e	Ampiezza fascia di studio per lato della/e tratta/e esaminata/e	Popolazio- ne totale residente nella fascia di studio della/e tratta/e esa- minata/e	Popolazione resi-dente in aree in cui LAeq diurno (prodotto dalla tratta di infrastr. studiata) > 65 dBA, sul totale della popolazio- ne residente nella fascia studiata	Popolazione re- sidente in aree in cui LAeq notturno (prodotto dalla tratta di infrastr. studiata) > 55 dBA, sul totale della popolazione residente nella fascia studiata	Metodolo- gia di studio uti- lizzata (c) (anno di elabora- zione studio) (b)
	km	km	m	n.	%	%	
Strade provin- ciali (TO) (d)	887	887	100	85.961	10	18	B2 2002-2003
Strade statali (TO) (e)	203	203	100	20.145	27	42	B2 2002-2003
A21 (Comune di Asti)	8	8	250	730	10	15	B2 2002
Linee Ferrovia- rie FFSS (MO)	23	9,8	300	10.800	52	89	A 2000
A1 (tratto toscan- o) (f)	183	183	175	6.557	6	100	B1
A11 (tratto toscano) (f)	83	83	195	13.355	19	100	B1
A12 (tratto toscano) (f)	134	134	176	5.686	38	100	B1
Strada grande comunicaz. FI-PI-LI(f)	98	98	137	5.216	35	100	B1
Strade regionali (FI) (f) (g)	272	272	30	21.827	69	100	B1
Strade regionali (AR) (f) (h)	157	157	37	10.848	61	100	B1
Strade regionali (GR) (f) (i)	111	111	12	482	31	100	B1
Strade regionali (PI) (f) (l)	159	159	25	4.582	65	100	B1
Strade regionali (LI) (f) (m)	60	60	48	3.294	54	100	B1
Strade regionali (LU) (f) (n)	73	73	27	6.613	69	100	B1
Strade regionali (Massa-Carrara) (f) (o)	15	15	9	208	0	100	B1
Strade regionali (Prato) (f) (p)	34	34	43	6.091	78	100	B1
Strade regionali (Pistoia)(f) (q)	51	51	41	8.629	75	100	B1
Strade regionali (SI) (f) (r)	175	175	24	4.041	64	100	B1
Strade provin- ciali (FI) (f) (s)	ND	148	25	7.954	66	100	B1
Linea ferroviaria FI-BO (f) (t)	45	45	210	30.850	22	100	B1
Attraversam Ferroviario Firenze	13	13	250	83.530	3	18	B2

continua &gt;&gt;

&lt;&lt; continua

Infrastrutturale/i	Lun- ghezza totale	Lunghez- za totale della/e tratta/e studiata/e	Ampiezza fascia di studio per lato della/e tratta/e esaminata/e	Popolazio- ne totale residente nella fascia di studio della/e tratta/e esa- minata/e	Popolazione resi-dente in aree in cui L <sub>Aeq</sub> diurno (prodotto dalla tratta di infrastr. studiata) > 65 dBA, sul totale della popolazio- ne residente nella fascia studiata	Popolazione re- sidente in aree in cui L <sub>Aeq</sub> notturno (prodotto dalla tratta di infrastr. studiata) > 55 dBA, sul totale della popolazione residente nella fascia studiata	Metodolo- gia di studio uti- lizzata (c) (anno di elabora- zione studio) (b)
	km	km	m	n.	%	%	
Linea ferroviaria FI-Roma(f) (t)	113	113	89	2.785	91	100	B1
Linea ferroviaria FI-AR-Chiusi- Chianc.(f) (t)	156	156	198	47.695	10	100	B1
Linea ferroviaria GR-Civitav.- Roma (f) (u)	68	68	109	4.354	11	100	B1
Linea ferroviaria SP-Sarzana- LI(f) (u)	66	66	83	9.779	16	100	B1
Linea ferroviaria LI-GR (f)	130	130	200	31.031	11	100	B1
Linea ferroviaria LI-PI-FI(f)	121	121	119	16.623	23	100	B1

Fonte: Elaborazione Apat/CTN\_AGF su dati Arpa/Appa

**LEGENDA:**

- (a) Come indice di rumorosità si utilizza il Livello Continuo Equivalente ponderato A, valutato dalle ore 06.00 alle 22.00 (giorno) e dalle 22.00 alle 06.00 (notte)
- (b) Anno/periodo a cui sono riferibili i dati di esposizione al rumore della popolazione
- (c) Metodologia/e utilizzata/e:
- A) Misure fonometriche
- B1) Modelli di calcolo semplificati (che non tengono conto della presenza di edifici o ostacoli), con eventuali misure per la taratura del modello stesso
- B2) Altri modelli di calcolo, con eventuali misure per la taratura del modello stesso
- C1) Mista: misure fonometriche + modelli di calcolo semplificati (che non tengono conto della presenza di edifici o ostacoli)
- C2) Mista: misure fonometriche + altri modelli di calcolo
- D) Altro
- (d) Codici delle singole strade analizzate: SP3, SP 17, SP34, SP36, tutte le SP dalla n. 40 alla n. 222, SP224, SP226, SP228, tutte le SP dalla n. 262 alla n.266
- (e) Codici delle singole strade analizzate: SS11, SS31, SS228, SS338, SS419, SS458, SS460, SS565, SS590, SS595
- (f) Tutti i valori della fascia di studio si riferiscono alla media pesata sulla popolazione, delle ampiezze utilizzate per il gruppo di infrastrutture specificato nel campo "infrastruttura lineare".
- (g) Codice delle singole strade analizzate: SR429, SR2, SR222, SR302, SR325, SR436, SR65, SR66, SR69, SR70. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (h) Codice delle singole strade analizzate: SR258, SR69, SR70, SR71. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (i) Codice delle singole strade analizzate: SR398, SR439, SR74. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (l) Codice delle singole strade analizzate: SR12, SR206, SR436, SR439, SR439bis, SR68. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (m) Codice delle singole strade analizzate: SR206, SR398, SR68. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (n) Codice delle singole strade analizzate: SR439, SR12, SR445. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (o) Codice delle singole strade analizzate: SR445. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (p) Codice delle singole strade analizzate: SR325, SR66. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (q) Codice delle singole strade analizzate: SR435, SR66, SR436. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (r) Codice delle singole strade analizzate: SR429, SR2, SR222, SR68. Nel calcolo della popolazione sono stati esclusi i centri abitati con più di 10.000 abitanti.
- (s) Codice delle singole strade analizzate: SP3, SP4, SP5, SP12, SP41, SP 53, SP54, SP67, SP69, SP70, SP71, SP72, SP73, SP92, SP98, SP101, SP118.
- (t) Escluso il centro abitato di Firenze, fino al confine regionale.
- (u) La tratta è stata studiata fino al confine di Regione.

A commento dei dati mostrati nelle tabelle, l'Ispra sottolinea che la loro lettura “necessita di qualche cautela poiché le metodologie adottate, sia per la produzione dei dati acustici, sia per la relativa associazione delle quote di popolazione esposta, non sono omogenee. Inoltre, è probabile che, in alcune realtà, i livelli acustici risultino sovrastimati in quanto può non essere stato considerato l'effetto di schermo acustico, determinato dall'azione degli edifici a bordo strada sugli edifici più interni o sui locali che non si affacciano direttamente sulla strada”. Sull'esposizione possono influire le differenti condizioni delle varie realtà urbane. I risultati di un confronto tra un'esposizione in un'area urbana o in una periferica, in prossimità di arterie stradali di grande scorrimento, sono mostrati da uno studio socioacustico, condotto in Italia con criteri metodologici omogenei. Dall'analisi dei dati indicati nelle tabelle 1.5 e 1.6 emerge la differenza di risultati, in termini di popolazione, tra le due condizioni, specie per i livelli espositivi più elevati. In ambito urbano la percentuale di esposti è all'incirca la metà di quella relativa agli insediamenti adiacenti a grandi arterie stradali, ove si supera il 40% della popolazione.

**Tabella 1.5:** Percentuali di popolazione esposta a diverse classi di livello sonoro – periodo diurno.

	LAeq, 6÷22 - dB			
	≤ 55	55-65	65-75	>75
<b>Area urbana</b>	21,2	52,9	25,2	0,4
<b>Area prospiciente viabilità primaria</b>	26,1	27,3	45,3	1,3

**Tabella 1.6:** Percentuali di popolazione esposta a diverse classi di livello sonoro – periodo notturno.

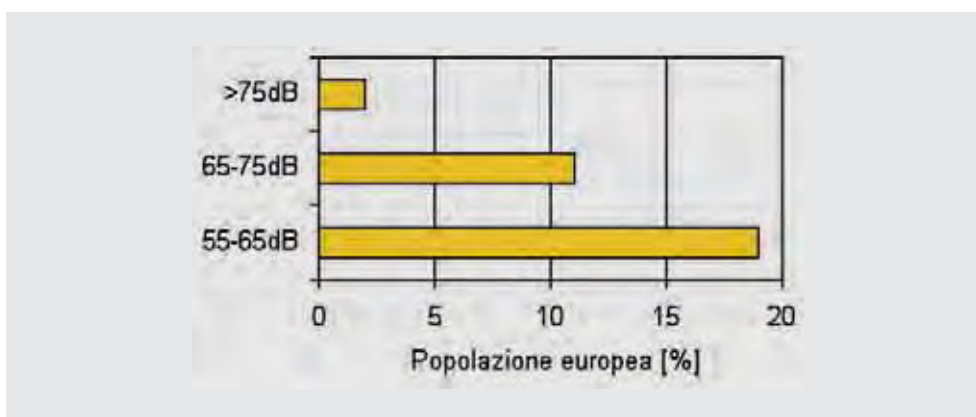
	LAeq, 22÷6 - dB		
	≤ 50	50-60	>60
Area urbana	37,2	46,4	16,7
Area prospiciente viabilità primaria	32,3	27,7	40,0

### 1.2.2 Stime condotte su scala europea

Il dato relativo all'area urbana sull'esposizione a livelli superiori a 65 dB(A), pari al 26%, è in linea con le stime elaborate su scala europea. A livello comunitario, infatti, si è stimato (vedi figura 1.1) che circa il 32% della popolazione della UE (120 milioni di persone) è esposta a livelli di rumore causato da traffico stradale  $> 55 L_{den}$  dB(A).

Riguardo al rumore generato da infrastrutture ferroviarie, la popolazione europea esposta a livelli superiori a 55 LAeq dB risulta pari al 10% (37 milioni), in base a stime sui dati fornite da Francia, Germania e Paesi Bassi). Gli studi

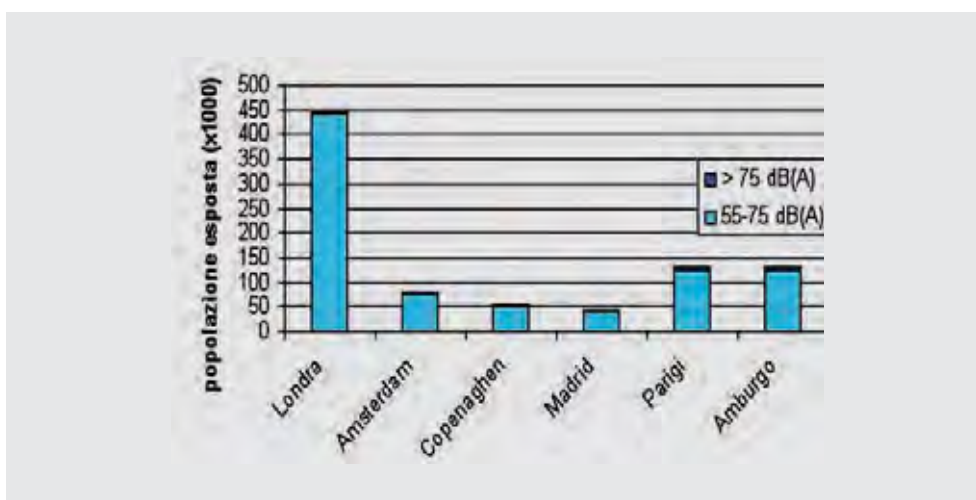
relativi agli aeroporti sono più incerti, ma i dati dei 35 maggiori aeroporti europei, che gestiscono circa l'85% del traffico aereo complessivo, mostrano che 3 milioni di persone sono esposte a livelli superiori a 55  $L_{den}$  dB(A). Alcuni di questi dati sono riportati di seguito, sia in forma tabellare (tabella 1.7) che grafica (figura 1.2).



**Figura 1.1:** Percentuale di popolazione europea esposta a determinati livelli di rumore generato da traffico stradale (Fonte: EEA, 1999).

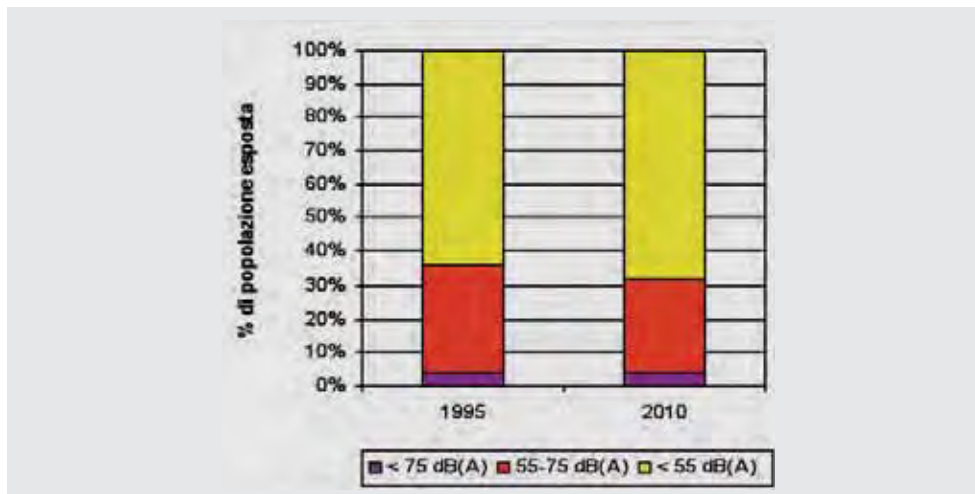
**Tabella 1.7:** Numero di persone esposte a livelli di rumore oltre i 55  $L_{dn}$  dB(A) attorno agli aeroporti (Fonte: EEA, 1999).

Aeroporto	Numero di persone
Heathrow, Londra	440.000
Fuhlsbüttel, Amburgo	123.000
Charles de Gaulle, Parigi	120.000
Schiphol, Amsterdam	69.000
Kastrup, Copenaghen	54.000
Barajas, Madrid	33.000



**Figura 1.2:** Situazione della popolazione esposta al rumore attorno agli aeroporti (Fonte: EEA, 1999).

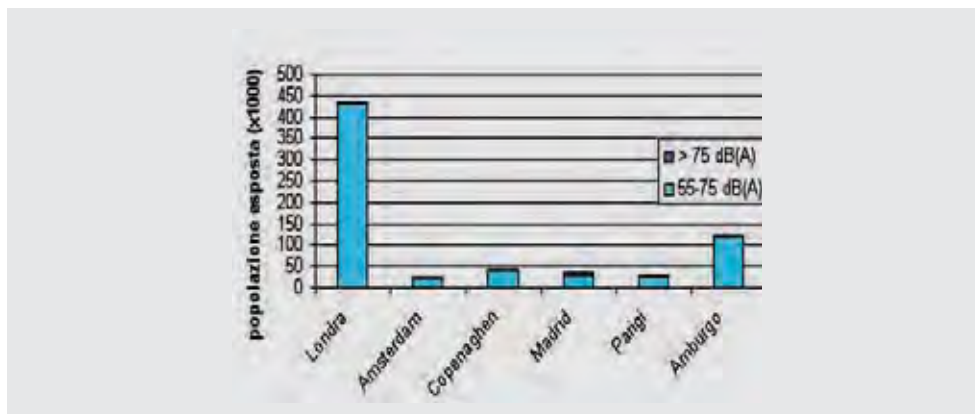
Si stima (*Environmental European Agency – EEA*) che i livelli di rumore relativi alle maggiori reti stradali europee peggiorino a causa della crescita del traffico, specie riguardo al trasporto merci; quindi si prevede che l'esposizione della popolazione non diminuirà in maniera significativa. Si mostra, di seguito, (figura 1.3) lo stato di fatto al 1995 e la proiezione al 2010 relativi ad Amsterdam, Monaco e Madrid.



**Figura 1.3:** Percentuale di abitanti esposti a determinate categorie di Ldn per Amsterdam, Monaco e Madrid (1995 e 2010, Fonte: EEA).

L'evoluzione che ci si attende, relativa al rumore aeroportuale, ha lo stesso trend, come si evince dal grafico in figura 1.4.

Un gruppo di lavoro delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente, su incarico del CTN\_AGE, si è occupato della ricerca e raccolta della documentazione europea esistente riguardo alle problematiche dell'esposizione della popolazione al rumore prodotto dal traffico veicolare. A tal fine è stato elaborato un questionario, la cui versione in inglese è stata inviata per posta elettronica a 55 sedi europee di enti pubblici o centri di ricerca che si interessano di acustica ambientale.



**Figura 1.4:** Previsione al 2010 della popolazione attorno agli aeroporti esposta al rumore (Fonte: EEA).

Con il questionario si è cercato di trarre informazione riguardo ai tre elementi che concorrono alla costruzione dell'indicatore di esposizione della popolazione al rumore stradale:

- caratterizzazione delle pressioni acustiche (livelli di rumore emessi dalle infrastrutture);
- distribuzione degli edifici residenziali e della popolazione residente;
- associazione dei due livelli informativi precedenti per stimare il numero di persone esposte.

Alla data del 31 gennaio 2004 sono pervenute solo 11 risposte al questionario, ovvero il 20% del totale. L'analisi dei questionari e della documentazione acquisita ha messo in risalto la disomogeneità delle metodologie tra Paesi ed anche all'interno di uno stesso Paese. In base a queste peculiarità si possono formulare le seguenti osservazioni:

- la percentuale di territorio esaminato è mediamente non superiore al 25% del totale (nella metà dei casi il dato non è stato indicato);
- la percentuale di popolazione esposta è pari al 30-40% del totale (solo in un caso è indicato il 100%);
- per il campionamento spaziale, sono le esigenze di calcolo a determinare i punti di misura;
- il tempo di campionamento è solitamente di 24 ore;
- vengono impiegati, nell'80%, dei casi modelli di calcolo ufficiali con buon adattamento alla direttiva europea;
- l'input al modello previsionale è fornito in genere dal flusso di traffico, stimato a partire sia da modelli di assegnazione origine-destinazione, che da conteggi manuali ed automatici;
- i dati riferiti alla popolazione esposta sono in genere relativi ai singoli edifici.

### **1.3 Alcune metodologie sviluppate ed esperienze realizzate**

Come evidenziato dall'analisi precedentemente esposta non esistono metodi omogenei riconosciuti a livello internazionale per la valutazione dell'esposizione della popolazione al rumore. Di seguito, a titolo di esempio, si illustrano alcuni criteri ed esperienze presenti in letteratura tecnica circa la determinazione dell'indicatore popolazione esposta al rumore.

***1.3.1 Provincia di Torino - Arpa Piemonte, “Progetto di sperimentazione e applicazione dell’indicatore di sostenibilità. Percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento acustico dannosi”, 2003 (per i dati di Ciriè, Rivoli, Quincinetto)***

La provincia di Torino, quale membro di un gruppo di lavoro europeo, ha assunto un ruolo guida nell’applicazione dell’indicatore e ha fornito pieno supporto finanziario al progetto, al fine di:

- effettuare una prima valutazione della distribuzione della popolazione;
- definire una metodologia operativa per la valutazione dell’indicatore;
- testare i parametri  $L_{den}$  e  $L_{night}$ ;
- definire una metodologia per monitorare e modellizzare i livelli di rumore in aree densamente urbanizzate;
- definire un set di operazioni per sovrapporre dati acustici e territoriali per stimare la percentuale di popolazione esposta, per mezzo di un G.I.S.;
- testare l’indicatore in tre paesi rappresentativi della provincia di Torino.

Ci si è limitati ad analizzare l’inquinamento acustico generato dalle infrastrutture di trasporto, in quanto la complessità di una valutazione su vasta scala del rumore dovuto ad attività industriali non è proporzionale - in una valutazione globale dell’inquinamento acustico in un contesto urbano - alla relativamente limitata importanza di tale tipo di sorgente sonora.

I livelli di rumore assegnati a ogni edificio sono quelli relativi alla facciata più esposta. Secondo il modello NMPB – Routes ’96, suggerito dalla direttiva 2002/49/CE, la caratterizzazione acustica delle sorgenti stradali si basa su parametri di traffico (flussi, velocità, percentuale di mezzi pesanti, ecc.) e geometrici. Se i dati sul traffico non sono disponibili va definita una metodologia per determinare i flussi di traffico. In questo contesto si è utilizzato il Piano Urbano di Traffico (P.U.T.) di Torino del 2001, che presenta una classificazione delle strade in cinque categorie, a ciascuna delle quali è stato attribuito un valore medio orario di flusso di traffico. Sulla base di tale piano e di una campagna di misure in 24 punti situati sul territorio del centro urbano di Rivoli, è stata proposta la classificazione indicata in tabella 1.8.

Per estendere i risultati delle misure, effettuate nel corso delle 24 ore, ai periodi serale e notturno, si presume che la distribuzione oraria del traffico veicolare tenda ad assumere un profilo standard e la differenza tra livelli sonori diurni e notturni si attesti su valori pressoché costanti (5-6 dBA). La validità delle ipotesi è stata verificata da una serie di misure a lungo termine condotte su strade

rappresentative di ciascuna categoria, da cui si è notato che i flussi di traffico, mediamente si dimezzano nel passaggio dal giorno alla notte.

I risultati della stima della popolazione esposta al rumore (tabella 1.9), effettuata per tre Comuni rappresentativi della provincia di Torino (Rivoli, Ciriè e Quincinetto) mostrano che, complessivamente, in provincia di Torino, circa il 19,6% della popolazione è esposta a livelli di rumore diurni superiori a 65 dB(A). Inoltre in paesi con più di 20.000 abitanti la percentuale di popolazione esposta a  $L_{\text{night}} > 60$  dB(A) è pari al 20%, in paesi con numero di residenti compreso tra 5.000 e 20.000 è pari al 15%, in paesi con meno di 5.000 abitanti è infine inferiore al 2%.

**Tabella 1.8:** Classificazione delle strade proposta e corrispondenti flussi di traffico

Tipo di strada	Descrizione	Flusso di traffico (veicoli/ora per corsia)
A	Motorway, ring road	*
B	Fast flow or transit road	600
C	Urban neighbourhood road	400
D1	Local road - 1	300
D2	Local road - 2	120
D3	Local road - 3	50

**Tabella 1.9:** Percentuale di popolazione esposta al rumore nei paesi di Rivoli, Ciriè e Quincinetto e nella provincia di Torino.

Località	Indicatore	Percentuale di popolazione esposta						
		≤ 49 dB(A)	50-54 dB(A)	55-59 dB(A)	60-64 dB(A)	65-69 dB(A)	70-74 dB(A)	≥ 75 dB(A)
Rivoli	$L_{\text{den}}$	3,1	5,9	26,0	33,4	20,5	9,8	1,4
	$L_{\text{night}}$	21,9	31,5	26,6	15,0	4,4	0,6	0,0
Ciriè	$L_{\text{den}}$	10,6	15,7	22,5	23,0	18,1	9,7	0,4
	$L_{\text{night}}$	40,6	23,8	20,5	13,8	1,2	0,0	0,0
Quincinetto	$L_{\text{den}}$	1,6	18,6	30,3	31,1	18,4	0,0	0,0
	$L_{\text{night}}$	39,6	26,3	32,2	1,9	0,0	0,0	0,0
Provincia di Torino	$L_{\text{den}}$	4,3	10,0	26,0	30,9	19,6	8,1	1,0
	$L_{\text{night}}$	28,6	29,1	26,3	12,6	3,0	0,4	0,0

### 1.3.2 Arpa Veneto, “Valutazione dell’esposizione al rumore urbano prodotto da infrastrutture di trasporto nella città di Verona”, 2001

Sulla base delle indicazioni provenienti dalla normativa si presentano in questo documento alcuni risultati ottenuti dall’attività svolta su Verona con l’obiettivo di caratterizzare lo stato acustico del territorio urbano e l’esposizione della popolazione in ordine ai livelli di rumore generati dal traffico stradale, principale sorgente di rumore cui sono esposte sistematicamente larghe fasce di popolazione.



### *Obiettivo dello studio*

I risultati dello studio vengono proposti attraverso un sistema di indicatori ambientali classificabili secondo lo schema DPSIR e individuati dal sistema agenziale nell'ambito del progetto Centro Tematico Nazionale Agenti Fisici. Obiettivo di tali indicatori è quello di descrivere le fonti di pressioni, le pressioni acustiche e l'esposizione della popolazione ai livelli di rumore.

La stima della percentuale di popolazione esposta al rumore è un indicatore che in tale sede viene impiegato per valutazioni su vasta scala e fornisce quindi indicazioni utili sull'ordine di grandezza della popolazione coinvolta nel problema, potendo distinguere situazioni certamente problematiche da quelle che lo sono potenzialmente e sulla quale potranno essere svolte successive indagini di dettaglio.

I livelli di rumore sono stati calcolati a partire da un modello acustico il cui input è costituito dalla stima dei flussi di traffico; i valori stimati sono stati successivamente verificati attraverso una campagna di misure effettuate su un campione di strade.

La determinazione delle pressioni acustiche generate dall'infrastruttura stradale è un aspetto particolarmente critico; in particolare se l'approccio scelto prevede misure sul campo si devono fissare dei requisiti minimi sui criteri di campionamento. Se invece il metodo che si vuole adottare prevede l'uso di modelli previsionali vanno stabiliti dei criteri per calibrare (verifica e correzione) i risultati.

### *Materiali e metodi*

Sono state estratte informazioni dal piano urbano del traffico circa la classificazione funzionale delle strade e dei flussi veicolari, sui dati di rumore misurati per caratterizzare le emissioni su un campione di 45 strade, sulla distribuzione degli edifici e sulla distribuzione della popolazione per la città.

La base di partenza necessaria per il calcolo dell'indicatore è la stima dei livelli acustici ad ogni facciata di edificio; il secondo aspetto è il collegamento tra il livello in facciata e il numero di persone esposte a quel livello.

La caratterizzazione del livello di rumore stradale è stata condotta attraverso un modello analitico basato sui SEL (livello di esposizione sonora); tale parametro è proporzionale all'energia rilasciata da un particolare evento sonoro; in particolare gli eventi considerati sono costituiti dal passaggio dei veicoli per le diverse tipologie di strade.

### *I fase: Caratterizzazione delle fonti di pressioni acustiche*

La fonte di pressione è costituita dalla rete stradale urbana. Il piano urbano del

traffico (PUT) propone una classificazione basata sulla funzionalità delle strade della città (tabella 1.10). Tale variabile è strettamente correlata all'importanza (numero e tipologia di veicoli) dei flussi di traffico. Le strade di Verona sono classificate attraverso uno schema su quattro livelli: strade interquartiere di primo livello, strade interquartiere di secondo livello, strade di quartiere e strade locali.

Il PUT fornisce una rappresentazione della rete stradale attraverso un grafo composto da archi collegati tra loro da un insieme di nodi. Ad ogni arco stradale è associato un flusso di veicoli equivalenti relativo all'ora di punta di traffico (7.30-8.30). Il dato relativo al flusso veicolare è stimato sulla base dei risultati di un modello origine-destinazione di assegnazione del traffico opportunamente calibrato attraverso un sondaggio effettuato sugli automobilisti (fonte PUT). Ogni strada è suddivisa in archi omogenei per flusso veicolare; associando ad essa il flusso veicolare medio. Per ogni strada il flusso reale è stimato a partire dal flusso di veicoli equivalenti e dalla percentuale di veicoli pesanti per categoria stradale.

**Tabella 1.10:** Classificazione delle strade di Verona.

CLASSIFICAZIONE	DESCRIZIONE
strade interquartiere di I livello	Le strade che assicurano i movimenti di attraversamento di lunga distanza nell'ambito del centro abitato e di scambio tra il territorio urbano e extra urbano. Le strade interquartiere di distribuzione primaria. Le strade che assicurano i collegamenti tra i diversi quartieri e tra questi e i comuni limitrofi.
strade interquartiere di II livello	Strade che svolgono un ruolo complementare alle strade interquartiere principali e che aggregate concorrono a formare itinerari interquartiere.
strade di quartiere	Strade che realizzano i principali collegamenti all'interno dei quartieri della città.
strade locali	Strade con carattere prevalentemente residenziale. Strade con carattere prevalente di commercio all'ingrosso, produzione e magazzinaggio.

La percentuale di mezzi pesanti è ottenuta a partire da conteggi manuali di traffico effettuati per tutte le categorie stradali. Per le strade principali i conteggi si riferiscono alle 16 ore diurne, mentre per le altre classi funzionali la percentuale di mezzi pesanti è ottenuta da conteggi su 15 minuti effettuati per un gran numero di strade della città.

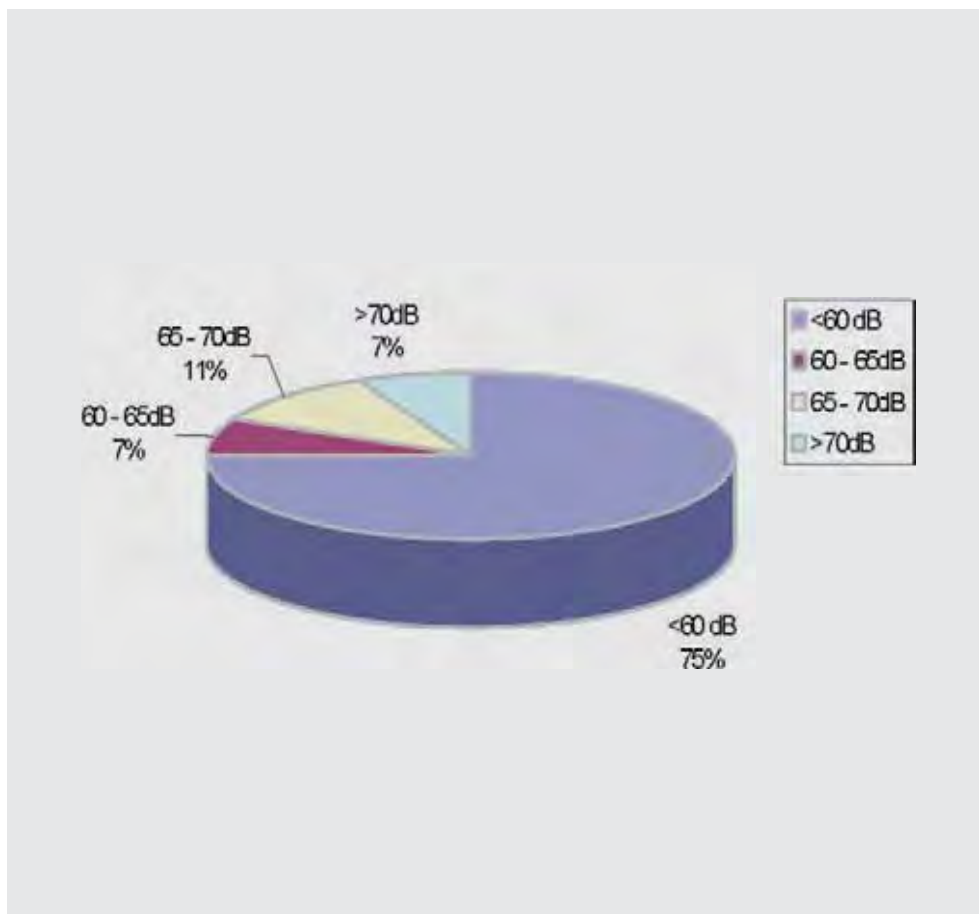
#### *II fase: Caratterizzazione delle pressioni acustiche*

La stima del livello di rumore emesso dal traffico stradale è valutato a bordo strada è realizzata attraverso un modello analitico di calcolo tramite SEL. Il modello stima il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata in frequenza valutato sul tempo di riferimento diurno (6.00-22.00), a partire dai

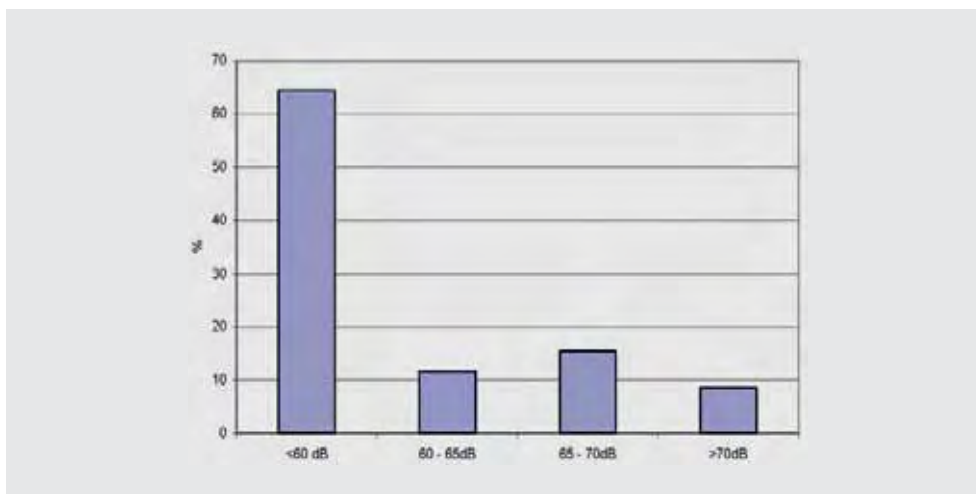
flussi orari di traffico e dai valori misurati di SEL per classe di veicolo e classe di strada. I veicoli sono raggruppati in due categorie: autoveicoli e mezzi pesanti (nell'analisi si trascurano i motoveicoli). Il livello equivalente orario si calcola a partire dal valore di SEL medio per tipologia di veicolo e classe stradale e dai flussi di traffico orari. Il livello equivalente diurno è stimato a partire dai livelli equivalenti orari.

### *III fase: Caratterizzazione della esposizione della popolazione*

La disponibilità dei dati relativi alle pressioni (livelli sonori per ogni strada) ha posto la necessità di recuperare la distribuzione della popolazione ripartita per via. Non si è considerata la distribuzione in altezza della popolazione, supponendola tutta esposta ai livelli calcolati a bordo strada. I livelli di rumore considerati per l'esposizione sono i valori medi (su tre o più giorni) relativi al periodo diurno del giorno ferialo.



**Figura 1.5:** Edifici esposti ai livelli sonori (100% del territorio della città).



**Figura 1.6:** Numero di persone esposte a diversi intervalli (100 % della popolazione).

### Mappe

Per la valutazione dell'esposizione della popolazione si è partiti dagli edifici. La criticità acustica è determinata dall'insieme di edifici esposti a prefissati livelli di emissione stradale; in particolare, ogni edificio acquista un valore di criticità pari al livello di rumore che interessa la facciata più esposta. Ad ogni edificio è associato il livello di rumore corrispondente alle emissioni di maggiore esposizione generate dalla strada a cui l'edificio stesso è affacciato; il risultato non prende quindi in considerazione il versante meno esposto degli edifici. Nella pratica si è realizzata una fascia di pertinenza di 25 m per lato e centrata su ogni strada. La fascia acquista un valore di rumorosità pari a quella stimata dal modello per la rispettiva strada; ad ogni edificio rientrante nella pertinenza è associato il livello equivalente della fascia. Se un edificio ricade in più pertinenze il proprio livello di esposizione coincide con quello della fascia di livello maggiore. Da questo studio sono state ricavate, tra l'altro, le informazioni sugli edifici esposti (figura 1.5) nelle aree studiate e, conseguentemente, la popolazione esposta residente negli edifici stessi (figura 1.6). I risultati mostrano che per le aree studiate circa il 35% della popolazione è esposta ad un rumore di 60 dB.

### **1.3.3 WG-AEN, "Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure", 2003**

Il gruppo di lavoro (*Working Group*) della Commissione Europea sulle problematiche della stima dell'esposizione al rumore (*Assessment of Exposure to Noise*) ha elaborato una serie di linee guida per supportare gli Stati membri nell'elaborazione di mappature acustiche e nella produzione dei dati richiesti dalla

Direttiva 2002/49/CE. Nel 2007 è stato reso disponibile un aggiornamento le cui linee guida sono analoghe a quelle del documento del 2003.

In particolare si sono individuate delle procedure (*toolkits*), da adottare in base a tipologia e livello di dettaglio dei dati a disposizione dei diversi Paesi, che si differenziano per complessità, accuratezza e costo. La simbologia impiegata è riportata nella tabella 1.11.

**Tabella 1.11:** Simbologia impiegata

Complessità	Simbolo	Accuratezza	Simbolo	Costo	Simbolo
Semplice	+	Bassa	#	Basso	*
	++		##		**
	+++		###		***
Sofisticata	++++	Alta	####	Elevato	****

#### *Raccolta dati sul rumore da traffico veicolare*

Parametri del flusso veicolare:

- numero veicoli/ora (*toolkit 1*, vd appendice al capitolo I)
- tipologia veicoli (*toolkit 2*, vd appendice la capitolo I)
- velocità media di marcia (*toolkit 3*, vd appendice al capitolo I)
- tipo di flusso veicolare (scorrevole, interrotto, in accelerazione o decelerazione).

I suddetti dati vanno acquisiti per essere utilizzati quali parametri di input al modello numerico per il calcolo dei livelli di pressione sonora. Per ciascuno è indicato il *toolkit* relativo, che specifica la modalità di determinazione del parametro stesso.

#### *Livelli di esposizione sulle facciate degli edifici*

Il documento del WG-AEN propone, una volta determinato mediante il modello numerico il livello sonoro (figura 1.7) di ciascuna maglia quadrata in cui è stata suddivisa l'area in esame (in genere 10 m di lato in aree urbane), di assegnare a ciascun edificio i livelli di tutte le maglie che ne attraversano la superficie o che si trovano a una distanza massima di 2 m (figura 1.8).

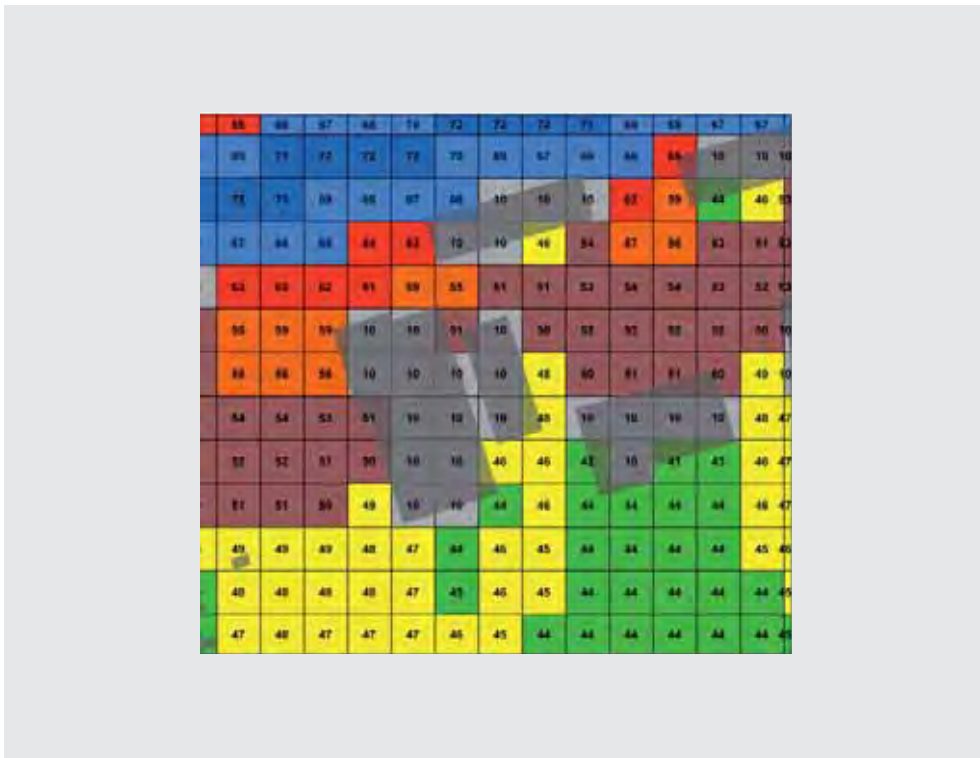


Figura 1.7: Mappa acustica a griglia quadrata.

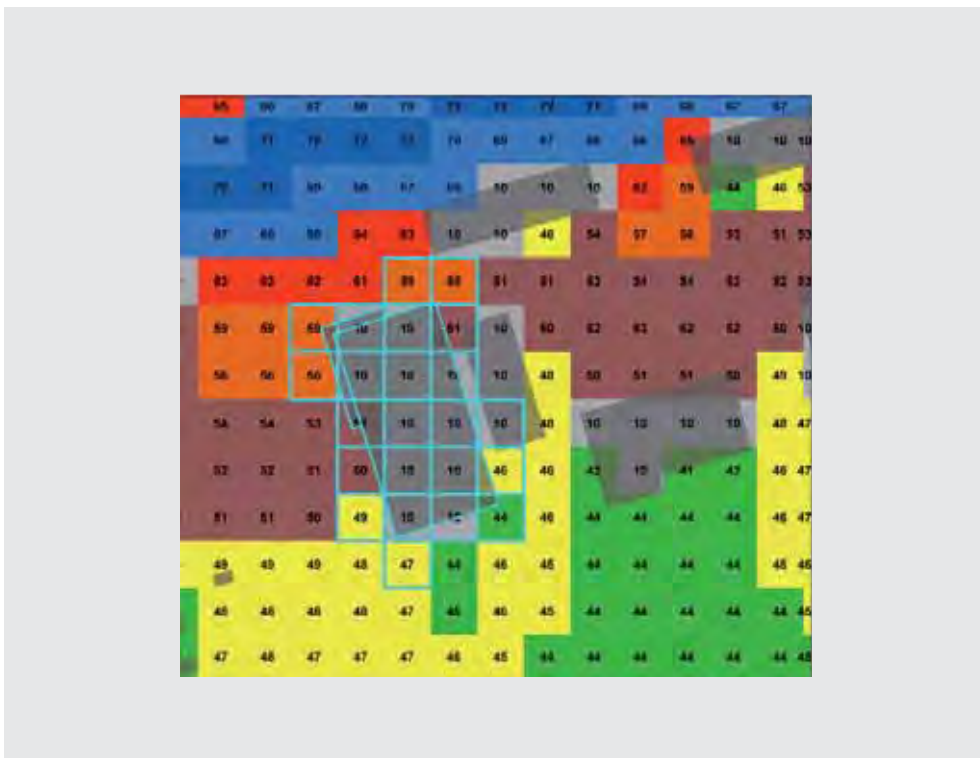


Figura 1.8: Attribuzione dei livelli sonori all'edificio.

### Raccolta dati sulla popolazione esposta al rumore

Il gruppo di lavoro WG-AEN valuta che sia sufficiente (per determinare il numero di persone esposte al rumore) il numero di residenti per singolo edificio. Se tale dato non è disponibile, ma si conosce il numero di residenti nell'area, si consiglia di applicare il *toolkit* 12 (tabella 1.12), a seconda che sia nota o meno la superficie dell'area destinata ad uso residenziale.

**Tabella 1.12:** Attribuzione dei dati di popolazione agli edifici residenziali (toolkit 12)

Informazioni disponibili	Procedura applicabile		
Numero di residenti distinti per singolo edificio	No ↓	Si →	Usare i dati
Numero di residenti nell'area oggetto della mappatura o in sotto-aree	No ↓	Si →	Impiegare procedura 12.1
Assenza di dati sulla popolazione		Si →	Impiegare procedura 12.2

Procedura 12.1: numero di residenti nell'area oggetto della mappatura o in sotto-aree	Complessità	Accuratezza	Costo
Determinare il numero di residenti in ogni edificio residenziale	++++	####	****
Se è nota l'intera area dei piani degli edifici residenziali nell'area o nelle sub-aree da mappare:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dividere l'area complessiva dei piani degli edifici residenziali nell'area o nelle sub-aree da mappare per il numero di residenti = <math>\frac{\text{area totale dei piani}}{\text{residenti}}</math></li> <li>Ottenere l'area dell'edificio da un sistema GIS e moltiplicarla per il numero di piani = <math>\text{area dei piani dell'edificio residenziale}</math></li> <li>Dividere <math>\frac{\text{area dei piani dell'edificio residenziale}}{\text{numero di residenti nell'edificio}}</math></li> </ul>	++	###	**
Se non è nota l'intera area dei piani degli edifici residenziali nell'area o nelle sub-aree da mappare:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Trovare l'area dei piani/residenti dalle statistiche nazionali (se non sono note, utilizzare procedura 12.2)</li> <li>Ottenere l'area dell'edificio da un sistema GIS e moltiplicarla per il numero di piani = <math>\text{area dei piani dell'edificio residenziale}</math></li> <li>Dividere <math>\frac{\text{area dei piani dell'edificio residenziale}}{\text{numero di residenti nell'edificio}}</math></li> </ul>	++	##	**

Procedura 12.2: assenza di dati sulla popolazione	Complessità	Accuratezza	Costo
Contare il numero dei residenti in ogni singolo edificio	++++	####	****
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stimare il numero medio di residenti che abitano in tipi di edifici diversi <sup>(1)</sup> (come case singole, palazzi con numeri diversi di piani, ecc.)</li> <li>Condurre indagini circoscritte e preparare una lista con i tipi di edifici ed il numero stimato di residenti</li> </ul>	+++	#	**

<sup>(1)</sup> Per identificare le diverse tipologie di edifici utilizzare la superficie occupata dall'edificio e i confini della proprietà oppure effettuare un rilevamento in loco.

### ***1.3.4 “Indicazioni operative per la costruzione dell’indicatore popolazione esposta al rumore in riferimento alla Direttiva 2002/49/CE”***

L’obiettivo dello studio consiste nella formulazione di procedure univoche e condivise, che siano modulate sul grado di dettaglio dei dati di livello di esposizione e di popolazione, oltre che ripercorribili e chiare.

Il grado di dettaglio della stima, a seconda che si attui una valutazione su vasta scala o più ristretta, si esprime con un’accuratezza rispettivamente di  $\pm 2-3$  dB o  $\pm 1-2$  dB.

Si stimano i livelli sonori sulle facciate degli edifici che poi vengono associati al numero di persone esposte, con l’attenzione di evitare gradi di accuratezza eccessivamente diversificati tra il calcolo dei livelli sonori e quello della popolazione. Per ciascuna tipologia di sorgente sonora (traffico stradale, ferroviario, aeroportuale, sorgenti fisse) va effettuata un’analisi specifica.

I dati demografici devono essere ufficiali, aggiornati e georeferenziati. In Italia l’istituzione preposta è l’Istat che con periodicità decennale conduce il censimento generale della popolazione e delle abitazioni. Per le scadenze temporali richieste per la realizzazione della mappatura acustica strategica, che va aggiornata almeno ogni cinque anni, e della relazione biennale sullo stato acustico del comune, tale periodicità non è sufficiente. Si può, in alternativa, ricorrere alle anagrafi comunali, che dispongono dei dati sulla popolazione residente con cadenza annuale. Fondamentale per la stima dell’esposizione è la georeferenziazione dei dati demografici, vista la forte variabilità dei livelli di esposizione nelle aree urbane, anche tra facciate e sulla stessa facciata di un edificio.

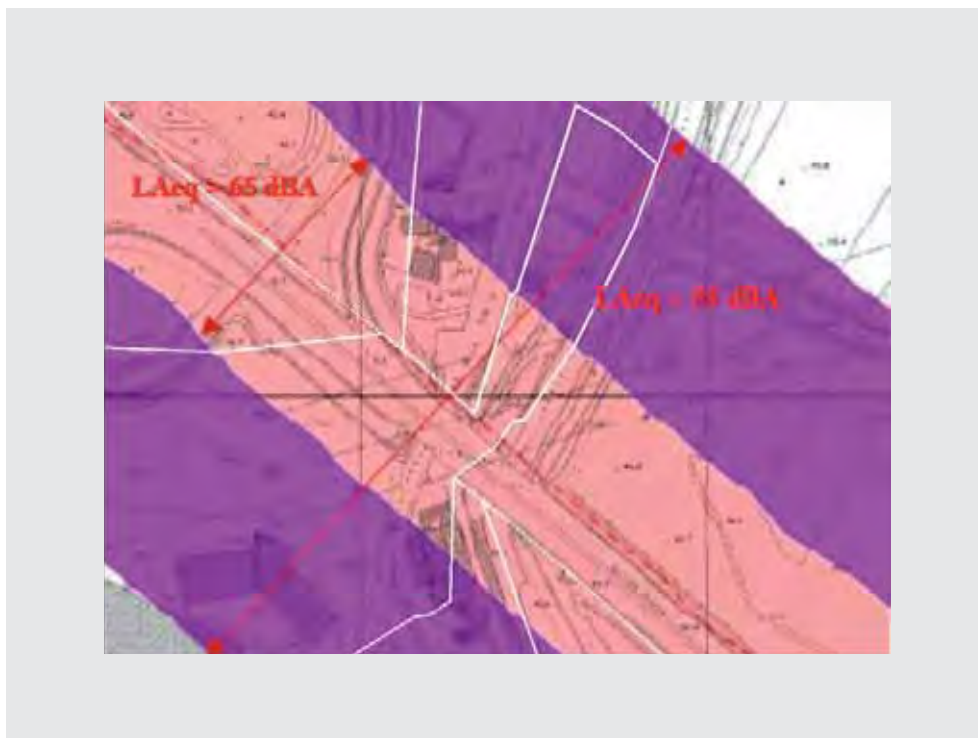
Per quanto riguarda la stima dei livelli sonori, la Direttiva 2002/49/CE prescrive l’adozione di modelli previsionali quali il metodo francese NMPB-Routes-96 per il traffico stradale, il metodo olandese RMR’96 per il traffico ferroviario, l’ECAC 29 ’97 o l’INM 6.1 2002 per il traffico aeroportuale e la ISO 9613-2 1996 per il rumore industriale.

Per il traffico urbano va individuata la tipologia funzionale, servendosi della classificazione elaborata nel PUT, e la configurazione urbanistica delle strade (aperta: assenza di edifici; ad U: edifici su entrambi i lati; a L: edifici su un solo lato).

Le procedure di associazione dell’informazione della distribuzione della popolazione con quella della distribuzione dei livelli sonori stimati e/o misurati sono molteplici, ciascuna con un relativo grado di incertezza sulla stima della popolazione.



La procedura più semplice (metodo A) necessita della conoscenza del numero di residenti per sezione censuaria. Si intersecano le curve isolivello con le sezioni di censimento e si calcola il numero di residenti, supponendolo proporzionale alla superficie delle sezioni comprese nell'area delimitata dalle curve (figura 1.9).



**Figura 1.9:** Intersezione tra le curve isolivello (fascie colorate) con le sezioni di censimento (delimitate dalle linee bianche)

Con tale metodologia vanno verificati due tipi di errore nella stima: la distribuzione della popolazione nella sezione di censimento, che in realtà non è uniforme, e il non aver tenuto conto della schermatura reciproca degli edifici.

Una procedura più dettagliata (metodo B) consiste nel calcolo della superficie degli edifici entro la fascia di esposizione, e quindi il numero di residenti in tali edifici. Ciò presuppone il calcolo della densità abitativa di ciascuna sezione di censimento, rispetto alla sola area residenziale (indice medio areale), considerando eventualmente anche l'altezza degli edifici (indice medio volumetrico). Nel caso di linee di traffico stradale o ferroviario contornate da una fila continua di edifici, si stima la popolazione solo sulla prima fila, supponendo una distribuzione dei residenti omogenea lungo la infrastruttura.

Tale metodo corregge gli effetti di addensamenti-rarefazioni degli edifici nella zona censuaria può dare incrementi o riduzioni della stima effettuata col metodo A.

Disponendo in entrambe le procedure di cartografia digitale vettoriale, le operazioni sono automatizzabili in ambito GIS.

Infine, ai livelli sonori valutati a bordo strada, possono applicarsi le correzioni citate in tabella 1.13.

**Tabella 1.13:** Correzioni da applicare al valore di LAeq valutato a bordo strada, in base alle caratteristiche degli appartamenti.

Caratteristiche dell'appartamento	Frequenza (%)	Correzione (dBA)
Piano superiore al II	35,5	-3,5
Edificio con distacco dalla strada	7	-3/-7
Edificio schermato rispetto alla strada	5	-10
Edificio di strada locale esposto ad una importante	2,8	+9(giorno) +10,5(notte)
Edificio di strada locale esposto ad una principale	6	+10,6(giorno) +12,1(notte)

## 2 / Metodologie disponibili per la stima della popolazione esposta al rumore

### 2.1 Procedure per la stima della popolazione in assenza di dati disponibili dal PRG

Il Piano Regolatore Generale non sempre presenta riferimenti riguardo alla popolazione residente nelle sottoaree definite dal Decreto Interministeriale n. 1444 del 2 aprile 1968 o a volte è indisponibile lo stesso PRG. Per tali motivi la stima della popolazione esposta viene condotta con diverse procedure che si basano su un'analisi accurata dello stato del territorio e in particolare della superficie residenziale.

Tra questi procedimenti si prende ora in esame quello che prevede l'applicazione dei pesi: nota la densità di popolazione del comune in questione, si individuano i pesi relativi alla popolazione esposta. Tale criterio prevede la classificazione degli edifici in tre categorie successivamente riportate in tabella 2.1 e l'assegnazione di un punteggio a ogni singolo edificio (tabella 2.2), tenendo conto sia della tipologia edilizia (compiendo una distinzione fra le varie tipologie in base alla superficie occupata in pianta dall'edificio), che della densità di popolazione media del comune in esame.

**Tabella 2.1:** Classificazione degli edifici.

Categoria	Superficie occupata (m2)	Tipologia edilizia
Categoria 1	sup. ≤ 200	Case isolate, villini
Categoria 2	200 > sup. ≤ 350	Case torre, case schiera, case in linea
Categoria 3	sup. > 350	Palazzi

**Tabella 2.2:** Peso relativo alla popolazione esposta in assenza di dati disponibili.

Densità di popolazione su Km2	Categoria edilizia	Peso relativo alla popolazione esposta
Bassa (0 ÷ 150)	1	1
	2	3
	3	5
Media (151 ÷ 300)	1	2
	2	5
	3	7
Alta (oltre 301)	1	4
	2	7
	3	9

Un ulteriore procedimento da adottare in assenza di dati prevede un'indagine dettagliata sul campo tramite operazioni complesse e costose. Il conteggio dei residenti in ciascun edificio sarà però molto accurato.

Un'ultima procedura, sicuramente meno complessa e costosa della precedente, e quindi con risultati meno accurati, ha come finalità l'attribuzione di un numero medio di residenti per le diverse tipologie di edifici. Questo implica una classificazione degli edifici presenti nelle aree residenziali che può essere condotta attraverso un'analisi della superficie occupata dagli stessi o attraverso un rilevamento in loco.

## **2.2 Procedure per la stima della popolazione esposta con dati disponibili dal PRG**

Il PRG assume un ruolo principale per quanto concerne le informazioni sulla popolazione residente nelle aree omogenee indicate dal D.M. 02/04/1968 n. 1444. Sicuramente non tutti i PRG si prestano a dare delle indicazioni dettagliate al riguardo. Nel dettaglio la metodologia prevede la determinazione della superficie residenziale (AR) e della popolazione residente (NR) nell'area A (maglia quadrata di 100 ha), così da poter determinare il numero dei residenti in ogni singolo edificio. Questi parametri vengono estrapolati dal PRG del comune esaminato. Il PRG, definito dalle leggi urbanistiche nazionali rappresenta lo strumento principale di pianificazione urbanistica a livello comunale.

Poiché i livelli di esposizione sono alquanto variabili nelle aree urbane, uno dei più importanti passaggi a cui sottoporre i dati sulla popolazione, è la georeferenziazione, indispensabile al fine di stimare l'esposizione sonora. Un'elevata accuratezza della distribuzione territoriale dei residenti esposti è conseguibile impegnando le basi anagrafiche comunali (dispongono di dati sui residenti nel territorio di competenza con cadenza annuale, molto aggiornati) dalle quali si può estrarre il numero di residenti per singolo edificio e per ciascuna unità immobiliare. Questi dati sono difficilmente reperibili a causa delle norme vigenti sulla tutela della "privacy". Per la determinazione del numero di persone esposte a rumore si ritiene possa essere sufficiente individuare il numero dei residenti per ogni edificio. Questo dato può essere ricavato come valore esatto, cioè come valore numerico ottenuto da studi censuari sull'area considerata, oppure come valore stimato, ottenuto da un'analisi dettagliata dell'area in esame.

La stima può essere condotta partendo dal dato inerente al numero di persone residenti nell'area selezionata dal Comune. Tale valore è disponibile dal PRG del Comune, nella sezione riguardante la suddivisione del territorio in macroaree. Ogni macroarea è caratterizzata da una destinazione d'uso prevalente e da altre con esse compatibili. Per quanto riguarda gli insediamenti prevalente-

mente residenziali, che sono potenzialmente colpiti da inquinamento acustico, si hanno due tipi di macroaree: Centri Storici e Complementi. Per ogni macroarea sono specificati due parametri: superficie e popolazione residente. Dal valore del numero di residenti in ogni macroarea si può risalire, con una certa approssimazione, al valore dei residenti nell'area selezionata e quindi attraverso opportuni calcoli, al valore dei residenti in ogni singolo edificio.

Di seguito sono riportate le fasi del calcolo:

1. stima del numero di residenti (NR) nell'area selezionata,
2. calcolo dell'area della macroarea (AR) destinata a uso residenziale,
3. calcolo del numero di m<sup>2</sup> disponibili ad ogni singolo residente dal rapporto AR/NR,
4. determinazione in pianta dell'area di ogni edificio (AE),
5. calcolo dei m<sup>2</sup> ad uso residenziale disponibili nell'edificio: noto il numero di piani (np), ricavo i m<sup>2</sup> residenziali moltiplicando AE per np,
6. calcolo il numero di residenti nell'edificio attraverso il rapporto tra i m<sup>2</sup> a uso residenziale disponibili nell'edificio e i m<sup>2</sup> a disposizione per ogni singolo residente.

In relazione al secondo punto, nei casi in cui venga considerata l'intera area residenziale e non solo quella realmente edificata, si ottiene un valore del numero di residenti in ogni singolo edificio che non rappresenta un dato reale.

Per determinare np senza fare un sopralluogo, si fa riferimento alle norme tecniche (prescrizioni di natura normativo-regolamentare contenute nel PRG) relative alle massime altezze consentite in ciascuna macroarea.

### **2.3 Procedure per la stima della popolazione esposta con dati Istat disponibili**

Per determinare la distribuzione della popolazione residente sul territorio in esame, si possono impiegare i dati demografici ufficiali forniti dal 14° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, relativo all'anno 2001 condotto dall'Istituto nazionale di statistica, con periodicità decennale. In Italia, come in altri Paesi, l'Istat costituisce la fonte primaria da cui prelevare informazioni sulla popolazione. Sono anche disponibili rapporti annuali dell'Istat, ma i dati sono disaggregati come quelli del censimento generale (l'ultimo risale al 2001 e i dati a diverso livello di dettaglio sono disponibili dopo l'indispensabile fase di controllo e verifica ufficiale).

Il livello di dettaglio di più facile reperibilità dei dati del censimento è costitu-

ito dal numero dei residenti per sezione di censimento, intesa come porzione del territorio la cui configurazione geometrica ed estensione è determinata prevalentemente dalle esigenze di rilevamento dei dati sul campo. Ne consegue che nelle zone a elevata densità abitativa dei centri abitati è frequente che la sezione censuaria si identifichi in un isolato, solitamente delimitato da strade e costituito da più edifici contigui; in altre zone, invece, la sezione censuaria può comprendere più isolati e anche aree non edificate. E' evidente che la differente configurazione ed estensione della sezione censuaria si traduce in una diversa incertezza nella georeferenziazione dei dati di popolazione e, quindi, nella stima del numero dei residenti esposti al rumore. Quanto più la sezione di censimento è estesa, includendo al suo interno anche strade che possono essere a traffico intenso, tanto maggiore è l'incertezza nel distribuire i residenti nella sezione. La disponibilità di ulteriori dati, quali le destinazioni d'uso degli edifici, le altezze, il numero di piani migliora il criterio di distribuzione spaziale dei residenti. Le basi territoriali sono organizzate per file provinciali, ciascuno contenente le sezioni di censimento rappresentate sia con geometria poligonale che lineare. A ciascuna provincia è associato un codice Istat, a ciascuna sezione di censimento è associato un codice (univoco all'interno del comune) e la tipologia della località di appartenenza; tramite tale codice è possibile generare, per aggregazione di sezioni, uno "strato geografico" di località in ambito comunale. I dati vengono forniti in formato *shapefile*, per quanto riguarda la parte cartografica e in formato MS Access per quanto riguarda i dati alfanumerici. Tutti i dati cartografici forniti sono nel sistema di proiezione GAUSS-BOAGA. Per estrarre le sezioni di censimento di un singolo comune è sufficiente effettuare una *query* sulla base del codice Istat del comune. Si riporta di seguito la struttura dei file di attributi relativi agli *shapefile* delle basi territoriali (tabella 2.3, 2.4).

**Tabella 2.3:** Campi presenti nei file forniti dall'Istat.

Campo	Definizione	Tabella esterna
AREA	Valore in metri quadrati della superficie della sezione, calcolato dal sistema	
PERIMETER	Valore in metri del perimetro della sezione, calcolato dal sistema	
COD_ISTAT	Codice che identifica univocamente il comune nell'ambito del territorio nazionale, ottenuto dalla concatenazione del codice regionale, provinciale e comunale.	
PRO_COM	Codice che identifica univocamente il comune nell'ambito del territorio nazionale, ottenuto dalla concatenazione del codice provinciale e comunale.	
SEZ2001	Codice che identifica univocamente la sezione di censimento 2001 nell'ambito di ciascun comune.	
LOC	Codice che identifica la località nell'ambito di ciascun comune. Il codice è a 5 cifre (Es. 10001)	(LOC_ppp)
LOC2001	Il codice è a 11 cifre ottenuto concatenando i codici istat provinciale, comunale e di località.	
TIPO_LOC	Codice che identifica il tipo di località. E' costituito dalla prima cifra del valore LOC (Es. 1)	

**Tabella 2.4:** Campi presenti nei file forniti dall'Istat.

Campo	Tipo	Definizione
COM	numero	Codice Istat del comune all'interno della provincia
COD_LOC	numero	Codice che identifica la località nell'ambito di ciascun comune. Il codice è a 5 cifre.(Es. 10001)
LOC2001		Il codice è a 11 cifre ottenuto concatenando i codici istat provinciale, comunale e di località (Es. 03700110001)
DENOM_LOC	testo	Nome della località
ALTITUDINE	testo	Altitudine in metri
CENTRO_CL	numero	Flag che identifica il centro capoluogo del comune (valore = 1)
POPRES	numero	Popolazione residente nella località
MASCHI	Numerio	Numero di maschi residenti
FAMIGLIE	Numerio	Numero di famiglie

Col termine *località* si intende un'area più o meno vasta di territorio, conosciuta di norma con un nome proprio, nella quale sono situate una o più case raggruppate o sparse. Si distinguono quattro tipi di località:

- *centro abitato*: aggregato di case contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, o comunque brevi soluzioni di continuità, caratterizzato dall'esistenza di servizi od esercizi pubblici (scuola, ufficio pubblico, farmacia, negozio o simili) costituenti la condizione di una forma autonoma di vita sociale;
- *nucleo abitato*: località abitata, priva del luogo di raccolta che caratterizza il centro abitato, costituita da un gruppo di case contigue e vicine (distanze massime 70 metri), con almeno cinque famiglie, con interposte strade,

- sentieri, piazze, aie, piccoli orti, piccoli incolti e simili, purché l'intervallo tra casa e casa non superi trenta metri;
- località produttiva: area in ambito extraurbano non compresa nei centri o nuclei abitati nella quale siano presenti unità locali in numero superiore a 10, o il cui numero totale di addetti sia superiore a 200, contigue o vicine con interposte strade, piazze e simili, o comunque brevi soluzioni di continuità non superiori a 200 metri; la superficie minima deve corrispondere a 5 ettari;
- case sparse: case disseminate nel territorio comunale a distanza tale tra loro da non poter costituire nemmeno un nucleo abitato.

#### **2.4 Metodologie per la valutazione dell'indicatore popolazione esposta nei presenti casi di studio**

Nei casi in oggetto dello studio sono state applicate, come prime ipotesi, tre diverse procedure.

*Procedura 1:* l'ipotesi fondamentale alla base di questa metodologia, molto semplificata in questa premessa, consiste nel considerare la popolazione distribuita uniformemente in ciascuna sezione di censimento. Data la necessità di suddividere la popolazione per sezioni di censimento, questo metodo si può adoperare solo quando si è a conoscenza del numero di residenti per sezione censuaria.

La procedura 1 si articola, per ogni sezione di censimento, nelle seguenti fasi:

1. Noto il numero della popolazione residente e l'area della sezione se ne determina il rapporto Dar (densità areale)=pop.residente/area sezione di censimento;
2. Si determina la percentuale della sezione di censimento compresa fra due isolivello e la si assegna al valore di LeqA maggiore delle due isolivello considerate. Tale operazione va ripetuta per ogni porzione della sezione censuaria;
3. Moltiplicando Dar per l'area e per la percentuale di sezione di censimento assegnata a una isolivello si ottiene il numero di popolazione esposta al livello acustico espresso dall'isolivello.

Tale operazione va ripetuta per ogni isolivello e per ognuna delle sezioni di censimento oggetto di studio.

Se si dispone di tutti i dati in formato digitale vettoriale, la procedura può essere automatizzata mediante il software G.I.S..

Dettagliatamente le fasi dello studio consistono nell'aprire i files CAD del-



le mappature acustiche costruite su un sistema di coordinate Gauss-Boaga (figura 2.1), digitalizzare i confini delle sezione di censimento, individuare e digitalizzare le aree in cui il livello di rumore risulta superiore ad un certo valore prefissato. In ultimo, si intersecano graficamente le aree dove i livelli di rumore considerati vengono superati e le sezioni di censimento (figura 2.2), così si può calcolare, col comando area della linea chiusa evidenziata dalle isolivello fino ai confini della sezione, la superficie della sezione che si trova a quei livelli sonori. Il prodotto tra tale porzione superficiale e la densità abitativa della sezione esaminata, determina il numero di persone residenti in questa sezione, esposta ai livelli di rumore stabiliti.



Figura 2.1: Isolivello della mappatura acustica: i due colori indicano due diversi isolivelli.

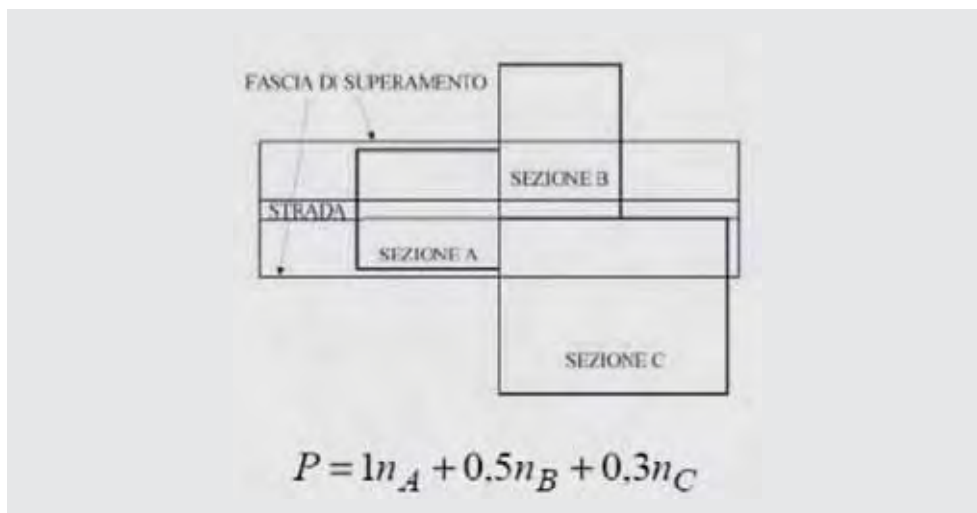


Figura 2.2: Intersezione mappatura acustica con sezione censimento.

Per avere le informazioni riguardo alla popolazione residente nella sezione, bisogna visualizzare le sezioni di censimento della provincia in esame, ed effettuando una *query* basata sul codice Istat identificativo di ciascun comune; il campo di osservazione così viene ristretto alle sole sezioni comunali in esame.

Per ogni sezione censuaria si conosce l'area, il perimetro, la località (identificata con un toponimo) e il comune di appartenenza.

Questa procedura apporta un errore nella stima, dato dall'aver approssimato la popolazione uniformemente distribuita quando in realtà non lo è.

*Procedura 2:* potendo disporre dei dati relativi all'estensione superficiale delle abitazioni in ogni sezione censuaria, è possibile eseguire una procedura più dettagliata della precedente. Questa ricalca in gran parte la procedura 1, e differisce da essa solo per il fatto che in questo caso viene calcolata la densità abitativa di ciascuna sezione rispetto alla sola area residenziale (indice medio areale). Se la percentuale di edifici a un solo piano è alta, si può trascurare l'altezza degli stessi. In caso contrario, si calcola l'indice medio volumetrico.

Questo metodo migliora la stima della popolazione esposta in quanto corregge gli errori dovuti all'approssimazione di una distribuzione di abitanti uniforme all'interno delle sezioni, corregge gli effetti di addensamenti-rarefazioni degli edifici nella zona censuaria. Tale calcolo può dare incrementi o riduzioni della stima effettuata col primo metodo.

A differenza delle fasi operative della procedura 1, però, nell'effettuare l'intersezione tra mappatura acustica e sezione di censimento, le aree trovate devono essere moltiplicate per la densità abitativa ristretta alle zone residenziali.

Qualora non si ha nessun file contenente informazioni grafiche, con il quale poter conoscere la collocazione spaziale delle aree residenziali non più uniforme, non si può valutare la porzione di area abitativa che ricade in ogni sezione e che è interessata da determinati livelli sonori. Questo problema si aggira facendo un ragionamento statistico: in ogni sezione si calcola la percentuale di area residenziale rispetto alla superficie totale della sezione (superficie abitativa/superficie censuaria) e si utilizza il valore che si ottiene come fattore di correzione moltiplicandolo per il valore areale risultante dall'intersezione della mappatura acustica (diurna e notturna) con la sezione.

Nel caso di linee di traffico stradale o ferroviario contornate da una fila continua di edifici, si stima la popolazione esposta solo nella prima fila, supponendo una distribuzione omogenea dei residenti lungo l'infrastruttura.

Nel caso di attraversamenti di centri urbani da traffico extraurbano, il numero di residenti  $P$  può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$P = n_{mr} * n_{app}$$

ove:  $n_{mr}$  = numero medio di residenti per ogni appartamento

$n_{app}$  = numero appartamenti

Il dato  $n_{app}$  può ottenersi contando direttamente e numero di appartamenti oppure mediante la relazione:

$$n_{app} = 1 / (10 * (n_p - 1))$$

ove:  $l$  = lunghezza facciata

$n_p$  = numero piani

Si osserva che:

- il calcolo volumetrico affina la stima solo se si conoscono le altezze esatte degli edifici;
- i numeri civici sono difficilmente associabili all'edificio.

*Procedura 3:* tale metodologia corrisponde alla procedura 12.1 proposta dal CTN\_AGF. Tale tecnica deve essere eseguita qualora siano disponibili i dati sulla popolazione residente nell'area soggetta a mappatura acustica, ma non si disponga della ripartizione all'interno degli edifici della stessa. La metodologia in grado di fornire i risultati più accurati sarà ovviamente quella rappresentata da un censimento da parte di un operatore del numero di residenti presenti all'interno di ogni singolo edificio. Tale metodo, peraltro piuttosto laborioso, è di fatto inapplicabile, quando il numero di edifici da analizzare è molto elevato. Un'alternativa al metodo precedente consiste nel:

- dividere il numero complessivo dei residenti presenti nell'area da mappare per la stima dell'area totale a uso residenziale. L'indicatore che ne deriva è definito in abitanti/m<sup>2</sup> e rappresenta una densità abitativa. Sia  $P$  il numero complessivo dei residenti presenti nell'area di studio,  $n$  il numero complessivo di edifici in esame,  $np_i$  il numero di piani dell'edificio residenziale  $i$ -esimo e  $A_{R,i}$  la sua area in pianta. La densità abitativa  $D$  sarà pari a:

$$D = \frac{P}{\sum_{i=1}^n A_{R,i} * np_i} \quad (1)$$

- moltiplicare, per ogni edificio residenziale, la sua superficie in pianta per

il proprio numero di piani reale o stimato; in questo modo si esegue una stima dell'area a uso abitativo, disponibile per ogni edificio  $i$ -esimo ( $A_{RT,i}$ ).

$$A_{RT,i} = A_{R,i} * np_i \quad (2)$$

- moltiplicare per ogni singolo edificio la densità abitativa per l'area complessiva ad uso residenziale: in questo modo si ottiene per ogni singolo edificio la stima della popolazione presente  $P_i$ .

$$P_i = D * A_{RT,i} \quad (3)$$

Tale metodo non è particolarmente laborioso, fornisce risultati accurati e i dati di input richiesti sono facilmente disponibili su Carte Tecniche Regionali e dai riscontri dei censimenti; tali dati influiscono in modo decisivo sull'affidabilità della valutazione eseguita. Nei casi in cui non sia nota l'intera area dei piani degli edifici residenziali (il denominatore della 1) si può continuare a usare la procedura precedente, ma la densità abitativa dovrà essere determinata in conformità alle statistiche nazionali. Tale semplificazione comporta inevitabilmente una riduzione dell'accuratezza della procedura.

In caso di assenza di dati sulla popolazione e nell'impossibilità di eseguire il censimento manuale, la procedura 12.2 consiglia di stimare il numero medio di residenti che abitano in tipi di edifici diversi (case singole, palazzi a 2 piani ecc.) e di condurre indagini in loco che consentano la redazione di una lista che identifichi ogni tipo di edificio e, di conseguenza, il numero stimato di residenti. Tale metodologia, oltre ad essere particolarmente complessa e costosa (necessità di indagini in loco), risulta essere particolarmente dipendente dalla soggettività delle stime da parte degli operatori.

Nello studio oggetto del presente lavoro sono state inizialmente applicate le tre procedure. In particolare nei primi tre comuni studiati (Assisi, Fabriano e Foligno) sono state applicate le diverse procedure per valutare la disponibilità di informazioni, i tempi di acquisizione delle informazioni stesse e quindi, in generale, i tempi di applicazione delle diverse metodologie. Congiuntamente sono state valutate le differenze percentuali della valutazione della popolazione. Di seguito, nelle tabelle 2.5, 2.6 e 2.7, sono riportati i risultati dell'applicazione delle diverse procedure che sono poi brevemente descritti nella seconda parte del documento.

**Tabella 2.5:** Risultati dell'applicazione al comune di Assisi della metodologia di stima della popolazione esposta al rumore da infrastrutture superiore a 65 dB(A) nel periodo diurno e superiore a 55 dB(A) nel periodo notturno

Totale popolazione studiata: 6158			
<b>Procedura 2</b>		<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale rispetto alla popolazione studiata</b>
Periodo di riferimento	diurno	501	8,1 %
	notturno	430	6,9 %
<b>Procedura 3</b>		<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale rispetto alla popolazione studiata</b>
Periodo di riferimento	diurno	1036	16,8 %
	notturno	942	15,3 %

**Tabella 2.6:** Risultati dell'applicazione al comune di Fabri della metodologia di stima della popolazione esposta al rumore da infrastrutture superiore a 65 dB(A) nel periodo diurno e superiore a 55 dB(A) nel periodo notturno

		Località Colonna: Totale popolazione studiata: 575		Località Scalo: Totale popolazione studiata: 1317	
<b>Procedura 1</b>		<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale Rispetto alla popolazione studiata</b>	<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale Rispetto alla popolazione studiata</b>
Periodo di riferimento	diurno	82,6	14,4%	165,5	12,6%
	notturno	404,8	70,4%	277,8	21,1%
<b>Procedura 2</b>		<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale rispetto alla popolazione studiata</b>	<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale rispetto alla popolazione studiata</b>
Periodo di riferimento	diurno	79,4	13,8%	165,1	12,5%
	notturno	388,7	67,6%	277,1	21,0%
<b>Procedura 3</b>		<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale Rispetto alla popolazione studiata</b>	<b>Popolazione esposta</b>	<b>Percentuale Rispetto alla popolazione studiata</b>
Periodo di riferimento	diurno	184,8	32,1%	181,3	13,8%
	notturno	469,2	81,6%	363,5	27,6%

**Tabella 2.7:** Risultati dell'applicazione al comune di Foligno della metodologia di stima della popolazione esposta al rumore da infrastrutture superiore a 65 dB(A) nel periodo diurno e superiore a 55 dB(A) nel periodo notturno

Popolazione esposta					
<b>Procedura 1</b>		<b>Zona urbana</b>	<b>Zona extraurbana</b>	<b>Territorio comunale</b>	<b>Percentuale (rispetto al totale)</b>
Periodo di riferimento	diurno	19.269	406	19.675	38,5%
	notturno	7.268	1.624	8.892	17,4%
<b>Procedura 2</b>		<b>Zona urbana</b>	<b>Zona extraurbana</b>	<b>Territorio comunale</b>	<b>Percentuale (rispetto al totale)</b>
Periodo di riferimento	diurno	20.808	4622	25.430	49,7%
	notturno	8.421	6.851	15.272	29,9%

Dall'analisi comparata dei risultati ottenuti si nota come la Procedura 3 restituisca, in tutti i casi esaminati, stime di popolazione esposta più elevate delle altre procedure. Tale metodologia, sotto il profilo teorico, è senza dubbio la più accurata e quindi maggiormente cautelativa in termini di pianificazione degli interventi di bonifica. L'impiego delle procedure 1 e 2 ai casi di Foligno e Fabro ha messo in evidenza come esse conducano a stime percentuali non dissimili; l'uso della Procedura 1 è stato pertanto favorevolmente abbandonato a beneficio della Procedura 2, mediante la quale si tiene maggiormente conto della distribuzione di densità residenziale all'interno di ciascuna sezione censuaria Istat. L'analisi comparativa delle metodologie utilizzate (casi di Foligno, Fabro, Assisi) consente di affermare che la Procedura 2, data la sua velocità di impiego, può essere considerata molto valida per l'analisi acustica di area vasta in presenza di molteplici infrastrutture stradali; essa tende tuttavia ad una sottostima in relazione al valore effettivo, necessitando pertanto di fattori amplificativi di sicurezza.

La Procedura 3, d'altro canto, si rivela molto più complessa ed accurata dal punto di vista operativo ma meno diretta e veloce, necessitando di una notevole quantità di informazioni preliminari; il dato finale fornito risulta tuttavia più accurato: la stima della popolazione esposta viene eseguita in modo puntuale andando a determinare il numero di residenti effettivamente presenti all'interno di ogni edificio della sezione Istat.

Per i presupposti teorici su cui si fonda e per i riscontri numerici ottenuti, quest'ultima procedura risulta senza dubbio quella con maggiore grado di precisione tra quelle esaminate, agendo a favore di sicurezza in relazione alla tutela della popolazione esposta al rumore; il grado di accuratezza raggiungibile e la veridicità delle percentuali finali, tuttavia, dipendono fortemente dalla disponibilità, dalla completezza e dall'aggiornamento dei dati catastali e socio-demografici preliminari, elemento non secondario se rapportato alla non semplice reperibilità degli stessi presso le Amministrazioni Pubbliche.

Nonostante le stime dell'indicatore popolazione esposta siano adatte a fornire un quadro comparativo circa l'entità dei livelli di inquinamento acustico nelle aree di indagine, esse sono per definizione affette da fattori di incertezza; ad essi contribuiscono le incertezze legate all'assunzione e utilizzo di informazioni e parametri utili per l'applicazione delle procedure. La mancanza di informazioni puntuali propedeutiche all'applicazione della Procedura 3 potrebbe essere sopperita dall'esecuzione di sopralluoghi tecnici in loco, qualora fosse pensabile

e praticabile un approccio simile, così da determinare con estrema accuratezza la posizione, il numero di vani esposti ai livelli di rumore maggiori, l'utilizzo effettivo dei piani terra e delle mansarde (stabilito nel caso studio solo da un'osservazione esterna approssimativa).

Con le procedure elaborate per la stima della popolazione esposta si sono comunque conseguiti risultati soddisfacenti per i Comuni analizzati. Ciò ha suggerito la validazione delle metodologie e la loro applicazione ad altre realtà comunali della Regione Umbria.





## 3 / Mappature acustiche su scala urbana e utilizzo del software di calcolo previsionale

### 3.1 Introduzione

In questo capitolo è illustrata la metodologia adottata per quantificare la popolazione esposta al rumore prodotto da infrastrutture di trasporto. Tale metodo si basa su misure puntuali condotte in situ, i cui risultati sono stati impiegati per tarare un modello previsionale che ha consentito di stimare i livelli di rumore prodotti dalle infrastrutture stradali sugli interi centri abitati considerati.

### 3.2 Caratteristiche e potenzialità dei software previsionali per la modellazione acustica

Arpa ed Università degli Studi di Perugia hanno impiegato ciascuno un differente software commerciale per la modellazione acustica e la stima previsionale dei livelli di rumore generati dalle infrastrutture di trasporto considerate.

I due software utilizzati, IMMI e SoundPLAN, implementano gli stessi algoritmi di calcolo previsionale e offrono strumenti di analisi e modellazione molto dettagliati e simili.

I due software permettono di realizzare:

- la simulazione acustica di sorgenti puntiformi, lineari e areali;
- la mappatura acustica dell'area di studio;
- la valutazione di impatto acustico;
- l'ottimizzazione delle barriere acustiche minimizzando i costi e l'estensione superficiale;
- l'analisi costi - benefici;
- la valutazione del rumore industriale interno ed esterno.

Il loro campo di applicazione è molto ampio: possono essere utilizzati per:

- lo sviluppo dei piani di traffico stradale, ferroviario e aereo;
- la ottimizzazione dei piani di risanamento;
- la valutazione di impatto acustico per impianti industriali;
- lo studio della popolazione esposta al rumore secondo i criteri stabiliti dalla Direttiva Europea 2002/49/CE.

Questi due software permettono l'inserimento delle informazioni cartografiche contenute nella Carta Tecnica Regionale (tracciati stradali, assi ferroviari, confini catastali, curve di livello, edifici, altro). In questo modo è possibile

ricostruire, in modalità tridimensionale, qualsiasi ambiente di modellazione e considerare l'effetto schermante di ostacoli quali edifici e terrapieni.

Le sorgenti sonore sono caratterizzate dall'inserimento del rispettivo livello di potenza sonora, globale o spettrale per bande d'ottava, e per ciascuna di esse possono essere specificate le caratteristiche di direttività.

Inserite le informazioni relative all'orografia del terreno dell'ambiente da modellare alle proprietà emissive delle sorgenti di rumore da considerare (stradali, ferroviarie, industriali), i due modelli di calcolo consentono di ottenere i livelli di rumore previsti su una griglia orizzontale di punti opportunamente scelta, che copre l'intera area di studio. L'interpolazione dei livelli calcolati in ciascun nodo della griglia, permette di elaborare una mappa di linee isolivello che mostra come i livelli di rumore si distribuiscano sull'area indagata (figura 3.1). Analogamente è possibile calcolare la distribuzione dei livelli di rumore in

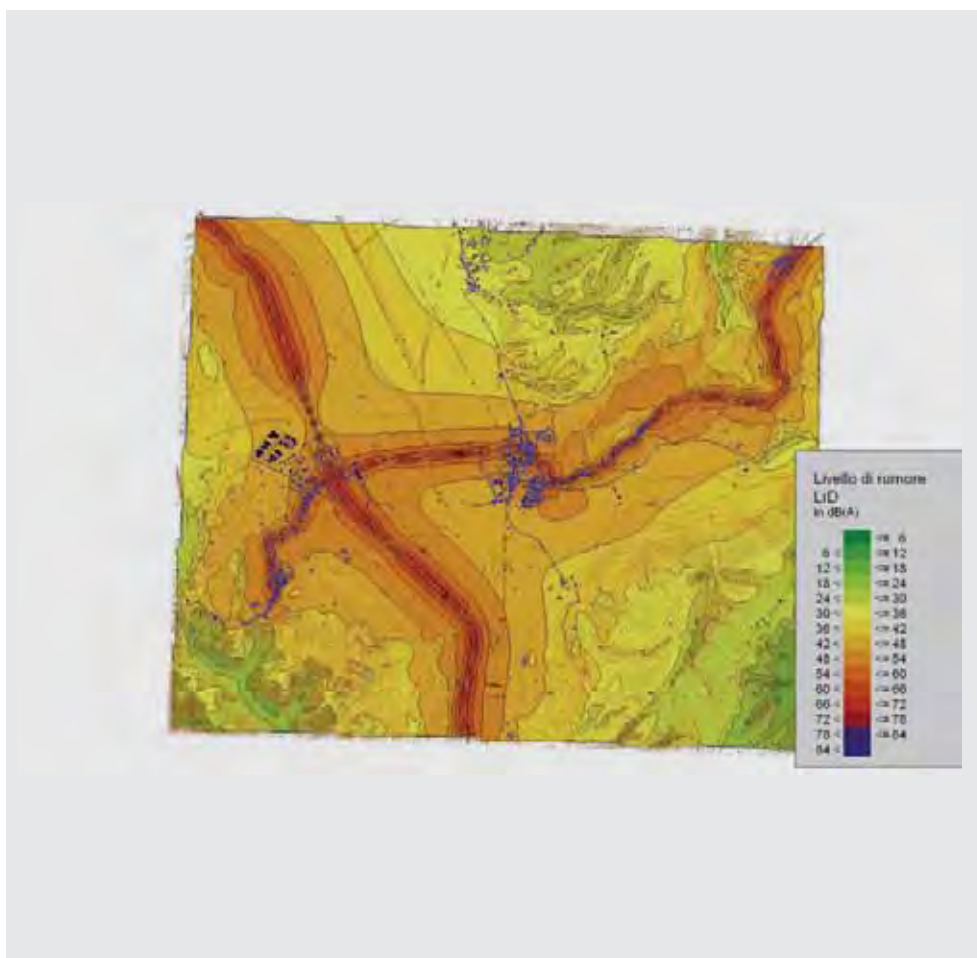
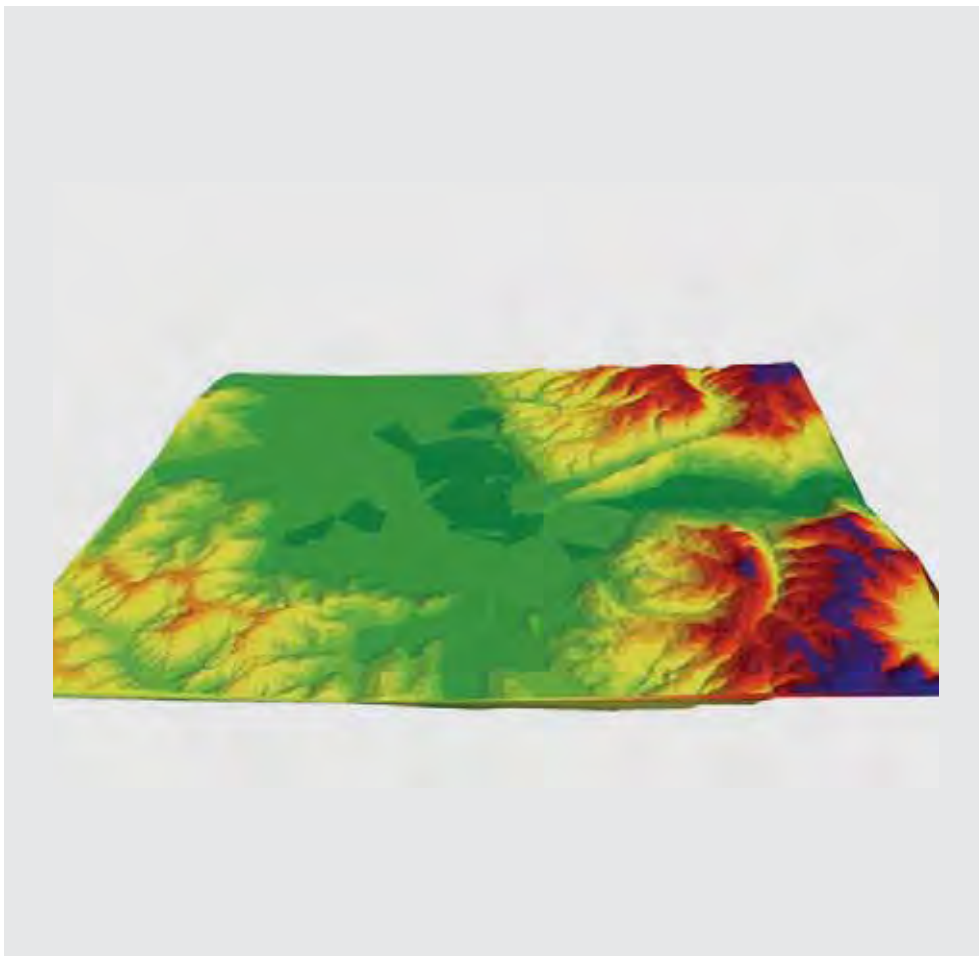


Figura 3.1: Esempio di mappatura acustica diurna del comune di Fabro

facciata di ogni edificio considerato. Tenuto conto del numero di residenti negli edifici i software sono in grado di quantificare la popolazione esposta alle varie classi di rumore stimato in facciata.

### ***3.2.1 Creazione del Digital Ground Model (DGM)***

La prima operazione da eseguire è la definizione del Digital Ground Model-DGM, in modo da avere nel progetto tutte le informazioni necessarie sull'andamento altimetrico del terreno. Questa operazione è resa possibile inserendo come dati di input il maggior numero di informazioni possibili sull'altimetria: punti quotati, isoipse assi stradali quotati. Questi dati saranno utilizzati dalla procedura di calcolo per creare una triangolazione e generare quindi una serie di superfici triangolari, che nel loro insieme costituiscono una superficie unica che approssima quella reale. In figura 3.2 viene riportata l'immagine del DGM di Fabro, dove i vari colori rappresentano diverse fasce altitudinali.



**Fig 3.2:** Digital Ground Model calcolato per il territorio comunale di Fabro

### ***3.2.2 Modellazione delle sorgenti di rumore esistenti***

La modellazione delle sorgenti di rumore stradali avviene assegnando a ciascun tratto stradale omogeneo i seguenti parametri:

- Il flusso veicolare medio orario nel periodo diurno e nel periodo notturno;
- la ripartizione percentuale tra veicoli pesanti e veicoli leggeri;
- la velocità media dei veicoli pesanti e leggeri;
- informazioni circa la pendenza, il numero di corsie, la larghezza della strada;
- informazioni circa le caratteristiche del flusso veicolare (stazionario, accelerato, decelerato, pulsante);
- informazioni circa le condizioni del manto stradale (asfalto ruvido, asfalto liscio, asfalto fonoassorbente)

La modellazione delle sorgenti di rumore ferroviarie avviene assegnando a ciascun tratto omogeneo i seguenti parametri:

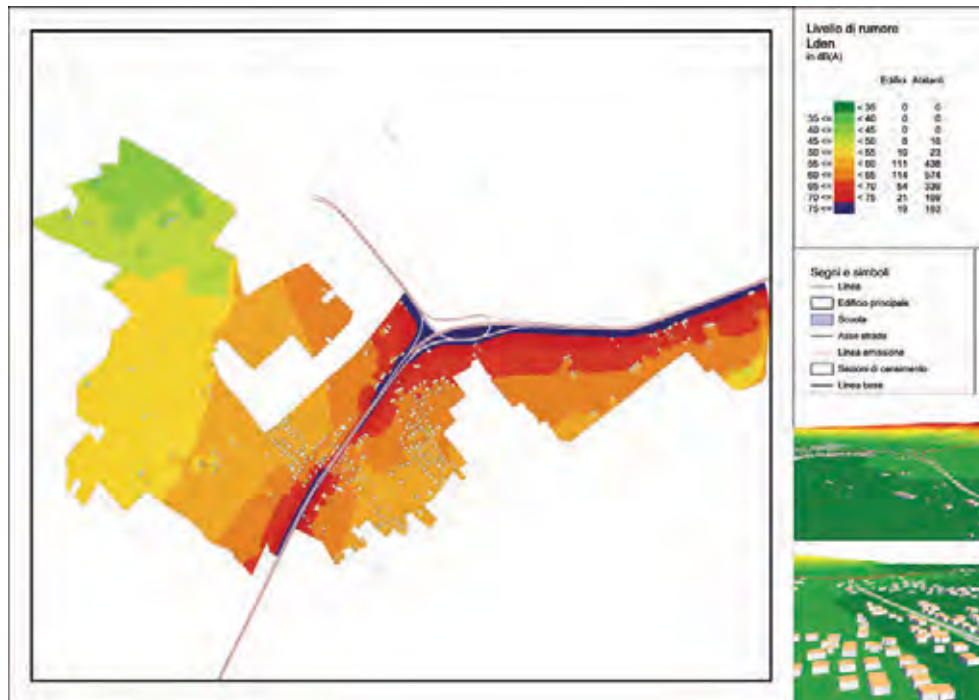
- tipologia e numero dei convogli che transitano nei periodi di riferimento (diurno e notturno);
- per ciascuna tipologia si indica il numero di treni per ora che transitano in frenata;
- per ciascuna tipologia si indica il numero di treni per ora che transitano in condizioni non frenate;
- velocità media dei treni in frenata;
- velocità media dei treni non in frenata
- caratteristiche specifiche delle traversine e dei binari.

### ***3.2.3 Risultati e restituzione grafica***

La ricostruzione dell'ambiente in esame e la modellazione delle sorgenti considerate, permettono al software di calcolare i livelli di rumore in corrispondenza dei nodi di una griglia di calcolo orizzontale che copre l'intera area urbana presa in considerazione.

Nella figura 3.3 si riporta, a titolo di esempio, la mappatura acustica ottenuta per la zona intorno a Balanzano, il cui clima acustico è caratterizzato dalle emissioni di rumore della SS 75.

La mappa mostra la distribuzione dei livelli dell'indice  $L_{den}$  generati dal traffico stradale della SS 75. Nella legenda sono anche indicati il numero di edifici e il relativo numero di abitanti esposti alle varie classi di livello dell'indice  $L_{den}$ .



**Figura 3.3:** mappatura acustica dell'indice  $L_{den}$  nell'area di Balanzano attraversata dalla SS 75



## Bibliografia

- ALBERICI A., BASSANINO M., FABBRI A., MUSSIN M. (2005), *La valutazione della popolazione esposta nell'ambito dell'applicazione della Direttiva 2002/49/CE*, giugno 2005, in 32. *Convegno Nazionale di acustica, AIA, Ancona, 15-17 giugno 2005*.
- APAT (2004), *Annuario dei dati ambientali 2003. Sezione rumore*, Apat, Roma.
- APAT (2005), *Annuario dei dati ambientali 2004*, Apat, Roma.
- APAT (2005), *Indicazioni operative per la costruzione dell'indicatore popolazione esposta a rumore in riferimento alla Direttiva 2002/49/CE*. RTI CTN\_AGF 1/2005 Apat. Roma.
- ARPA PIEMONTE, Provincia di Torino (2003), *Progetto di sperimentazione e applicazione dell'indicatore di sostenibilità. Percentuale di popolazione esposta a livelli di inquinamento acustico dannosi*.
- ARPA VENETO (2001), *Valutazione dell'esposizione al rumore urbano prodotto da infrastrutture di trasporto nella città di Verona*.
- ASDRUBALI F., BURATTI C., BALDINELLI G., (2001), *La mappatura acustica del territorio del Comune di Foligno*, Quaderno CIRIAF n. 18, Ottobre 2001.
- BERGLUND B., LINDVALL T., SCHWELA D.H. (eds.) (1999), *Guidelines for Community Noise*, World Health Organization, Ginevra.
- BIONDI G. (2001), *La politica della Comunità Europea nei confronti del rumore ambientale e la proposta di Direttiva Europea*, dal seminario *Noise Mapping* di Bologna, 21 – 22 giugno 2001.
- BRAMBILLA G., CARRETTI M.R. (1992), *Inquinamento acustico urbano e valutazione delle aree abitative*, in 20. *Convegno Nazionale di acustica, AIA, Ancona, Roma aprile 1992*.
- BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH (2002), *SoundPLAN Wins User's Manual*.
- CALLEGARI A., CONFETTI M., DE DONATO S. R., FRANCHINI A., LUCIALI P., ORLANDINI L., POLI M., REGAZZI C., SOGNI R. (2001), *Proposta di linee guida per la caratterizzazione acustica delle aree urbane*, in *Atti della sessione speciale Noise Mapping*, 2 – 7 settembre 2001.
- CAMPOLIETI D. (2001), *L'utilizzo dei modelli di simulazione nella previsione dei livelli sonori da sorgente veicolare: l'applicazione ad un caso di ristrutturazione della viabilità*, dal seminario *Noise Mapping* di Bologna, 21 – 22 giugno 2001.
- CASINI D., POGGI A., VERDOLINI T. (2005), *Metodologie per la determinazione della popolazione esposta al rumore delle infrastrutture di trasporto*, in 32. *Convegno Nazionale di acustica, AIA, Ancona, 15-17 giugno 2005*.
- CENTRO SPERIMENTALE STRADALE, *Corso di Acustica 12 – 14 marzo 2002*.
- COCCHI A., *Mappatura acustica, modellistica e valutazione sperimentale*, DIENCA, Università di Bologna.
- CURCURUTO S., ORTICA S., TOSTI C (2004), *Catasto Acustico dell'Umbria: un nuovo strumento informatico per conoscere il rumore*, Micron, I, 2, 2005, Arpa Umbria, Perugia.
- D.M. 1 marzo 1991. *Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*, G.U. n. 57 del 08/03/1991.
- D.M. 16 marzo 1998. *Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico*, G.U. n.76 del 01/04/1998.
- D.M. 23 novembre 2001. *Modifiche dell'allegato 2 del decreto ministeriali 29 novembre 2000*, G.U. n. 288 del 12/12/2001.
- D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142. *Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 legge 26 ottobre 1995*, n. 447, G.U. n. 127 del 01/06/2004.
- Decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni. *Nuovo codice della strada*.
- Decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 194. *Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*, G.U. n.222 del 23/9/2005.
- Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale, Gazzetta Ufficiale Europea L. 189 del 18 luglio 2002.
- DM 29 novembre 2000. *Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto e delle relative infrastrutture, dei piani e degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore*.
- DPCM 14 novembre 1997. *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*, G.U. n.280 del 01/12/1997.
- DPR n° 495 18 novembre 1998. *Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1995, n° 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario*, G.U. n.2 del 04/01/1999.
- EEA (2001), *Traffic noise: exposure and annoyance*, European Environmental Agency, Copenhagen.
- EU IMAGINE project, "D2 The State of the Art in Noise Mapping".
- EU's Future Noise Policy, Working Group 2 (2002), "Position paper on dose response relationship between transportation noise and annoyance".
- FARINA A., TONELLA I. (1999), *Impiego di modelli previsionali innovativi per la valutazione del rumore stradale e ferroviario in aree urbane*, in *Atti del XXVII Convegno Nazionale dell' AIA*, Genova.
- FELLI M. (1999), *Lezioni di fisica tecnica. Volume terzo: acustica, tecnica dell'illuminazione*, Morlacchi, Perugia.
- FRANCHINI A. (2001), *Descrittori del rumore ambientale*, dal seminario *Noise Mapping* di Bologna, 21 – 22 giugno 2001.

- GRUPPO SCIENTIFICO ITALIANO STUDIO E RICERCHE GSISR (2006): *Settimana ambiente 2006, Inquinamento acustico, "La Direttiva 2002/49/CE e il futuro"*, Milano 16 febbraio 2006.
- ISO 9613, *Acustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*, 04/07/1994.
- ISO 9613, *Acustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2: General method of calculation*, 04/07/1994.
- Legge 26 ottobre 1995, n. 447. *Legge Quadro sull'inquinamento acustico*, supplemento ordinario della G.U. n. 254 del 30/10/1995.
- Legge Regionale 6 giugno 2002, n. 8. *Disposizioni per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico*, supplemento ordinario n. 1 al Bollettino Ufficiale Regione Umbria n. 27 del 19/06/2000.
- LICITRA G., BERTELLINO F. (2001), *Modelli di previsione del rumore determinato dalle attività produttive e dal traffico veicolare, ferroviario e aeroportuale*, dal seminario *Noise Mapping* di Bologna, 21 – 22 giugno 2001.
- STS SRL - STRADE TRAFFICO SICUREZZA, *Manuale utente Rilevatore di traffico radar Easydata*.
- MICOZZI F., POGGI A., FORTUNATO C., MIANULLI F., GABRIELI T., BRAMBILLA G., *Rassegna, finalizzata alla applicazione della Direttiva europea, delle metodologie in uso nei paesi europei per la raccolta di dati sul rumore da traffico veicolare urbano*, RTI CTN\_AGF 1/2004, Apat, Roma..
- MONCADA LO GIUDICE G., SANTOBONI S. (1995), *Acustica*, Masson, Milano.
- PERETTI A. (2001), *Misura e valutazione dell'inquinamento acustico*, dal seminario *Noise Mapping* di Bologna, 21 – 22 giugno 2001.
- POGGI A., FAGOTTI C., CASINI D., BRAMBILLA G., GABRIELI T., FRANCHINI A., COTANA F. (2001), *Linee guida per la rilevazione dei dati utili per la stesura della relazione biennale sullo stato acustico del comune*, Anpa, Roma.
- Raccomandazione della Commissione della Comunità europea 6 agosto 2003, concernente 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*, Gazzetta Ufficiale europea L. 212/49 del 22/08/2003.
- REGIONE UMBRIA, ARPA UMBRIA, AUR (2004), *Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Umbria - R.S.A.*, Aur, Arpa, Perugia.
- Regolamento per la gestione e la tutela delle strade, approvato con deliberazione del Consiglio Provinciale di Perugia n°128 del 9/12/2003.*
- Regolamento Regionale 13 agosto 2004, n.1, "Regolamento di attuazione della Legge Regionale 6 giugno 2002, n.8 – disposizioni per il contenimento e la riduzione dell'inquinamento acustico"*.
- SCARANO P. (2001), *Modelli di previsione del rumore ferroviario: caratteristiche e procedure di applicazione*, dal seminario *Noise Mapping* di Bologna, 21 – 22 giugno 2001.
- SYMPHONIE OI DB STEEL, *Manuale d'uso*.
- UNITÀ PROGETTO DISINQUINAMENTO ACUSTICO (1996), *Documento di riferimento per la definizione di linee guida per la redazione dei piani comunali di disinquinamento acustico*, ANPA.
- WG-AEN (2003), *Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 5 dicembre 2003.
- [www.provincia.perugia.it](http://www.provincia.perugia.it)
- [www.soundplan.com](http://www.soundplan.com)
- [www.spectra.it](http://www.spectra.it)



## **PARTE II**

### **Casi di studio**



## Metodi per la stima della popolazione esposta al rumore

### Introduzione

La popolazione esposta al rumore è uno degli indicatori per la descrizione dell'inquinamento acustico, ed è inserita all'interno del modulo State nel modello di conoscenza ambientale D.P.S.I.R. (tabella 1). L'Oms ha collocato tale indicatore nell'elenco degli *European Community health indicators*.

La direttiva europea che ha introdotto tale descrittore dell'inquinamento acustico è la 2002/49/CE, la quale definisce la quota di popolazione esposta all'in-

**Tabella 1:** Indicatori scelti nel modello DPSIR relativi al tema Rumore (Annuario dati ambientali APAT 2007).

Tema SINAnet	Nome indicatore	DPSIR	Qualità Informazione	Copertura		Stato e Trend	Tabelle	Figure
				S	T			
Rumore	Popolazione esposta al rumore <sup>a</sup>	S	★	C 48/8.101	1996-2006	☹	-	-
	Sorgenti controllate e percentuale di queste per cui si è riscontrato almeno un superamento dei limiti	S	★★★★	R 15/20	2000-2003; 2006	☹	13.1	13.1-13.3
	Stato di attuazione dei piani di classificazione acustica comunale	R	★★★★	R	2006	☹	13.2	13.4-13.6
	Stato di attuazione delle relazioni sullo stato acustico comunale	R	★★★★	C 119/144 R 18/20	2006	☹	13.3	-
	Stato di approvazione dei piani comunali di risanamento acustico	R	★★★★	C 7.141/8.101 R 18/20	2006	☹	13.4	-
	Osservatorio normativa regionale	R	★★★★	R 15/20	2006	☹	13.5	-
	Percentuale di km della rete ferroviaria nazionale per la quale si ha il superamento dei limiti <sup>a</sup>	S	★★★★	I	2004	-	-	-
	Stato di approvazione dei piani di contenimento e abbattimento del rumore per la rete ferroviaria <sup>a</sup>	R	★★★★	I	2004	-	-	-
	Percentuale di km della rete stradale nazionale per la quale si ha il superamento dei limiti	S	★★	I	2006	-	13.6	-

quinamento acustico, ossia il numero di persone che vivono nelle abitazioni esposte a determinati livelli di rumore.

La Direttiva Europea 2002/49/CE, recepita con il D.lgs. 154/05, prevede che siano trasmessi alla Commissione europea i dati relativi alla popolazione esposta di tutte le aree urbanizzate con popolazione superiore alle 100.000 unità per tutti gli aeroporti, assi stradali e ferroviari principali.

In particolare, in riferimento agli agglomerati urbani, sono richiesti i seguenti dati:

- Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di  $L_{den}$  in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75, con distinzione fra rumore da traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. [...]
- Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di  $L_{night}$  in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. [...]

Le metodologie per la sua costruzione, non sono ancora completamente standardizzate, e pertanto non consentono la perfetta comparabilità dei dati che, quindi, hanno un carattere indicativo.

In Italia una particolare attenzione è stata rivolta alle indicazioni contenute nel documento “Indicazioni operative per la costruzione dell'indicatore popolazione esposta al rumore in riferimento alla Direttiva 2002/49/CE”, uno studio del 2004 (RTI CTN\_AGF 1/2005, ISPRA ex APAT) contenente alcune istruzioni sulle modalità di determinazione di tale indicatore.

La problematica principale consiste nella corretta valutazione della distribuzione spaziale dei residenti, dato difficilmente quantificabile per ogni singolo edificio. Nel capitolo precedente è stato evidenziato come la procedura 3 sia quella in grado di garantire i risultati maggiormente realistici. Nei casi in cui non è possibile risalire al numero di abitanti per ogni singolo edificio è possibile applicare tale metodologia di calcolo in due modalità a seconda che la superficie complessiva destinata ad uso residenziale sia disponibile (Procedura 3, metodo A) o non lo sia (Procedura 3, metodo B).

La Procedura 3 metodo A consiste nel riportare la superficie complessiva dell'area destinata ad uso residenziale con il numero dei residenti, ottenendo così i m<sup>2</sup> a disposizione per singolo residente. Successivamente, si determina l'area in pianta del singolo edificio e la si moltiplica per il numero dei piani, ottenendo

così i m<sup>2</sup> a uso residenziale disponibili nell'edificio. Si dividono, quindi, i m<sup>2</sup> a uso residenziale disponibili nell'edificio per i m<sup>2</sup> a disposizione per singolo residente, ottenendo così una stima del numero dei residenti nell'edificio.

La Procedura 3 metodo B è analoga alla precedente diversificandosi solo nella fase iniziale ove il numero dei m<sup>2</sup> a disposizione per singolo residente è ottenuto da statistiche a base nazionale o locale. Nel caso in cui non sia disponibile alcun dato sulla popolazione, lo studio propone di procedere a indagini sul campo al fine di conseguire una delle due seguenti finalità:

- conteggio dei residenti in ciascun edificio (difficile da praticare in aree vaste);
- stima del numero medio dei residenti per diverse tipologie di edifici.

Nei casi di studio, quando si parla di Procedura 3, si intende sempre secondo il metodo A.

### **Descrizione della procedura seguita nella valutazione della popolazione esposta nei casi di studio**

Lo studio si è posto come scopo la valutazione dell'indicatore popolazione esposta, in alcune particolari aree della regione. Lo studio è stato realizzato da una collaborazione tra la Sezione di Fisica Tecnica della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia e Arpa Umbria. Allo scopo di confrontare i risultati ottenuti dai due enti, si è deciso di effettuare anche un interconfronto, valutando l'indicatore sopracitato su due sezioni catastali situate presso Collestrada. Tale confronto è stato eseguito non solo per analizzare le eventuali diversità dei metodi seguiti, ma anche per verificare le differenze in termini di risultati causate dall'utilizzo di due software di simulazione acustica diversi (SoundPlan per l'Università e Immi per l'Arpa Umbria).

Le altre zone soggette allo studio della popolazione esposta da parte della Sezione di Fisica Tecnica dell'Università di Perugia sono state le località di Balanzano nel comune di Perugia, di S. Maria degli Angeli del comune di Assisi e di Narni Scalo nel comune di Narni. Arpa Umbria invece ha studiato delle aree nei comuni di Spello, Narni, Terni e Perugia.

Per ogni località in esame è stata effettuata una misura di rumore ambientale per verificare la rispondenza della simulazione acustica settimanale in prossimità delle infrastrutture di trasporto e, con tempistiche diverse, nei pressi delle altre sorgenti. Per le infrastrutture stradali i dati di traffico, ove non resi disponibili dai gestori, sono stati ricavati da estrapolazioni su strade con flusso di traffico comparabile e attraverso l'analisi della misura di rumore effettuata.

### ***Procedura di calcolo***

Per la procedura di calcolo sono state applicate in una prima fase tre diverse procedure, come meglio descritto nella parte I. Dopo il confronto tra le tre procedure è stata selezionata quella che meglio ha coniugato caso per caso informazioni disponibili, accuratezza del risultato e tempi di realizzo.

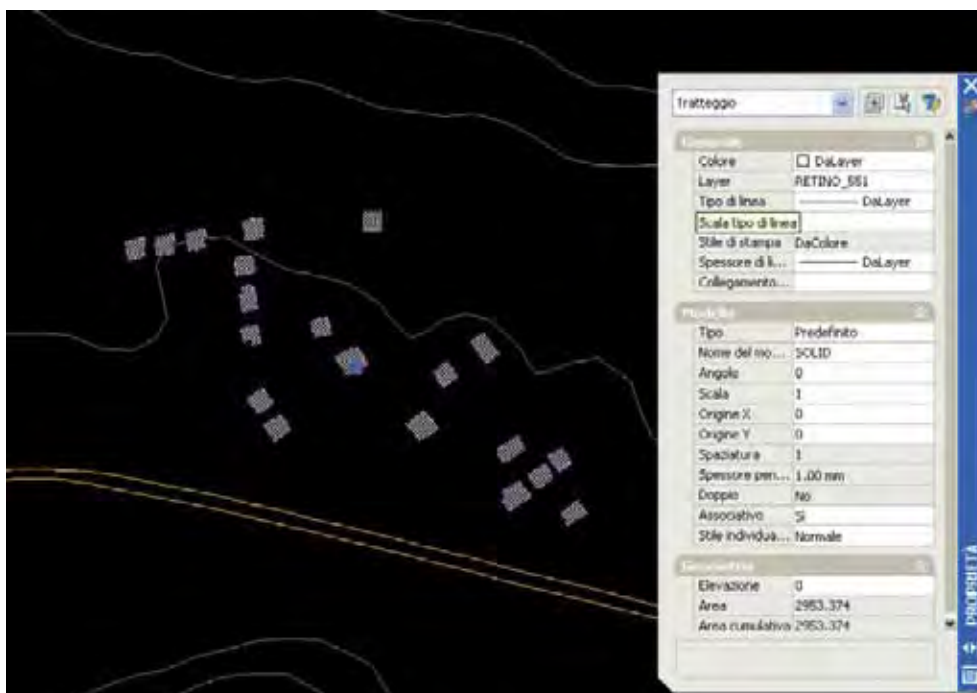
In assenza dei dati dell'Ecografico 3d, è stata ideata una metodologia di calcolo innovativa, derivata dalla procedura 12.1 in tabella 1.2, che potesse simulare, con migliore precisione la distribuzione della popolazione negli edifici presenti all'interno delle sezioni catastali oggetto di analisi.

In tutti i casi di studio sono stati impiegati i dati del censimento Istat del 2001 ed è stata valutata l'esposizione della popolazione attraverso i descrittori  $L_{den}$  ed  $L_{night}$ .

### ***Esempio di calcolo***

Su ognuna delle sezioni catastali (numeri 551 e 719) site presso la località di Collestrada, sono stati individuati gli edifici a uso abitativo dalle CTR e i dati di popolazione residente dai dati catastali, i quali per le aree in questione riportano una popolazione rispettivamente di 81 e 20 residenti.

In ambiente CAD si è operata la retinatura degli edifici residenziali e successivamente il calcolo della superficie totale residenziale su ogni sezione (figura 1).



**Figura 1:** Individuazione e calcolo delle aree sottese agli edifici residenziali della sezione catastale 551. In arancione si possono notare gli assi delle corsie della E45 presso Collestrada

Il dato di superficie residenziale così ottenuto su ogni sezione è stato impiegato per determinare l'indice superficie residenziale per abitante, tabella 2.

**Tabella 2:** Dati impiegati per la distribuzione della popolazione.

Sezione Catastale	Residenti	Area sottesa ad edifici residenziali (m <sup>2</sup> )	Superficie residenziale per abitante (m <sup>2</sup> /ab)
551	81	2.953	36,46
719	20	970	48,48

### *Elaborazione dei dati*

In ogni caso in esame è stato necessario effettuare, in primo luogo, la costruzione del DGM (Digital Ground Model), a partire dalle informazioni contenute nelle CTR relative alle zone oggetto di analisi. Su tale modello digitale del terreno sono state poggiate sia le sorgenti di rumore, sia gli edifici oggetto di analisi da esposizione. Gli edifici residenziali sono stati separati da quelli di altro tipo e suddivisi ognuno per appartenenza alla sezione catastale.

In secondo luogo, si è proceduto alla distribuzione della popolazione sezione per sezione, impiegando gli indici di superficie residenziale per abitante. Terminata tale fase si è effettuata la modellazione delle sorgenti esistenti.

Per il calcolo degli effetti delle sorgenti sonore sono stati considerati i seguenti modelli di propagazione:

- rumore stradale: NMPB-Routes-96;
- rumore ferroviario: RMR 96;
- rumore industriale: ISO 9613-2: 1996.

Per ogni caso di studio sono state individuate le sorgenti di rumore in esame ed esaminati i dati necessari alla loro modellazione.

### Sorgenti stradali

- Numero di veicoli leggeri orari transitanti, suddivisi per periodo day, evening e night;
- Numero di veicoli pesanti orari transitanti, suddivisi per periodo day, evening e night;
- Velocità medie delle due tipologie dei veicoli;
- Caratteristiche del manto stradale (liscio, pavé, fonoassorbente ecc.);
- Numero e larghezza delle corsie, senso di marcia;
- Tipologia di flusso stradale (instabile, stabile, accelerato, rallentato);
- Confronti con misure di taratura a disposizione.

Per eseguire la taratura del modello sono state impiegate misure di rumore ambientale eseguite sia dalla sezione di Fisica Tecnica sia dall'Arpa Umbria. Nei casi in cui non era disponibile alcuna informazione sui flussi di traffico, tali misure sono state impiegate per effettuare un'approssimazione dei flussi di traffico.

#### Sorgenti ferroviarie

- Tipologia di trazione (elettrica, diesel ecc.) e di impianto frenante (disco o blocco);
- Percentuale ( $p_r$ ) e velocità ( $v_{r,c}$ ) dei treni che si fermano;
- Velocità dei freni che non si fermano ( $v_c$ );
- Numero di treni transitanti nei periodi day ( $N(d)$ ), evening ( $N(d)$ ) e night ( $N(n)$ ).

#### Sorgenti industriali

In alcuni casi erano disponibili le caratteristiche di emissione (entità, durata nel tempo, componenti spettrali) degli edifici industriali; pertanto, le pareti di tali edifici sono state considerate come sorgenti superficiali con un valore di potenza acustica derivante dalle misure fonometriche eseguite.

Negli stabilimenti nei quali le uniche informazioni disponibili derivavano dalle misure fonometriche, sono state sfruttate queste ultime non come strumento di controllo, ma come mezzo di taratura delle emissioni superficiali delle pareti degli stabilimenti industriali.

Si sottolinea che gli studi illustrati di seguito sono stati effettuati in un arco temporale piuttosto lungo, dal 2006 al 2010, pertanto presentano delle disomogeneità dovute ai diversi periodi di realizzo degli studi stessi.





**FABRO**

**1 / Calcolo della popolazione esposta al rumore  
nel comune di Fabro**



# 1 / Calcolo della popolazione esposta al rumore nel comune di Fabro

## 1.1 Descrizione dell'area di studio

La raccolta dei dati necessari per il calcolo della popolazione esposta ha reso necessario una serie di sopralluoghi in situ. Ciò ha permesso di individuare le tipologie edilizie in uso nel comune di Fabro, le destinazioni d'uso degli edifici e il numero di piani abitabili. L'area di studio è suddivisibile in due sub-aree: Fabro Colonna e Fabro Scalo

Le considerazioni teoriche più interessanti da trarre riguardo Fabro Colonna sono:

- la tipologia edilizia che prevale è la palazzina intesa come edificio a più piani, con unico corpo scala, da cui si accede all'alloggio: uno per ogni piano;
- rilevante è la presenza di case bi-trifamiliari. Esteriormente e in pianta queste abitazioni somigliano molto alle palazzine, ma non hanno un corpo scala unico da cui si accede ai diversi appartamenti e presentano più ingressi. Gli alloggi si sviluppano su uno o due piani più la mansarda, a seconda della presenza o meno di negozi, officine, garage al piano terra;
- la tipica costruzione lungo la strada è la casa unifamiliare con piano terra adibito a scopi commerciali;
- alquanto frequente è la presenza di villette unifamiliari di 1 o massimo 2 piani. Fisicamente è isolata dalle altre case;
- scarsa è la presenza di villette a schiera intese come accorpamento lineare di più edifici della stessa tipologia, destinati a una sola famiglia;
- solo in 7 casi la tipologia edilizia rilevata è stata classificata come condominio: edificio con un corpo scala centrale da cui si accede ai vari alloggi (più di uno per ogni piano). Per alloggio o abitazione si intende la cellula unitaria dell'abitare; in 12 casi gli edifici rilevati sono stati classificati come case in linea, costituite da più residenze unifamiliari affiancate.

A Fabro Scalo non è evidente un tipo di costruzione prevalente sulle altre. Le tipologie edilizie presenti sono le stesse descritte precedentemente per Fabro Colonna, ma ognuna di esse risulta concentrarsi in una determinata area: per esempio verso nord est prevale la villetta, a sud, lungo la strada, prevalgono le case in linea, al centro si concentrano i condomini, a nord ovest è rilevante la presenza di palazzine e altri condomini.

La mappatura acustica utilizzata rappresenta i livelli sonori, illustrati dalle linee

isofoniche, causati da tutte le sorgenti rumorose presenti nella zona e sono riportate nelle tabelle allegate.

Rilevante è l'inquinamento acustico dovuto al traffico veicolare: notevole è la vicinanza all'autostrada A1 (Milano – Roma), che presenta un flusso massimo di 1494 veicoli/ora nell'intervallo 12.00 - 18.00, e considerevole è il numero di strade che attraversano il comune di Fabro: SP 50 (Osteriaccia), SP 108 (Allegrona), SS 71 (Fabro Scalo), SP 52 (Via Roma), SP 58 (Carnaiola), SP 108, SP 106, SP 104 (figura 1.1).

Per Fabro Scalo rilevante è l'inquinamento acustico dovuto al traffico ferroviario, in quanto i binari lambiscono proprio il centro urbano.

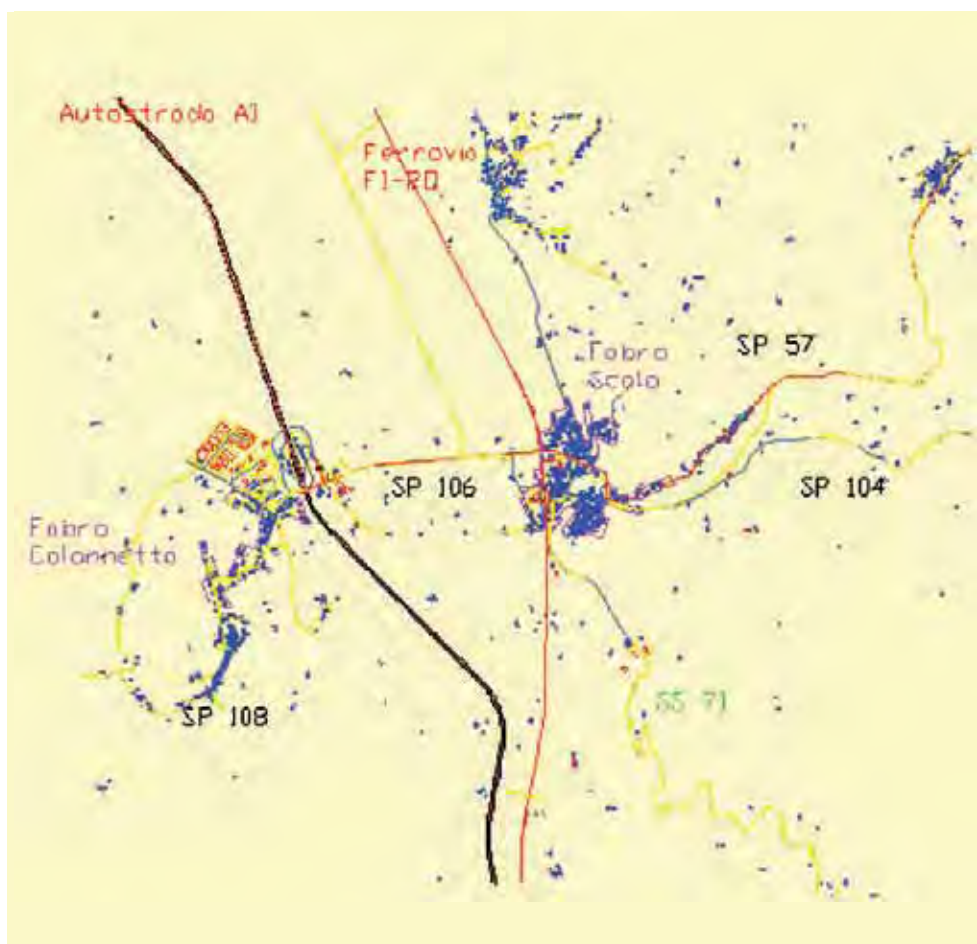


Figura 1.1: Infrastrutture principali che interessano il comune di Fabro.

## 1.2 Calcolo e rappresentazione dei risultati

I risultati sono stati ricavati attraverso le tre procedure descritte nella parte I al fine di testarne la validità (tabelle 1.1 e 1.2).

Nel testare la validità delle tre procedure sono stati applicati, per la procedura 3, due diversi metodi di calcolo della popolazione. Il primo metodo si è basato

sulle informazioni relative alla popolazione disponibili nel PRG e nei dati Istat, pertanto, la stima della popolazione esposta viene condotta considerando l'area complessiva dei piani degli edifici residenziali presenti nella sezione censimento ad esclusione dei negozi e delle mansarde non abitate. Nel secondo metodo (metodo delle macroaree) si stima la popolazione esposta considerando delle macroaree (in maglie selezionate di 100 ha) piuttosto che le sezioni di censimento. Il procedimento risulta identico al precedente e differisce da esso solo per quattro punti:

1. si considerano gli edifici e i dati relativi alle macroaree e non alle sezioni. Dal valore del numero di residenti in ogni macroarea si può risalire, con una certa approssimazione, al valore dei residenti nell'area selezionata;
2. il numero di piani non è determinato col sopralluogo, ma in base alle norme tecniche relative alle massime altezze;
3. le tipologie edilizie non sono state rilevate col sopralluogo, ma stabilite in funzione dell'area in pianta dell'edificio;
4. si utilizza l'area residenziale interna alla zona selezionata data dalla somma delle macroaree a uso residenziale, piuttosto che l'area totale dei piani residenziali.

Questa procedura, però, fornisce risultati che sovrastimano il numero di residenti effettivi e come tale inammissibile per la quantificazione dell'indicatore popolazione esposta; pertanto non è stata poi utilizzata negli altri studi.

Si nota che le percentuali maggiori di popolazione esposta al rumore ambientale, superiore ai limiti vigenti, sono riscontrabili a Fabro Colonna, nel periodo notturno. Infatti, qualunque procedura si utilizzi, la percentuale è alta (più del 50%) e comunque sempre maggiore delle quote di popolazione esposta che si hanno per Fabro Scalo e nel periodo diurno.

Ciò è giustificato dal fatto che nelle vicinanze di Fabro Colonna, lungo l'autostrada A1, vi è un elevato transito di veicoli ad alta velocità e la criticità indotta dal disturbo nel periodo notturno è maggiore. Nell'area a nord della zona considerata, tutti gli edifici sono soggetti a livelli di rumorosità maggiori del limite ammissibile (55 dB(A)). Spostandosi verso il centro storico, ci si allontana dalla sorgente principale di rumore (Autostrada A1) e i 55 dB(A) vengono superati solo ai margini di via della Stazione.

**Tabella 1.1:** Entità della popolazione esposta ai diversi livelli in località Fabro Colonna

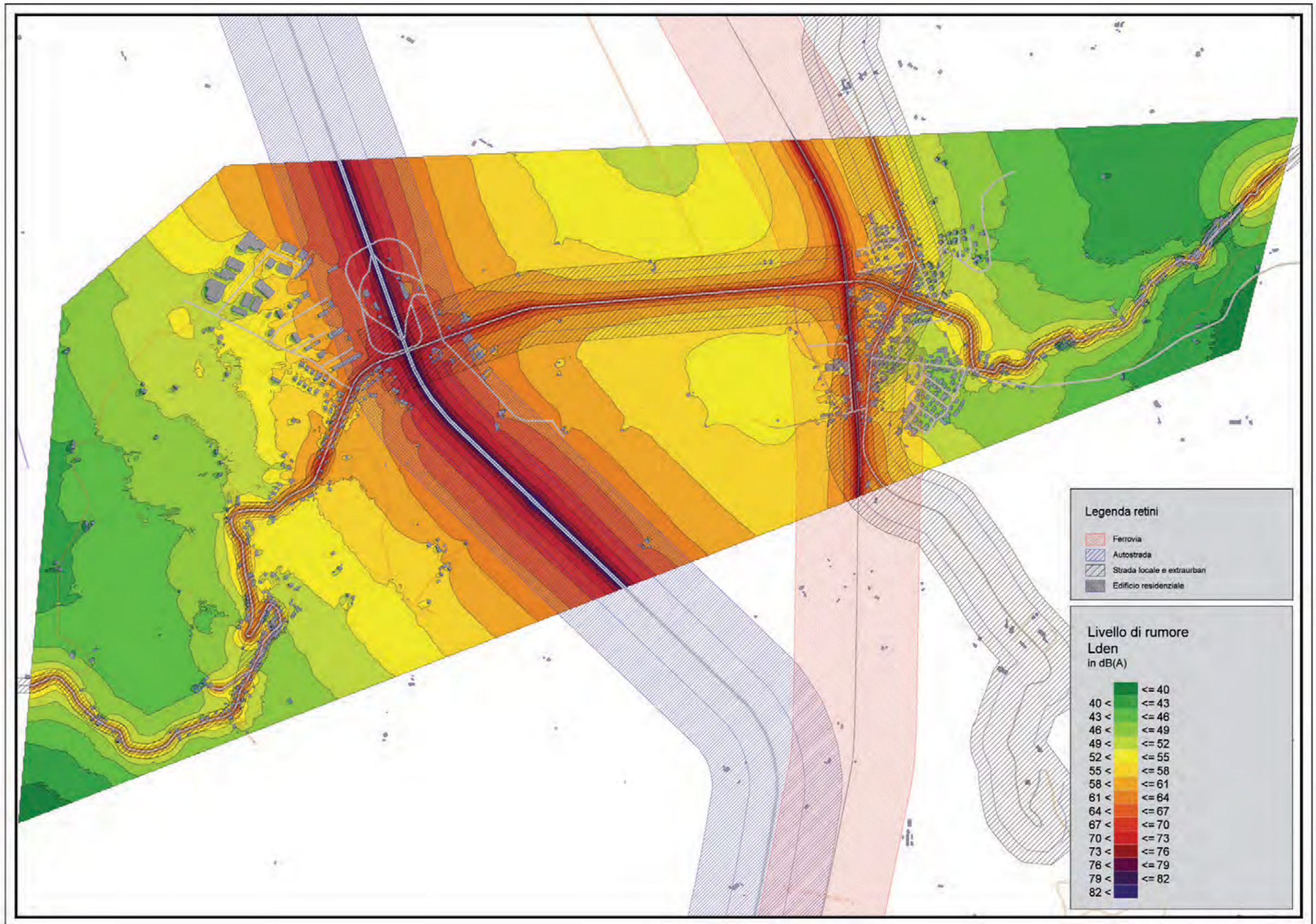
<b>FABRO COLONNETTA ( 575 abitanti )</b>								
<b>STIMA POPOLAZIONE ESPOSTA PERIODO DIURNO</b>								
<b>FASCE DI RUMORE</b>	<b>58-61 dB(A)</b>	<b>61-64 dB(A)</b>	<b>64-67 dB(A)</b>	<b>67-70 dB(A)</b>	<b>70-73 dB(A)</b>	<b>73-76 dB(A)</b>	<b>76-79 dB(A)</b>	<b>TOTALE %</b>
PROCEDURA1	148,4	67,0	55,7	18,1	7,5	1,0	0,3	14,4
PROCEDURA2	142,1	64,6	53,7	17,4	7,1	1,0	0,2	13,8
PROCEDURA3	133,1	81,7	66,2	66,5	49,7	2,4	0	32,1
<b>STIMA POPOLAZIONE ESPOSTA PERIODO NOTTURNO</b>								
<b>FASCE DI RUMORE</b>	<b>52-55 dB(A)</b>	<b>55-58 dB(A)</b>	<b>58-61 dB(A)</b>	<b>61-64 dB(A)</b>	<b>64-67 dB(A)</b>	<b>67-70 dB(A)</b>	<b>70-73 dB(A)</b>	<b>TOTALE %</b>
PROCEDURA1	86,2	213,1	127,5	33,7	14,4	10,2	5,9	77,4
PROCEDURA2	82,7	204,6	122,5	32,3	13,9	9,7	5,7	67,6
PROCEDURA3	91,3	138,3	83,9	170,6	22,2	21,4	32,8	81,6

**Tabella 1.2:** Entità della popolazione esposta ai diversi livelli in località Fabro Scalo

<b>FABRO SCALO ( 1317 abitanti )</b>								
<b>STIMA POPOLAZIONE ESPOSTA PERIODO DIURNO</b>								
<b>FASCE DI RUMORE</b>	<b>58-61 dB(A)</b>	<b>61-64 dB(A)</b>	<b>64-67 dB(A)</b>	<b>67-70 dB(A)</b>	<b>70-73 dB(A)</b>	<b>73-76 dB(A)</b>	<b>76-79 dB(A)</b>	<b>TOTALE %</b>
PROCEDURA1	155,3	120,7	80,2	46,6	17,8	11,6	9,3	12,6
PROCEDURA2	154,8	120,4	80,1	46,4	17,8	11,5	9,3	12,5
PROCEDURA3	111,0	265,5	144,8	16,7	14,6	5,2	0	13,8
<b>STIMA POPOLAZIONE ESPOSTA PERIODO NOTTURNO</b>								
<b>FASCE DI RUMORE</b>	<b>52-55 dB(A)</b>	<b>55-58 dB(A)</b>	<b>58-61 dB(A)</b>	<b>61-64 dB(A)</b>	<b>64-67 dB(A)</b>	<b>67-70 dB(A)</b>	<b>70-73 dB(A)</b>	<b>TOTALE %</b>
PROCEDURA1	162,0	111,4	72,3	40,5	26,6	14,9	12,1	21,1
PROCEDURA2	161,5	111,2	72,1	40,4	26,5	14,9	12,0	21,0
PROCEDURA3	175,1	165,1	44,3	137,6	11,3	5,2	0	77,6

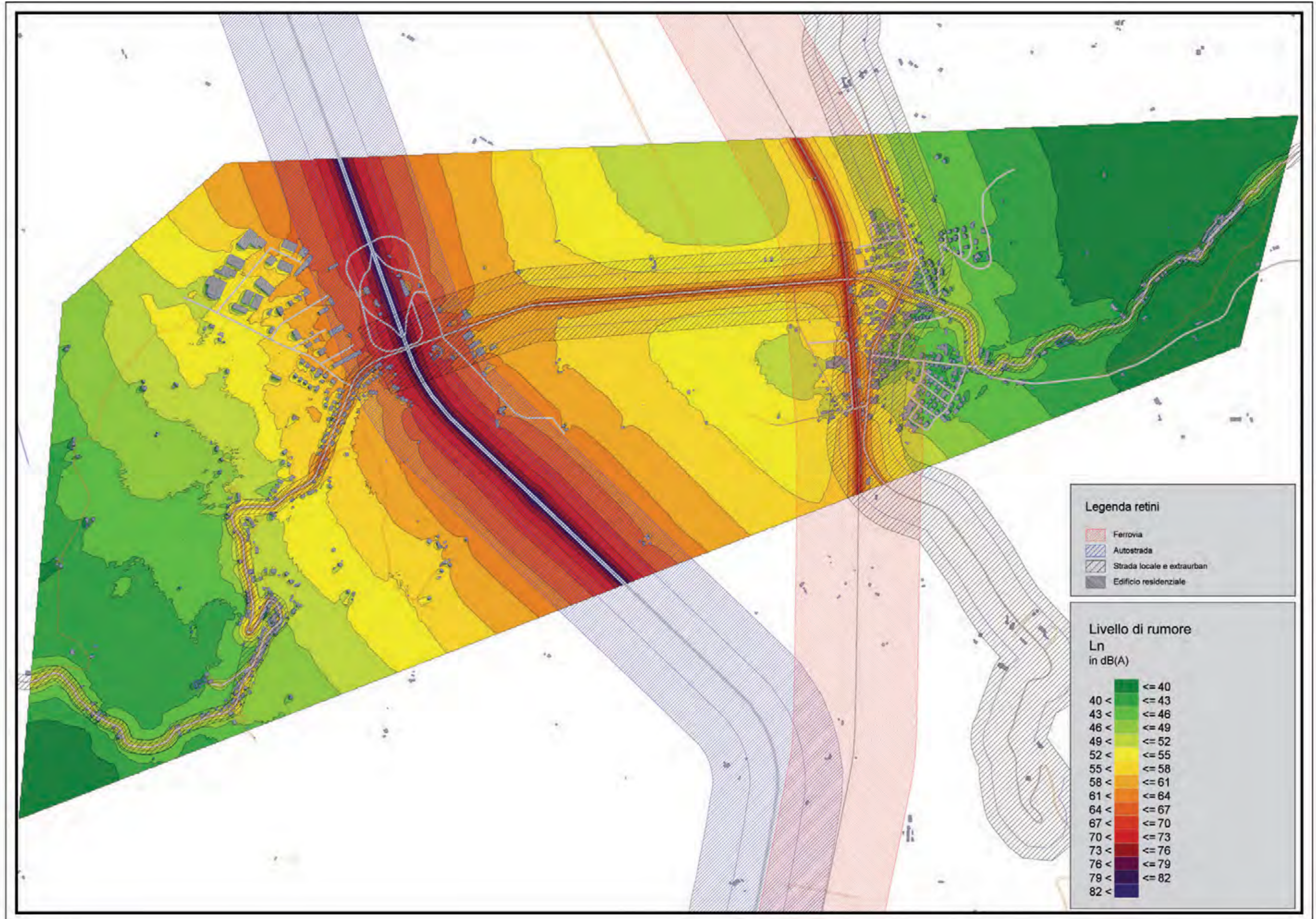
Dall'analisi dei risultati si può ulteriormente notare come la procedura 3 restituisca, in ogni caso, una stima di popolazione esposta più elevata delle altre due procedure; tale procedura è la più accurata e quindi maggiormente cautelativa in termini di pianificazione.

Nelle tavole allegate sono riportate le curve isolivello per  $L_{den}$  e  $L_{night}$  dell'area studiata.











# **NARNI**

**2 / Calcolo della popolazione esposta al rumore  
nel comune di Narni - Narni città**

**3 / Calcolo della popolazione esposta al rumore  
nel comune di Narni - Narni Scalo**



## 2 / Calcolo della popolazione esposta al rumore nel comune di Narni - Narni città

### 2.1 Descrizione dell'area di studio

L'oggetto del presente studio è la valutazione della popolazione esposta al rumore in una macro-area, Narni Città, che interessa sei sezioni di censimento Istat per un totale di 2241 abitanti (censimento Istat 2001).

Lo studio effettuato, avendo per altro il Comune di Narni adottato il piano di classificazione acustica con D.C.C. n. 114 del 29.12.2006, costituisce per l'Amministrazione territorialmente competente un valido strumento di pianificazione, consentendo il confronto dei livelli di rumore stimati con i limiti previsti per le diverse zone acustiche, e fornendo suggerimenti utili ai fini della redazione del piano di risanamento acustico comunale, nonché indicazioni adeguate relativamente alle priorità di intervento laddove vengano riscontrati dei superamenti.

L'area del territorio del comune di Narni oggetto di mappatura è quella di Narni Città; dal punto di vista morfologico il centro storico di Narni è situato al limite meridionale della conca ternana (posto a una quota di circa 150 metri superiore alla pianura sottostante).

Da un punto di vista prettamente urbanistico e di destinazione d'uso il centro storico di Narni è un tipico borgo medioevale caratterizzato da elevatissimi rapporti di copertura, forti dislivelli, strade strette ed è, in parte, attraversato dalla SS 3 (Flaminia), differenziata in due tratti fortemente disomogenei: il tratto della Flaminia Ternana (che collega Narni con Terni), caratterizzato da un flusso di traffico veicolare più intenso, e il tratto della Flaminia Romana (che collega Narni con il Lazio) con un traffico veicolare minore.

Come mostrato in figura 2.1, nella pianura sottostante il centro storico si sviluppano le altre infrastrutture di collegamento, quali la linea ferroviaria Orte – Ancona Falconara, la SS 3 ter "Tiberina" e la SP 1 "Tre Ponti".

Lo studio della popolazione esposta ha interessato sei sezioni di censimento Istat (1, 4, 7, 8, 9 e 10), mostrate in figura 2.2 per un totale di 2241 abitanti (censimento Istat 2001).

Prima della valutazione delle sorgenti una parte molto importante è stata la ricostruzione dell'ambiente fisico, ovvero del modello tridimensionale del terreno necessario per la simulazione della propagazione in ambiente del rumore mediante software previsionale. La cartografia regionale in formato digitale (CTR in scala 1:10.000) è stata integrata con la cartografia messa a disposizione dal Comune di Narni che risultava di maggiore dettaglio: in quest'ultima erano

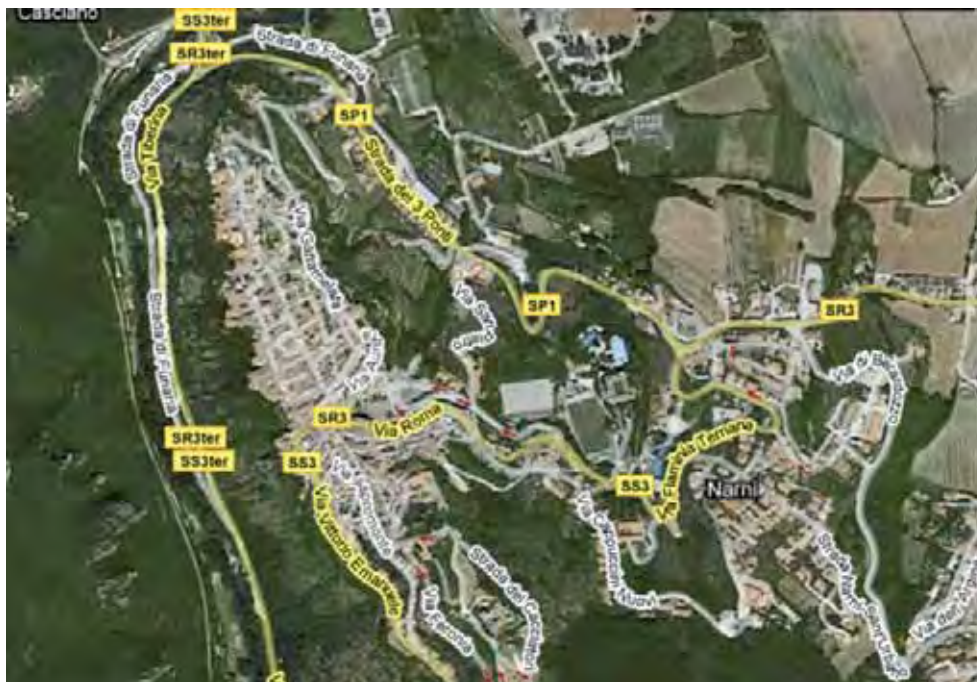


Figura 2.1: ortofotocarta dell'area oggetto di studio

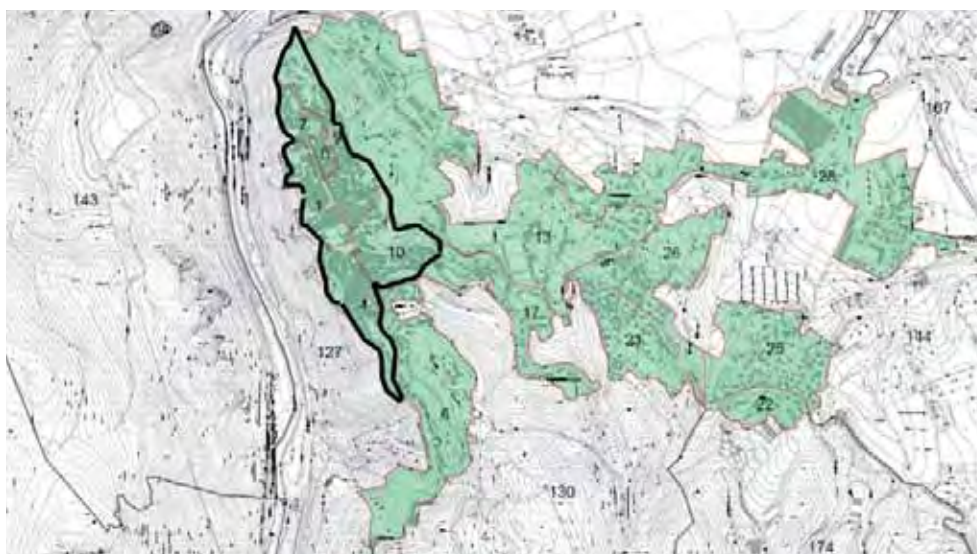


Figura 2.2: indicazione delle sezioni censuarie oggetto di studio

riportate curve isolivello fino all'accuratezza di 1 metro e ciò è risultato molto utile per ottenere un modello particolareggiato del terreno, dato il forte dislivello presente nell'area utilizzata per lo studio, che varia dai 90 a oltre 350 metri s.l.m. Dalla cartografia ottenuta sono stati desunti gli elementi di base (curve isolivello, bordi strada, scarpate, edifici): tale carta è stata opportunamente trattata eliminando eventuali anomalie o layer non necessari, lasciando soltanto quelli relativi all'edificato, alle infrastrutture di trasporto stradale e alle curve di livello del terreno. Il file in formato *.dxf* del terreno è stato quindi importato nel software.

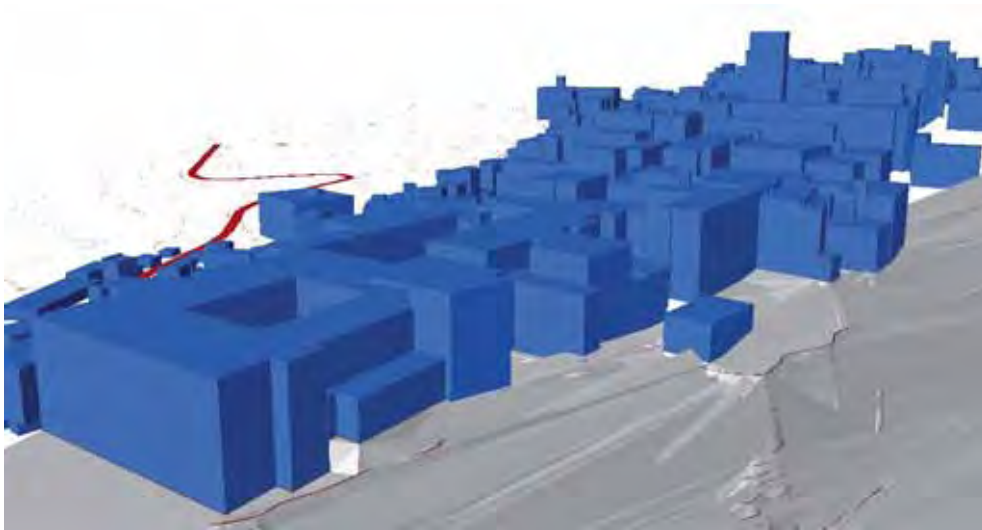
Quindi sono stati ricostruiti gli edifici e ci si è avvalsi dei dati riportati nella cartografia messa a disposizione dal Comune di Narni: in essa, per ciascun edificio, risultava infatti indicata sia la quota assoluta a terra del fabbricato che la quota assoluta a cui si trovava la gronda. Per la ricostruzione di ciascun edificio è stata quindi creata una polilinea caratterizzata nel software come curva isolivello avente quota assoluta pari alla quota a terra del fabbricato; è stata poi assegnata a ciascun edificio un'altezza assoluta corrispondente alla quota assoluta della gronda. E' stato poi considerato per tutti gli edifici un coefficiente di riflessione delle superfici esterne pari a 0.7.

Ai fini della valutazione della popolazione esposta al rumore è stata impostata per tutti gli edifici la funzione che determina il numero di residenti in base al metodo procedura 2 presentato nella Parte I, assegnando un valore nullo di abitanti agli edifici di culto, commerciali e industriali.

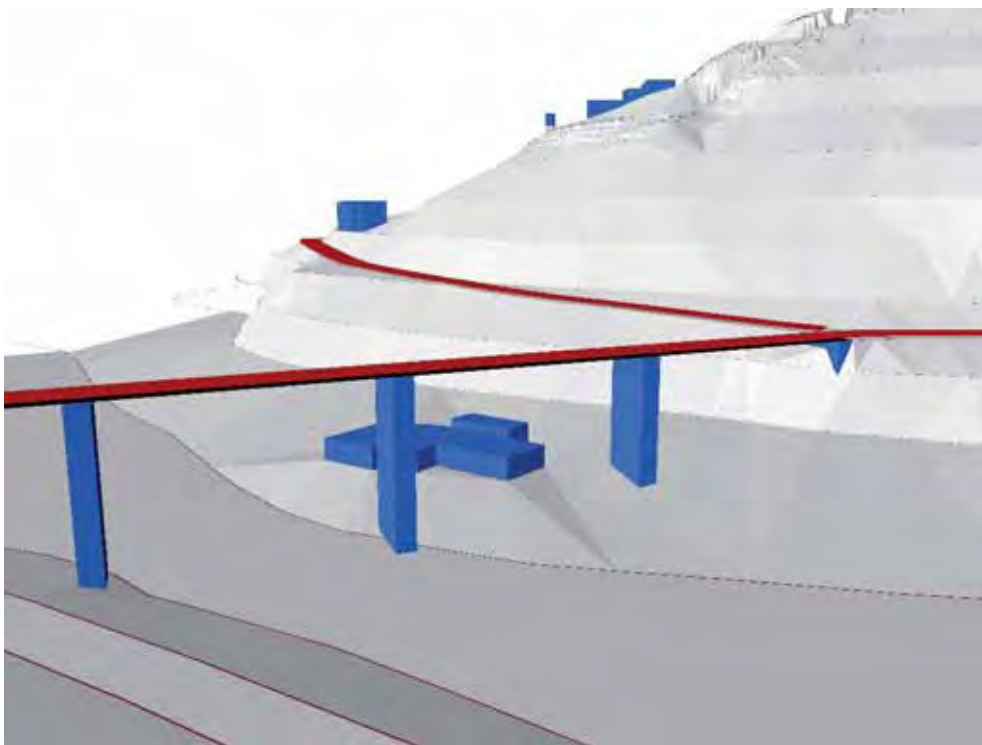
Nelle figure 2.3, 2.4, e 2.5 sono riportate, a titolo esemplificativo, alcune viste del modello tridimensionale ricostruito dell'ambiente fisico, dalle quali si possono desumere i forti dislivelli che caratterizzano il terreno e l'elevato numero di edifici ricostruiti.



**Figura 2.3:** vista del modello 3D ricostruito dell'ambiente fisico



**Figura 2.4:** vista del modello 3D ricostruito dell'ambiente fisico



**Figura 2.5:** vista del modello 3D ricostruito dell'ambiente fisico

Per la simulazione del clima acustico presente nelle sei sezioni di censimento indagate sono stati esaminati gli effetti concorsuali di diverse infrastrutture: la SS 3 (suddivisa in due tratti omogenei: Flaminia Ternana e Flaminia Romana), la SS 3 Ter (Tiberina), la SP 1 (Tre Ponti), la linea ferroviaria Orte – Ancona Falconara e la viabilità interna al centro.

Nello specifico, per caratterizzare nel software le principali infrastrutture stra-



dali (Flaminia Ternana, Flaminia Romana, Tiberina e Tre Ponti), sono stati utilizzati i dati relativi al flusso di traffico rilevati direttamente con strumentazione *ad hoc*, completi nelle 24 ore e distinti anche in veicoli leggeri e pesanti.

Invece, per caratterizzare la viabilità locale interna a Narni Città, non disponendo di dati di flusso di traffico, sono stati utilizzati i livelli di rumore misurati in apposite postazioni sulla base dei quali sono stati tarati i livelli di emissione prodotti dalle strade interne di attraversamento del centro storico lungo cui si sviluppa il flusso principale di traffico veicolare.

Per quanto concerne la caratterizzazione della linea ferroviaria Orte – Ancona Falconara, mediante informazioni ricevute dal personale di RFI, è stato possibile risalire alle caratteristiche dei treni transitanti su tale linea: treni passeggeri (trazione elettrica e freni a disco) e treni merci (trazione elettrica e freni “ferro-ferro”); sono state inoltre acquisite le informazioni relative al numero di transiti, distinti per tipologia di treni (Eurostar, treni passeggeri più lenti e treni merci), relativi ai periodi day, evening e night.

La taratura del modello è stata effettuata in corrispondenza di punti coincidenti con le postazioni di misura presso le quali erano presenti rilevazioni strumentali. Il software utilizzato possiede una funzione che permette l’inserimento puntuale dei punti ricevitori, richiedendo in input le coordinate e la quota relativa. Si è quindi proceduto alla taratura del modello, consistente nel confronto, mostrato nella tabella 2.1, fra i valori misurati e i livelli stimati dal software di simulazione.

Dal confronto fra i valori misurati e stimati, in riferimento ai descrittori  $L_{\text{night}}$  ed  $L_{\text{den}}$ , si riscontrano scostamenti insignificanti in corrispondenza di tutti i punti ricevitore, ad eccezione del valore di  $L_{\text{night}}$ , presso il punto ricevitore di Piazza Garibaldi, che risulta sovrastimato rispetto al valore misurato: il punto è situato in un’area critica in cui confluiscono i due tratti disomogenei della SS 3 (Flaminia Ternana, caratterizzata da maggior traffico veicolare, e Flaminia Romana con flussi di traffico minori) e la strada di accesso al centro storico.

Le operazioni di stima della popolazione hanno presupposto il reperimento di informazioni socio-demografiche dettagliate e aggiornate sulla popolazione residente (tabella 2.2). Sono stati analizzati tali dati al fine di avere a disposizione informazioni sul numero di persone residenti e sulla densità abitativa nelle sei sezioni di censimento relative all’area di indagine.

Mediante una funzione specifica sono state disegnate nel software le sei sezioni censuarie; per ciascuna di esse, dai valori (superficie per abitante) forniti come

input, il software calcola, attraverso l'impronta a terra e assumendo un piano abitabile ogni cinque metri di altezza, il numero di abitanti residenti in ciascuno degli edifici.

**Tabella 2.1:** Confronto tra livelli misurati e livelli stimati dal software

PUNTI RICEVITORE	L <sub>day</sub> [dBA]		L <sub>evening</sub> [dBA]		L <sub>night</sub> [dBA]		L <sub>den</sub> [dBA]	
	misurato	stimato	misurato	stimato	misurato	stimato	misurato	stimato
<b>Flaminia Romana</b>	66,1	66,0	63,3	63,8	59,4	59,4	67,6	67,7
<b>Flaminia Ternana</b>	70,8	71,2	68,8	69,8	65,4	65,5	73,2	73,5
<b>Tre Ponti</b>	70,6	70,1	67,7	67,8	64,1	64,3	72,3	72,2
<b>Via Gattamelata</b>	58,8	58,9	54,7	54,4	50,3	50,9	59,4	59,7
<b>Largo San Francesco</b>	58,4	58,2	57,1	56,8	48,7	48,8	58,9	58,8
<b>Piazza Garibaldi</b>	68,9	65,7	61,8	64,1	56,7	59,9	68,1	67,9
<b>Tiberina</b>	67,2	67,4	61,8	63,1	60,5	60,2	68,8	68,6
<b>Linea Orte - Ancona</b>	-	65,7	-	65,7	-	55,3	-	66,3

**Tabella 2.2:** Popolazione per sezione di censimento

Sezione	Popolazione
1	260
4	533
7	256
8	93
9	500
10	599

## 2.2. Calcolo e rappresentazione dei risultati

I risultati della simulazione effettuata hanno fornito le mappe isolivello, i livelli di facciata e il numero stimato di abitanti esposti ai diversi livelli di rumorosità. I risultati ottenuti e di seguito illustrati, per il modo in cui sono stati elaborati e per la forma sotto la quale vengono presentati, sono rispondenti alle richieste del D.Lgs. 194/2005 e della Direttiva 2002/49/CE in merito ai contenuti delle mappature acustiche e al tipo di informazioni da fornire ai cittadini e da trasmettere alla Commissione Europea.

Nelle tavole allegate sono riportate le mappe isolivello relative al parametro  $L_{night}$  e al parametro  $L_{den}$  relative all'intera area indagata.

I risultati sono elaborati per curve di isolivello successive a intervalli di 5 dBA, da valori inferiori ai 35 dB(A) a valori superiori a 75 dB(A). Nel caso specifico in esame, il range di valori di rumorosità riscontrati risulta compreso tra valori inferiori a 35 dB(A) e un massimo di 80 dB(A) per il parametro  $L_{den}$  e tra valori

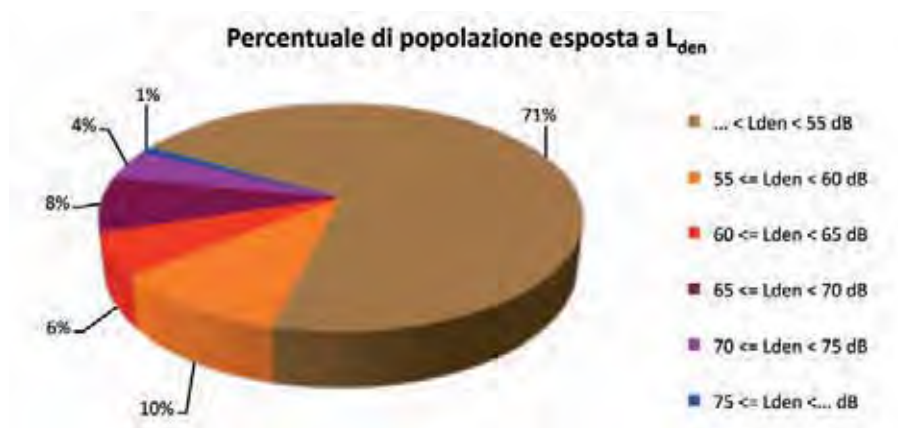
inferiori a 35 dB(A) e un massimo di 70 dB(A) nel periodo notturno. Nelle tabelle 2.3 e 2.4 sono riportate, considerando complessivamente le sei sezioni di censimento indagate, le persone esposte a diversi livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , mentre nelle figure 2.6 e 2.7 sono rappresentati i rispettivi grafici con la percentuale di popolazione esposta.

**Tabella 2.3:** Totale (sezione 1, 4, 7, 8, 9 e 10) – Entità della popolazione esposta ai diversi livelli di  $L_{den}$

$L_{den}$ [dBA]	Persone esposte	Pop.ne esposta ad $L_{den}$ (%)
$... <= L_{den} < 55$	1580	70,5 %
$55 <= L_{den} < 60$	232	10,4 %
$60 <= L_{den} < 65$	134	6,0 %
$65 <= L_{den} < 70$	178	7,9 %
$70 <= L_{den} < 75$	94	4,2 %
$75 <= L_{den} < ...$	23	1,0 %
<b>TOTALE</b>	<b>2241</b>	<b>100 %</b>
<b>TOTALE <math>L_{den} &gt; 65</math> dB(A)</b>	<b>295</b>	<b>13,2 %</b>

**Tabella 2.4:** Totale (sezione 1, 4, 7, 8, 9 e 10) – Entità della popolazione esposta ai diversi livelli di  $L_{night}$

$L_{night}$ [dBA]	Persone esposte	Pop.ne esposta ad $L_{night}$ (%)
$... <= L_{den} < 45$	1569	71,2 %
$45 <= L_{den} < 50$	147	6,6 %
$50 <= L_{den} < 55$	209	9,3 %
$55 <= L_{den} < 60$	136	6,1 %
$60 <= L_{den} < 65$	152	6,8 %
$65 <= L_{den} < 70$	28	1,2 %
$70 <= L_{den} < ...$	0	0 %
<b>TOTALE</b>	<b>2241</b>	<b>100 %</b>
<b>TOTALE <math>L_{night} &gt; 55</math> dB(A)</b>	<b>316</b>	<b>14,1 %</b>



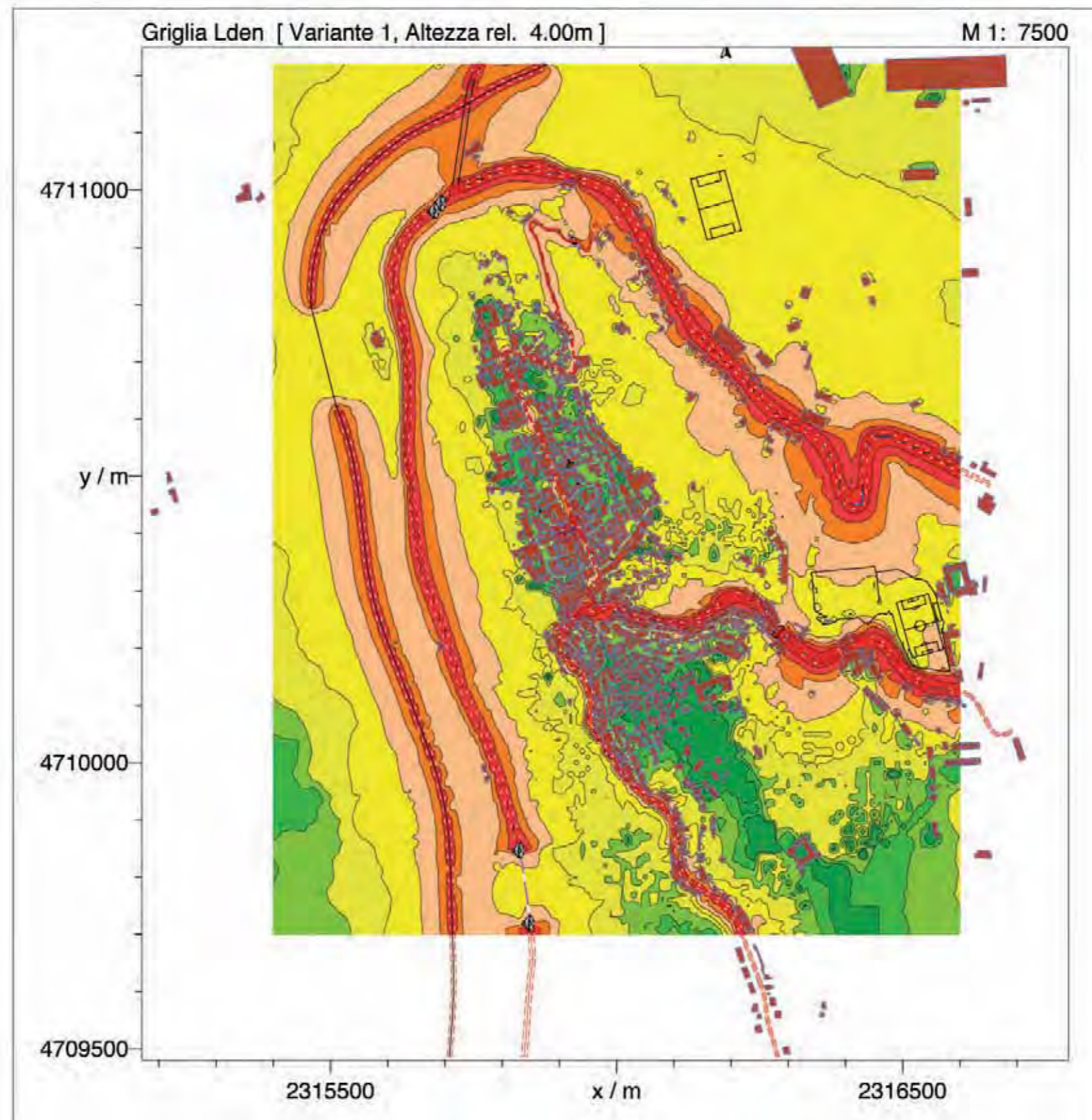
**Figura 2.6:** percentuale di popolazione esposta a  $L_{den}$



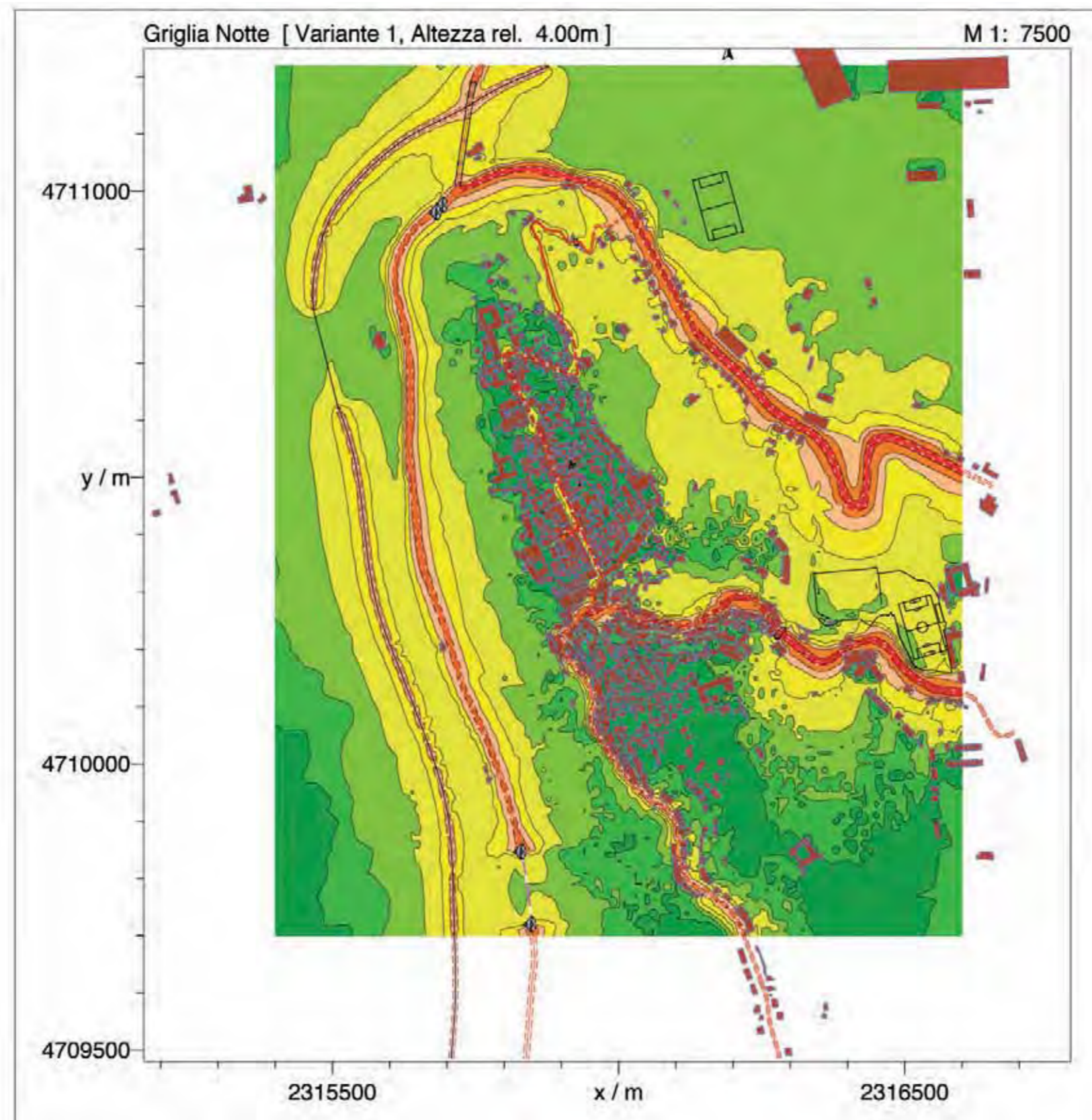
**Figura 2.7:** percentuale di popolazione esposta a  $L_{night}$

Si può osservare che rispetto alla popolazione studiata quella esposta a livelli sonori superiori alle soglie è circa in sesto del totale con un peggioramento nella fascia notturna.

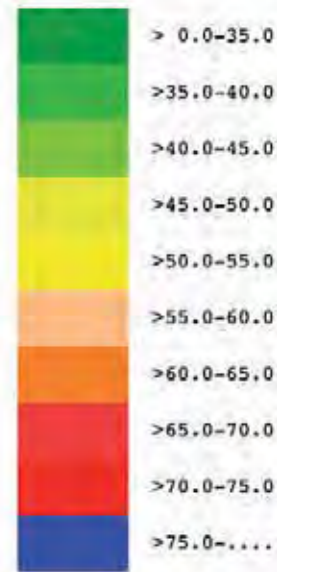
Nelle tavole allegate sono riportate le curve isolivello per  $L_{den}$  e  $L_{night}$  dell'area studiata.







Ln  
Livello  
dB(A)



Segni e simboli

- Asse strada
- Asse ferrovia
- Galleria
- Edifici





## 3 / Calcolo della popolazione esposta al rumore nel comune di Narni - Narni Scalo

### 3.1 Descrizione dell'area di studio

A Narni Scalo sono stati esaminati gli effetti concorsuali di infrastrutture stradali, ferroviarie e di stabilimenti industriali sul clima acustico di alcune sezioni catastali assunte come riferimento (figura 3.1). In primo luogo si è deciso di effettuare uno studio di un'area più vasta, costituita dall'insieme delle sezioni catastali 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 62 e 147. Su tali aree è stato valutato l'effetto contemporaneo delle infrastrutture SS 675 (Raccordo Terni-Orte), SS 3 Ter (Tiberina), SS 205 (Amerina), SP 20 (Capitonese), della linea ferroviaria Orte-Ancona Falconara e delle attività industriali SGL Carbon e Tarket-Sommer.

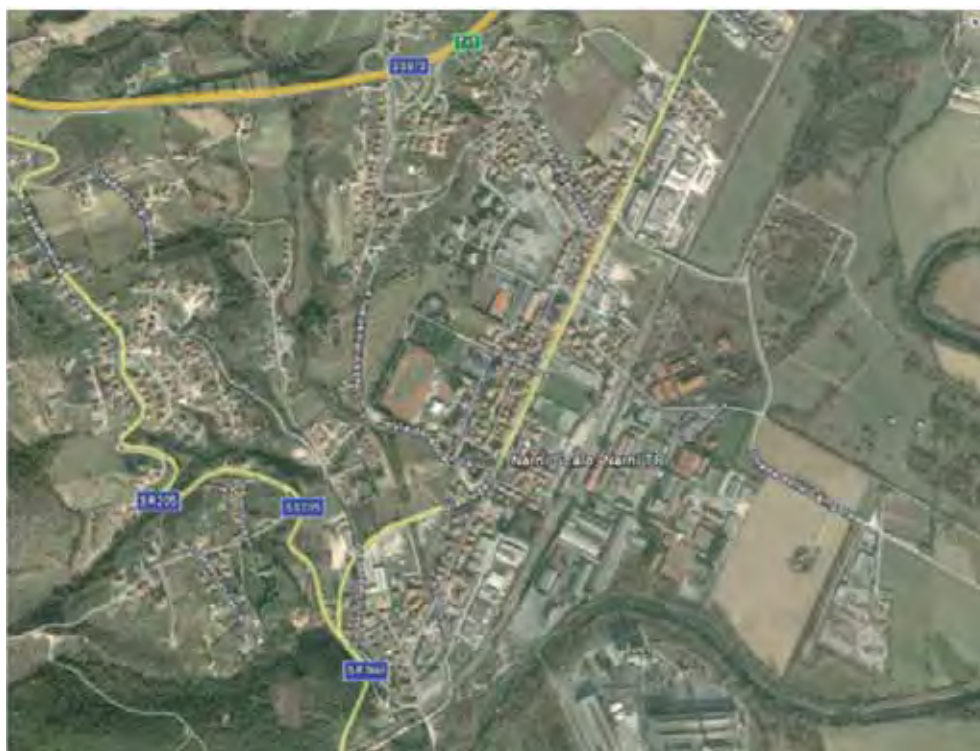


Figura 3.1: Inquadramento della zona di Narni Scalo

In secondo luogo è stato effettuato uno studio approfondito sulle sezioni 57 e 60 considerando come sorgenti, oltre alle precedenti, anche tre vie che si trovano nei pressi delle sezioni in esame (Via delle Rose, Via del Parco e Via della Libertà) (figura 3.2).



**Figura 3.2:** Inquadramento della zona di Narni Scalo oggetto di studio approfondito. Sono evidenziate Via delle Libertà (rosa) Via delle rose (giallo) Via del parco (rosso) e la SS 3Ter (blu).

I dati Istat impiegati per effettuare la distribuzione della popolazione negli edifici residenziali sono riportati in tabella 3.1.

**Tabella 3.1:** Dati impiegati per la distribuzione della popolazione

Sezione Catastale	Residenti	Area sottesa ad edifici residenziali (m <sup>2</sup> )	Superficie residenziale per abitante (m <sup>2</sup> /ab)
53	205	2.658	12,97
54	525	16.676	31,76
55	750	21.296	28,39
56	118	1.313	11,13
57	312	18.474	59,21
58	155	4.373	28,21
60	1050	27.522	26,21
62	437	14.021	32,08
147	15	503	33,56

La distribuzione della popolazione negli edifici residenziali è stata effettuata attraverso la procedura 3 descritta nella parte I. Data la complessità e il numero delle sorgenti analizzate, di seguito sono illustrate le caratteristiche che hanno determinato le emissioni dalle diverse sorgenti.

### 3.2 Infrastrutture stradali

Nel caso in questione sono stati messi a disposizione i dati relativi ai flussi stradali completi nelle 24 ore della SS 205, della SS 3 Ter e della SP 29 Capitonese, su tre ore della SS 675, mentre risultavano totalmente assenti i dati di traffico su via delle Rose, via del Parco e via della Libertà. A tale scopo sono state impiegate una serie di misure fonometriche eseguite in prossimità delle diverse infrastrutture. Operando in questo modo è stato possibile non solo completare i dati mancanti sui flussi di traffico, ma anche tarare il modello di calcolo. I dati dei flussi di traffico nelle vie interne esaminate, completi dei controlli di taratura eseguiti, sono sintetizzati nelle tabelle 3.2 e 3.3.

**Tabella 3.2** : Dati di traffico estrapolati per le vie esaminate

Automezzi leggeri			
Flussi orari in:	Day	Evening	Night
Via delle Libertà	36	15	3
Via del Parco	75	60	15
Via delle Rose	50	15	5
Automezzi pesanti			
Flussi orari in:	Day	Evening	Night
Via delle Libertà	3	0	0
Via del Parco	5	1	0,5
Via delle Rose	5	0,5	0,2

**Tabella 3.3**: Taratura del modello di calcolo

Livelli misurati:			
Via	Libertà	Parco	Rose
$L_d$	60,3	62,3	59,70
$L_e$	53,2	58,5	53,70
$L_n$	47,7	53,1	47,70
$L_{den}$	59,5	62,7	59,00
Livelli da simulazione:			
Via	Libertà	Parco	Rose
$L_d$	61,9	60,77	59,54
$L_e$	54,42	57,51	52,88
$L_n$	48,25	52,61	48,94
$L_{den}$	60,79	61,62	59,23
Differenza fra livelli simulati e misurati			
Via	Libertà	Parco	Rose
$DL_d$	1,6	-1,53	-0,16
$DL_e$	1,22	-0,99	-0,82
$DL_n$	0,55	-0,49	1,24
$DL_{den}$	1,29	-1,08	0,23

Le rilevazioni fonometriche considerate sono state eseguite in punti a bordo strada e a una sufficiente distanza da altre sorgenti, in modo che fosse possibile considerare ogni punto come taratura di una singola infrastruttura.

### 3.3 Infrastrutture ferroviarie

L'area oggetto di studio è attraversata marginalmente dalla linea ferroviaria Orte-Ancona-Falconara, tratto particolarmente importante sia per la mobilità regionale che per quella interregionale, sulla quale transita anche un buon numero di treni merci.

Da comunicazioni ricevute dal personale RFI (Rete Ferroviaria Italiana) è stato possibile risalire alle caratteristiche dei treni che transitano su tale linea:

- Treni passeggeri: Trazione elettrica e freni a disco;
- Treni merci: Trazione elettrica e freni "ferro-ferro".

Dalle informazioni contenute nel sito di RFI è stato possibile risalire al numero di treni passeggeri transitanti per la stazione di Narni Scalo, suddivisi per periodi *day*, *evening* e *night*. Tale controllo ha consentito di determinare e di distinguere gli Eurostar dagli altri treni più lenti; inoltre sono stati individuati anche i treni che si fermano presso tale stazione. Inoltre da RFI è stato fornito il numero totale dei transiti ferroviari e in questo modo è stato possibile determinare anche il numero dei passaggi dei treni merci.

In tabella 3.4 sono riportate in forma sintetica le informazioni riguardanti i transiti lungo la linea ferroviaria in questione, che sono state impiegate, poi, nella simulazione acustica.

Tabella 3.4 :Caratteristiche dei flussi ferroviari

Tipo treno	Fermata	Velocità (km/h)	Transiti nel periodo		
			Day	Evening	Night
Regionale FS	si	50	32	3	2
Regionale FS	no	100	1	1	0
Eurostar FS	no	120	10	2	0
Merci	no	120	21	3	1

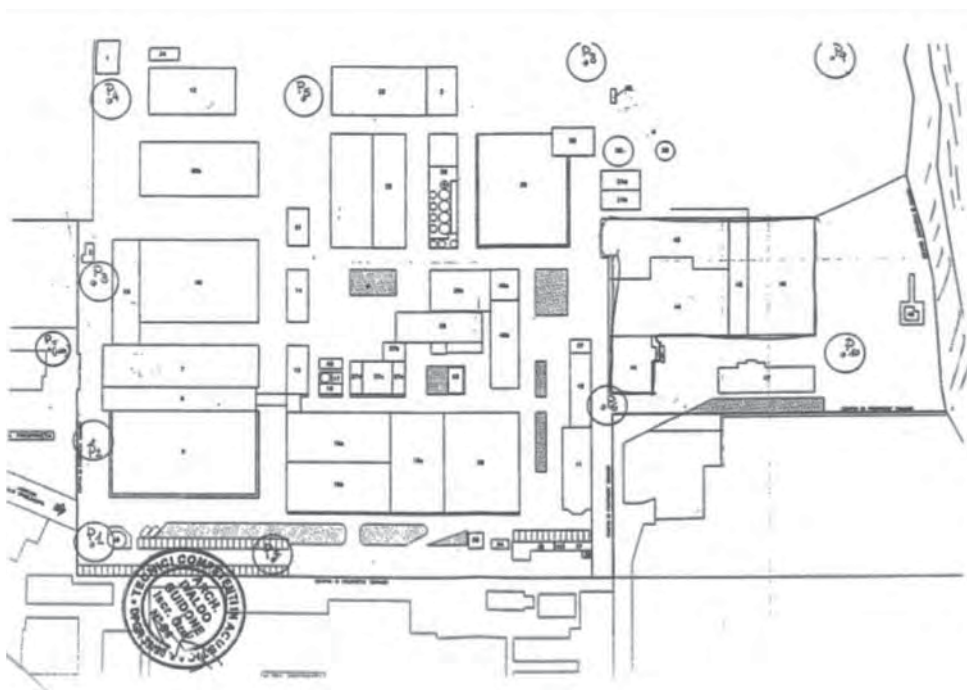
### 3.4 Sorgenti industriali

Nell'area oggetto di studio sono presenti due diverse attività industriali per le quali è stata effettuata l'attività di modellazione: la SGL Carbon e la Tarkett-Sommer. Data la diversa natura dei dati a disposizione, è stato necessario seguire due approcci diversi per la determinazione delle emissioni acustiche di tali stabilimenti. Per la SGL Carbon sono stati messi a disposizione i dati di

emissione in LAeq di alcuni degli edifici compresi al suo interno. Le pareti degli edifici di tali sorgenti sono state quindi considerate come sorgenti areali, ognuna avente le proprie caratteristiche di emissività ovvero:

- Livelli di potenza acustica (estrapolato da misure effettuate in prossimità dell'edificio emittente);
- Eventuale componente spettrale;
- Periodo di funzionamento.

Per gli stabilimenti Tarkett è stata necessaria una complessa fase di taratura, in quanto i dati già disponibili facevano riferimento a 10 differenti misure fonometriche eseguite in punti distribuiti lungo il perimetro dell'edificio. Per tale ragione sono variate le emissioni superficiali degli edifici compresi all'interno di tale stabilimento fino a trovare una congruenza accettabile con le misure fonometriche a disposizione. I risultati di tale processo di taratura sono riportati in tabella 3.5, mentre in figura 3.3 è riportata la posizione dei punti di taratura.



**Figura 3.3:** Punti impiegati per taratura all'interno dello stabilimento Tarkett

Tabella 3.5 :Taratura del modello di calcolo

Punto	Periodo	Leq(A) misurato	Leq(A) simulato	Differenza
P1	diurno	64,9	63,34	1,56
	notturno	56,5	58,01	-1,51
P2	diurno	61,1	61,07	0,03
	notturno	62,1	61,06	1,04
P3	diurno	77,3	76,74	0,56
	notturno	75,3	76,34	-1,04
P4	diurno	54,9	56,84	-1,94
	notturno	58,1	56,48	1,62
P5	diurno	58,7	57,48	1,22
	notturno	51,2	51,65	-0,45
P6	diurno	50,1	49,73	0,37
	notturno	49,1	48,81	0,29
P7	diurno	64,1	63,43	0,67
	notturno	64	62,36	1,64
P8	diurno	53,2	54,94	-1,74
	notturno	53,2	54,4	-1,2
P9	diurno	54,9	54,34	0,56
	notturno	53,9	53,37	0,53
P10	diurno	49,1	51,88	-2,78
	notturno	54,1	52,68	1,42

Come si può notare dalla tabella 3.5 le misure fonometriche sono state eseguite determinando il livello acustico equivalente sui periodi diurno (6-22) e notturno (22-6). L'operazione di taratura è stata effettuata su tali indicatori, mentre la simulazione vera e propria è stata eseguita nei periodi day, evening e night nel rispetto della normativa.

### 3.5 Calcolo e rappresentazione dei risultati

Lo studio dell'area in questione è stato eseguito su due livelli. In primo luogo si è effettuata una valutazione della popolazione esposta su un'area di studio più ampia, costituita dalle sezioni catastali 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 62 e 147. Nel determinare l'esposizione della popolazione si è tenuto conto contemporaneamente di tutte le sorgenti descritte in precedenza, ad eccezione di via della Libertà, via del Parco e via delle Rose. I risultati dello studio sono sintetizzati nelle tabelle 3.6 e 3.7.

**Tabella 3.6:** Popolazione esposta ad L<sub>den</sub> nella simulazione globale

<b>L<sub>den</sub> [dB(A)]</b>	<b>Residenti esposti</b>	<b>Pop.ne esposta ad L<sub>den</sub> (%)</b>
L <sub>den</sub> ≤55	226	6,3%
55 < L <sub>den</sub> ≤60	1511	42,3%
60 < L <sub>den</sub> ≤65	657	18,4%
65 < L <sub>den</sub> ≤70	300	8,4%
70 < L <sub>den</sub> ≤75	434	12,2%
L <sub>den</sub> >75	441	12,4%
<b>TOTALE</b>	<b>3569</b>	<b>100%</b>
<b>TOTALE L<sub>den</sub> &gt;65 dB(A)</b>		<b>(1175 res.) 32,9%</b>

**Tabella 3.7:** Popolazione esposta ad L<sub>n</sub> nella simulazione globale

<b>L<sub>n</sub> [dB(A)]</b>	<b>Residenti esposti</b>	<b>Pop.ne esposta ad L<sub>n</sub> (%)</b>
L <sub>n</sub> ≤45	58	1,6%
45 < L <sub>n</sub> ≤50	1409	39,5%
50 < L <sub>n</sub> ≤55	768	21,5%
55 < L <sub>n</sub> ≤60	376	10,5%
60 < L <sub>n</sub> ≤65	331	9,3%
65 < L <sub>n</sub> ≤70	474	13,3%
70 < L <sub>n</sub> ≤75	131	3,7%
L <sub>n</sub> >75	22	0,6%
<b>TOTALE</b>	<b>3569</b>	<b>100,0%</b>
<b>TOTALE L<sub>n</sub> &gt;55 dB(A)</b>		<b>(1334 res.) 37,4%</b>

In secondo luogo è stato eseguito uno studio di maggior dettaglio su un'area costituita dalle sezioni 57 e 60, considerando le vie precedentemente escluse ed eseguendo una taratura di maggior dettaglio sulle strade le cui emissioni sono state simulate con un modello matematico (tabelle 3.8 e 3.9).

**Tabella 3.8:** Popolazione esposta ad L<sub>den</sub> nella simulazione di dettaglio nelle sezioni 57 e 60

<b>L<sub>den</sub> [dB(A)]</b>	<b>Residenti esposti</b>	<b>Pop.ne esposta ad L<sub>den</sub> (%)</b>
L <sub>den</sub> ≤55	0	0,0%
55 < L <sub>den</sub> ≤60	414	30,4%
60 < L <sub>den</sub> ≤65	456	33,5%
65 < L <sub>den</sub> ≤70	218	16,0%
70 < L <sub>den</sub> ≤75	119	8,7%
L <sub>den</sub> >75	155	11,4%
<b>TOTALE</b>	<b>1362</b>	<b>100%</b>
<b>TOTALE L<sub>den</sub> &gt;65 dB(A)</b>		<b>(492 res.) 36,1%</b>

**Tabella 3.9:** Popolazione esposta ad  $L_n$  nella simulazione di dettaglio nelle sezioni 57 e 60

$L_n$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_n$ (%)
$L_n \leq 45$	0	0,0%
$45 < L_n \leq 50$	115	8,4%
$50 < L_n \leq 55$	607	44,6%
$55 < L_n \leq 60$	249	18,3%
$60 < L_n \leq 65$	140	10,3%
$65 < L_n \leq 70$	251	18,4%
$70 < L_n \leq 75$	0	0,0%
$L_n > 75$	0	0,0%
<b>TOTALE</b>	1362	100,0%
<b>TOTALE <math>L_n &gt; 55</math> dB(A)</b>		<b>(640 res.) 47,0%</b>

Come in alcuni studi precedenti appare evidente come la condizione notturna sia la più critica a causa della diminuzione del limite considerato (55 dB(A)). Nella simulazione di dettaglio riguardante le sezioni 57 e 60 la quota di popolazione esposta è decisamente maggiore rispetto a quanto osservato nella simulazione globale. La ragione di tal risultato deve essere ricondotta alla posizione centrale di tali sezioni (confinanti fra l'altro con la SS 3), e dall'aver tenuto in considerazione anche tre vie urbane, transitanti all'interno della sezione catastale 57. Nelle tavole allegate sono riportate le curve isolivello per  $L_{den}$  e  $L_{night}$  dell'area studiata.










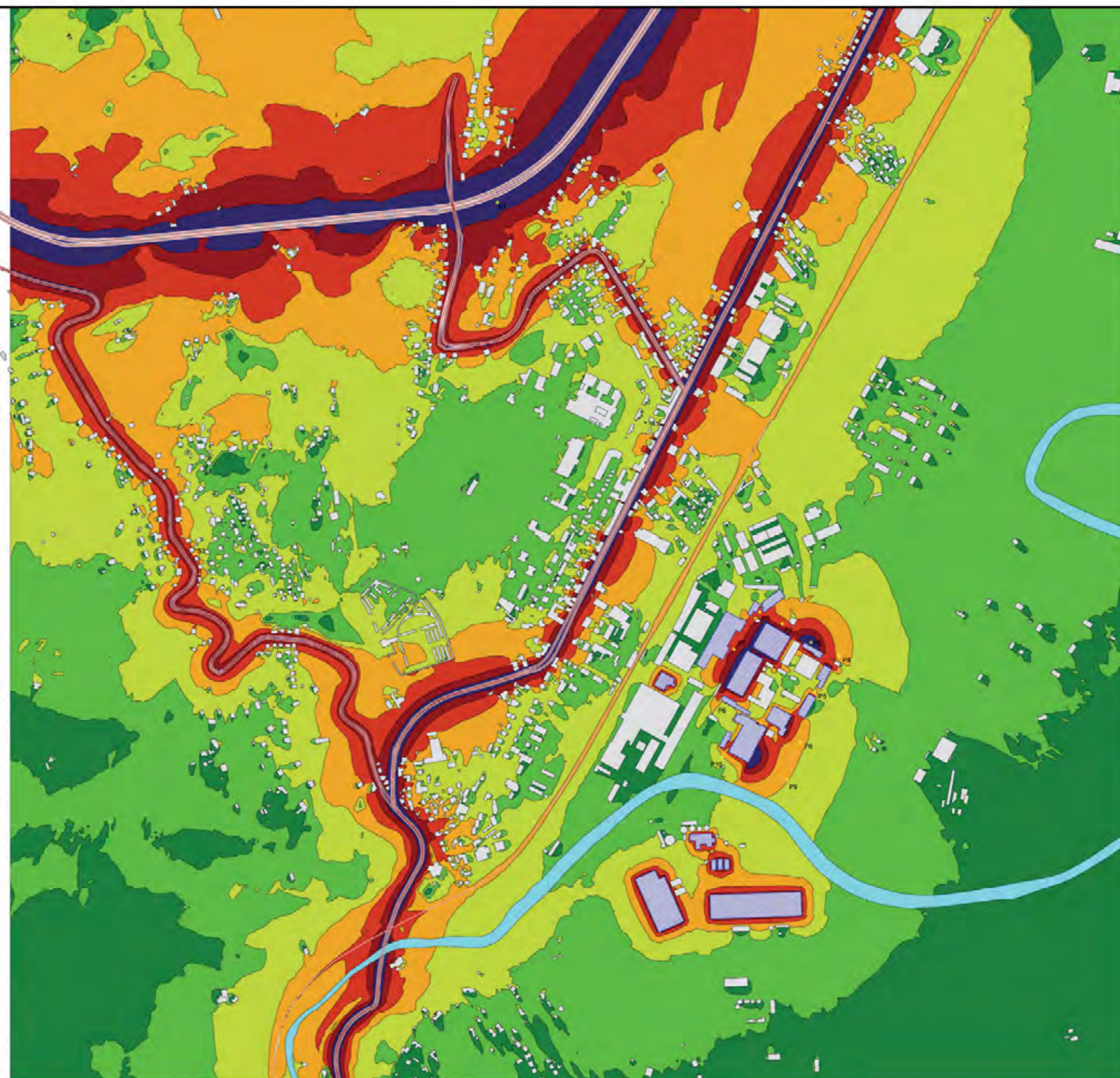
## Livello di rumore

Lden  
in dB(A)

	km <sup>2</sup>	Edifici	Abitanti
< 50	0,00	0	0
50 <=	1,93	62	226
55 <=	1,43	185	1.511
60 <=	0,91	105	657
65 <=	0,52	47	300
70 <=	0,28	74	434
75 <=	0,25	55	441

## Segni e simboli

-  Abitazioni
-  Edificio industriale
-  Asse strada
-  Linea emissione
-  Asse ferrovia
-  Fiume Nera
-  Punto di taratura











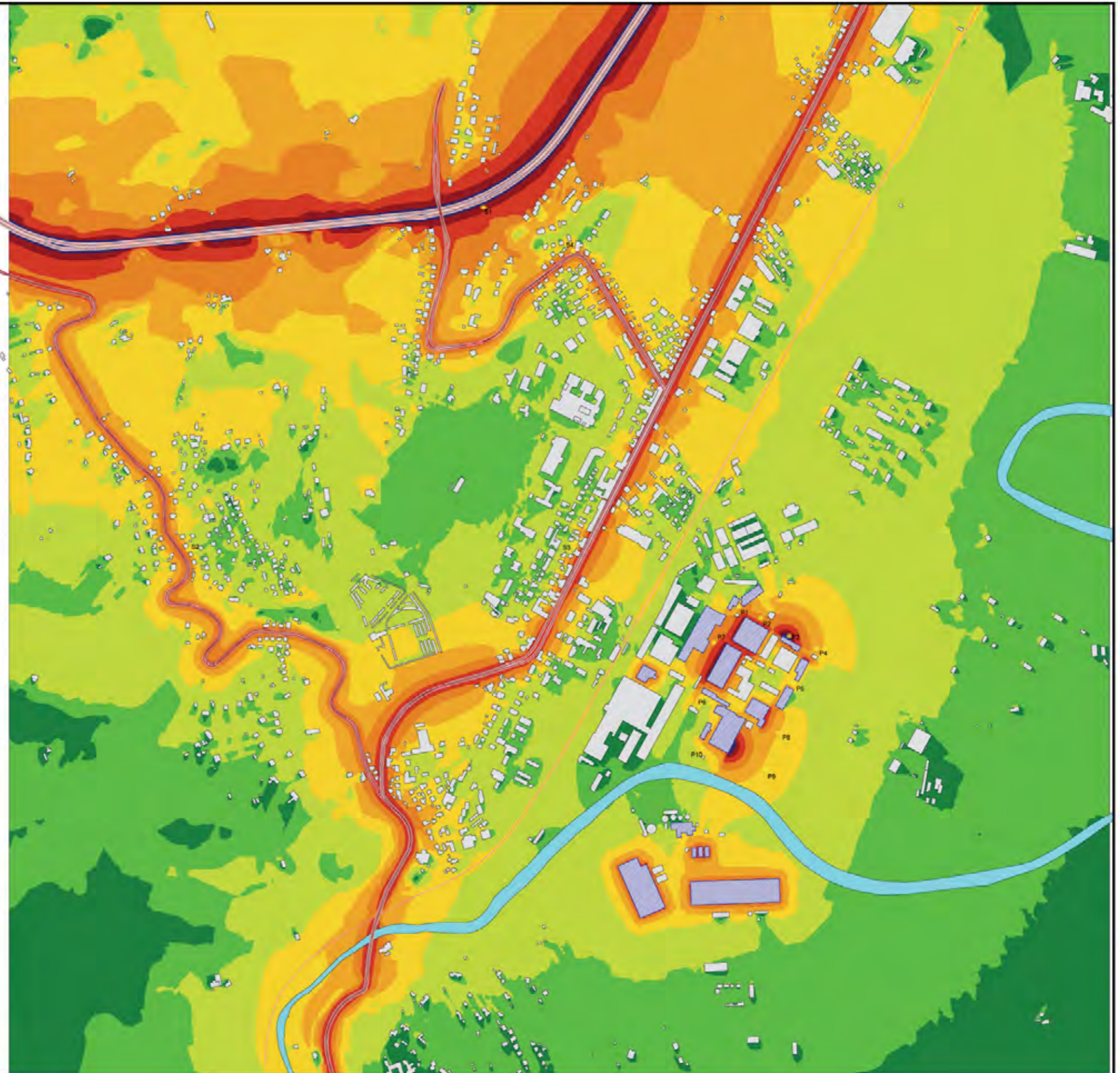
## Livello di rumore

Ln  
in dB(A)

	km <sup>2</sup>	Edifici	Abitanti	
< 40	0,00	0	0	
40 <=	< 45	1,59	17	58
45 <=	< 50	1,84	182	1.409
50 <=	< 55	1,04	127	768
55 <=	< 60	0,65	60	376
60 <=	< 65	0,35	58	331
65 <=	< 70	0,21	67	474
70 <=	< 75	0,09	16	131
75 <=	0,05	1	22	

## Segni e simboli

-  Asse strada
-  Linea emissione
-  Asse ferrovia
-  Abitazioni
-  Edificio industriale
-  Punto ricevitore





**TERNI**

**4 / Calcolo della popolazione esposta al rumore  
emesso dal polo chimico ternano**

**5 / Calcolo della popolazione esposta al rumore  
nelle aree limitrofe al polo siderurgico ternano**



## 4 / Calcolo della popolazione esposta al rumore emesso dal polo chimico ternano

### 4.1 Descrizione dell'area di studio

Lo studio si è posto come obiettivo la valutazione della popolazione esposta al rumore prodotto dall'area ternana denominata “Polo Chimico” (in giallo in figura 4.1), caratterizzata dalla presenza degli stabilimenti e delle aree di pertinenza del complesso industriale precedentemente di proprietà della Polymer, specializzata nella produzione di fibre plastiche. Attualmente all'interno del polo industriale sono presenti sei diverse aziende e un depuratore per le acque.

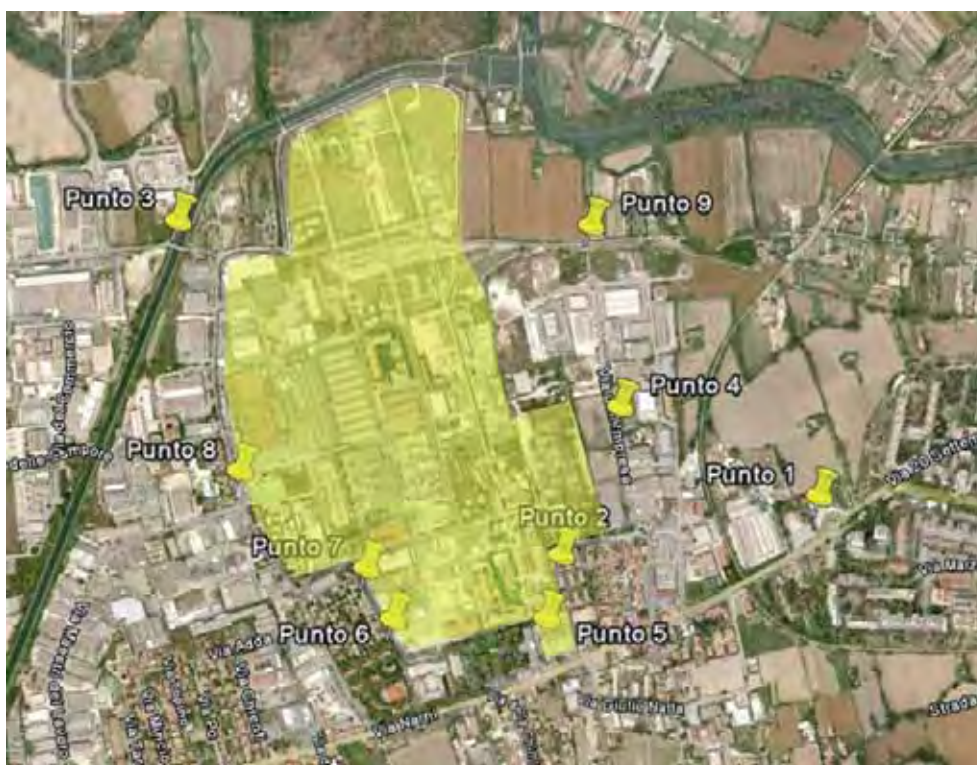


Figura 4.1: Panoramica dell'area di studio

Questo complesso è delimitato da quattro infrastrutture stradali, di seguito elencate in funzione del livello di emissione sonora (vedi figura 4.1):

- Via Narni a Sud;
- Strada di Sabbione a Ovest;
- Via dell'Impresa a Est;
- Strada di Santa Filomena a Nord

Le emissioni sonore delle prime tre, a causa degli elevati flussi di traffico, sovrappongono il rumore generato dallo stabilimento industriale, specialmente nelle aree

prospicienti la sede stradale; la quarta strada è invece caratterizzata da un flusso veicolare meno consistente.

Gli insediamenti abitativi maggiormente esposti sono il Villaggio Polymer e il Villaggio Campomaggio, rispettivamente a Sud-Ovest e Sud-Est, i quali ospitano complessivamente circa 1.000 residenti.

Il “Polo chimico” è delimitato da un muro in cemento di altezza di circa 3 metri che consente di ostacolare la propagazione sonora in direzione degli edifici a uso residenziale concentrati a sud dello stabilimento.

L'area di pertinenza degli stabilimenti industriali ricade in classe VI della vigente zonizzazione acustica del comune di Terni, attualmente in fase di aggiornamento (vedi figura 4.2).

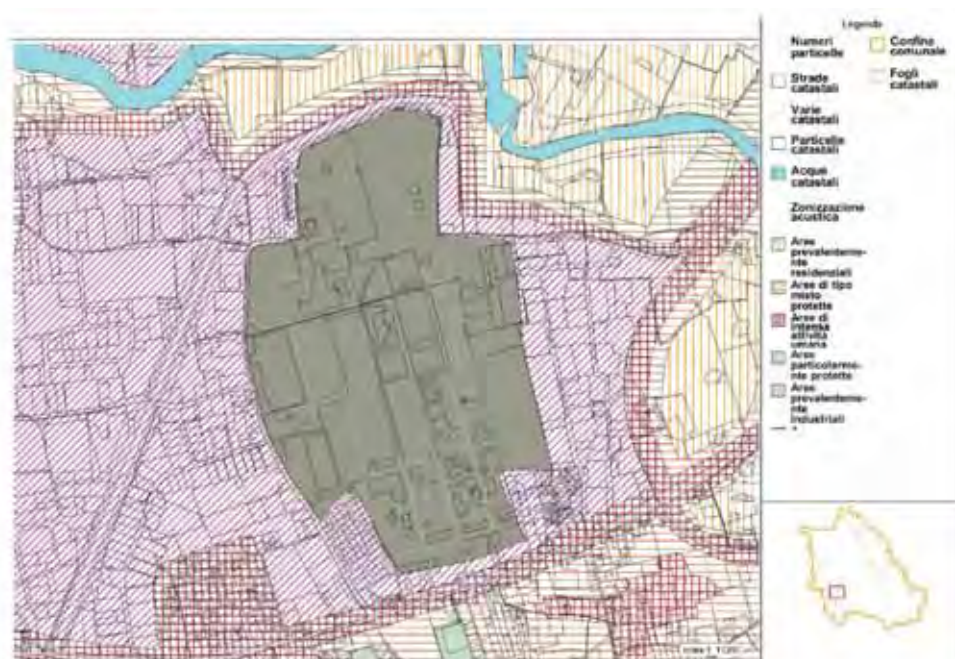


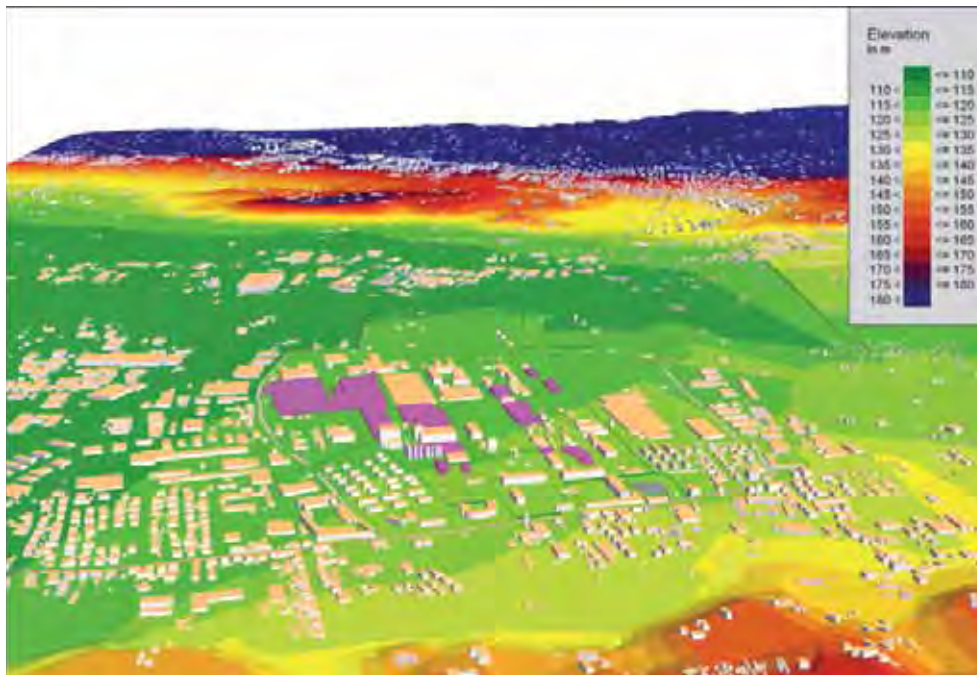
Figura 4.2: Zonizzazione vigente nell'area del "Polo Chimico".

In riferimento agli edifici erano disponibili in formato digitale esclusivamente le coordinate tridimensionali dei solai di copertura. Mediante l'estrusione di questi elementi sul Modello Digitale del Terreno creato (DGM) è stato possibile approssimare la struttura reale di ogni tipologia di fabbricato.

L'assenza di alcune sorgenti rilevanti nel materiale digitale disponibile, ha reso necessario l'aggiornamento dello stesso attraverso l'esecuzione di rilievi specifici e l'analisi di foto aeree aggiornate, realizzate nelle aree oggetto di studio.

Nell'eseguire tali operazioni sono state effettuate apposite procedure di georeferenziazione, in modo tale da poter considerare dati di diversa origine all'interno di un unico sistema tridimensionale di riferimento (vedi figura 4.3).





**Figura 4.3:** Vista tridimensionale del DGM; in rosa sono rappresentate le sorgenti di rumore industriali

Al fine della valutazione della popolazione esposta si è utilizzata la procedura 2 riportata nella parte I; si sono considerate tutte le sezioni di censimento aventi almeno un edificio a uso abitativo la cui facciata maggiormente esposta è risultata soggetta ad un livello acustico pari a 55 dB(A) in  $L_{den}$  o 45 dB(A) in  $L_n$ . In questo modo sono stati inseriti nel procedimento di calcolo i dati relativi a 31 sezioni di censimento (vedi tabella 4.1 e figura 4.4), per un totale di 7.635 residenti.

**Tabella 4.1:** Popolazione per sezione di censimento

Sezione	Popolazione	Sezione	Popolazione
263	85	719	47
265	36	720	39
266	974	721	25
267	582	722	30
270	254	723	24
271	311	724	30
272	26	725	45
273	507	726	58
705	336	727	43
708	697	728	46
710	14	729	26
713	834	758	153
714	393	761	256
715	105	776	776
717	240	850	349
718	294	<b>Totale</b>	<b>7635</b>



**Figura 4.4:** Inquadramento delle sezioni di censimento studiate; in verde l'area di calcolo, in blu le dimensioni in metri.

Vista la complessità delle sorgenti presenti, di seguito sono brevemente descritte le loro caratteristiche.

#### 4.2 Individuazione delle sorgenti di rumore

Al fine di valutare la fattibilità di una simulazione acustica priva di informazioni riguardanti le caratteristiche di emissione delle sorgenti industriali, sono state effettuate misure fonometriche al di fuori del confine del “Polo Chimico”: tale operazione ha reso necessaria l'individuazione delle altre fonti di rumore presenti nell'area in esame.

Tale approccio è giustificato in quanto i rilievi fonometrici forniscono una misura del rumore ambientale proveniente da più sorgenti; per valutare l'effetto del solo impianto industriale sono state stabilite le seguenti fasi del lavoro:

- individuazione delle sorgenti presenti nell'area circostante il “Polo Chimico”;
- valutazione della emissione di tali sorgenti mediante appositi rilievi fonometrici;
- taratura del modello di propagazione sonora sulla totalità delle misure fonometriche eseguite, considerando l'emissione sia degli impianti industriali oggetto di studio, sia delle altre sorgenti individuate nel punto 1;

- simulazione dell'emissione sonora dei soli impianti industriali presenti all'interno del "Polo Chimico";
- valutazione della popolazione esposta al solo rumore industriale.

Le sorgenti non industriali aventi un impatto sul clima acustico della zona sono rappresentate esclusivamente dalle quattro infrastrutture stradali precedentemente menzionate. Via Narni, la Strada di Sabbione e Via dell'Impresa, in particolare, hanno richiesto l'esecuzione di misure fonometriche ad hoc, in assenza dei dati relativi ai flussi di traffico.

Con riferimento alla figura 4.1, i punti nei quali sono stati eseguiti i rilievi acustici di taratura sono costituiti dai punti 1 (lungo Via Narni), 3 (Strada di Sabbione) e 4 (Via dell'Industria). La misura fonometrica eseguita nel punto 9 ha evidenziato lo scarso impatto dei volumi di traffico della Strada di Santa Filomena nel clima acustico dell'area, fenomeno particolarmente evidente nel periodo notturno.

Al fine di stimare le caratteristiche delle emissioni delle sorgenti industriali presenti all'interno dell'area in esame sono, stati realizzati altri cinque rilievi fonometrici giornalieri nei pressi del confine del "Polo Chimico".

I risultati di tale campagna di misure sono riportati in tabella 4.2.

**Tabella 4.2:** Risultati delle misure fonometriche. Valori espressi in dB(A) comprensivi delle eventuali correzioni da componenti impulsive.

Punto	L <sub>day</sub>	L <sub>evening</sub>	L <sub>night</sub>	L <sub>den</sub>
1	62,8	59,7	55,8	64,2
2	58,6	52,5	56,5	62,9
3	68,0	63,3	59,2	68,5
4	63,6	62,4	58,8	66,4
5	54,3	54,2	55,0	61,1
6	65,6	53,9	53,2	64,6
7	62,9	55,9	55,1	63,7
8	68,7	63,7	60,8	69,5
9	63,6	53,8	53,1	63,2

### 4.3 Valutazione dell'emissione del rumore industriale

Inizialmente è stata individuata e valutata l'emissività delle sorgenti di rumore presenti all'interno del "Polo Chimico". Al fine di avere a disposizione informazioni maggiormente complete ed esaustive, si sono eseguiti dei rilievi fonometrici nei punti 2, 5, 6, 7 e 8 (figura 4.1). Ovviamente da tali misure non è possibile scorporare direttamente il rumore di origine industriale da quello derivato da altre sorgenti impattanti, e quindi, è stato necessario eseguire alcune operazioni preliminari.

In primo luogo si sono valutate le emissioni delle infrastrutture stradali utilizzando i rilievi fonometrici eseguiti nei punti 1, 3 e 4 (per i quali l'unica sorgente impattante era la strada ad essi contigua). A tale scopo si sono eseguite una serie di simulazioni preliminari che hanno consentito la stima dei flussi di traffico presenti nelle infrastrutture stradali.

In secondo luogo si è effettuata la taratura delle emissioni degli impianti industriali, valutando separatamente ogni edificio definito come sorgente. Tale operazione è stata svolta attraverso ulteriori simulazioni preliminari, comprensive del rumore generato dalle infrastrutture stradali. Confrontando i risultati ottenuti con i valori di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  misurati nei rilievi fonometrici, è stato portato a termine il processo di taratura delle sorgenti industriali (tabella 4.3).

**Tabella 4.3:** Confronto fra le misure fonometriche eseguite ed i risultati ottenute dalla simulazione di taratura del modello

Punto	$L_{den}$		$L_{night}$	
	Misurato	Simulato	Misurato	Simulato
1	64,2	64,5	55,8	56,3
2	62,9	63,3	56,5	57,0
3	68,5	68,5	59,2	59,0
4	66,4	66,9	58,8	59,5
5	61,1	60,9	55,0	54,6
6	64,6	63,4	53,2	54,4
7	63,7	63,3	55,1	55,6
8	69,5	69,4	60,8	61,8
9	63,2	60,9	53,1	54,0

Al fine di ottenere una migliore completezza della simulazione si sono stimati anche gli effetti di un parcheggio di pertinenza del “Polo Chimico”, per il quale è stato eseguito un rilievo del flusso di traffico e dei posti disponibili; come modello di emissione acustica si è utilizzato il “Parkplatzärmstudie 1994”. Infine, allo scopo di procedere alla valutazione della popolazione esposta al solo rumore industriale, al termine delle precedenti operazioni di taratura, si è eseguita una nuova simulazione, dalla quale sono stati esclusi i contributi delle sorgenti stradali.

#### 4.4 Calcolo e rappresentazione dei risultati

In via cautelativa, tutti i soggetti residenti all'interno di ogni singolo edificio sono stati assegnati alla classe corrispondente a quella della facciata maggiormente esposta al rumore originato dalla sorgente industriale (vedi tabelle 4.4 e 4.5).

**Tabella 4.4:** Popolazione esposta a  $L_{den}$  originato dalla sorgente industriale

$L_{den}$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_{den}$ (%)
$L_{den} \leq 55$	4.679	61,3 %
$55 < L_{den} \leq 60$	2.105	27,6 %
$60 < L_{den} \leq 65$	758	9,9 %
$65 < L_{den} \leq 70$	57	0,7 %
$70 < L_{den} \leq 75$	20	0,3 %
$L_{den} > 75$	16	0,2 %
<b>TOTALE</b>	<b>7.635</b>	<b>100,0 %</b>
<b>TOTALE <math>L_{den} &gt; 65</math> dB(A)</b>	<b>93</b>	<b>1,2%</b>

**Tabella 4.5:** Popolazione esposta a  $L_{night}$  originato dalla sorgente industriale

$L_{night}$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_{night}$ (%)
$L_{night} \leq 45$	2.444	32,0 %
$45 < L_{night} \leq 50$	3.072	40,2 %
$50 < L_{night} \leq 55$	1.668	21,8 %
$55 < L_{night} \leq 60$	376	4,9 %
$60 < L_{night} \leq 65$	50	0,6 %
$65 < L_{night} \leq 70$	25	0,3 %
$L_{night} > 70$	0	0,0 %
<b>TOTALE</b>	<b>7.635</b>	<b>100,0%</b>
<b>TOTALE <math>L_{night} &gt; 55</math> dB(A)</b>	<b>451</b>	<b>5,9%</b>

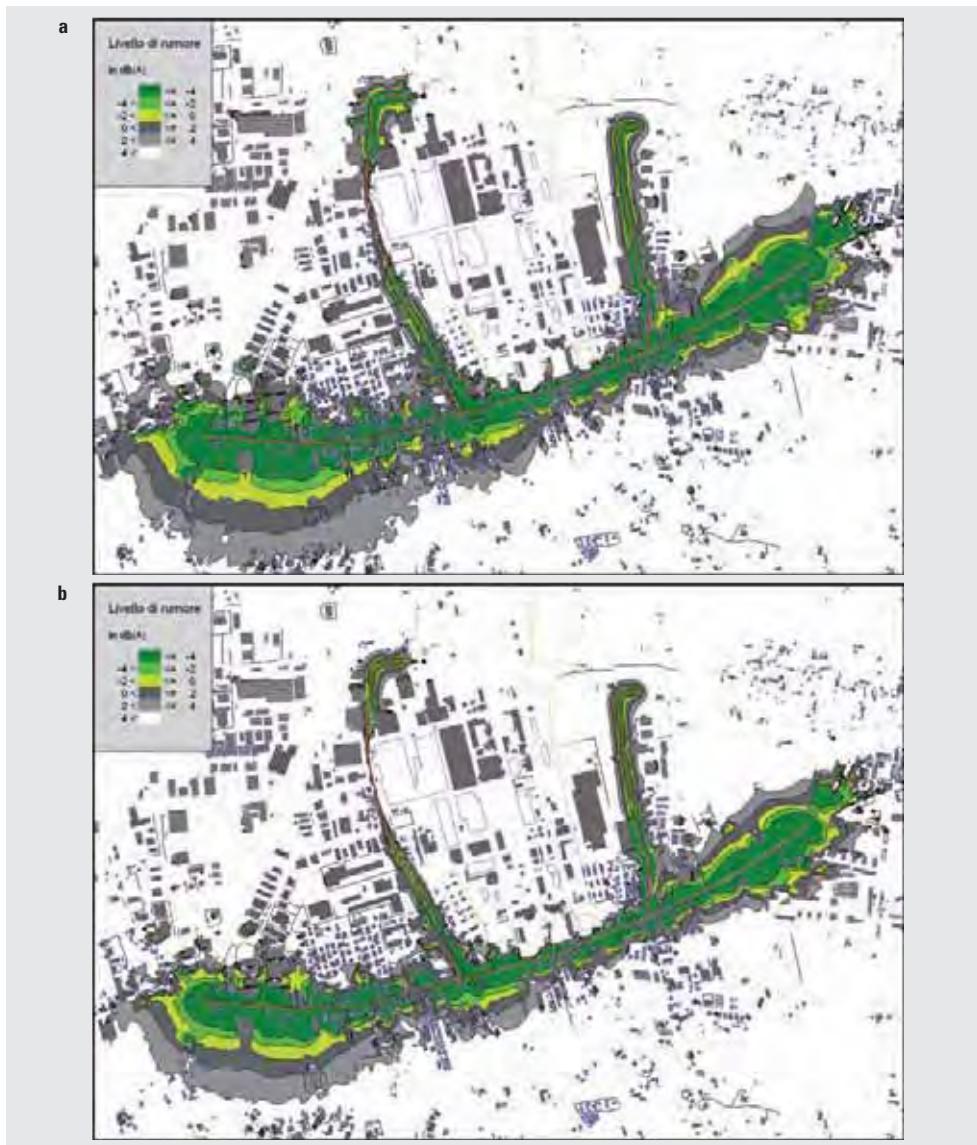
L'analisi degli spettri delle misure fonometriche eseguite evidenzia come il rumore di natura stradale, in particolare nel periodo day e nei punti più distanti dal "Polo Chimico", sia preponderante rispetto a quello generato dalle sorgenti industriali.

L'elevata estensione dell'area di studio fa sì che gran parte della popolazione analizzata si concentri nelle classi meno critiche; questo fenomeno è particolarmente evidente nel periodo *den* a causa dei limiti meno restrittivi. Analizzando le soglie 65 e 55 dB(A) rispettivamente per  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , individuate dall'Oms come le più rischiose per la salute umana, si può notare come circa 450 residenti, su un totale di 7.635 esposti (5,9%), siano soggetti a valori di  $L_{night}$  superiori a tali limiti.

La presenza all'interno del "Polo Chimico" di un gran numero di attività a ciclo continuo e la maggiore ristrettezza dei limiti nel periodo notturno, fanno sì che i valori più critici siano stati registrati per l'indicatore  $L_{night}$ .

#### 4.5 Confronto con le emissioni delle principali infrastrutture stradali presenti

Allo scopo di effettuare una migliore caratterizzazione del territorio, è stato eseguito un confronto dell’impatto della sorgente industriale rispetto a quello delle tre infrastrutture stradali maggiormente impattanti presenti nell’area di studio (vedi figure 4.5 a e b). A tale scopo è stata eseguita una sottrazione algebrica fra il risultato della simulazione eseguita con le sole sorgenti industriali e quella con le sole infrastrutture stradali. Con varie tonalità di verde sono rappresentate le zone nelle quali tale differenza è negativa, ovvero dove le emissioni sonore del flusso di traffico superano le rispettive del “Polo Chimico”; le aree dal nero al bianco evidenziano la condizione opposta.



**Figura 4.5:** Confronto fra le emissioni delle sorgenti industriali presenti all’interno del “Polo Chimico” e quelle delle principali infrastrutture stradali nei periodi den (a) e night (b).

L'analisi delle simulazioni eseguite evidenzia come le infrastrutture viarie costituiscono il maggior agente di impatto acustico nelle aree prospicienti i margini delle carreggiate. In prossimità dello stabilimento industriale, ed a grande distanza dalle due tipologie di sorgenti, è superiore l'effetto delle emissioni del "Polo Chimico".

Tale fenomeno può essere spiegato se si considera la maggiore altezza delle sorgenti industriali, che pertanto risultano essere più difficilmente schermabili a grandi distanze.

Dall'analisi dei valori di popolazione esposta nei periodi den e night (vedi tabelle 4.6 e 4.7) è evidente che se il "Polo Chimico" è responsabile di un maggior numero di residenti esposti, le condizioni più critiche sono causate dalle infrastrutture stradali. Questo fenomeno è spiegato dalla maggiore capacità di penetrazione nel territorio del rumore emesso dalle sorgenti industriali; tuttavia la maggior parte degli edifici residenziali sono collocati in prossimità della rete viaria considerata e di conseguenza sono interessati da livelli di rumore da traffico urbano particolarmente elevati.

Le condizioni più critiche di solito si osservano nel periodo notturno, a causa della maggiore ristrettezza dei limiti inferiori delle classi previste dalla D. Lgs. 194/05. Tuttavia occorre evidenziare che le emissioni stradali nel periodo night subiscono un calo consistente a causa dei ridotti volumi di traffico notturno, mentre quelle relative agli impianti industriali in esame si mantengono sui livelli del periodo diurno, a causa della presenza di un gran numero di attività a ciclo continuo. Per tale ragione il numero dei residenti esposti a rumore industriale nel periodo night è di molto superiore a quello relativo alle emissioni stradali (5.191 contro 2.553); queste ultime tuttavia restano le condizioni maggiormente critiche (912 esposti a  $L_{\text{night}} > 55$  dB(A) al rumore delle infrastrutture contro 451 del "Polo Chimico").

**Tabella 4.6:** Valori di popolazione esposta a  $L_{\text{den}}$  rumore del "Polo Chimico" e delle principali infrastrutture stradali presenti

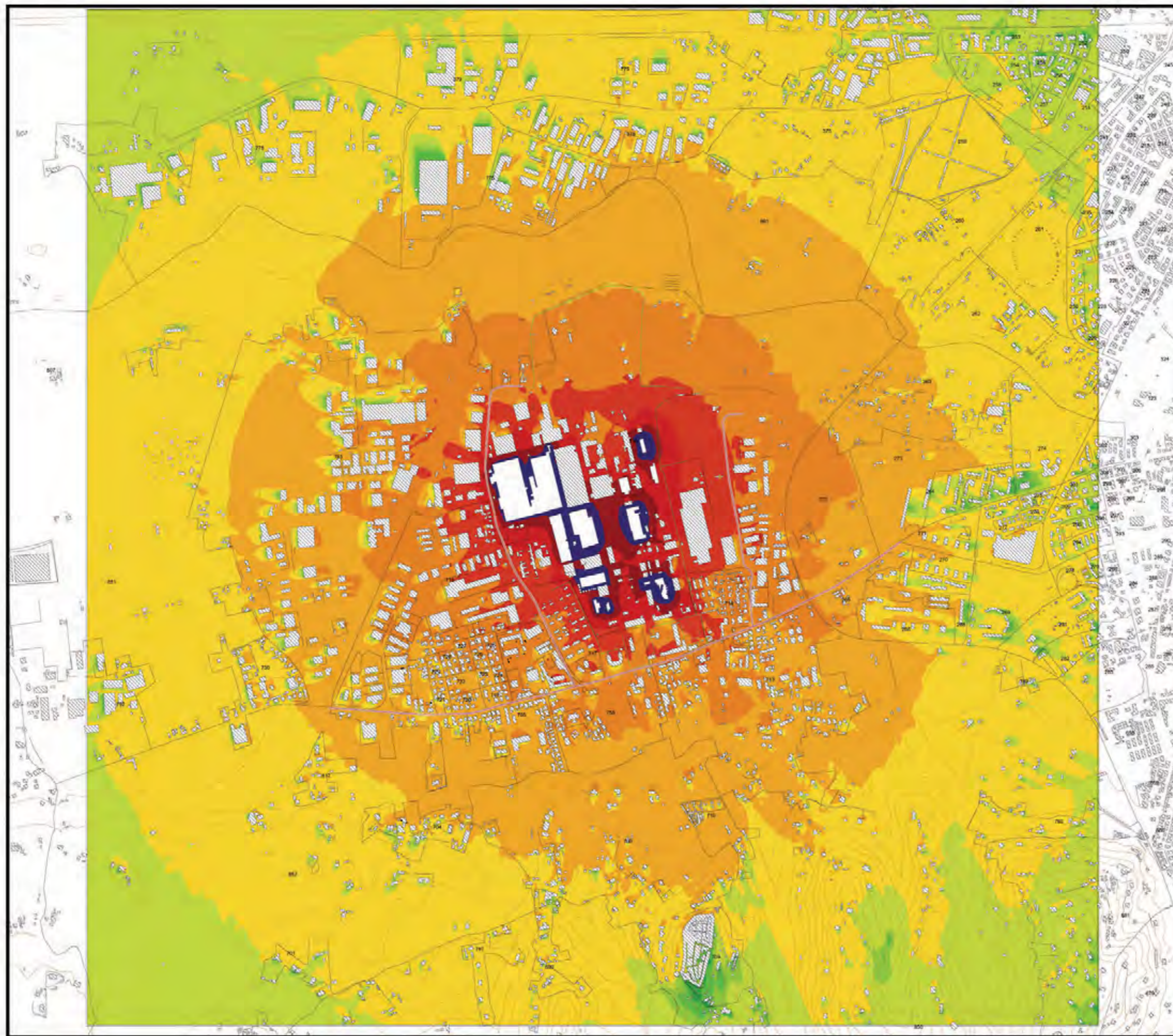
$L_{\text{den}}$ [dB(A)]	Residenti Esposti	
	Polo Chimico	Strade
$L_{\text{den}} \leq 55$	4.679	5.261
$55 < L_{\text{den}} \leq 60$	2.105	1.029
$60 < L_{\text{den}} \leq 65$	758	525
$65 < L_{\text{den}} \leq 70$	57	346
$70 < L_{\text{den}} \leq 75$	20	393
$L_{\text{den}} > 75$	16	81
<b>TOTALE</b>	<b>7.635</b>	<b>7.635</b>
<b>TOTALE <math>L_{\text{den}} &gt; 55</math> dB(A)</b>	<b>2.956 (38,7 %)</b>	<b>2.374 (31,1 %)</b>
<b>TOTALE <math>L_{\text{den}} &gt; 65</math> dB(A)</b>	<b>93 (1,2 %)</b>	<b>820 (10,7 %)</b>

**Tabella 4.7:** Valori di popolazione esposta a  $L_{night}$  rumore del "Polo Chimico" e delle principali infrastrutture stradali presenti

$L_{night}$ [dB(A)]	Residenti Esposti	
	Polo Chimico	Strade
$L_{night} \leq 45$	2.444	5.082
$45 < L_{night} \leq 50$	3.072	665
$50 < L_{night} \leq 55$	1.668	976
$55 < L_{night} \leq 60$	376	355
$60 < L_{night} \leq 65$	50	287
$65 < L_{night} \leq 70$	25	261
$L_{night} > 70$	0	9
<b>TOTALE <math>L_{night} &gt; 45</math> dB(A)</b>	<b>5.191 (68,0 %)</b>	<b>2.553 (33,4 %)</b>
<b>TOTALE <math>L_{night} &gt; 55</math> dB(A)</b>	<b>451 (5,9 %)</b>	<b>912 (11,9 %)</b>

Nelle tavole allegate sono riportate le curve isolivello per  $L_{den}$  e  $L_{night}$  dell'area studiata.



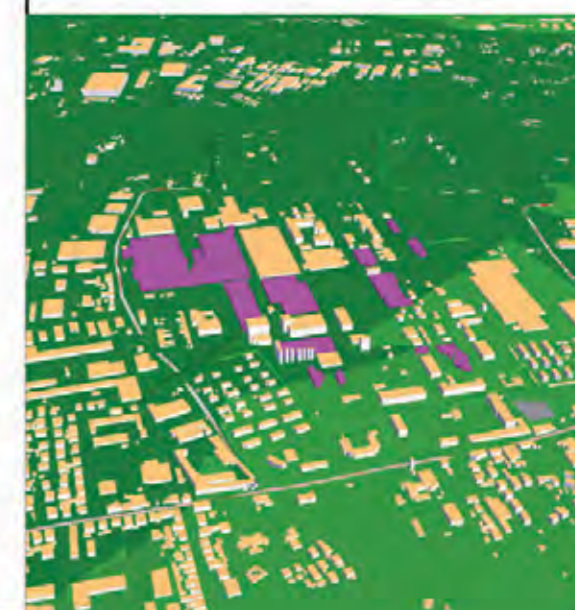


**Livello di rumore**  
Lden  
in dB(A)

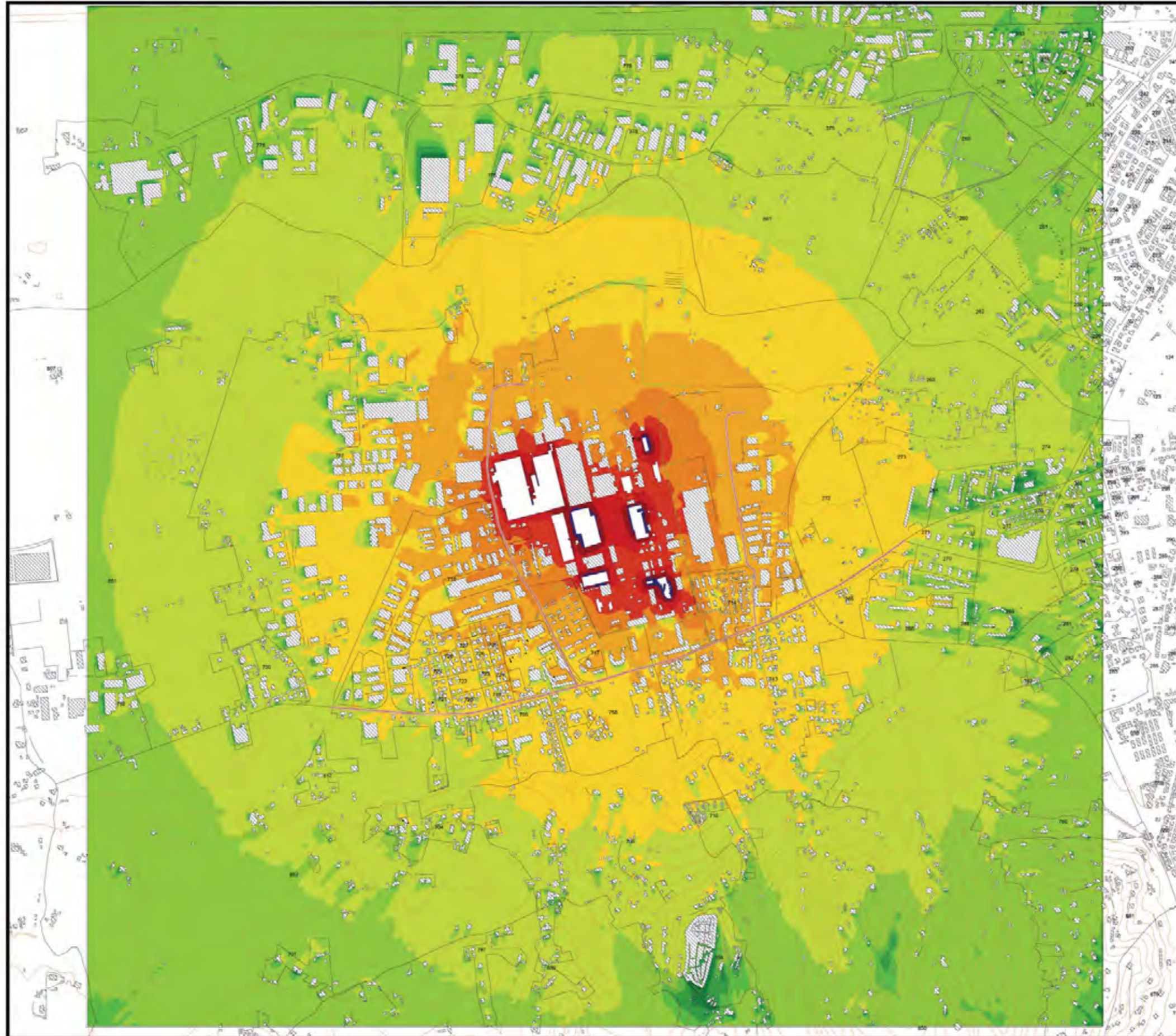
	km <sup>2</sup>	Edifici	Abitanti
< 25	0,000	0	0
25 <=	< 30	0,008	0
30 <=	< 35	0,059	2
35 <=	< 40	0,175	2
40 <=	< 45	2,303	15
45 <=	< 50	6,641	134
50 <=	< 55	3,386	414
55 <=	< 60	1,221	304
60 <=	< 65	0,383	98
65 <=	< 70	0,151	11
70 <=	< 75	0,099	2
75 <=	0,100	1	16

**Segni e simboli**

- Linea
- Asse strada
- Linea emissione
- Sezioni di censimento
- Punto
- Parcheggio
- Barr.
- Edificio industriale
- Area calcolo rumore
- Linea elevazione
- Sorgente areale





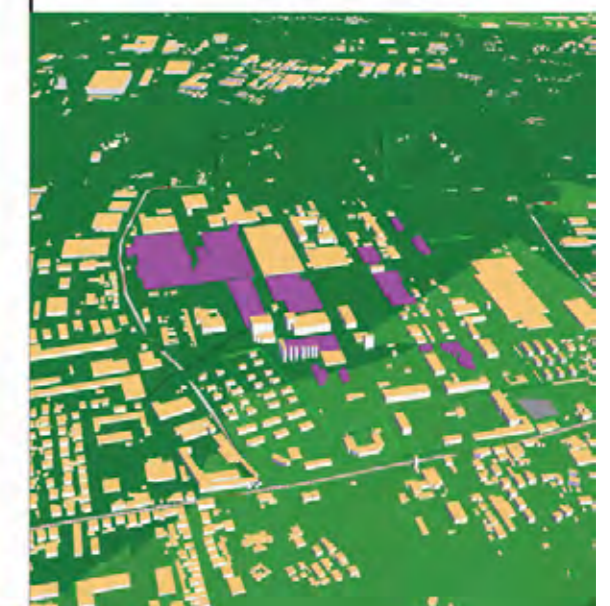


Livello di rumore  
Ln  
in dB(A)

	km <sup>2</sup>	Edifici	Abitanti	
< 25	0,00	0	0	
25 <=	< 30	0,08	2	1
30 <=	< 35	0,29	6	6
35 <=	< 40	4,47	27	61
40 <=	< 45	5,76	237	2.058
45 <=	< 50	2,53	444	3.072
50 <=	< 55	0,84	212	1.668
55 <=	< 60	0,23	44	376
60 <=	< 65	0,14	9	50
65 <=	< 70	0,08	2	25
70 <=	< 75	0,05	0	0
75 <=		0,02	0	0

**Segni e simboli**

- Linea
- Asse strada
- Linea emissione
- Sezioni di censimento
- Punto
- Parcheggio
- Barr.
- Edificio industriale
- Area calcolo rumore
- Linea elevazione
- Sorgente areale





## 5 / Calcolo della popolazione esposta al rumore nelle aree limitrofe al polo siderurgico ternano

### 5.1 Descrizione dell'area di studio

Il presente studio è tratto dal progetto: “Valutazione del clima acustico nelle aree limitrofe al polo siderurgico ternano mediante rilevazioni fonometriche in campo e mappe acustiche” svolto con “Bando assegni di ricerca finalizzato al potenziamento dell'attività di ricerca e di trasferimento tecnologico nelle imprese, nelle università e negli istituti, agenzie e centri di ricerca pubblici e privati” - POR FSE 2007-2013 Asse II “Occupabilità”, Obiettivo specifico “e” - Asse IV “Capitale Umano”, Obiettivo specifico “l, Risorse CIPE – Delibera n. 3 del 22 marzo 2006.

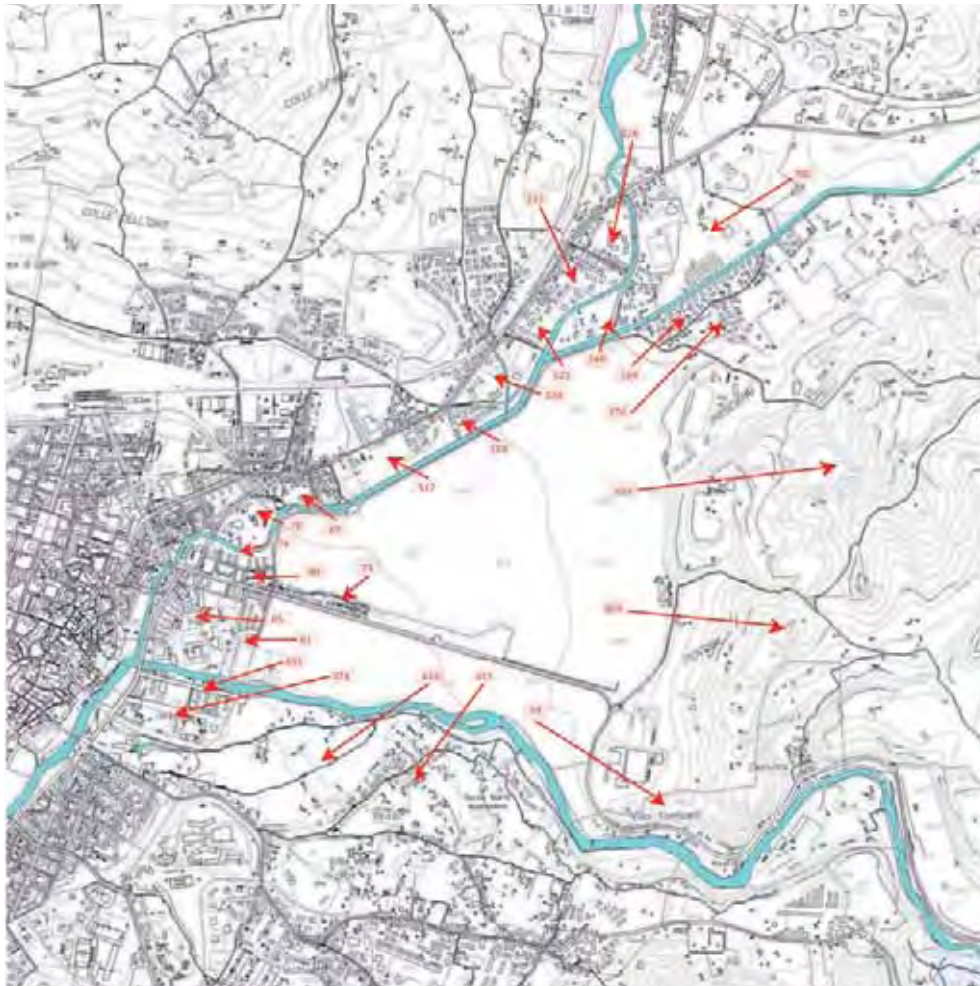
Terni si trova al margine orientale della conca ternana su una valle circondata da colline, alla confluenza del torrente Serra col fiume Nera. Il territorio del comune risulta compreso tra 102 e 1120 m s.l.m.

La zona oggetto di studio, quella prevista dal progetto, cioè l'area limitrofa al polo siderurgico ternano, è situata a est della città e dal punto di vista morfologico varia tra 120 e 320 m s.l.m., con un'escursione di 200 m. e comprende sezioni del censimento Istat 2001 confinanti con il perimetro delle acciaierie (figura 5.1).

Le principali sorgenti di inquinamento acustico individuate sono:

- il polo siderurgico stesso;
- le infrastrutture stradali ad esso limitrofe:
  - Viale Brin strada SR 209 che lo attraversa l'area stessa
  - Via Stefano Breda a Nord-NordEst
  - Viale Centurini a SudOvest
  - Strada della Romita a Nord-NordOvest.

Per caratterizzare il rumore emesso dal polo siderurgico sono state effettuate rilevazioni fonometriche in continuo, in punti distribuiti internamente al perimetro che lo delimita, grazie alla collaborazione della ditta Thyssen Krupp. Inizialmente si era pensato di trattare il sito industriale come un'unica sorgente superficiale direzionale, ma data l'estensione e l'estrema complessità dell'area, ciò è risultato infattibile. Non conoscendo direttamente le caratteristiche di emissione (componenti spettrali ecc.) di ciascun edificio industriale, sono stati considerati solo quelli sul limite esterno del perimetro suddetto. Le informazioni derivanti dalle misure fonometriche eseguite sono così state impiegate per



**Figura 5.1:** Sezioni di censimento considerate per il calcolo della popolazione esposta al rumore

la taratura delle emissioni superficiali degli stabilimenti stessi.

Per la caratterizzazione del rumore emesso dalle infrastrutture stradali, non avendo a disposizione informazioni sui flussi di traffico, sono state utilizzate le misure di rumore effettuate con monitoraggi acustici settimanali in continuo in 5 punti scelti:

- due monitoraggi lungo Viale Brin (posti rispettivamente ad est e ad ovest dell'ingresso delle acciaierie atti a caratterizzare l'infrastruttura in tratti omogenei);
- un monitoraggio lungo Via Stefano Breda;
- un monitoraggio lungo Viale Centurini;
- un monitoraggio lungo Strada della Romita

I sopralluoghi effettuati hanno inoltre consentito di individuare i ricettori potenzialmente esposti al rumore. Nello specifico sono stati identificati 15 punti rappresentativi dove eseguire le rilevazioni strumentali atte a valutare il clima

acustico presente. I valori di tali misurazioni, monitoraggi acustici in continuo per 24 ore, sono poi stati usati per il controllo della taratura del modello.

Per il calcolo degli effetti delle sorgenti sonore sono stati considerati i seguenti modelli di propagazione: (direttiva europea 2002/49/CE):

- rumore stradale: NMPB-Routes-96;
- rumore industriale: ISO 9613-2: 1996.

## 5.2 Calcolo e rappresentazione dei risultati

La calibrazione del modello è stata effettuata in corrispondenza di punti coincidenti con le postazioni di misura, presso le quali sono state eseguite le rilevazioni strumentali. Tali punti sono stati posizionati sfruttando la conoscenza delle loro coordinate cartografiche Gauss Boaga e impostando una quota relativa come permette di fare il software utilizzato.

L'estrema complicazione e varietà dell'area considerata ha comportato difficoltà nella calibrazione delle sorgenti industriali e così non è stato possibile ottenere una buona rispondenza fra i livelli acustici misurati e quelli stimati ottenuti dalla simulazione, quindi i valori ottenuti dalla simulazione sono solo indicativi dell'andamento dei livelli di rumore della zona. In tabella 5.1 si riporta la differenza tra i valori misurati e stimati dei punti interni al perimetro delle acciaierie.

**Tabella 5.1:** Differenza tra i valori misurati e stimati dal software, riguardo ai punti interni alla Acciaierie

Differenza tra i valori misurati e stimati			Differenza tra i valori misurati e stimati		
Punto	L <sub>night</sub> [dBA]	L <sub>den</sub> [dBA]	Punto	L <sub>night</sub> [dBA]	L <sub>den</sub> [dBA]
P 01a	2,6	2,6	P 10a	4,2	1,6
P 02a	2,4	2,5	P 11a	1,2	1,7
P 03a	-3,7	-1,6	P 12a	3,5	2,5
P 04a	2,2	2,3	P 13a	2,8	1,4
P 05a	1,2	1,7	P 14a	1,5	1,1
P 06a	1,8	1,7	P 15a	2,3	2,0
P 07a	0,1	0,1	P 16a	4,0	2,5
P 08a	0,8	0,9	P 17a	3,5	3,0
P 09a	0,5	0,3	P 18a	1,0	1,0

Si è poi proceduto alla stima della qualità della calibrazione mediante il confronto tra i valori misurati e i livelli stimati dal software di simulazione; tale generazione è stato, effettuato, su 20 punti, dei quali 15 coincidenti con le posizioni di misura presso i ricettori e 5 con quelli nei quali erano state effettuate le rilevazioni strumentali per le infrastrutture stradali (punti da 16 a 20), tabella 5.2 e figura 5.2.

**Tabella 5.2.** Confronto tra livelli misurati e livelli stimati dal software

	$L_{\text{night}}$ [dBA]		$L_{\text{den}}$ [dBA]	
	misurato	stimato	misurato	stimato
Punto 01 - P_01	53,5	53,3	59,9	60,0
Punto 02 - P_02	57,5	55,6	63,8	62,3
Punto 03 - P_03	55,8	57,4	62,2	63,7
Punto 04 - P_04	52,0	50,1	58,6	56,8
Punto 05 - P_05	58,4	59,1	66,3	66,8
Punto 06 - P_06	57,9	54,0	65,4	61,5
Punto 07 - P_07	53,0	54,8	61,0	61,8
Punto 08 - P_08	56,4	55,6	64,1	63,3
Punto 09 - P_09	62,2	60,8	70,5	69,4
Punto 10 - P_10	61,2	58,9	67,7	65,6
Punto 11 - P_11	63,6	62,6	70,4	69,3
Punto 12 - P_12	57,4	58,6	64,1	65,2
Punto 13 - P_13	60,5	58,8	66,8	65,1
Punto 14 - P_14	59,1	56,0	65,7	63,6
Punto 15 - P_15	56,2	55,4	64,8	62,9
Punto 16 - P01st	68,9	69,0	76,1	76,1
Punto 17 - P02st	69,0	67,8	76,3	75,5
Punto 18 - P03st	67,0	66,8	74,5	74,4
Punto 19 - P04st	65,7	65,5	73,0	72,5
Punto 20 - P05st	61,1	60,6	68,1	67,8





Figura 5.2 Punti di taratura del modello

In riferimento ai descrittori  $L_n$  ed  $L_{den}$ , dal confronto fra i valori misurati e stimati, si osserva che il punto 3 risulta sovrastimato e ciò è da imputare al terreno molto sconnesso dato che esso ricade nella stessa zona dei punti 1 e 2 che sono invece, rispettivamente, il primo in linea e il secondo inferiore al valore misurato. I punti ricettore 6 e 14 risultano essere quelli con scostamenti più significativi; essi appartengono alla stessa zona e la loro sottostima potrebbe essere imputata, oltre che ad una difficoltà nella modellazione, anche al fatto che essi appartiene a un'area in cui confluiscono strade non considerate nello studio.

Per il calcolo della popolazione esposta, secondo il metodo 2 descritto nella parte I, sono stati ricostruiti, sulla cartografia caricata nel software di simulazione acustica usato, i confini delle Sezioni di Censimento 2001 limitrofe al polo siderurgico ternano, così come mostrate dalla Cartografia Comunale (figura 5.1). Avendo poi reperito direttamente dal Comune di Terni i dati socio-demografici della popolazione residente, derivanti dal censimento Istat 2001 (tabella 5.3), per ogni sezione di censimento considerata si è calcolato un indice medio di superficie residenziale per abitante (in  $m^2/ab$ ) ricavato in funzione della distribuzione volumetrica degli abitanti all'interno degli edifici a uso residenziale; tale dato, è stato impiegato per distribuire la popolazione all'interno del software di

simulazione acustica e sempre tramite il software sono state realizzate le mappe acustiche dei livelli di facciata degli edifici,  $L_{den}$ ,  $L_{night}$ .

Ciò ha portato a ottenere, per ogni sezione di censimento il numero di persone esposte a livelli di rumorosità divisa in intervalli di 5 dB, calcolato secondo due metodi:

- Metodo END - la facciata più esposta è decisiva;
- Metodo VBEB - abitanti assegnati proporzionalmente alle facciate.

I dati sono quindi stati elaborati tramite foglio di calcolo excel ed è stata valutata la quota/percentuale di popolazione esposta ai vari livelli di rumorosità, i risultati sono riportati nelle tabelle 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 e mostrate nelle figure 5.3 e 5.4.

Per le sezioni inerenti l'area di studio, sempre tramite il software di simulazione acustica, sono state elaborate le Mappe acustiche isolivello; negli allegati sono mostrate quelle relative al periodo notturno e al parametro  $L_{den}$ .

**Tabella 5.3** Popolazione residente per sezione di censimento considerata

Sezione	Residenti secondo Cens. 2001	Sezione	Residenti secondo Cens. 2001
69	451	521	382
70	17	525	549
73	300	526	349
74	136	568	120
76	139	569	184
80	105	570	253
81	282	615	0
85	66	616	185
374	755	785	41
517	251	839	28
518	215	855	457
520	278	859	54
<b>Totale</b>		<b>5597</b>	

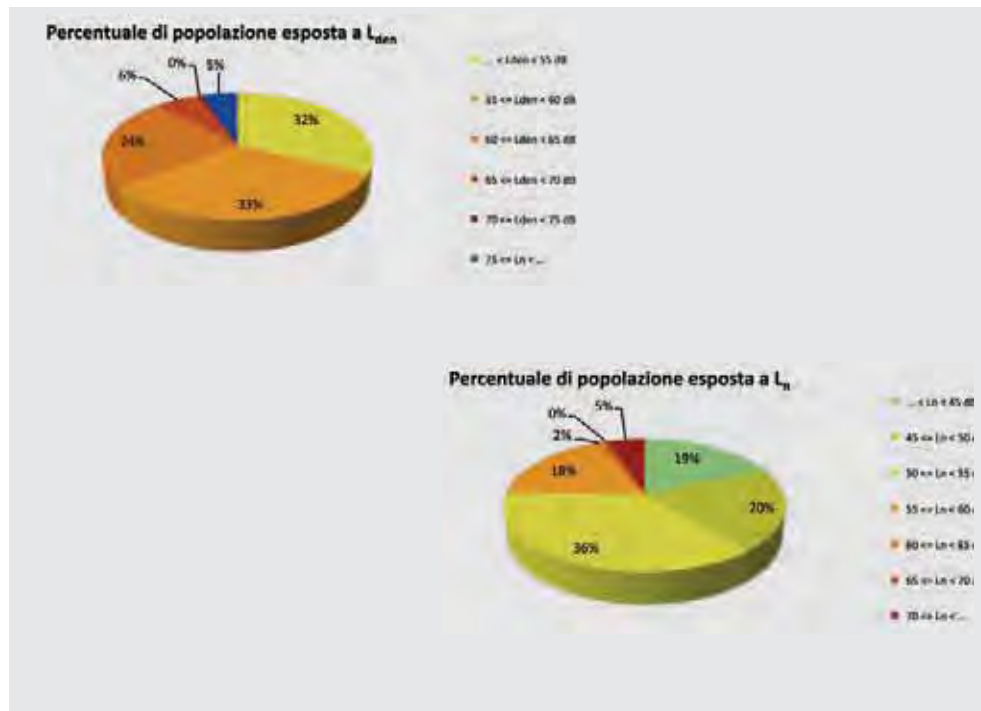


Figura 5.3 Percentuale di popolazione esposta a  $L_{den}$  e  $L_{night}$

Tabella 5.4 Percentuale di popolazione esposta ai diversi livelli di  $L_{den}$  calcolata secondo il metodo END

$L_{den}$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_{den}$ (%)
$L_{den} \leq 55$	1.790	32,0
$55 < L_{den} \leq 60$	1.826	32,6
$60 < L_{den} \leq 65$	1.311	23,4
$65 < L_{den} \leq 70$	355	6,3
$70 < L_{den} \leq 75$	18	0,3
$L_{den} > 75$	297	5,3
<b>TOTALE</b>	<b>5.597</b>	<b>100,0</b>
<b>TOTALE <math>L_{den} &gt; 65</math> dB(A)</b>		<b>(670 resid.) 12,0%</b>

Tabella 5.5 Percentuale di popolazione esposta ai diversi livelli di  $L_n$  calcolata secondo il metodo END

$L_{night}$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_{night}$ (%)
$L_{night} \leq 45$	1.034	18,5
$45 < L_{night} \leq 50$	1.141	20,4
$50 < L_{night} \leq 55$	2.029	36,3
$55 < L_{night} \leq 60$	987	17,6
$60 < L_{night} \leq 65$	105	1,9
$65 < L_{night} \leq 70$	9	0,2
$L_{night} > 70$	292	5,2
<b>TOTALE</b>	<b>5.597</b>	<b>100,0</b>
<b>TOTALE <math>L_{night} &gt; 55</math> dB(A)</b>		<b>(1.393 resid.) 24,9%</b>

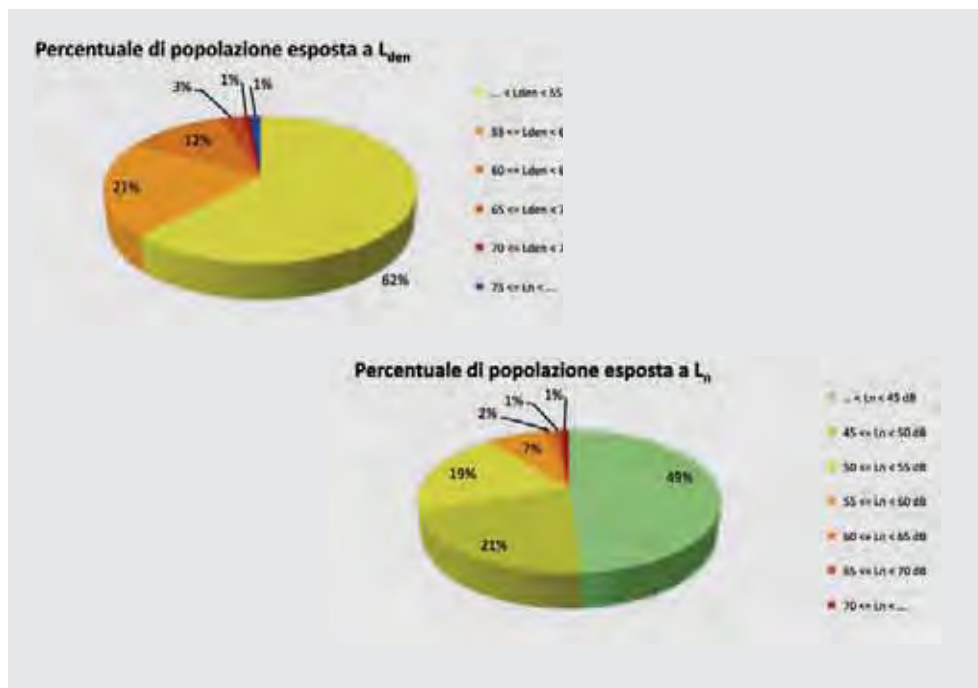


Figura 5.4 Percentuale di popolazione esposta a  $L_{den}$  e  $L_n$

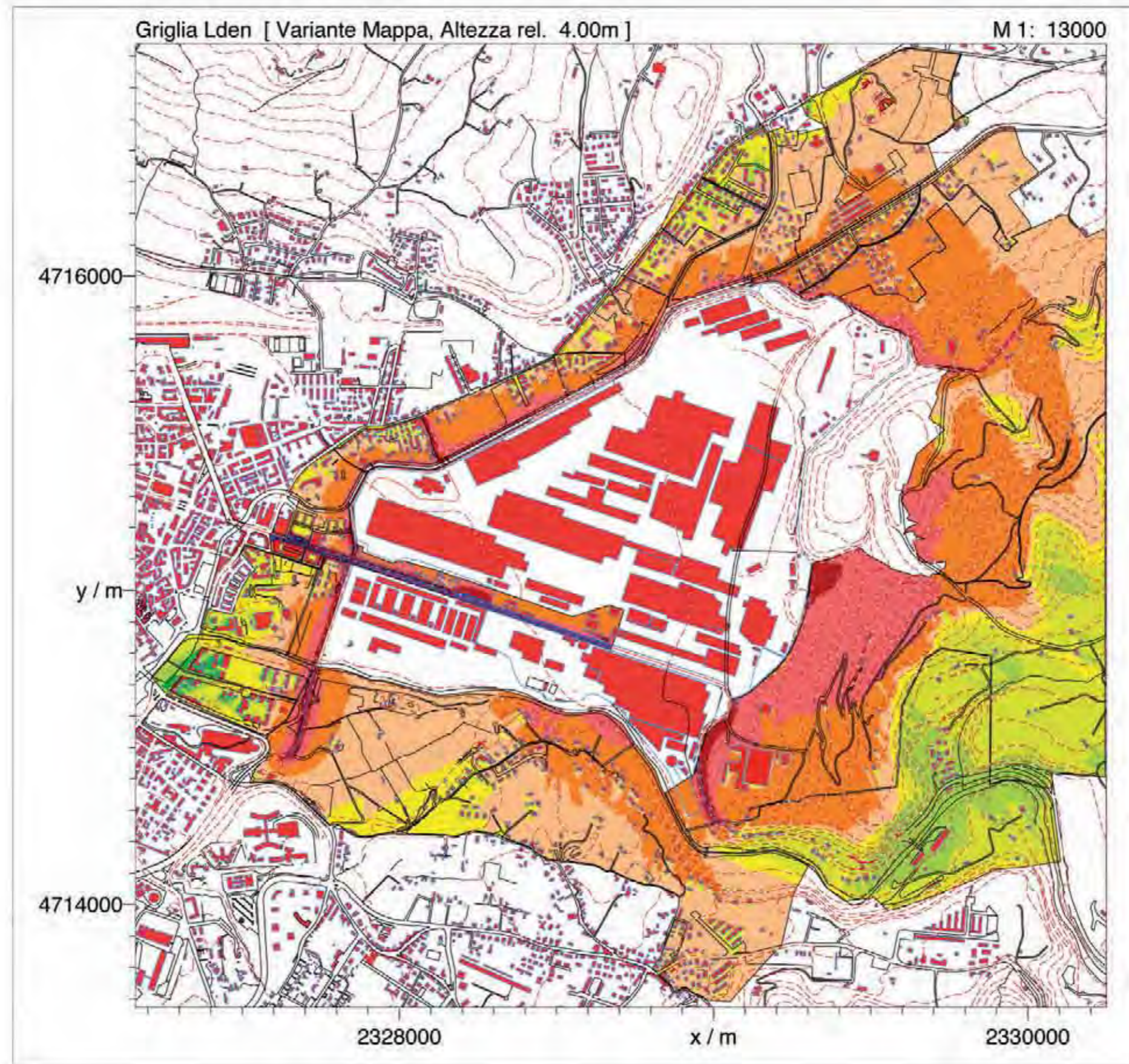
Tabella 5.6 Percentuale di popolazione esposta ai diversi livelli di  $L_{den}$  calcolata secondo il metodo VBEB

$L_{den}$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_{den}$ (%)
$L_{den} \leq 55$	3.459	61,8
$55 < L_{den} \leq 60$	1.180	21,1
$60 < L_{den} \leq 65$	678	12,1
$65 < L_{den} \leq 70$	154	2,8
$70 < L_{den} \leq 75$	56	1,0
$L_{den} > 75$	70	1,3
<b>TOTALE</b>	<b>5.597</b>	<b>100,0</b>
<b>TOTALE <math>L_{den} &gt; 65</math> dB(A)</b>		<b>(280 resid.) 5,0%</b>

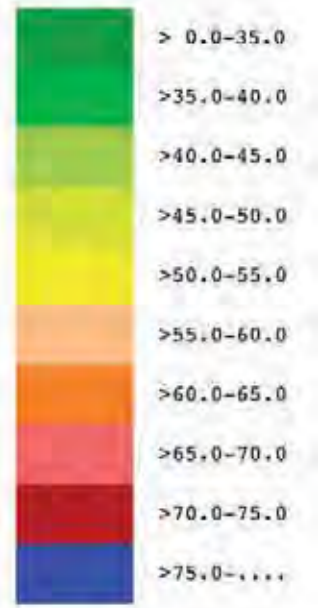
Tabella 5.7 Percentuale di popolazione esposta ai diversi livelli di  $L_n$  calcolata secondo il metodo VBEB

$L_{night}$ [dB(A)]	Residenti esposti	Pop.ne esposta ad $L_{night}$ (%)
$L_{night} \leq 45$	2.737	48,9
$45 < L_{night} \leq 50$	1.200	21,4
$50 < L_{night} \leq 55$	1.071	19,1
$55 < L_{night} \leq 60$	406	7,3
$60 < L_{night} \leq 65$	81	1,4
$65 < L_{night} \leq 70$	39	0,7
$L_{night} > 70$	63	1,1
<b>TOTALE</b>	<b>5.597</b>	<b>100,0</b>
<b>TOTALE <math>L_{night} &gt; 55</math> dB(A)</b>		<b>(589 resid.) 10,5%</b>

Nelle tavole allegate sono riportate le curve isolivello per  $L_{den}$  e  $L_{night}$  dell'area studiata.



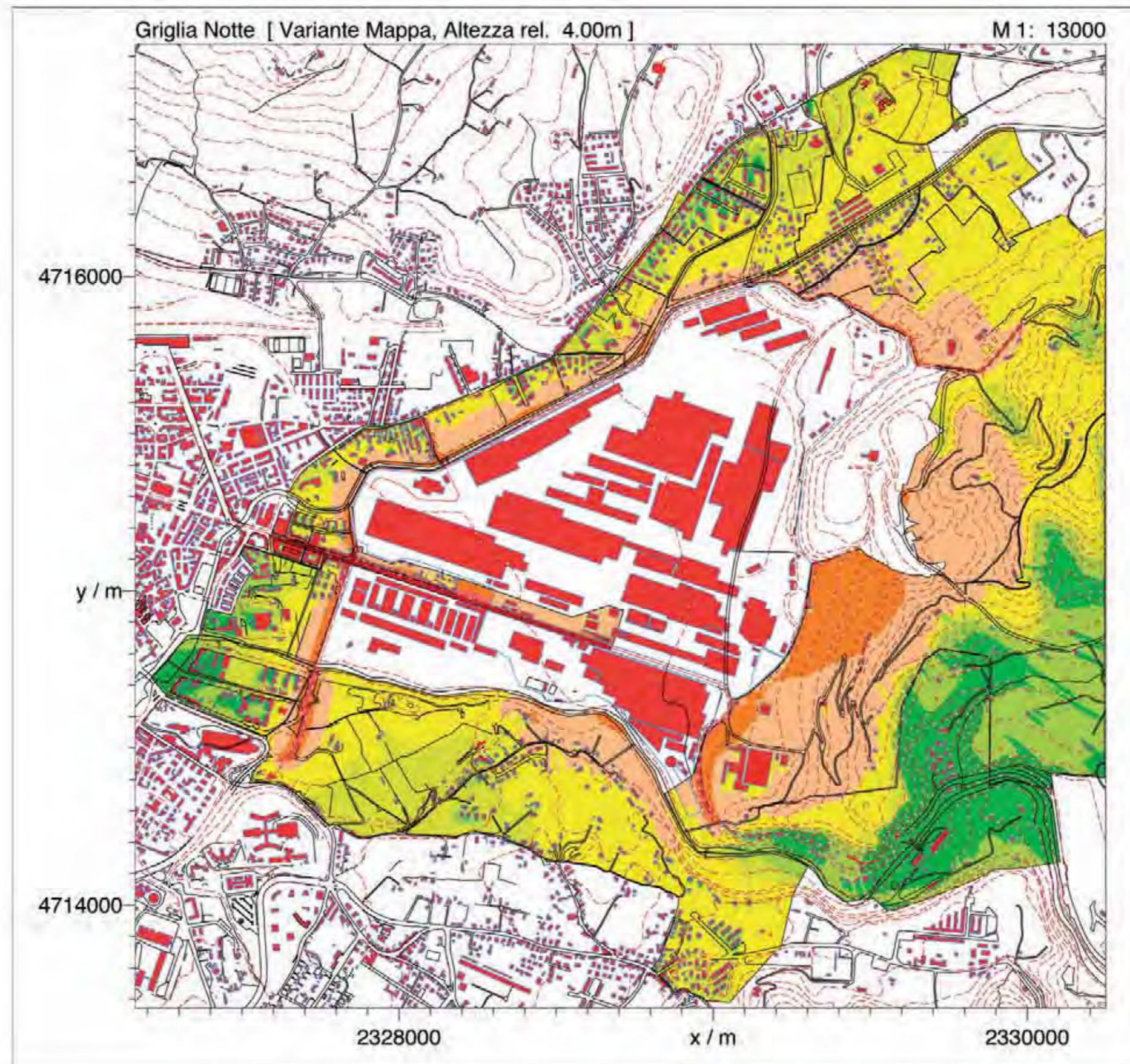
Lden  
Livello  
dB(A)



Segni e simboli

-  Asse strada
-  Edifici
-  Area polo siderurgico











Finito di stampare  
nel settembre 2011  
a Cerbara (PG)  
da GESP srl  
per conto di Arpa Umbria



---

**Una stima della popolazione  
esposta al rumore:**  
alcuni casi di studio in Umbria

**Provincia di Terni**

---

**ARPA**  
u m b r i a  
agenzia regionale per la protezione ambientale



**Università degli Studi di Perugia**  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Sezione di Fisica Tecnica

---