



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**XIX CICLO DI DOTTORATO DI RICERCA IN GEOINGEGNERIA  
E TECNOLOGIE AMBIENTALI**

SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARE DI APPARTENENZA: **ICAR/20**

**STUDIO DI TECNICHE DI GESTIONE E DI PROCESSI DI  
AUTOMAZIONE NEL MONITORAGGIO DI FATTORI DI  
INQUINAMENTO ACUSTICO A MEZZO DEI SISTEMI  
INFORMATIVI TERRITORIALI**

***Tutor:***  
***Prof. ing. Giorgio Massacci***  
***Arras***

***Dottorando:***  
***Dott. ing. Filippo***

**XIX CICLO**

## INDICE

1	Introduzione .....	4
2	La Zonizzazione Acustica.....	6
2.1	Analisi del territorio comunale e dello scenario socio-economico-culturale.....	8
2.2	Zonizzazione Acustica Preliminare (Bozza).....	9
2.3	Revisione acustica con indagini fonometriche sul campo .....	9
2.4	Zonizzazione Acustica definitiva.....	10
2.5	Redazione di un Piano di Risanamento Acustico .....	10
2.6	Misure di mitigazione .....	11
3	Normativa di riferimento in campo acustico .....	12
3.1	Normativa italiana.....	12
3.1.1	D.P.C.M. del 01/03/1991: “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno” .....	13
3.1.2	L.N. n. 447 del 26/10/1995: “Legge quadro” sull'inquinamento acustico.....	15
3.1.3	D.P.C.M. del 14/11/1997: “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore” .....	15
3.1.4	D.M. del 16/03/1998: “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico” .....	17
3.1.5	D.P.R. 30 Marzo 2004 n.142 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare” .....	18
3.1.6	Decreto 31 Ottobre 1997 “Metodologia di misura del rumore aeroportuale” .....	20
3.2	Normativa Europea .....	20
3.3	Regione Sardegna (linee guida).....	21
3.3.1	Metodo Qualitativo .....	23
3.3.2	Metodo Quantitativo .....	24
3.4	Linee Guida di Altre regioni .....	27
3.4.1	Campania .....	27
3.4.2	Emilia Romagna.....	29
3.4.3	Lombardia .....	31
3.4.4	Marche .....	32
3.4.5	Puglia .....	36
3.4.6	Sicilia e Toscana .....	37
3.4.7	Umbria .....	39
3.4.8	Veneto .....	41
3.5	Stato di fatto degli adempimenti alla zonizzazione acustica in Italia e in Sardegna ....	42
4	Raccolta ed elaborazione dei dati di base .....	46
4.1	Elaborazione dei dati socio-economici .....	47
4.2	Elaborazione dei dati di pianificazione.....	49
4.3	Elaborazione dei dati relativi alle infrastrutture di trasporto .....	50
4.4.1	L'indicatore di traffico .....	51
4.4	Censimento dei ricettori sensibili.....	54
4.5	Censimento delle strutture aeroportuali civili e militari .....	56
4.6	Georeferenziazione dei punti di campionamento .....	57
4.7	Utilizzo del suolo .....	59
5	Il Digita Noise Dss .....	59
5.1	Cosa è un DSS .....	59
5.2	Architettura del sistema .....	60
5.3	Il “Metodo Parametrico” .....	62
5.3.1	Echozone.....	63

5.4 Analisi per comune .....	65
5.5 Analisi delle Infrastrutture Viarie .....	66
5.5.1 Citymap.....	69
5.6 Il Metodo Qualitativo.....	75
5.7 Infrastrutture Aeroportuali.....	77
5.7.1 Noise Map Aircraft e Tnip.....	77
5.8 Modulo dei Piani di Risanamento.....	79
5.9 Il Catasto Acustico.....	80
5.10 Il Sistema informativo territoriale.....	81
5.10.1 Cosa è un GIS .....	81
5.10.2 Layout della zonizzazione provinciale.....	82
5.10.3 Algoritmo di individuazione delle aree critiche.....	84
5.10.4 Algoritmo di eliminazione delle “Chiazze di Leopardo” .....	87
5.10.5 Algoritmo di creazione delle Fasce Cuscinetto .....	89
5.10.6 La Carta di Sofferenza Acustica .....	91
5.10.7 Due casi di studio: Gli ospedali di Iglesias e San Gavino .....	92
6 Conclusioni .....	97
7 Bibliografia di riferimento .....	99
Allegati.....	103

# 1 Introduzione

Il presente progetto di ricerca è nato con l'intento di analizzare dei possibili modelli di gestione, organizzazione e monitoraggio di categorie di dati ambientali tramite strumenti di supporto alla decisione quali i *Sistemi Informativi Territoriali*.

Successivamente ad una analisi bibliografica sull'uso delle tecnologie GIS (*Geographic Informatic Systems*) applicate alla modellizzazione ambientale, che ha messo in evidenza come tali modelli possano essere applicati a qualsiasi categoria di dati ambientali ed in qualsiasi scala (quella globale, d'area vasta, locale) si è valutata la scelta di mirare l'analisi su dati di tipo acustico e su di un contesto geografico di tipo provinciale.

Uno degli obiettivi del progetto è stato quello di analizzare come i modelli di assegnazione automatica, *fuzzy analysis*, simulazione degli impatti, possano offrire un valido aiuto nella pianificazione acustica del territorio provinciale.

Per ragioni di tipo pratico è stato considerato come "*caso di studio*" il contesto della Provincia di Cagliari.

Si è consapevoli, tuttavia, che il modello proposto può, con gli adattamenti opportuni, essere esportato in un qualsiasi altro contesto provinciale o regionale, e a differenti livelli di governo del territorio anche di tipo non prettamente acustico.

Uno degli esiti finali nell'uso del modello proposto è stato quello di creare una sorta di "Zonizzazione Acustica Provinciale" applicata alla Provincia di Cagliari, coerente con le specifiche previste dal "*Testo Unico sull'Inquinamento Acustico*" della Delibera di Giunta Regionale N. 30/9 del 8.7.2005 (che sostituisce la precedente Deliberazione della Giunta Regionale n. 34/71 del 29.10.2002 concernente "Linee guida per la predisposizione dei Piani di classificazione acustica dei territori comunali").

La cartografia acustica ottenuta è comunque di tipo "dinamico", nel senso che i risultati finali sono influenzati in modo determinante anche dalle scelte dell'utente.

Le finalità di redigere in automatico, attraverso metodi GIS, un piano preliminare di zonizzazione acustica provinciale, potrebbero essere molteplici. Fra le tante, quelle che sembrano essere significative sono le seguenti:

**A)** Fornire uno strumento d'area vasta (alla Provincia<sup>1</sup>, ai Comuni, all'ARPAS, al Servizio SAVI<sup>2</sup>) al fine di indirizzare e coordinare le "bozze di zonizzazione acustica" di tutti i comuni della Provincia, ad oggi ancora del tutto inadempienti (5 proposte di bozza di zonizzazione presentate alla provincia di Cagliari);

**B)** Individuare in modo previsionale quali saranno le "**zone di criticità**" nella redazione della zonizzazione acustica per ogni singolo comune, e suggerire alcune misure di mitigazione o un piano di risanamento acustico. In Particolare:

- Indicazione delle zone all'interno dello stesso comune nelle quali vi siano adiacenze di classi i cui limiti assoluti differiscano di più di 5 dB(A);
- Indicazione delle zone, fra comuni limitrofi, nelle quali vi siano adiacenze di classi i cui limiti assoluti differiscano di più di 5 dB(A) e che difficilmente sarebbero gestibili nel caso i comuni presentassero zonizzazioni differenti in tempi differenti;
- Indicazione delle zone di massimo rispetto (Classe I) che risultino sovrapposte all'area di influenza delle "fasce di pertinenza";
- Verifica, nelle zone critiche sopra individuate, della presenza di barriere morfologiche attraverso l'analisi comparata della Carta Tecnica Regionale (curve di livello) e della Ortofoto (presenza di filari di alberi o edifici) entrambe già georeferenziate;
- Ipotizzare per tutte le aree di criticità sopramenzionate, in cui non siano già presenti barriere naturali o artificiali, un piano di risanamento attraverso barriere antirumore (artificiali o naturali) con la previsione dei costi (a seconda dei metri lineari o metriquadri) e dell'abbattimento di dB (A);
- Ipotizzare per tutte le aree di criticità sopramenzionate, in alternativa ad un piano di risanamento, delle specifiche fasce di decadimento.

---

<sup>1</sup> Il parere tecnico che la Provincia emette ai sensi della DGR 30/9 – 2005 potrebbe essere confrontato con dati oggettivi e omogenei per tutto il territorio, così da limitare al massimo l'area discrezionale del giudizio e riducendo nel contempo i tempi di valutazione

<sup>2</sup> Il sistema permetterebbe al SIVIA - in particolare per opere e piani di un certo rilievo - di valutare preventivamente e in maniera più affinata eventuali influenze della componente rumore sull'ambiente, in base a un'interpretazione del territorio riferita a parametri socio-economici e infrastrutturali, nonché legata alla definizione delle destinazioni d'uso

**C)** Tentare un approccio critico nei confronti della metodologia suggerita dal "Testo Unico" ed individuare i possibili limiti e/o vantaggi nell'utilizzo di algoritmi automatici nella redazione di piani di zonizzazione acustica.

Con la possibilità di archiviare e gestire una serie di tematismi geografici e di database acustici e socio-economici, è nata l'opportunità di strutturare il Sistema Informativo come un Decision Support System: il *DSS Digita Noise*.

## **2 La Zonizzazione Acustica**

La "zonizzazione acustica" è la classificazione del territorio comunale in zone a cui rispondono valori di rumorosità ambientale omogenea.

Essa ha l'obiettivo di prevenire il deterioramento di aree in cui non è manifestato il fonoinquinamento e di risanare quelle dove sono riscontrabili livelli acustici che producono impatti negativi sulla salute pubblica, caratterizzando così le aree da salvaguardare, quelle che presentano livelli di rumore accettabili, quelle dove è permesso lo sviluppo di attività rumorose.

Il metodo di zonizzazione acustica è fondato sul principio di garantire, in ogni porzione del territorio, i livelli di inquinamento acustico ritenuti compatibili con le attività umane in essa svolte.

Le pubbliche Amministrazioni devono adottare un Piano di Zonizzazione Acustica, ai sensi del D.P.C.M. 1 Marzo 1991 e della Legge Quadro sull'inquinamento acustico del 26 Ottobre 1995 N°447.

In particolare, in forza della recentissima Deliberazione della Giunta Regionale n.30/9 dell'8 Luglio 2005, le Amministrazioni Comunali sono obbligate ad approvare un Piano di Classificazione Acustica secondo la seguente tempistica:

- ✓ 3 marzo 2006 per i Comuni con popolazione inferiore a 10.000 abitanti;
- ✓ 3 giugno 2006 per i Comuni con popolazione compresa tra 10.000 e 30.000 abitanti;
- ✓ 3 settembre 2006 per i Comuni con popolazione superiore a 30.000 abitanti.

Qui di seguito si riportano i principi e le procedure significative che dovrebbero guidare correttamente la redazione di una zonizzazione acustica<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Da una sintesi del Progetto Disia 2: "la zonizzazione acustica del Comune di Torino e di 23 comuni dell'area metropolitana", Provincia di Torino, Giugno 2000

I principi guida comuni alle esperienze esaminate hanno messo in evidenza di come la zonizzazione acustica del territorio debba rispettare le seguenti direttive:

1. la zonizzazione acustica deve riflettere le scelte delle Amministrazioni Comunali in materia di destinazione d'uso del territorio (**governo urbanistico**), garantendo sia il rispetto della volontà politica delle Amministrazioni Locali che l'adeguatezza del clima acustico per le attività presenti o che s'insedieranno nelle diverse aree del territorio (**governo acustico**);
2. la zonizzazione acustica deve tenere conto dell'attuale fruizione del territorio in tutti quei casi nei quali la destinazione d'uso da Piano Urbanistico Comunale non determini in modo univoco la classe acustica, oppure, per le zone interamente urbanizzate, se la destinazione d'uso non risulti rappresentativa;
3. la zonizzazione acustica deve tenere conto, soprattutto per le zone non completamente urbanizzate, del divieto di contatto diretto tra aree, anche di comuni confinanti, aventi valori di qualità che si discostano più di 5 dB(A);
4. la zonizzazione acustica non deve tenere conto delle infrastrutture dei trasporti (stradali, ferroviarie, aeroportuali, ecc.) nei casi di anomala associazione tra queste e gli elementi urbanistici, cioè quelle situazioni in cui la tipologia dell'infrastruttura risulta "non commisurata" alle attività umane svolte in prossimità;
5. la zonizzazione acustica deve privilegiare in generale ed in ogni caso dubbio scelte più cautelative in materia di clima acustico.

Sulla base di questi elementi guida è stata definita una metodologia organizzata in una sequenza ordinata di fasi operative di approfondimento, aventi l'obiettivo di condurre al riconoscimento delle classi acustiche e quindi dei livelli di inquinamento acustico ritenuti compatibili con le attività svolte all'interno di ogni porzione di territorio. Se ne illustra la sequenza nei paragrafi qui di seguito riportati.

## **2.1 Analisi del territorio comunale e dello scenario socio-economico-culturale**

Per poter effettuare la classificazione coerentemente con l'uso del territorio (*stato di fatto*) e con gli strumenti urbanistici vigenti (*stato previsionale*) è necessario effettuare le seguenti indagini preliminari:

- Acquisizione del Piano Urbanistico Comunale e degli altri piani di sviluppo e governo del territorio e della mobilità;
- Censimento della rete infrastrutturale di trasporto;
- Censimento della distribuzione della popolazione residente e delle sue caratteristiche socio-economiche (dati ISTAT);
- Censimento della distribuzione delle attività e degli insediamenti industriali, artigianali, terziarie e commerciali (Camera di Commercio);
- Piano Urbano del Traffico (nel caso che non sia disponibile si dovrà disporre di una carta tematica con la delimitazione del centro abitato e delle infrastrutture stradali classificate ai sensi del Codice della Strada);
- Strutture scolastiche, ospedaliere e ambulatoriali;
- beni archeologici, architettonici e urbanistici ed aree naturali protette.

Inoltre la strategia operativa del metodo prevede che la cartografia numerica ed i dati urbanistici ed ambientali diventino gli elementi necessari per un'analisi territoriale approfondita e finalizzata all'elaborazione di un piano di classificazione acustica coordinato con gli altri strumenti di governo del territorio. E' dunque necessario raccogliere i dati relativi a:

- mappe in formato raster in scala 1:10.000 (C.T.R.);
- confini comunali;
- leggi in materia di protezione e gestione ambientale;
- carta in scala 1:5000 e 1:2000 del P.U.C.;
- norme tecniche di attuazione del P.U.C.;
- carta tematica indicante le aree da destinarsi a pubblico spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, ovvero all'aperto;
- informazioni riguardanti le aree di territorio completamente urbanizzate per le quali la destinazione d'uso del P.U.C. non coincide con l'utilizzo effettivo del territorio.



## **2.2 Zonizzazione Acustica Preliminare (Bozza)**

In questa fase si procede all'elaborazione della bozza di zonizzazione acustica del territorio comunale. Per conseguire tale obiettivo è necessario compiere l'analisi delle definizioni delle diverse categorie d'uso del suolo del P.U.C. al fine di individuare, se possibile, una connessione diretta con le definizioni delle classi acustiche del D.P.C.M. 14/11/1997. In questo modo si perviene, quando possibile, a stabilire un valore di classe acustica per ogni destinazione d'uso del P.U.C. Tale operazione dovrà essere svolta tenendo conto anche delle informazioni fornite dalla restante documentazione tecnica. In particolare:

- i centri storici per i quali la quiete costituisca un requisito essenziale per la loro fruizione (es. centri storici interessati da turismo culturale e/o religioso oppure con destinazione residenziale di pregio) sono da inserire in Classe I;
- le strutture scolastiche o sanitarie inserite in edifici di civile abitazione assumono la classificazione attribuita all'edificio in cui sono poste;
- le aree residenziali rurali di pregio vanno considerate in Classe I;
- le aree cimiteriali vanno poste in Classe I;
- le aree destinate a servizi asserventi alle aree residenziali e lavorative dovranno assumere la classificazione acustica dell'area di riferimento.

## **2.3 Revisione acustica con indagini fonometriche sul campo**

La terza fase operativa del metodo si fonda su un'approfondita analisi territoriale "diretta" di tutte le aree cui non è stato possibile assegnare univocamente una classe acustica.

In particolare verranno svolti una serie di sopralluoghi finalizzati a determinare il reale utilizzo di quelle porzioni di territorio la cui destinazione d'uso non permetteva l'identificazione di una corrispondente classe acustica secondo il D.P.C.M. 14/11/1997.

Si individueranno delle fasce cuscinetto nelle zone appartenenti a classi i cui valori di qualità differiscono in misura superiore a 5 dB(A).

Inoltre, al fine di evitare un piano di classificazione acustica eccessivamente parcellizzato e quindi non attuabile in pratica, sarà necessario stabilire un'unità superficiale minima di riferimento, corrispondente all'isolato (fase di omogeneizzazione).

Nell'ambito di una zonizzazione acustica il piano di indagine fonometrica assume una grande importanza in quanto su questo si basano molte delle valutazioni di ordine tecnico con cui stabilire criteri e metodologie operative per i piani di risanamento acustico.

Infatti le indagini fonometriche hanno lo scopo di definire i livelli sonori relativi alla situazione attuale per confrontarla con i limiti della zonizzazione acustica preliminare.

#### ***2.4 Zonizzazione Acustica definitiva***

La lettura critica dei risultati delle misure fonometriche comparata con i dati della zonizzazione provvisoria, previa verifica degli strumenti urbanistici esistenti, consente di pervenire alla zonizzazione acustica definitiva.

La redazione di tale elaborato potrà comportare il declassamento di quelle zone del territorio che, potenzialmente in conflitto con zone adiacenti, dovessero risultare meno rumorose, e nelle quali si debba o si voglia perseguire l'obiettivo di cristallizzare le attività presenti, incentivando la conservazione della situazione esistente.

#### ***2.5 Redazione di un Piano di Risanamento Acustico***

Il Piano di Risanamento Acustico (P.R.A.) è il punto centrale di conoscenza/trasformazione del territorio, verso un miglioramento concreto della qualità della vita nei centri urbani, connesso alla diminuzione della rumorosità ambientale.

Nella Legge Quadro sono fissate le condizioni per le quali le Amministrazioni Comunali sono tenute a predisporre i Piani di Risanamento Acustico. I Comuni hanno l'obbligo di elaborare tali strumenti normativi ed amministrativi nel caso in cui vi sia un superamento dei limiti di attenzione e nel caso in cui la zonizzazione acustica

metta in evidenza l'impossibilità di rispettare, a causa di preesistenti destinazioni d'uso, il divieto di contatto tra aree i cui valori di qualità si discostino in misura superiore a 5dB(A).

## **2.6 Misure di mitigazione**

Successiva alla fase di redazione del P.R.A. è necessariamente quella di bonifica dei siti attraverso misure di mitigazione.

**Interventi sui volumi di traffico e/o sulla percentuale dei mezzi pesanti:** le modifiche introdotte sul numero di veicoli/ora, possono portare ad evidenti variazioni nei livelli di pressione sonora misurati.

**Creazione di zone a bassa velocità (30km/h):** rallentare i veicoli porta alla riduzione del numero di picchi di rumore, nonché del livello di questi picchi, poiché vengono ridotte le irregolarità legate alle variazioni di velocità e alle accelerazioni dei veicoli.

**Concentrazione del traffico di attraversamento su arterie principali:** ciò è supportato, dal punto di vista fisico, dalla considerazione che l'incremento del rumore legato all'aumento di traffico su una strada è di entità più contenuta quanto più tale strada supporta già un traffico elevato (la percezione del rumore è di tipo logaritmico).

**Le barriere antirumore artificiali:** si tratta del più utilizzato fra i rimedi contro l'inquinamento acustico. Il loro impiego è molto diffuso per contenere la rumorosità di ferrovie, autostrade e viabilità importanti in aree extraurbane.

**Le barriere antirumore vegetali:** si tratta di fasce vegetali (siepi, fasce boscate, alberate) composte da piantagioni semplici od associazioni complesse di specie vegetali; o ancora schermi di natura mista derivanti dalla combinazione di manufatti artificiali e piante, progettati per l'integrazione sinergica delle diverse componenti.

**Gli asfalti fonoassorbenti:** si tratta di asfalti, le cui caratteristiche fisico chimiche permettono di ridurre anche di Leq pari a 3 dB(A) la generazione di rumore dovuto a rotolamento.

### 3 Normativa di riferimento in campo acustico

#### 3.1 Normativa italiana

Si riassumono nella seguente tabella 3.1 i riferimenti significativi della normativa italiana nel campo dell'inquinamento acustico, rispettandone l'ordine cronologico.

<b>Normativa:</b>	<b>Del:</b>	<b>Argomento:</b>	<b>Stato:</b>
art. 844 C.C.	---	“Sul disturbo alla Pubblica quiete”	vigente
art. 659 C.P.	---	“Sul disturbo alla Pubblica quiete”	vigente
D.P.C.M.	01/03/1991	Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno	vigente
D.Lgs. n. 277	15/08/1991	Attuazione delle direttive CEE 80/1107, 82/605, 83/477, 86/188 e 88/642 in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 dell'LN 212/90	vigente
D.Lgs. n. 135	27/01/1992	Attuazione delle direttive 86/662/CEE e 89/514/CEE in materia di limitazione del rumore prodotto dagli escavatori idraulici e a funi, apripista e pale caricatrici	vigente
L.N. n. 447	26/10/1995	“Legge quadro” sull'inquinamento acustico	vigente
D.M.	11/12/1996	Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo	vigente
D.P.C.M.	18/09/1997	Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante	abrogata totalmente
Com.	08/10/1997	Linee-guida tecniche sull'applicazione del D.Lgs. n. 494 del 1996	vigente
D.M.	31/10/1997	Metodologia di misura del rumore aeroportuale	vigente
D.P.C.M.	14/11/1997	Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore	vigente
D.P.C.M.	05/12/1997	Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici	vigente
D.P.R. n. 496	11/12/1997	Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili	vigente
D.P.C.M.	19/12/1997	Proroga dei termini per l'acquisizione e l'installazione delle apparecchiature di controllo e registrazione nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 settembre 1997	decaduta
D.M.	16/03/1998	Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico	vigente
D.P.C.M.	31/03/1998	Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi della legge 26 ottobre 1995, n. 447 «Legge quadro sull'inquinamento acustico».	vigente
D.P.R. n. 459	18/11/1998	Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario	vigente
D.P.C.M. n. 215	16/04/1999	Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi	vigente
D.M.	20/05/1999	Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico	vigente
D.P.R. n. 476	09/11/1999	Regolamento recante modificazioni al decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997, n. 496, concernente il divieto di voli notturni	vigente
D.M.	03/12/1999	Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti	vigente
D.M.	29/11/2000	Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.	vigente
D.P.R. 304	3/4/2001	Regolamento recante disciplina delle emissioni sonore prodotte nello svolgimento delle attività motoristiche	vigente
L. 179	31/7/2002	Disposizioni in materia ambientale	vigente
D.P.R. 142	30/3/2004	Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare	vigente
D.L. 13	17/1/2005	Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti com	vigente

D. L. 195	19/8/2005	Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale	vigente
D.L. 194	19/8/2005	Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale	vigente

Tabella 3.1: Riferimenti della normativa italiana

Pare opportuno, in questa sede, analizzare in modo sintetico alcune tappe fondamentali della legislazione italiana in materia.

### 3.1.1 D.P.C.M. del 01/03/1991: “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”

Fra i punti essenziali di questo Decreto, che ha avuto comunque carattere di provvisorietà in attesa di una “legge quadro” che ne recepisce i principi in maniera definitiva, sono da evidenziare, primo fra tutti, quello di aver dato alla pianificazione urbanistica uno strumento concreto nella regolamentazione delle sorgenti sonore: la “zonizzazione acustica”.

Con tale strumento le Amministrazioni Comunali avevano l’obbligo di attuare una mappatura acustica del loro territorio, nella quale definire i limiti massimi dei livelli sonori equivalenti, fissati in relazione alla diversa destinazione d’uso del territorio.

In attesa della suddivisione del territorio comunale in classi acustiche omogenee, le Amministrazioni potevano fare riferimento alla zonizzazione prevista dal Piano Urbanistico Comunale (zone di cui all’art.2 del decreto ministeriale 2 aprile 1968 n. 1444), applicando per le sorgenti fisse i limiti di accettabilità della seguente tabella 3.2:

<i>Zonizzazione</i>	<i>Limite diurno</i> Leq(A)	<i>Limite notturno</i> Leq(A)
Tutto il territorio nazionale	<b>70</b>	<b>60</b>
Zona <b>A</b> (d.m. n. 1444/68)	<b>65</b>	<b>55</b>
Zona <b>B</b> (d.m. n. 1444/68)	<b>60</b>	<b>50</b>
Zona esclusivamente industriale	<b>70</b>	<b>70</b>

Tabella 3.2: Limiti di accettabilità

Tale Articolo, che aveva una funzione transitoria in attesa dell'adeguamento dei Comuni, non ha fatto altro che creare una scappatoia nei confronti della redazione della zonizzazione, come prevista dal Decreto.

Altro principio fondamentale del Decreto è stato quello di introdurre i concetti di rumore Ambientale e Residuo, determinando il Criterio Differenziale.

L'Allegato A, infatti, definisce il *Livello di rumore residuo*  $L_r$  come quel "livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato 'A' che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti"; ed il *Livello di rumore Ambientale*  $L_a$  come il "livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato 'A' prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti".

Il Criterio Differenziale permetteva dunque di reputare lecita o meno una sorgente di disturbo, non semplicemente misurandone i Livelli di pressione sonora, ma mettendo tale valore in rapporto al livello di "rumore di fondo" (o residuo) misurato in assenza della sorgente stessa.

Nello stesso Allegato A si definisce il parametro fisico adottato per la misura del rumore, attraverso la seguente relazione analitica:

$$Leq_{(A),T} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int (p_A^2(t) / p_0^2) dt \right] \text{ dB(A)}$$

Dove  $p_A(t)$  è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma I.E.C. n. 651);  $p_0$  è il valore della pressione sonora di riferimento; T è l'intervallo di tempo di integrazione;  $Leq_{(A),T}$  esprime il livello energetico medio del rumore ponderato in curva A, nell'intervallo di tempo considerato.

Il Decreto definisce inoltre alcune caratteristiche del rumore che, individuate nelle misurazioni della sorgente sonora, penalizzano i livelli equivalenti previsti; fra queste la presenza di componenti tonali (quando il livello di pressione sonora di una banda di 1/3 di ottava, supera di almeno 5 dB i livelli di pressione sonora delle bande adiacenti) o di componenti impulsive (quando la differenza fra i valori massimi delle misure con costante di tempo "slow" ed "impulse" supera i 5 dB).

### **3.1.2 L.N. n. 447 del 26/10/1995: “Legge quadro” sull'inquinamento acustico**

La finalità della legge è quella di stabilire i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

Benché vengano recepiti alcuni elementi chiave, già espliciti nel D.P.C.M. del 01/03/1991, quali la “zonizzazione acustica” o il Criterio Differenziale, la L.N. n. 447 individua in modo più completo quali siano i soggetti responsabili in materia di tutela ambientale e quali siano le specifiche competenze di Stato, Regione, Provincia e Comune.

In particolare i Comuni hanno il compito di classificare il territorio comunale secondo criteri che tengano conto delle destinazioni d'uso, adottare dei piani di risanamento acustico qualora i livelli equivalenti di rumore oltrepassino i limiti prefissati, individuare regioni di rilevante interesse paesaggistico ambientale e turistico in cui adottare limiti di esposizione al rumore inferiori a quelli determinati a senso di Legge, effettuare una attività di controllo nel rispetto delle normative per la tutela dell'inquinamento acustico.

La legge indicava alcune definizioni significative, fra le quali:

- a) **valori limite di emissione:** il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- b) **valori limite di immissione:** il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori;
- c) **valori di attenzione:** il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente;
- d) **valori di qualità:** i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge.

### **3.1.3 D.P.C.M. del 14/11/1997: “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”**

Tale decreto, in attuazione della L.N. del 26/10/1995 n. 447, determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione (differenziali ed assoluti), i valori di

attenzione ed i valori di qualità, attraverso una serie di tabelle nelle quali i livelli equivalenti massimi consentiti sono indicati in riferimento alle sei classi di destinazione d'uso del territorio introdotte nella "legge quadro".

A titolo indicativo riportiamo le tabelle relative ai *valori limite e alle classi omogenee di zonizzazione acustica del territorio*:

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

Tabella 3.3: classificazione del territorio comunale

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
<b>I</b> aree particolarmente protette	<b>45</b>	<b>35</b>
<b>II</b> aree prevalentemente residenziali	<b>50</b>	<b>40</b>
<b>III</b> aree di tipo misto	<b>55</b>	<b>45</b>
<b>IV</b> aree di intensa attività umana	<b>60</b>	<b>50</b>
<b>V</b> aree prevalentemente industriali	<b>65</b>	<b>55</b>
<b>VI</b> aree esclusivamente industriali	<b>65</b>	<b>65</b>

Tabella 3.4: valori limite di emissione



Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
<b>I</b> aree particolarmente protette	<b>50</b>	<b>40</b>
<b>II</b> aree prevalentemente residenziali	<b>55</b>	<b>45</b>
<b>III</b> aree di tipo misto	<b>60</b>	<b>50</b>
<b>IV</b> aree di intensa attività umana	<b>65</b>	<b>55</b>
<b>V</b> aree prevalentemente industriali	<b>70</b>	<b>60</b>
<b>VI</b> aree esclusivamente industriali	<b>70</b>	<b>70</b>

Tabella 3.5: valori limite assoluti di immissione

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturno (22.00-06.00)
<b>I</b> aree particolarmente protette	<b>47</b>	<b>37</b>
<b>II</b> aree prevalentemente residenziali	<b>52</b>	<b>42</b>
<b>III</b> aree di tipo misto	<b>57</b>	<b>47</b>
<b>IV</b> aree di intensa attività umana	<b>62</b>	<b>52</b>
<b>V</b> aree prevalentemente industriali	<b>67</b>	<b>57</b>
<b>VI</b> aree esclusivamente industriali	<b>70</b>	<b>70</b>

Tabella 3.6: valori di qualità

### 3.1.4 D.M. del 16/03/1998: “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”

Tale decreto stabilisce quali debbano essere le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento da rumore; suggerisce inoltre le procedure e gli strumenti utilizzabili nella catena di misura ed informa sulle norme che devono essere soddisfatte dalle strumentazioni stesse.

In particolare:

- fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994

- filtro e microfono conforme alle norme EN 61260/1995 (IEC 1260), EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995
- calibratore conforme alle norme CEI 29-4

### **3.1.5 D.P.R. 30 Marzo 2004 n.142 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare”**

Tale decreto definisce le “fasce di pertinenza” definite quali strisce di terreno misurate in proiezione orizzontale, per ciascun lato dell'infrastruttura, a partire dal confine stradale, per le quali il presente decreto stabilisce i limiti di immissione del rumore.

Tali fasce presentano ampiezze variabili in relazione al genere e alla categoria dell'infrastruttura e per esse vengono stabiliti dei valori limite di immissione riferiti alla sola rumorosità prodotta dal traffico sull'infrastruttura medesima.

Tali valori limite sono differenziati, oltre che secondo le categorie sopra citate, anche per periodo diurno o notturno e per infrastruttura in esercizio o di nuova costruzione. È da precisare che solo al di fuori delle fasce di pertinenza il rumore prodotto dalle infrastrutture concorre direttamente al livello di rumore complessivo immesso, che dovrà opportunamente essere valutato dal progettista al fine di una compiuta classificazione acustica delle zone sotto esame. Tali fasce di pertinenza costituiscono di fatto fasce di esenzione relative alla sola rumorosità prodotta dal traffico stradale sull'arteria a cui si riferiscono, rispetto al limite di zona locale, che dovrà invece essere rispettato dall'insieme di tutte le altre sorgenti che interessano detta zona. In considerazione di quanto sopra, gli insediamenti abitativi all'interno delle fasce potranno essere sottoposti ad un livello di rumore aggiuntivo rispetto a quello massimo della zona cui la fascia appartiene. Inoltre è importante osservare che le strade di quartiere o locali sono considerate parte integrante dell'area di appartenenza al fine della classificazione acustica, ovvero, per esse non si ha fascia di pertinenza.

I limiti di immissione variano anche a seconda della presenza di ricettori sensibili (scuole, ospedali) e dal fatto che l'infrastruttura sia esistente o di nuova costruzione. Qui di seguito si riportano i limiti di immissione per le infrastrutture esistenti:

Tipo di strada (secondo Codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme Cnr 1980 e direttive Put)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo (per le scuole vale il solo limite diurno)		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B - extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C - extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV Cnr 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D - urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				

Tavola 3.7: limiti di immissione per le infrastrutture stradali esistenti

Per quanto riguarda l'inquinamento acustico prodotto dal traffico ferroviario esso è disciplinato in particolare dal D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459 che individua, tra l'altro, ai lati dell'infrastruttura, analogamente al caso del traffico veicolare, delle fasce di pertinenza di ampiezza di m. 250, all'interno delle quali l'infrastruttura non è soggetta ai limiti derivanti dalla classificazione acustica comunale ma solo a quelli stabiliti nel succitato decreto. Si precisa che, anche in questo caso, solo al di fuori

delle fasce di pertinenza il rumore prodotto dall'infrastruttura ferroviaria concorre direttamente al livello di rumore complessivo immesso.

### **3.1.6 Decreto 31 Ottobre 1997 “Metodologia di misura del rumore aeroportuale”**

L'Ente nazionale per l'aviazione civile istituisce, per ogni aeroporto aperto al traffico civile, una commissione presieduta dal competente direttore della circoscrizione aeroportuale e composta da un rappresentante per ognuno dei seguenti soggetti: regione, provincia e comuni interessati; Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente; dell'Ente nazionale di assistenza al volo, vettori aerei, società di gestione aeroportuale.

Le commissioni di cui all'art. 5, comma 1, del presente decreto, tenuto conto del piano regolatore aeroportuale, degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vigenti e delle procedure antirumore adottate, definisce, nell'intorno aeroportuale, i confini delle seguenti aree di rispetto: zona A, zona B, zona C.

All'interno di tali zone valgono i seguenti limiti per la rumorosità prodotta dalle attività aeroportuali:

- **zona A:** l'indice  $L_{VA}$  non può superare il valore di 65 dB(A);
- **zona B:** l'indice  $L_{VA}$  non può superare il valore di 75 dB(A);
- **zona C.** l'indice  $L_{VA}$  può superare il valore di 75 dB(A);
- **Al di fuori delle zone A, B e C** l'indice  $L_{VA}$  non può superare il valore di 60 dB(A).

### **3.2 Normativa Europea**

Si può riassumere nella tabella sintetica 3.8, la legislazione significativa redatta dalla Comunità Europea in materia di contenimento dell'inquinamento acustico:

<b>Normativa:</b>	<b>Del:</b>	<b>Argomento:</b>	<b>Stato:</b>
Dir. CEE n. 1015	23/11/1978	Direttiva del Consiglio del 23 novembre 1978 concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al livello sonoro ammissibile e al dispositivo di scappamento dei motocicli	---
Dir. CEE n. 188	12/05/1986	Direttiva del Consiglio in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione al rumore durante il lavoro	---

Dir. CEE n. 594	01/12/1986	Direttiva del 12 gennaio 1986 relativa al rumore aereo emesso dagli apparecchi domestici	---
Dir. CEE n. 662	22/12/1986	Direttiva del Consiglio per la limitazione del rumore prodotto dagli escavatori idraulici e a funi, apripiste e pale caricatori	vigente
D.M. n. 385	14/06/1988	Recepimento della direttiva 87/56/CEE del 18 dicembre 1986 di modifica della direttiva n. 78/1015/CEE relativa al livello ammissibile e al dispositivo di scappamento dei motocicli	vigente
Dir. CEE n. 686	21/12/1989	Direttiva del Consiglio concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale	modificata
Dir. CEE n. 97	10/11/1992	Direttiva che modifica la direttiva 70/157/CEE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al livello sonoro ammissibile e al dispositivo di scappamento dei veicoli a motore	---
Dir. CEE n. 95	29/10/1993	Direttiva del Consiglio che modifica la direttiva 89/686/CEE concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale	---
Decis. CEE	26/03/2002	Norme e procedure per l'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti della Comunità	vigente
Dir. CEE	25/06/2002	DIRETTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale	vigente
Dir. CEE	6/2/2003	Direttiva 2003/10/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore)	vigente
Racc. CEE	6/8/2003	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	vigente

Tabella 3.8: Riferimenti della normativa europea

### **3.3 Regione Sardegna (linee guida)**

La Regione Sardegna, con Deliberazione della Giunta Regionale n. 30/9 del 8/7/2005 ha emanato "*Criteria e linee guida sull'inquinamento acustico*".

La citata D.G.R. ha costituito il principale riferimento normativo nella costruzione del sistema informativo in oggetto.

Tale documento tecnico definisce, fra l'altro, le procedure amministrative per l'adozione della zonizzazione acustica comunale e suggerisce le metodologie operative atte a classificare correttamente il territorio.

Il criterio di base per l'individuazione e la classificazione delle differenti zone acustiche del territorio dovrà pertanto essere legato sia alle prevalenti condizioni di

effettiva fruizione del territorio stesso, sia all'evoluzione dei vigenti strumenti urbanistici (linee guida del P.U.C. e piani di viabilità), nonché tenere conto della progettazione di nuove strade e programmazione di nuovi interventi. In particolare, la classificazione in zone deve essere adottata dai Comuni come parte integrante e qualificante del Piano regolatore, evitando l'accostamento di zone con differenze di livello assoluto di rumore superiori a 5 dB(A). Tuttavia è ammessa la possibilità di adiacenza fra zone appartenenti a classi non contigue quando esistano discontinuità morfologiche tali da assicurare il necessario abbattimento del rumore. Nei casi in cui non sia possibile procedere come sopra indicato, è prevista la possibilità di adiacenza di zone appartenenti a classi non contigue (differenze maggiori di 5 dB(A)), purché con adozione di idoneo Piano di risanamento. La classificazione che preveda contatto di aree di classi non contigue deve essere evidenziata e giustificata nella relazione tecnica del Piani di classificazione

Quale criterio generale sono sconsigliate le eccessive suddivisioni del territorio ed una eccessiva semplificazione che porterebbe a classificare vaste aree del territorio in classi elevate. Occorre quindi evitare di creare micro-suddivisioni di aree, per non ottenere una suddivisione troppo frammentata, ma individuare invece aree omogenee o comunque ambiti funzionali significativi, tenendo conto anche delle preesistenti destinazioni d'uso del territorio. E' necessario individuare eventuali aree da destinare ad attività di intrattenimento anche a carattere temporaneo e/o all'aperto, prevedendo idonee fasce orarie per lo svolgimento delle stesse. Per quanto riguarda le fonti informative appare opportuno fare riferimento in prima analisi alle fonti statistiche ufficiali. Ad esse ci si può riferire per ragioni di facile reperibilità, omogeneità e confrontabilità dei dati.

Lo studio di settore relativo alla classificazione delle aree sopra citate si indirizza su due approcci metodologici che potremmo definire *qualitativo* e *quantitativo*, i quali comunque convergono alla fine verso una comune politica di salvaguardia del territorio dall'inquinamento acustico, evitando di ridurre la zonizzazione ad una semplice fotografia della situazione esistente. Sintetizzando, il metodo *qualitativo* sfrutta l'indeterminatezza dei criteri contenuti nella legislazione nazionale in materia introducendo, fin dalla prima fase di elaborazione della bozza di zonizzazione, la volontà politica comunale nell'individuazione di queste aree. Nel metodo *quantitativo*

invece gli indirizzi comunali sono posposti ad una fase successiva, utilizzando un metodo basato su indici oggettivi per elaborare una bozza di suddivisione del territorio. L'esperienza ha mostrato l'efficacia del metodo *quantitativo* nei Comuni dove la compenetrazione tra le varie classi può maggiormente sfuggire ad una analisi *qualitativa*, in particolare per l'estensione del nucleo urbano. Tuttavia poiché le esperienze regionali sviluppate in questi anni hanno evidenziato in genere l'inadeguatezza, in alcune situazioni, di metodi sempre puramente *qualitativi* o *quantitativi*, si ritiene opportuno, pur privilegiando per quanto possibile l'oggettività del metodo *quantitativo* che il progettista si avvalga, a seconda delle circostanze, anche dei benefici del metodo *qualitativo*.

### **3.3.1 Metodo Qualitativo**

I principi di fondo che hanno costituito la base per la formulazione di un metodo *qualitativo* tengono conto delle seguenti considerazioni:

- lo spazio di autonomia ed il margine delle scelte per la gestione del territorio devono essere assolutamente lasciati alla singola Amministrazione comunale, fatte comunque salve le determinazioni derivanti dalla pianificazione sovracomunale;
- i parametri *quantitativi* possono risultare non parimenti validi per territori comunali estremamente variabili per numero di abitanti;
- la necessità di valutazioni distinte per attività e insediamenti che, pur appartenendo alle stesse categorie economiche e tipologie produttive, evidenziano notevoli peculiarità ai fini dell'impatto acustico;
- la constatazione che la classificazione è pur sempre un atto basato su scelte politico-amministrative e di pianificazione del territorio, da correlare strettamente all'attività urbanistica e ai vincoli economici ed ambientali.

La classificazione del territorio è pertanto ottenuta come risultato di un'attenta analisi del territorio sulla base del Piano Regolatore vigente e delle destinazioni d'uso esistenti e previste. In particolare l'applicazione ottimale del metodo *qualitativo* è riservata principalmente all'individuazione delle aree da inserire nelle classi I, V e VI in quanto più facilmente identificabili nei vigenti Strumenti urbanistici.

### 3.3.2 Metodo Quantitativo

La procedura di tipo *quantitativo* è da preferirsi, in particolare, per l'individuazione delle zone in classe II, III e IV. Essa prevede l'individuazione ed il calcolo di indici e parametri caratteristici del territorio quali densità di popolazione, di attività commerciali e di attività industriali, da assegnare alle unità acusticamente omogenee (u.a.o.) nelle quali dovrà essere suddiviso il territorio comunale. La procedura da adottarsi si sviluppa secondo le seguenti linee:

- 1) Adozione di parametri: indicatori di valutazione;
- 2) Attribuzione ai parametri: indicatori di valori numerici predeterminati;
- 3) Somma dei punteggi e attribuzione della classe.

L'unità territoriale è la base di partenza per la definizione della zonizzazione acustica e più essa è piccola più precisa sarà la classificazione. A tal proposito la scelta dell'unità censuaria quale unità di riferimento diventa quasi obbligatoria in quanto risulta difficile avere informazioni riferite a porzioni di territorio più piccole. Per ovviare al rischio di ottenere una classificazione estremamente frammentata appare senz'altro opportuno in questo caso procedere all'individuazione di sezioni di censimento più vaste, purché acusticamente omogenee, attraverso l'accorpamento di diverse unità censuarie per dare origine alle unità acusticamente omogenee (u.a.o.).

Il metodo quantitativo risulta utile soprattutto nell'assegnazione delle classi II, III e IV. Per tali aree dovranno essere valutati i sotto indicati parametri:

Densità di popolazione
Densità di attività commerciali
Densità di attività artigianali/industriali
Volume di traffico

Tabella 3.9: parametri del metodo quantitativo

In prima analisi si ritiene opportuno procedere all'esame dei soli primi tre parametri indicatori ai fini di una preliminare classificazione acustica dell'area territoriale omogenea considerata, per poi determinare su di essa l'influenza derivante dal traffico urbano ivi insistente.

Si riporta pertanto la sotto indicata tabella 3.10 con i primi tre parametri considerati:



Parametri		Classi di variabilità			
a	densità di popolazione	nulla	bassa	media	alta
b	densità di attività commerciali	nulla	bassa	media	alta
c	densità di attività artigianali/industriali	nulla	bassa	media	alta
Punteggio		0	1	2	3

Tabella 3.10: punteggi parziali dei parametri

L'attribuzione di valori numerici ai sopraindicati parametri tiene conto che per ciascuno di essi siano previste 4 classi di variabilità: nulla, bassa, media ed alta.

Si riportano di seguito i valori di soglia dei primi tre parametri con la relativa attribuzione della classe di variabilità:

Parametro "a"	
Densità di popolazione D = ab/ha	Classe di variabilità
0	Nulla
≤50	Bassa
da > 50 a ≤150	Media
> 150	Alta
La densità di popolazione "D" è espressa in numero di abitanti per ettaro.	

Tabella 3.11: classificazione per densità di popolazione

Parametro "b"	
Densità di attività commerciali C = sup. %	Classe di variabilità
0	Nulla
≤1,5	Bassa
da > 1,5 a ≤10	Media
> 10	Alta
La densità di attività commerciali "C", comprensiva delle attività di servizio, viene espressa dalla superficie occupata dall'attività rispetto alla superficie (fondiaria) totale della zona omogenea considerata.	

Tabella 3.12: classificazione per densità di attività commerciali

Parametro "c"	
Densità di attività artigianali/industriali A = sup. %	Classe di variabilità
0	Nulla
$\leq 0,5$	Bassa
da $> 0,5$ a $\leq 5$	Media
$> 5$	Alta
La densità di attività artigianali/industriali "A", ivi comprese piccole attività industriali, inserite nel contesto urbano, viene espressa dalla superficie occupata dalle attività rispetto alla superficie totale della zona omogenea considerata.	

Tabella 3.13: classificazione per densità di attività artigianali

Per ciascuna area o zona omogenea, come precedentemente accennato, vengono pertanto determinati, per i tre parametri considerati, i valori dei corrispondenti punteggi la cui somma consente di effettuare l'attribuzione delle classi.

Poiché la somma totale dei punteggi può assumere valori da 0 a 9, saranno identificate come zona II tutte le aree il cui punteggio totale sia compreso tra 0 e 3, come zona III quelle il cui punteggio sia compreso tra 4 e 6 ed infine come zona IV quelle con punteggio superiore a 6, così come riportato nella sotto indicata tabella:

Prima assegnazione delle zone II, III e IV in base al punteggio totale	
Punteggio totale dei parametri (a+b+c)	Classe di destinazione d'uso
Da 0 a 3	II
Da 4 a 6	III
Da 7 a 9	IV

Tabella 3.14: suddivisione in classi

Il metodo *quantitativo* anzi descritto tende ad oggettivare la classificazione secondo criteri generali, una volta stabilite le soglie delle classi di variabilità dei parametri considerati.

Come precedentemente indicato, la successiva fase di analisi dovrà valutare l'influenza dell'eventuale traffico veicolare/ferroviario nelle zone esaminate.

### **3.4 Linee Guida di Altre regioni**

Per poter testare il Sistema Informativo Acustico attraverso le metodologie proposte dalle altre regioni italiane, è stato necessario prendere contatto, tramite l'Università di Cagliari, con gli assessorati regionali e provinciali competenti e con le Agenzie regionali per la Protezione dell'Ambiente.

Per ogni Regione o Provincia Autonoma (che naturalmente abbia redatto tale tipo di regolamento tecnico) si sono raccolte informazioni relative a:

- ❖ Ente proponente la normativa (ad esempio Regione, Provincia o ARPA);
- ❖ Titolo e riferimenti del Documento Tecnico;
- ❖ Referente contattato per la raccolta di dati (ovvero la persona che, tramite email o fax o contatto telefonico, è stata contattata e si è resa disponibile per rilasciare le informazioni richieste; di solito si tratta del Dirigente o di un tecnico dell'Area Ecologia ed Inquinamento Atmosferico);
- ❖ Specifiche relative alla metodologia qualitativa e quantitativa;
- ❖ Specifiche relative all'inserimento delle Classi Acutiche;
- ❖ Specifiche relative alla classificazione della viabilità;
- ❖ Osservazioni aggiuntive;
- ❖ Descrizione dell'algoritmo logico-matematico utilizzato per il metodo parametrico.

L'analisi delle altre linee guida regionali ha messo in luce alcuni aspetti pratici e alcune osservazioni metodologiche aggiuntive rispetto a quelle redatte dalla Regione Sardegna, e che sono state prese in considerazione nella costruzione del DSS.

Nella tabella inserita all'interno degli Allegati si sintetizzano gli aspetti salienti di ogni linea guida regionale.

Per quanto riguarda esclusivamente le soglie parametriche prese in considerazione dal metodo quantitativo, qui di seguito si sintetizzano le tabelle, i punteggi e le modalità di calcolo dei parametri nelle varie linee guida regionali.

#### **3.4.1 Campania**

Per individuare l'appartenenza di determinati territori alle classi indicate, oltre a tenere conto dei criteri di fruizione del territorio e di pianificazione urbanistica, devono essere prese in considerazione: la densità di popolazione, la densità di

esercizi commerciali e di uffici, la densità di attività artigianali, il volume di traffico presente in zona.

Tali parametri vengono suddivisi in tre classi: bassa, media e alta densità. Se i quattro parametri assumono valori identici la zona apparterrà alla Classe II; se il valore assunto è «bassa densità», alla Classe III se il valore assunto è «media densità», alla Classe IV se il valore assunto è «alta densità».

I parametri medesimi, da valere quali valori medi comunali, assumono:

- valore 1 per la «bassa densità»;
- valore 2 per la «media densità»;
- valore 3 per «l'alta densità».

L'assenza di esercizi commerciali o uffici, di attività artigianali o di traffico veicolare, farà assumere ai relativi parametri valore 0.

Pertanto tutte le zone nelle quali la somma dei valori è compresa fra 1 e 4 vengono definite di Classe II, quelle nelle quali la somma dei parametri è compresa tra 5 e 8 vengono definite di Classe III e quelle nelle quali è compresa tra 9 e 12 vengono definite di Classe IV. La presenza di piccole industrie determina da sola l'appartenenza del territorio alla Classe IV.

Per quanto concerne la densità abitativa, possono essere considerate aree a bassa densità quelle prevalentemente a villini con non più di tre piani fuori terra, mentre vengono considerate a media densità quelle prevalentemente con palazzine con 4 piani ed attico e ad alta densità quelle prevalentemente con edifici di tipo intensivo con più di cinque piani.

Le aree rurali caratterizzate da intensa utilizzazione di macchine agricole operatrici vengono inserite in Classe III. Se l'utilizzazione di macchine agricole operatrici è limitata a pochi giorni dell'anno in concomitanza di particolari operazioni agricole le aree rurali possono essere riportate in Classe II:

Le attività derivanti da insediamenti zootecnici rilevanti o da altri di trasformazione del prodotto agricolo (caseifici, cantine, zuccherifici, ecc.) sono da ritenersi come produttive e quindi la zona relativa deve essere inserita in Classe IV, V oppure VI.

Le aree portuali e le aree circostanti gli aeroporti sono da inserire in Classe IV.

Fanno eccezione i piccoli campi privati per turismo, per attività sportiva, per diporto e analoghe utilizzazioni, che assumono la classificazione del territorio che li comprende.

Le zone con presenza quasi esclusivamente di attività di terziario (poli di uffici pubblici, istituti di credito, quartieri fieristici, ecc.) o commerciali (centri commerciali, ipermercati, ecc.), cioè situazioni caratterizzate da intensa attività umana, ma pressoché prive di presenza abitativa, sono inserite in Classe IV.

Le aree di particolare interesse paesaggistico e turistico potranno essere riportate nella Classe II indipendentemente dai parametri di densità.

Le aree destinate a spettacolo a carattere temporaneo, ovvero mobile, ovvero all'aperto devono essere inserite nelle Classi Vo VI. In particolare ricadranno nella classe VI le aree dove sono previsti, anche a carattere temporaneo.

Parametro	Bassa densità = 1	Media densità = 2	Alta densità = 3
Densità di popolazione	Prevalentemente a villini con non più di 3 piani fuori terra	Prevalentemente con palazzine con 4 piani ed attico	Prevalentemente con edifici di tipo intensivo con più di 5 piani
Densità di edifici commerciali ed uffici	bassa	media	alta
Densità di attività artigianali	bassa	media	alta
Volume di traffico	bassa	media	alta
<b>Totale:</b> Da 0 a 4 -> classe II Da 5 a 8 -> Classe III Da 9 a 12 -> Classe IV			

Tabella 3.15 assegnazione dei punteggi

### 3.4.2 Emilia Romagna

Per l'attribuzione delle classi II, III e IV di cui al DPCM 14/11/97, fermo restando che alle UTO (unità territorialmente omogenee) costituite da aree rurali viene di

norma attribuita la classe III, occorre considerare all'interno delle medesime tre parametri di valutazione:

- la densità di popolazione;
- la densità di attività commerciali;
- la densità di attività produttive.

Per quanto concerne la "densità di popolazione" (D) espressa in abitanti per ettaro, la tabella 3.16 che segue fa riferimento ad intervalli di valori a cui viene associato un punteggio crescente al crescere della densità:

<b>Densità D (ab/ha)</b>	<b>PUNTI</b>
$D \leq 50$	1
$50 < D \leq 75$	1.5
$75 < D \leq 100$	2
$100 < D \leq 150$	2.5
$D > 150$	3

Tabella 3.16: assegnazione di punteggio per densità abitativa

La "densità di attività commerciali" (C), comprensiva delle attività di servizio, viene espressa dalla superficie occupata dall'attività rispetto alla superficie totale della UTO come segue:

<b>SUP. % (C)</b>	<b>PUNTI</b>
$C \leq 1.5$	1
$1.5 < C \leq 10$	2
$C > 10$	3

Tabella 3.17: assegnazione di punteggio per densità attività commerciali

La "densità di attività produttive" (P), inserite nel contesto urbano, viene espressa dalla superficie occupata dall'attività rispetto alla superficie totale della UTO come segue:

<b>SUP. % (P)</b>	<b>PUNTI</b>
$P \leq 0.5$	1
$0.5 < P \leq 5$	2
$P > 5$	3

Tabella 3.18: assegnazione di punteggio per densità di attività produttive

Ciascuna UTO è caratterizzata dai valori assunti dai tre parametri considerati. Risulta possibile quindi classificare le diverse UTO che compongono l'insediamento urbano assegnando a ciascuna un punteggio ottenuto sommando i valori attribuiti ai tre parametri ( $x = D+C+P$ ), così come indicato nella Tabella 3.19 seguente:

<b>Punteggio</b>	<b>CLASSE ACUSTICA ASSEGNATA</b>	
$x \leq 4$	<b>II</b>	
$x = 4.5$	<b>II o III</b>	da valutarsi caso per caso
$5 \leq x \leq 6$	<b>III</b>	
$x = 6.5$	<b>III o IV</b>	da valutarsi caso per caso
$x \geq 7$	<b>IV</b>	

Tabella 3.19: assegnazione delle classi acustiche

### 3.4.3 Lombardia

Per ognuna delle unità acustiche omogenee si individua la collocazione che, in base all'analisi dei valori assunti dal singolo parametro, viene dedotta dalla seguente tabella riassuntiva. Per ognuno dei cinque parametri indicati si trova l'appartenenza per riga dell'area da classificare e si ipotizza la classe da assegnare all'area così come viene indicato nell'ultima colonna.

Classe	Traffico veicolare	Commercio e servizi	Industria e artigianato	Infrastrutture	Densità di popolazione	Corrispondenze
II	Traffico locale	Limitata presenza di attività commerciali	Assenza di attività industriali e artigianali	Assenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali	Bassa densità di popolazione	5 corrispondenze o compatibilità solo con media densità di popolazione
III	Traffico veicolare locale o di attraversamento	Presenza di attività commerciali e uffici	Limitata presenza di attività artigianali e assenza di attività industriali	Assenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali	Media densità di popolazione	Tutti i casi non ricadenti nelle classi II e IV
IV	Intenso traffico veicolare	Elevata presenza di attività commerciali e uffici	Presenza di attività artigianali, limitata presenza di piccole industrie	Presenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali	Alta densità di popolazione	Almeno 3 corrispondenze o presenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali

Tabella 3.20: tabella riassuntiva per la classificazione acustica

### 3.4.4 Marche

La regione marche suggerisce due metodologie differenti.

Metodo non ponderato:

Per quanto riguarda i limiti tra le diverse categorie di traffico, si possono utilizzare quelli riportati nella Tabella 3.21 seguente, ottenuti sulla base di considerazioni sul legame tra volumi di traffico e rumore prodotto:

<b>Categoria di traffico</b>	<b>Volume di traffico medio nel periodo diurno</b>
intenso	>500 veicoli/ora
medio	da 100 a 500 veicoli/ora
locale	fino a 100 veicoli/ora
assente	

Tabella 3.21: suddivisione delle categorie di traffico

Si suppone di conoscere per ogni sezione di censimento delle aree non assegnate alle classi I, V e VI il numero di abitanti, il numero di addetti ad attività del terziario (esercizi commerciali ed uffici pubblici e privati), il numero di addetti ad attività produttive (industriali ed artigianali). Dividendo tali valori per la superficie della sezione di censimento considerata si ricava il valore numerico della densità dei singoli parametri valutativi.

Si determina così il livello di incidenza a cui viene associato un punteggio, come indicato in Tabella 3.22.

<b>Parametri valutativi</b>	<b>Livello di incidenza</b>			
A Densità di popolazione	Nulla	Bassa	Media	Alta
B Densità di attività terziarie (esercizi commerciali, uffici pubblici e privati)	Nulla	Bassa	Media	Alta
C Densità di attività produttive (artigianali e industriali)	Nulla	Bassa	Media	Alta
D Traffico veicolare	Assente	Locale	Medio	Intenso
<b>Punteggio assegnato</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Tabella 3.22: assegnazione dei punteggi parziali



Viene quindi valutato il livello di incidenza del traffico veicolare, a cui viene analogamente associato un punteggio. Infine si valuta l'incidenza totale di tutti i parametri valutativi, sommando i singoli punteggi e sulla base del punteggio totale si assegna la classe acustica, come indicato in Tabella 3.23.

<i><b>Punteggio totale (A + B + C + D)</b></i>	<i><b>Classe acustica</b></i>
Fino a 4	II
da 5 a 8	III
da 9 a 12	IV

Tabella 3.23: assegnazione dei punteggi totali

La procedura sopra delineata, così come del resto ogni altra procedura quantitativa, richiede di disporre di tutti i dati necessari per calcolare i valori dei parametri valutativi. Ha il vantaggio della semplicità nella combinazione dei punteggi, ma presenta diversi svantaggi, come quello di assegnare lo stesso peso all'influenza dei diversi parametri, mentre alcuni di essi (ad esempio le attività produttive ed il traffico) generalmente incidono maggiormente sul clima acustico ambientale. Un altro svantaggio è legato al fatto che la procedura tende a sottostimare la classe acustica da assegnare ad alcune zone particolari. A titolo di esempio si può pensare ad una sezione di censimento interamente occupata da un importante centro commerciale o un ipermercato. L'assenza di residenze e di attività produttive rendono impossibile l'assegnazione in automatico della classe IV (aree di intensa attività umana), che è tipica della zona con tali caratteristiche.

*Metodo Ponderato:*

Una metodologia più complessa ma che elimina gli inconvenienti tipici di quella riportata nell'esempio precedente è la seguente, con la quale vengono preliminarmente individuate quelle sezioni di censimento che, indipendentemente dalla presenza di residenze e dalla influenza del traffico veicolare, possono essere classificate "ad intensa attività umana" per effetto di una presenza particolarmente

elevata di attività produttive, commerciali e terziarie di servizio (uffici pubblici e privati).

A questo scopo si può dapprima assegnare a ciascuna sezione di censimento un indice valutativo ( $I_{\text{produttivo}}$ ) a seconda del valore assunto dalla densità di addetti ad attività industriali ed artigianali, secondo i criteri riportati nella tabella seguente:

<b>Densità di attività artigianali ed industriali</b>	<b>Indice valutativo: <math>I_{\text{produttivo}}</math></b>
<i>Alta</i>	7
Media	3
Bassa	1
<i>Assente</i>	0

Tabella 3.24: assegnazione dell'indicatore produttivo

In modo analogo possono essere assegnati gli indici valutativi  $I_{\text{commercio}}$  e  $I_{\text{servizio}}$ , in funzione, rispettivamente, della densità di esercizi commerciali e di attività di servizio riscontrabili nella sezione di censimento, secondo i criteri riportati nelle tabelle seguenti:

<b>Densità di esercizi commerciali</b>	<b>Indice valutativo: <math>I_{\text{commercio}}</math></b>
<i>Alta</i>	5
Media	2
Bassa	1

Tabella 3.25: assegnazione dell'indicatore commercio

<b>Densità di attività terziarie</b>	<b>Indice valutativo: <math>I_{\text{servizio}}</math></b>
<i>Alta</i>	5
Media	2
Bassa	1

Tabella 3.26: assegnazione dell'indicatore servizio

A questo scopo si può dapprima assegnare un indice valutativo globale ( $I_{\text{attività}}$ ) che descrive l'effetto su tali sezioni di censimento della presenza di attività produttive, commerciali e terziarie, secondo la tabella seguente:

<b>Indice <math>I_{\text{somma}} = I_{\text{produttivo}} + I_{\text{commercio}} + I_{\text{servizio}}</math></b>	<b>Indice <math>I_{\text{attività}}</math> assegnato</b>
$I_{\text{somma}} \geq 7$	CLASSE IV Definitiva
$I_{\text{somma}} = 5 \text{ o } 6$	3
$I_{\text{somma}} = 3 \text{ o } 4$	2
$I_{\text{somma}} = 1 \text{ o } 2$	1
$I_{\text{somma}} = 0$	0

Tabella 3.27: assegnazione complessiva degli indicatori

Successivamente ad ognuna delle rimanenti sezioni di censimento ancora non classificate, viene assegnato un indice valutativo  $I_{\text{popolazione}}$  in funzione della densità abitativa così come riportato nella tabella seguente.

<b>Densità abitativa</b>	<b>Indice valutativo: <math>I_{\text{popolazione}}</math></b>
Alta	3
Media	2
Bassa	1
Assente	0

Tabella 3.28: indicatore di densità abitativa

Infine alle sezioni di censimento con  $I_{\text{attività}} + I_{\text{popolazione}}$  diverso da zero viene assegnato un indice valutativo  $I_{\text{traffico}}$ , per tenere conto dell'effetto acustico del traffico, così come indicato nella tabella seguente.

<b>Categoria di traffico</b>	<b>Indice valutativo <math>I_{\text{traffico}}</math></b>
intenso	4
medio	2
locale	1
assente	0

Tabella 3.29: indice di traffico

A questo punto si può calcolare, per ciascuna sezione di censimento ancora non classificata, l'indice valutativo  $I_{\text{totale}}$ , come somma degli indici valutativi delle attività, della popolazione e del traffico:

<b>Indice valutativo <math>I_{\text{totale}} = I_{\text{popolazione}} + I_{\text{traffico}} + I_{\text{attività}}</math></b>	<b>Classificazione sezione di censimento</b>
$I_{\text{somma}} \geq 7$	classe IV
$I_{\text{popolazione}} + I_{\text{attività}} = 0$	classe II
$8 \leq I_{\text{totale}}$	classe IV
$5 \leq I_{\text{totale}} \leq 7$	classe III
$I_{\text{totale}} \leq 4$	classe II

Tabella 3.30: classificazione finale

### 3.4.5 Puglia

Alla classificazione delle singole zone di territorio comunale preso in considerazione si può giungere attraverso la determinazione di un indice numerico globale pari alla somma dei valori numerici attribuiti agli indici parziali per ciascuno dei parametri considerati, che vengono riportati nella tabella seguente:

valore \ Parametro	Molto bassa (fino al 25° percentile)	Bassa (dal 26° al 50°)	Media (dal 51° al 75°)	Alta (oltre il 76°)
Densità di popolazione (ab/sup.)	0	1	2	3
Densità di attività commerciali (% di superficie occupata o n° esercizi/superficie)	0	1	2	3
Densità uffici (n° di uffici o addetti/superficie)	0	1	2	3
Densità attività artigianali (% di superficie occupata o n° attività artigianali/superficie)	0	1	2	3
Densità traffico veicolare	Molto limitato = 0	Locale = 1	Di attraversamento = 2	Intenso = 3

Tabella 3.31: assegnazione dei punteggi

La zona considerata sarà di classe II, se l'indice totale non supera il valore 5; sarà di classe III, se assume valori compresi tra 5 e 11; sarà di classe IV, se il valore del parametro supera 11.

### 3.4.6 Sicilia e Toscana

Si considerano alla pari le linee guida di queste due regioni in quanto sostanzialmente identiche. La maggiore difficoltà nell'individuazione delle classi omogenee deriva spesso dall'assenza di nette demarcazioni tra aree con differente destinazione d'uso. Da un punto di vista generale occorre ricordare che la classificazione non é mai una semplice fotografia della destinazione d'uso di fatto esistente nelle diverse zone, ma essa deve tendere alla salvaguardia del territorio e della popolazione dall'inquinamento acustico. L'individuazione delle classi II, III e IV va fatta in ogni caso tenendo conto per ciascuna zona dei fattori quali la densità della popolazione, la presenza di attività commerciali ed uffici, la presenza di attività artigianali o di piccole industrie, il volume ed eventualmente la tipologia del traffico veicolare presente, l'esistenza di servizi e di attrezzature. Questi fattori dovranno essere parametrizzati facendo riferimento alla sezione di censimento ISTAT, come unità minima territoriale. Per ciascun parametro vanno definite delle fasce di variabilità. Quindi va fatta l'attribuzione di ciascun parametro, per ciascuna unità territoriale elementare, alla fascia di appartenenza. A tal fine saranno utilizzati degli indici appositamente codificati con le procedure di seguito specificate. In base alla descrizione delle classi II, III e IV del DPCM 14/11/97 si ottiene la seguente tabella 3.32 riassuntiva. Per ogni sezione censuaria da classificare dovrà essere utilizzata la tabella attribuendo l'appartenenza per colonna, individuando poi la classe della sezione per righe come indicato nell'ultima colonna.

Classe	Traffico veicolare	Commercio e servizi	Industria e artigianato	Infrastrutture	Densità di popolazione	Corrispondenze
II	Traffico locale	Limitata presenza di attività commerciali	Assenza di attività industriali e artigianali	Assenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali	Bassa densità di popolazione	5 corrispondenze o compatibilità solo con media densità di popolazione
III	Traffico veicolare locale o di attraversamento	Presenza di attività commerciali e uffici	Limitata presenza di attività artigianali e assenza di attività industriali	Assenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali	Media densità di popolazione	Tutti i casi non ricadenti nelle classi II e IV
IV	Intenso traffico veicolare	Elevata presenza di attività commerciali e uffici	Presenza di attività artigianali, limitata presenza di piccole industrie	Presenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali	Alta densità di popolazione	Almeno 3 corrispondenze o presenza di strade di grande comunicazione, linee ferroviarie, aree portuali

Tabella 3.32: assegnazione delle classi II, III, e IV

Sono fissate le seguenti soglie quantitative per l'indicatore Iatt differenziate per tipologia di attività:

		N° di addetti (add./km <sup>2</sup> )
Densità	Livello	Produttive
Assenza	0	0
Limitata presenza	1	<= 100
Presenza	2	> 100

Tabella 3.33: assegnazione dell'indicatore attività produttive

Il valore soglia fra limitata presenza e presenza (100 ab/kmq) è stato ricavato come valore del 33° percentile.

		N° di addetti (add./km)
Densità	Livello	Terziarie
Limitata presenza	0	<= 100
Presenza	1	100 < ... <= 400
Elevata Presenza	2	> 400

Tabella 3.34: assegnazione dell'indicatore attività terziario

I valori soglia 100 e 400 rappresentano l'arrotondamento dei valori del 33° e del 67° percentile.

Densità	Livello	Ab./ettaro	Ab./km <sup>2</sup>
Bassa densità	0	< 10	<= 1000
Media densità	1	10 < ... <= 50	1000 < ... <= 5000
Alta	2	> 50	> 5000

Tabella 3.35: assegnazione dell'indicatore popolazione

I valori soglia 1000 e 5000 rappresentano l'arrotondamento dei valori del 33° e del 67° percentile. Inoltre si definisce il seguente indice di traffico per ogni sezione censuaria:

$$I_{traf} = \frac{\sum_i n_i p_i}{A_{SEZ}}$$

che tiene conto solo della tipologia  $i$  e del numero  $n_i$  dei tratti di strada che interessano una determinata area censuaria di superficie  $A_{SEZ}$  (km<sup>2</sup>) assegnando, a ciascuna tipologia di strada, un peso  $p_i$  rapportato all'importanza della stessa dal punto di vista del traffico e della rumorosità ed è posto pari a 0 nel caso di traffico

locale, 1 nel caso di Strade urbane di scorrimento e/o di collegamento tra quartieri (strade D e C fino a 1000 v/h), 2 nel caso di Strade extraurbane di attraversamento con traffico molto elevato (B e C oltre 1000 v/h).

Nella tabella seguente si descrive il livello della sezione censuaria in termini di traffico:

Tipo di traffico	Livello	Itraf (km <sup>-2</sup> )
Traffico locale	0	0
Traffico veicolare locale o di attraversamento	1	<= 20
Intenso traffico veicolare	2	> 20

Tabella 3.36: assegnazione dell'indicatore di traffico

Sommando tutti i punteggi ottenuti è possibile stimare l'assegnazione di classe per ogni sezione censuaria:

Risultato della somma PRO+TER+POP+TRAF	Valore da inserire nel campo "ASSEGNAZIONE"
Somma = 0	2 (3 se AGR=1)
Somma = 1 e POP=1	2 (3 se AGR=1)
Somma > 6	4
Somma = 6 e PRO=0 oppure TER=0 oppure POP=0 oppure TRAF=0	4
Negli altri casi	3

Tabella 3.37: assegnazione delle classi acustiche

### 3.4.7 Umbria

Per l'attribuzione delle classi II, III e IV di cui alla Tabella A si considerano i seguenti parametri di valutazione:

- a) la densità di popolazione;
- b) la densità di esercizi commerciali e attività terziarie;
- c) la densità di attività artigianali;
- d) il volume di traffico stradale.

I parametri suddetti vengono valutati secondo criteri che risultino appropriati alle caratteristiche della realtà territoriale da analizzare, in bassa, media, alta densità e possono assumere i pesi indicati nella seguente tabella.

<i>Parametri valutativi</i>	<i>Livello di incidenza</i>			
A Densità di popolazione	Nulla	Bassa (fino a 50 ab/ha)	Media (da 50 a 200 ab/ha)	Alta (oltre 200 ab/ha)
B Densità di attività terziarie (esercizi commerciali, uffici pubblici e privati)	Nulla	Bassa	Media	Alta
C Densità di attività produttive (artigianali e industriali)	Nulla	Bassa	Media	Alta
D Traffico veicolare	Assente	Locale	Medio	Intenso
<i>Punteggio assegnato</i>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Tabella 3.38: valutazione dei criteri

Le zone nelle quali la somma dei pesi di cui al comma 2 è compresa tra 1 e 4 vengono definite di classe II, quelle nelle quali la somma dei pesi è compresa tra 5 e 8 vengono definite di classe III e quelle nelle quali è compresa tra 9 e 12 vengono definite di classe IV, come esemplificato nella tabella seguente:

<i>Punteggio totale (A + B + C + D)</i>	<i>Classe acustica</i>
Fino a 4	II
da 5 a 8	III
da 9 a 12	IV

Tabella 3.39: assegnazione delle classi acustiche



### 3.4.8 Veneto

La descrizione delle diverse zone che compongono il territorio Urbano, viene espresso dal D.P.C.M. 1/3/91 tramite l'utilizzo di quattro parametri di valutazione:

- 1) la tipologia e l'intensità del traffico;
- 2) la densità della popolazione;
- 3) la densità di attività commerciali;
- 4) la densità di attività artigianali.

Premesso che per attività artigianali sono da intendersi le attività artigianali di carattere produttivo, assimilabili sotto molti aspetti alle attività industriali, è possibile classificare le diverse aree che compongono l'insediamento urbano, assegnando ad ogni area presa in considerazione il punteggio corrispondente così come proposto nella seguente tabella (dove i valori di riferimento sono i valori medi per Comune):

<i>Parametri valutativi</i>	<i>Livello di incidenza</i>		
A Densità di popolazione (ab/ha)	Bassa	Media	Alta
B Densità di attività terziarie e commerciali (superficie di vendita/ab)	Limitata presenza	presenza	Elevata presenza
C Densità di attività artigianali (superficie del lotto/ab)	Assenza	Limitata presenza	Presenza
D Traffico veicolare e ferroviario	Locale	Di Attraversamento	Intenso
<i>Punteggio assegnato</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Tabella 3.40: valutazione dei criteri

Una volta attribuito il punteggio, l'attribuzione di classe avviene come per la seguente tabella:

<i>Punteggio totale (A + B + C + D)</i>	<i>Classe acustica</i>
Fino a 4	II
da 5 a 8	III
da 9 a 12	IV

Tabella 3.41: assegnazione delle classi acustiche

### ***3.5 Stato di fatto degli adempimenti alla zonizzazione acustica in Italia e in Sardegna***

La necessità di uno strumento che in automatico possa predisporre una zonizzazione acustica preliminare a livello sovracomunale, si fa ancora più importante in considerazione del fatto che la maggior parte dei Comuni italiani, e soprattutto quelli della Regione Sardegna, risultano inadempienti nella procedura di adozione dei piani di classificazione.

Tale situazione risulta ancora più gravosa se si considera che tutte le attività umane, pubbliche e private, avrebbero dovuto confrontarsi con i limiti di emissione previsti dai piani.

Da una ricerca condotta dall'ANPA<sup>4</sup>, che voleva fotografare lo stato d'attuazione della zonizzazione acustica nei comuni italiani, la situazione non appare incoraggiante.

Tenendo presente che si tratta sempre di risultati parziali, in quanto, ad eccezione della Valle d'Aosta, del Trentino-Alto Adige, del Lazio, del Molise e della Basilicata, le regioni interrogate non avevano trasmesso i dati per tutti i Comuni di loro competenza, nella tabella seguente sono riportati, in valore assoluto e in percentuale rispetto al numero complessivo di Comuni delle varie regioni, i Comuni che avevano elaborato nonché approvato la zonizzazione acustica, quelli che erano in fase di realizzazione e quelli che non l'avevano ancora avviata alla data di Ottobre 2000.

<sup>4</sup> ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi, "1° Rapporto sullo stato di attuazione della zonizzazione acustica dei Comuni italiani. Risultati del primo anno di indagine 1999-2000", RTI CTN\_AGF 5/2000

Regione	Comuni con zonizzazione acustica approvata		Comuni con zonizzazione acustica avviata		Comuni con zonizzazione acustica non avviata	
	n.	%	n.	%	n.	%
Piemonte	25	2,07	22	1,82	694	57,50
Valle d'Aosta	2	2,70	0	-	72	97,30
Lombardia	194	12,55	142	9,18	758	49,03
Trentino-Alto Adige	76	22,42	5	1,47	258	76,11
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>1</i>	<i>0,86</i>	<i>2</i>	<i>1,72</i>	<i>113</i>	<i>97,41</i>
<i>Trento</i>	<i>75</i>	<i>33,63</i>	<i>3</i>	<i>1,35</i>	<i>145</i>	<i>65,02</i>
Veneto	43	7,41	69	11,90	328	56,55
Friuli-Venezia Giulia	4	1,83	10	4,57	112	51,14
Liguria	39	16,60	48	20,43	11	4,68
Emilia-Romagna	28	8,21	42	12,32	195	57,18
Toscana	46	16,03	36	12,54	137	47,74
Umbria	1	1,09	2	2,17	32	34,78
Marche	1	0,41	6	2,44	132	53,66
Lazio	10	2,65	31	8,22	336	89,12
Abruzzo	4	1,31	4	1,31	123	40,33
Molise	0	-	1	0,74	135	99,26
Campania	100	18,15	53	9,62	138	25,05
Puglia	8	3,10	4	1,55	160	62,02
Basilicata	1	0,76	1	0,76	129	98,47
Calabria	/	/	/	/	/	/
Sicilia	2	0,51	5	1,28	133	34,10
Sardegna	1	0,27	0	-	123	32,63
<b>Tot. Italia</b>	<b>585</b>	<b>7,22</b>	<b>481</b>	<b>5,94</b>	<b>4006</b>	<b>49,46</b>

Tabella 3.42: numero di comuni italiani con zonizzazione adottata

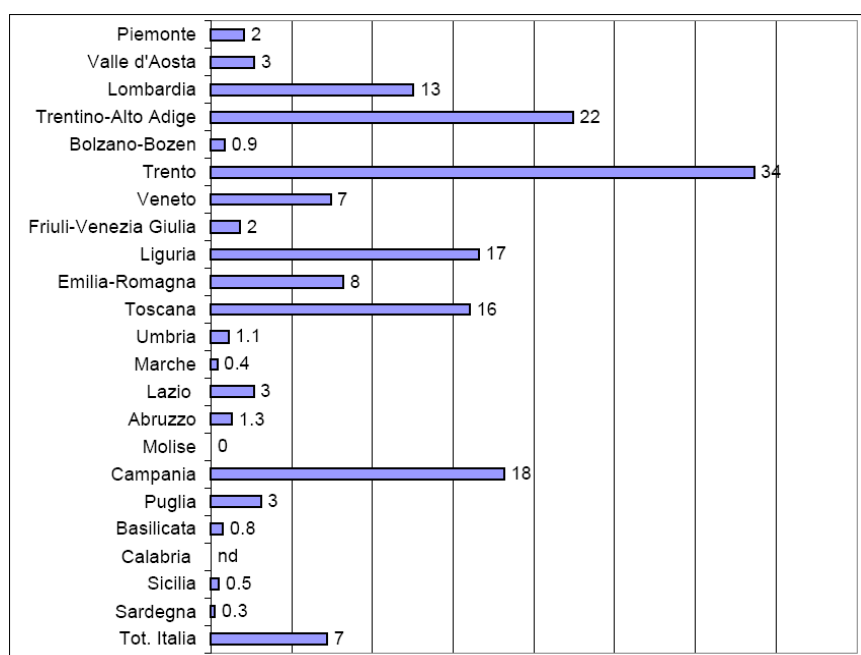


Tabella 3.43: percentuale di comuni italiani con zonizzazione adottata

Dall'esame della tabella 3.42 si può constatare che in Sardegna solo un comune (si tratta del comune di Cagliari), fra quelli che avevano aderito all'indagine, risultava aver approvato un piano di zonizzazione acustica, e nessun comune con iter procedurale già avviato. Nella tabella 3.43 si raffronta il numero di comuni con piano di classificazione approvato in rapporto al numero di comuni totali della Regione. Si osservi come la Sardegna risulti terzultima (dopo Molise e Calabria) per percentuale di comuni a zonizzazione approvata. Considerando i Comuni che hanno realizzato la zonizzazione acustica, si sono quindi calcolate le percentuali di superficie zonizzata rispetto alla superficie regionale totale e di popolazione zonizzata rispetto alla popolazione regionale totale (tabelle 3.44 e 3.45).

Regione	Territorio zonizzato (km <sup>2</sup> )	Territorio totale (km <sup>2</sup> )	% territorio zonizzato	Popolaz. zonizzata (n. ab.)	Popolaz. totale (n. ab.)	% popolaz. zonizzata
Piemonte	555,77	25398,94	2,19	223057	4288051	5,20
Valle d'Aosta	47,62	3263,25	1,46	37328	119993	31,11
Lombardia	2280,00	23860,65	9,56	1298681	9028913	14,38
Trentino-Alto A.	2211,61	13606,86	16,25	193950	929574	20,86
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>40,39</i>	<i>7399,99</i>	<i>0,55</i>	<i>2996</i>	<i>459687</i>	<i>0,65</i>
<i>Trento</i>	<i>2171,22</i>	<i>6206,87</i>	<i>34,98</i>	<i>190954</i>	<i>469887</i>	<i>40,64</i>
Veneto	1441,78	18390,49	7,84	796832	4487560	17,76
Friuli-Venezia G	126,55	7854,97	1,61	33255	1183916	2,81
Liguria	900,54	5420,71	16,61	386314	1632536	23,66
Emilia-Romagna	2095,07	22123,67	9,47	929286	3959770	23,47
Toscana	3260,85	22997,31	14,18	685156	3528563	19,42
Umbria	211,9	8456,04	2,51	107640	832675	12,93
Marche	25,65	9693,53	0,26	45026	1455449	3,09
Lazio	563,32	17206,83	3,27	146477	5255028	2,79
Abruzzo	80,83	10797,87	0,75	128984	1277330	10,10
Molise	0	4437,61	-	0	328980	-
Campania	2133,03	13595,33	15,69	793646	5792580	13,70
Puglia	986,84	19362,20	5,10	369949	4086422	9,05
Basilicata	387,98	9992,27	3,88	56628	607853	9,32
Calabria	/	15080,32	/	/	2064718	/
Sicilia	432,45	25708,02	1,68	68797	5098234	1,35
Sardegna	85,45	24089,89	0,35	167490	1654470	10,12
<b>Tot. Italia</b>	<b>17827,24</b>	<b>301336,76</b>	<b>5,92</b>	<b>6468496</b>	<b>57612615</b>	<b>11,23</b>

Tabella 3.44: superfici regionali di territorio zonizzato

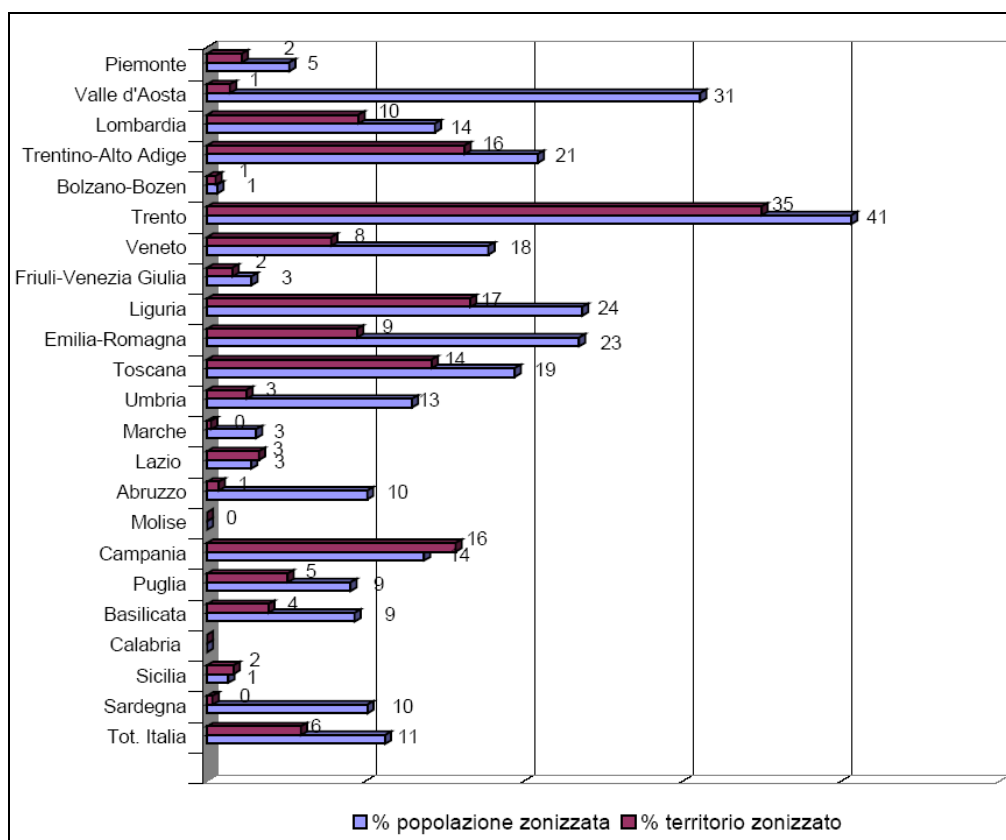


Tabella 3.45: percentuali delle superfici regionali di territorio zonizzato

In particolare, per quanto riguarda la situazione della Provincia di Cagliari, si ribadisce che tutti i comuni, ai sensi della Delibera di Giunta Regionale avrebbero dovuto approvare il piano di classificazione acustica entro:

- 3 marzo 2006 per i Comuni con popolazione inferiore a 10.000 abitanti;
- 3 giugno 2006 per i Comuni con popolazione compresa tra 10.000 e 30.000 abitanti;
- 3 settembre 2006 per i Comuni con popolazione superiore a 30.000 abitanti.

con la possibilità di deroga fino a 6 mesi.

Alla data di Settembre 2005<sup>5</sup>, i comuni che hanno trasmesso la bozza definitiva di zonizzazione acustica sono:

1. Samatzai
2. Segariu
3. Setzu
4. Turri

<sup>5</sup> Dati forniti dalla Provincia di Cagliari – Assessorato Ambiente – Settore Ecologia

## 5. Villanovaforru

Su di un totale di 109 comuni questo significa che a Settembre 2005 risultavano approvati appena il 5,5% dei piani di zonizzazione acustica dei comuni della Provincia di Cagliari.

## 4 Raccolta ed elaborazione dei dati di base

Come di norma prevede la prima fase di classificazione acustica, anche per la costruzione del presente sistema informativo è stata necessaria una raccolta preliminare di tutte quelle informazioni, sia di tipo pianificatorio che socioeconomico, geografico, trasportistico e d'uso del territorio, tali da costituire un archivio di dati per le successive elaborazioni.

L'acquisizione di tali dati ha necessitato l'interfacciamento con enti pubblici di pianificazione e di statistica. Sono stati presi in considerazione:

- Camera di commercio della Provincia di Cagliari: attività artigianali, commerciali, di servizio della Provincia di Cagliari disaggregate per Comune;
- ISTAT: elaborazione "ad hoc" del Censimento della popolazione e delle industrie del 2001 disaggregate per Sezione Censuaria e georeferenziate;
- Provincia di Cagliari – Servizio Pianificazione: dati relativi al Piano di Coordinamento Provinciale 2002;
- Provincia di Cagliari – Servizio Ecologia: dati di inquinamento acustico della Provincia (Progetto Disia) ed altre informazioni;
- Regione Autonoma Sardegna – Assessorato ai trasporti: piano del traffico;
- Dipartimento Ingegneria del Territorio (C.R.I.M.M.): informazioni sui flussi di traffico in ora di punta aggregati sugli archi delle strade provinciali e sulle arterie di intenso traffico;
- Trenitalia e Ferrovie della Sardegna: dati di traffico e tipologie dei treni relativi alle linee ferroviarie;
- Regione Autonoma Sardegna – Assessorato Difesa Ambiente e Urbanistica: carte tematiche relative a parchi naturali ed altre aree protette; Corine Land Cover; Piano paesaggistico regionale, Carte Tecniche Regionali ed Ortofoto;

- Provveditorato agli studi di Cagliari: lista ufficiale di tutti gli istituti di istruzione della Provincia;
- Regione Autonoma Sardegna – Assessorato Sanità: lista ufficiale degli ospedali e case di cura della Provincia.

#### **4.1 Elaborazione dei dati socio-economici**

Sono stati utilizzati i dati della Camera di Commercio della Provincia di Cagliari e i dati ISTAT relativi al censimento della popolazione e dell'industria riferiti al 2001.

L'ISTAT ha inoltre fornito una carta in formato georiferito (Shp) che permettesse di associare i dati socioeconomici alle sezioni censuarie.

Nel corso della ricerca è parso subito conveniente assumere le sezioni censuarie (come elemento contenente dati nella forma più disaggregata) come costituenti l'Unità Acustica Omogenea. Tale scelta è stata supportata anche dalla lettura di diverse linee guida regionali (come anche quella della Regione Sardegna).

I dati ISTAT contenevano, per ogni sezione censuaria della Provincia di Cagliari, i dati relativi alla popolazione residente, ampiezza della superficie, numero di addetti alle attività produttive, industriali, artigianali, suddivisi per codice ATECO (si tratta di un codice a tre cifre per la codifica delle attività economiche normalmente usato dall'ISTAT), superfici coperte (intese come superfici della proiezione sul terreno delle parti edificate fuori terra) suddivise per codice ATECO.

I dati ISTAT che, ad eccezione di quelli relativi alla popolazione residente, non erano georiferiti, sono stati elaborati e successivamente "linkati" alle rispettive sezioni censuarie. I dati degli addetti e delle superfici coperte relativi al censimento dell'industria, inoltre, sono stati aggregati per macrosettori di terziario, produttivo, agricolo, commercio e servizi secondo i codici ATECO di appartenenza, così come indicato nella seguente tabella:

<b>Tipologia di attività</b>	<b>COD_CONV</b>	<b>ATECO</b>
Produttive	PRO	05 – 45
Agricole	AGR	01 e 02
Commercio	COM	50 - 54
Servizi	SER	55 – 99

Tabella 4.1: aggregazione per codici ATECO

Sono stati così ottenuti i seguenti indicatori:

Nome Indicatore (unità di misura)
Densità Residenti (ab/ha)
Densità Addetti attività agricole (n.add/ha)
Densità Addetti attività commerciali (n.add/ha)
Densità Addetti attività produttive (n.add/ha)
Densità Addetti attività di servizio (n.add/ha)
Densità Addetti attività terziarie (n.add/mq)
Densità Superfici agricole (% Superficie)
Densità Superfici commerciali (% Superficie)
Densità Superfici produttive (% Superficie)
Densità Superfici di servizio (% Superficie)
Densità Superfici terziarie (% Superficie)

Tabella 4.2: indicatori costruiti

In Figura 3.48 si mostra la rappresentazione cartografica poligonale delle sezioni censuarie per un comune della Provincia di Cagliari:

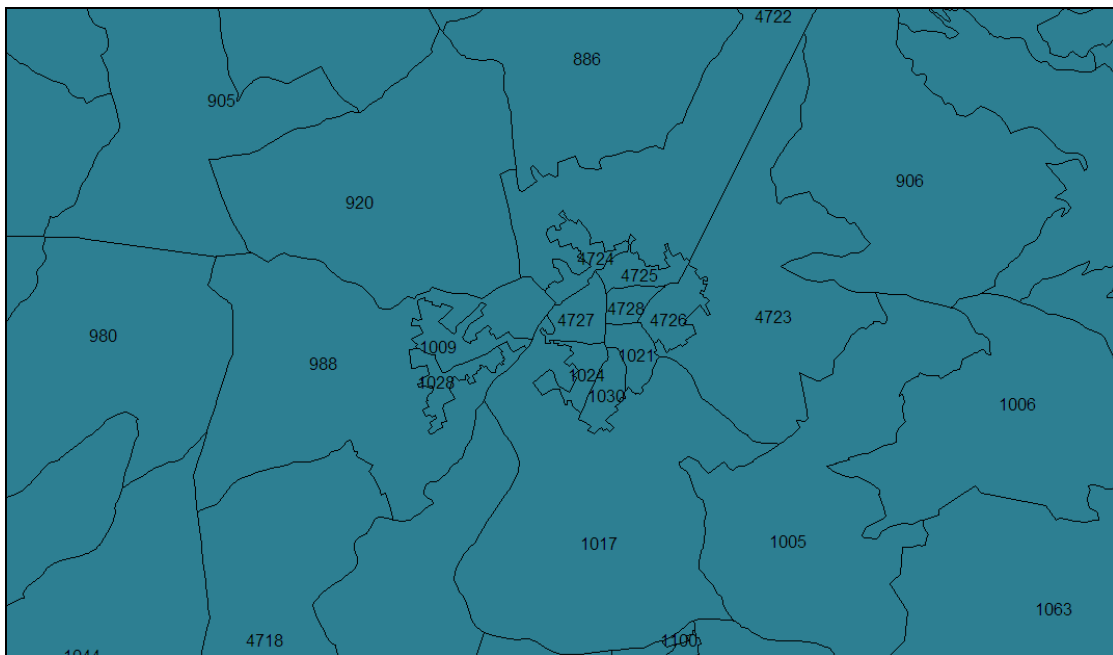


Figura 4.3: rappresentazione cartografica poligonale delle sezioni censuarie

E' facile constatare come all'interno del nucleo urbano le sezioni censuarie si mantengano di ampiezza contenuta mentre all'esterno circoscrivano vaste superfici.



## **4.2 Elaborazione dei dati di pianificazione**

Sono stati inseriti nell'archivio due nuovi tematismi cartografici georiferiti:

- Il mosaico degli strumenti urbanistici del piano di coordinamento provinciale contenente la zonizzazione omogenea (ai sensi del Decreto Floris) di tutti gli strumenti urbanistici dei comuni della provincia, approvati al 2002;
- La cartografia del Piano Paesaggistico Regionale, approvato con Deliberazione della Giunta regionale 36/7 del 5/9/2006, contenente gli elementi dell'assetto insediativo, le componenti di paesaggio, i beni paesaggistici ed i beni identitari ai quali i comuni devono fare riferimento nei loro futuri atti pianificatori.

Tali cartografie sono necessarie in quanto di supporto alle scelte della zonizzazione acustica relative al "metodo qualitativo" che, si ricorda, nasce dalla *"constatazione che la classificazione è pur sempre un atto basato su scelte politico-amministrative e di pianificazione del territorio, da correlare strettamente all'attività urbanistica e ai vincoli economici ed ambientali"*.

Il Sistema informativo in studio, attraverso questo approccio, è capace di integrare insieme il metodo quantitativo discendente dall'elaborazione dei parametri socio-economici visti in precedenza, con il metodo qualitativo supportato dalla cartografia degli strumenti pianificatori. In questo modo, l'utente ha la possibilità di scegliere come gerarchicamente prioritaria l'assegnazione di una sezione censuaria ad una Classe V, ove gli atti pianificatori prevedono, ad esempio, un Piano d'Insediamento Produttivo, nonostante il metodo quantitativo abbia assegnato, per caratteristiche socio-economiche, una Classe III.

In prima analisi, anche sotto suggerimento delle linee guida regionali (della Sardegna e di alcune altre regioni) sono stati inseriti in automatico in Classe I (di massima tutela) i seguenti tematismi:

- Siti di interesse comunitario (SIC) e zone di protezione speciale (ZPS);
- Parchi naturali, Riserve, Oasi naturali, aree di rilevante interesse naturalistico, monumenti naturali;
- I complessi archeologici e storico-architettonici individuati dal Piano territoriale di Coordinamento Provinciale (layer puntuale);

Successivamente si è constatato come tale assegnazione avrebbe comportato il vincolo di massima tutela (Classe I) per vaste porzioni di territorio che, in alcuni casi (come ad esempio nei parchi naturali) comprendeva anche interi nuclei urbani, zone industriali (Classe V o VI) o semplicemente aree agricole (di norma in Classe III per la presenza di macchine operatrici agricole). Per tale motivo si sono demandate tali cartografie al metodo qualitativo e dunque ad una scelta "prioritaria" da parte dell'utente.

### 4.3 Elaborazione dei dati relativi alle infrastrutture di trasporto

Attraverso i dati del Piano del Traffico Regionale (Regione Autonoma Sardegna), la conoscenza del grafo di rete e le informazioni sui flussi di traffico simulati in ora di punta aggregati sugli archi delle strade provinciali e sulle arterie di intenso traffico (Dipartimento Ingegneria del Territorio - C.R.I.M.M.) e i dati di traffico ferroviario (Trenitalia e Ferrovie della Sardegna), si è ottenuto il grafo di rete delle infrastrutture stradali e ferroviarie della Provincia. Ogni arco contiene informazioni sulla lunghezza, tempo di percorrenza stimato, velocità media stimata, flusso di traffico simulato in orario di punta.

Treni circolanti tra le ore 7,00 e le ore 8,00 (ora di punta) nella tratta ferroviaria "Cagliari - Isili" (linee di T.P.L. "Monsezzato - Isili" e "Monsezzato - Cagliari Piazza Repubblica")																						
n°	denominazione treno	origine	partenza	destinazione	arrivo	km percorsi	composizione	lunghezza convoglio [m]														
1	TL 8	Mandas	6,10	Cagliari Largo Gennari	8,06	64,752	Lde + 4 V2d	77,40														
2	AT 6	Mandas	6,00	Cagliari Largo Gennari	7,37	64,752	2 ADe + 1 Rpe (Breda)	54,51														
3	AT 14	Mandas	7,41	Cagliari Largo Gennari	9,18	64,752	1 ADe (Breda)	18,17														
4	AT 3	Cagliari Largo Gennari	6,50	Isili	8,49	76,949	3 ADe + 1 Rpe (TIBB)	67,80														
5	AT 4	Senorbi	6,00	Cagliari Largo Gennari	7,10	46,686	1 ADe (TIBB)	16,95														
6	AT 10	Dolianova	7,42	Cagliari Largo Gennari	8,18	21,452	1 ADe + 1 Rpe (TIBB)	33,90														
7	AT 5	Cagliari Largo Gennari	7,17	Monsezzato	7,31	5,834	1 ADe (TIBB)	16,95														
8	AT 7	Cagliari Largo Gennari	7,45	Monsezzato	7,59	5,834	2 ADe + 1 Rpe (Breda)	54,51														
9	AT 1	Senorbi	7,15	Isili	8,00	30,263	1 ADe + 1 Rpe (Breda)	36,34														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">legenda materiale rotabile utilizzato nella composizione dei treni viaggiatori:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lde</td> <td>= locomotore diesel-elettrico (lunghezza ai respingenti 11000 mm)</td> </tr> <tr> <td>ADe (tipo TIBB)</td> <td>= automotrice diesel-elettrica, costruttore TIBB (lunghezza ai respingenti 16950 mm)</td> </tr> <tr> <td>ADe (tipo Breda)</td> <td>= automotrice diesel-elettrica, costruttore Breda (lunghezza ai respingenti 18170 mm)</td> </tr> <tr> <td>V2d</td> <td>= carrozza (lunghezza ai respingenti 16600 mm)</td> </tr> <tr> <td>RPe (tipo TIBB)</td> <td>= rimorchiata, costruttore TIBB (lunghezza ai respingenti 16950 mm)</td> </tr> <tr> <td>RPe (tipo Breda)</td> <td>= rimorchiata, costruttore Breda (lunghezza ai respingenti 18170 mm)</td> </tr> </tbody> </table>									legenda materiale rotabile utilizzato nella composizione dei treni viaggiatori:		Lde	= locomotore diesel-elettrico (lunghezza ai respingenti 11000 mm)	ADe (tipo TIBB)	= automotrice diesel-elettrica, costruttore TIBB (lunghezza ai respingenti 16950 mm)	ADe (tipo Breda)	= automotrice diesel-elettrica, costruttore Breda (lunghezza ai respingenti 18170 mm)	V2d	= carrozza (lunghezza ai respingenti 16600 mm)	RPe (tipo TIBB)	= rimorchiata, costruttore TIBB (lunghezza ai respingenti 16950 mm)	RPe (tipo Breda)	= rimorchiata, costruttore Breda (lunghezza ai respingenti 18170 mm)
legenda materiale rotabile utilizzato nella composizione dei treni viaggiatori:																						
Lde	= locomotore diesel-elettrico (lunghezza ai respingenti 11000 mm)																					
ADe (tipo TIBB)	= automotrice diesel-elettrica, costruttore TIBB (lunghezza ai respingenti 16950 mm)																					
ADe (tipo Breda)	= automotrice diesel-elettrica, costruttore Breda (lunghezza ai respingenti 18170 mm)																					
V2d	= carrozza (lunghezza ai respingenti 16600 mm)																					
RPe (tipo TIBB)	= rimorchiata, costruttore TIBB (lunghezza ai respingenti 16950 mm)																					
RPe (tipo Breda)	= rimorchiata, costruttore Breda (lunghezza ai respingenti 18170 mm)																					
Per la lunghezza media di un generico treno per la tratta Isili-Cagliari, nell'ambito dell'intera giornata, potrebbe essere considerata quella di 2 ADe (= 33,90 m)																						
La velocità media sull'intera tratta Isili-Cagliari risulta pari a 36 km/h (comprensiva delle soste, vedi treno AT 3), al netto delle soste è di 45,7 km/h.																						
Le velocità massime sono condizionate dall'andamento piano-altimetrico della linea a dalla tipologia dei mezzi di trazione utilizzati per la composizione del treno																						

Tabella 4.4: caratteristiche delle tratte ferroviarie

Nella tabella 3.49 si riportano i dati forniti dalle Ferrovie della Sardegna i quali sono comprensivi anche delle lunghezze dei convogli e delle velocità medie. Tali dati, difatti, sono stati richiesti per l'utilizzo del modulo Citymap di cui si discuterà più avanti.

#### 4.4.1 L'indicatore di traffico

Con la conoscenza del grafo di rete, della tipologia di reti stradali e dei flussi di traffico è stato possibile ottenere, per ogni sezione censuaria, l'indice di traffico, tramite l'algoritmo proposto dalle linee guida della Regione Toscana, e pari a:

$$I_{traf} = \frac{\sum_i n_i P_i}{A_{SEZ}}$$

che tiene conto solo della tipologia  $i$  e del numero  $n_i$  dei tratti di strada che interessano una determinata area censuaria di superficie  $A_{SEZ}$  (km<sup>2</sup>) assegnando, a ciascuna tipologia di strada, un peso  $p_i$  rapportato all'importanza della stessa dal punto di vista del traffico e della rumorosità ed è posto pari a 0 nel caso di traffico locale, 1 nel caso di Strade urbane di scorrimento e/o di collegamento tra quartieri (strade D e C fino a 1000 v/h), 2 nel caso di Strade extraurbane di attraversamento con traffico molto elevato (B e C oltre 1000 v/h).

Tale indice però, ad una attenta analisi, poteva comportare degli evidenti errori di stima del rumore generato dall'attività veicolare o connessa a questa (nel senso che tale indice deve essere capace di calcolare, non meramente il rumore prodotto dagli assi stradali, ma anche quello indotto dalle attività antropiche connesse ad un intenso traffico).

Nell'esempio che segue si hanno due sezioni censuarie di pari ampiezza. La prima è attraversata da due arterie stradali, seppur marginalmente. La seconda è attraversata da una arteria stradale. In blu è rappresentata la strada urbana di scorrimento ed in rosso la strada extraurbana di attraversamento con traffico molto elevato. Benché sia intuitivo come nella seconda sezione censuaria, attraversata per tutta la sua estensione da una arteria ad intenso traffico, il rumore generato dalle attività umane dovrebbe essere superiore alla prima sezione censuaria, attraversata

solo marginalmente, l'indice di traffico della prima sezione risulta pari a 3/2 rispetto alla seconda.

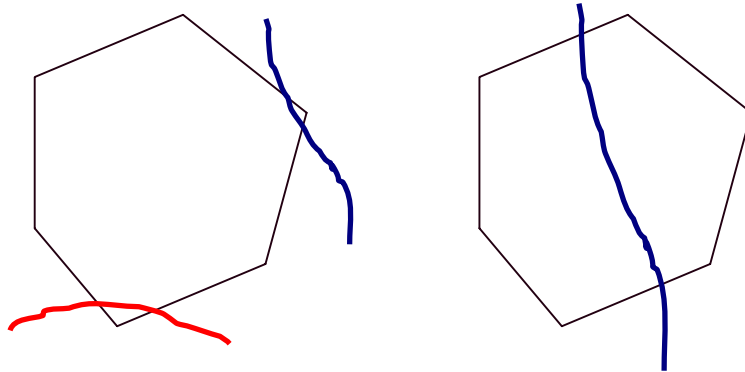


Figura 4.5: confronto dell'indice di traffico fra due sezioni censuarie

Per ovviare a tale inconveniente si è pensato di inserire nell'algoritmo dell'indice di traffico nuove grandezze relative al flusso di traffico insistente sull'arteria considerata (esulando dunque dalla tipologia di arteria stessa) e alla lunghezza dell'arteria contenuta all'interno della sezione stessa (risolvendo dunque il problema della marginalità dei tratti d'arteria).

Per far ciò era necessario che, dimensionalmente, l'indice di traffico rappresentasse il rapporto fra due superfici: al denominatore la superficie della sezione censuaria, e al numeratore la "superficie d'impatto acustico".

Tale superficie d'impatto rappresenta quella superficie nella quale, per effetto del traffico agente sulla arteria, è possibile misurare un livello di pressione sonora non inferiore ad X.

Essendo l'indice di traffico un indice di confronto "relativo", il valore di X non influenza sul calcolo e può essere preso, convenzionalmente, pari a 55,5 dB(A).

Per ottenere la superficie d'impatto acustico si è fatto riferimento alla Formula di Burgess, la quale viene utilizzata per calcolare il livello di pressione sonora di una arteria stradale ad una distanza data d a partire dalla conoscenza del flusso veicolare:

$$\text{Leq (dBA)} = 55,5 + 10,2 \text{ Log}_{10} Q + 0,3 p - 19,3 \text{ Log}_{10} d$$

dove  $Q$  è il numero totale di veicoli all'ora (leggeri e pesanti),  $p$  è la percentuale di veicoli pesanti (che in tale algoritmo vengono trascurati),  $d$  è la distanza tra la posizione di misura e il centro di flusso della carreggiata più vicina al microfono. In figura è rappresentata la superficie d'impatto acustico.

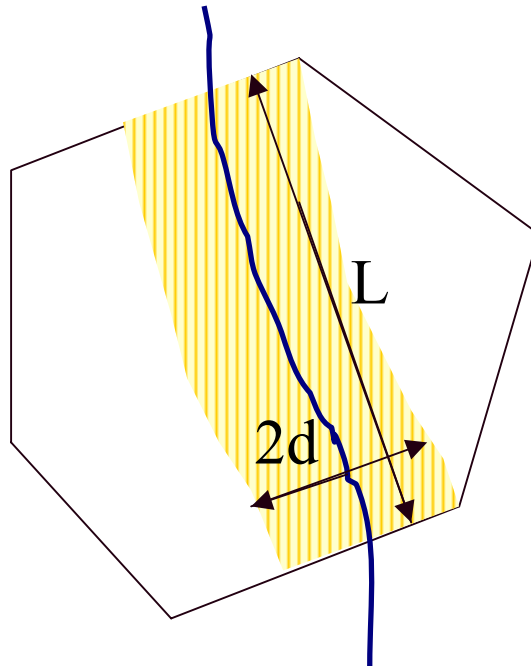


Figura 4.6: rappresentazione della superficie di impatto acustico

Esplicitando la formula per ottenere  $d$  si ottiene la larghezza complessiva della superficie d'impatto acustico, la quale, a meno di un coefficiente di proporzionalità, è pari a  $Q_i^{0,528}$ .

Il nuovo indice di traffico modificato sarà dunque:

$$I_{traf} = \frac{\sum_i l_i Q_i^{0,528}}{A_{SEZ}}$$

Attraverso tecniche GIS si è calcolato il valore di tale indice per tutte le sezioni censuarie della Provincia.

#### 4.4 Censimento dei ricettori sensibili

Si è reso necessario individuare tutte le strutture ospedaliere, case di cura ed istituti d'istruzione in quanto considerati, per le linee guida regionali, ricettori sensibili e quindi classificati in automatico in Classe I (I-A gli ospedali e I-B le scuole).

E' stata considerata la lista ufficiale di tutti gli ospedali pubblici e delle case di cura private della Provincia di Cagliari pubblicata dall'Assessorato regionale alla sanità.

Azienda USL	Codice Istituto	Denominazione	Indirizzo	CAP	Comune	Prov.	Telefono	Fax
ASL n. 6 di Sanluri	20003400	OSPEDALE N.S.BONARIA	VIA ROMA	09037	SAN GAVINO MONREALE	CA	070 93841	070 9378291
ASL n. 7 di Carbonia	20002800	OSPEDALE SIRAI	LOC. SIRAI	09013	CARBONIA	CA	0781 6681	0781 63323
	20002900	OSPEDALE S.BARBARA	VIA SAN LEONARDO I	09016	IGLESIAS	CA	0781 3921	0781 3922662
	20003000	C.T.O.	VIA CATTANEO 52	09016	IGLESIAS	CA	0781 3922731	0781 3922662
	20003300	OSPEDALE PEDIATRICO F.LLI CROBU	LOC. CANONICA	09016	IGLESIAS	CA	0781 3922400	0781 3922538
ASL n. 8 di Cagliari	20002200	OSPEDALE S. GIUSEPPE	VIA EMILIA 1	08033	ISILI	CA	0782 820200	0782 802386
	20002400	OSPEDALE S.GIOVANNI DI DIO	VIA OSPEDALE 46	09124	CAGLIARI	CA	070 6092343	070 6092344
	20002500	OSPEDALE BINAGHI	VIA IS GUADAZZONIS	09126	CAGLIARI	CA	070 6093076	070 6093077
	20002600	OSPEDALE MARINO	VIALE POETTO	09126	CAGLIARI	CA	070 6094454	070 6094461
	20003100	OSPEDALE SS. TRINITA'	VIA IS MIRRIONIS 92	09121	CAGLIARI	CA	070 6095768	070 6095903
	20003500	OSPEDALE S.MARCELLINO	VIALE RINASCITA	09043	MURAVERA	CA	070 6097712	070 6097740
	20003600	OSPEDALE ONCOLOGICO BUSINCO	VIA JENNER	09121	CAGLIARI	CA	070 6095365	070 521350
	20003800	OSPEDALE MICROCITEMICO	VIA JENNER	09121	CAGLIARI	CA	070 6095528	070 503716
	20003900	CASA DI CURA LAY	VIALE FRA'IGNAZIO DA LACONI 34	09123	CAGLIARI	CA	070 604261	070 60426220
	20004000	CASA DI CURA S. ANNA	VIA LA VEGA 9	09127	CAGLIARI	CA	070 497151	070 497153
	20004100	CASA DI CURA CITTA' DI QUARTU	VIA SILESU	09045	QUARTU SANTELENA	CA	070 810116	070 822481
	20004200	CASA DI CURA S. ANTONIO	VIA CHIRONI, 3	09125	CAGLIARI	CA	070 34941	070 301318
	20004400	CASA DI CURA VILLA ELENA	VIA DANTE 133	9134	CAGLIARI	CA	070 494891	070 494893
	20004500	NUOVA CASA DI CURA DECIMOMANNU	VIA DELLE AIE	09033	DECIMOMANNU	CA	070 9660090	070 9660096
	20004600	CASA DI CURA S.SALVATORE	VIA SCANO 85	09129	CAGLIARI	CA	070 492224	070 496641
	20004700	CASA DI CURA VILLA VERDE	VIALE LUIGI MERELLO 76	09123	CAGLIARI	CA	070 276641	070 272493
	20004800	CASA DI CURA MARIA AUSILIATRICE	VIA SAN GIOVANNI BOSCO 3	09127	CAGLIARI	CA	070 660121	070 653182
	20005500	CASA DI CURA POLISPECIALISTICA SANTELENA	VIALE MARCONI 160	09045	QUARTU SANTELENA	CA	070 86051	070 837391
	20090200	POLICLINICO UNIVERSITARIO	CITTADELLA UNIVERSITARIA	09042	MONSERRATO	CA	070 51091	070 510245
	20090300	I.N.R.C.A.	VIA DELLE CICALI	09134	PIRRI-CAGLIARI	CA	070 55991	070 502204
	20090400	AZIENDA OSPEDALIERA BROTZU	VIA PERETTI	09134	CAGLIARI	CA	070 5391	070 539453

Tabella 4.7: lista delle strutture ospedaliere e case di cura

Ogni singolo poligono rappresentativo di una struttura sanitaria è stato georeferenziato anche con l'ausilio di carte tecniche regionali, foto aeree e sopralluoghi in situ. Ad ogni poligono così creato sono state associate informazioni

relative a: denominazione, indirizzo, Comune di appartenenza, e azienda ASL di competenza. In figura 4.8 è rappresentato un esempio del layer così creato:

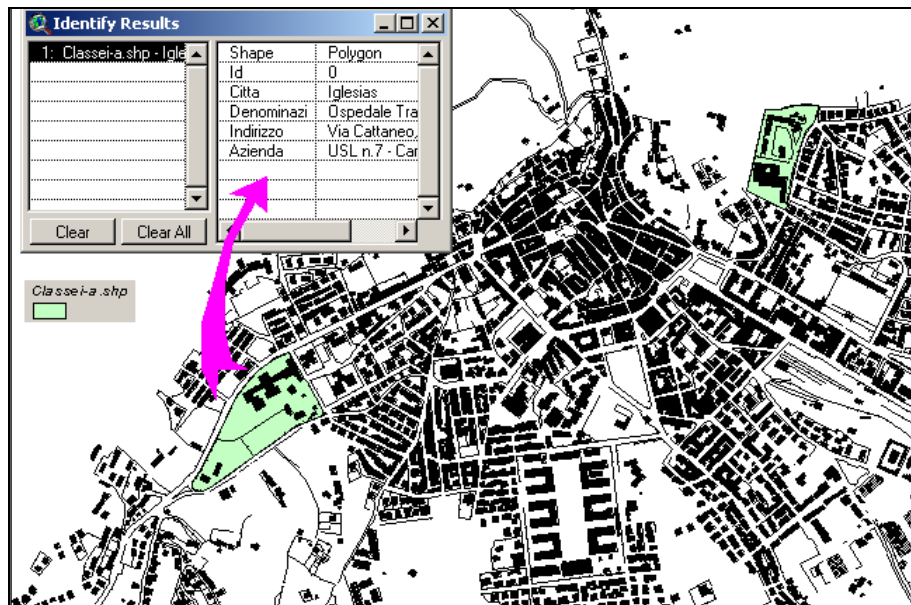


Figura 4.8: processo di georeferenziazione delle strutture ospedaliere

Per quanto riguarda le aree adibite all'istruzione sono stati archiviati tutti gli istituti d'istruzione (dalle scuole materne agli istituti superiori) risultanti dalla lista ufficiale ricevuta dal Provveditorato agli studi della Provincia di Cagliari e da quelli pubblicati sulle Pagine Gialle e Pagine Bianche (circa 1000 istituti in totale). Di questi, sono stati georeferenziati, attraverso un tematismo puntuale, solo quegli istituti (circa 500) per i quali era individuabile un preciso indirizzo comprensivo di numero civico.

La georeferenziazione è avvenuta tramite la consultazione delle ortofoto e con l'ausilio dei più comuni navigatori stradali consultabili on-line, fra i quali, ad esempio, sono risultati più efficaci Vai-Michelin© e NavTeq©, i quali, attraverso il processo di "segmentazione dinamica", erano in grado di localizzare con discreta precisione la via ed il numero civico dell'indirizzo richiesto.

E' stato inoltre aggiunto un layer contenente tutti i poligoni rappresentativi delle zone adibite a servizi scolastici ( $S_3$ ) nei relativi Piani Urbanistici Comunali (laddove vigenti prima del 2002).

#### **4.5 Censimento delle strutture aeroportuali civili e militari**

Nonostante non sia esplicita competenza della zonizzazione acustica occuparsi del rumore generato dalle strutture aeroportuali civili (vedasi par. 3.1.5) e militari<sup>6</sup>, l'assegnazione delle classi dovrà essere applicata alle aree in prossimità degli aeroporti tenendo conto della pressione antropica generata dalla presenza delle infrastrutture (traffico, presenza di esercizi commerciali, ecc.), e prevedendo una "saldatura" tra la zonizzazione delle aree limitrofe all'infrastruttura e quella del territorio circostante.





<b>Aeroporto</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Foto</b>
Aeroporto Militare "G. Farina" - 09033 Decimomannu (CA)	Aeroporto militare	
Aeroporto Mario Mameli - Via dei Trasvolatori snc - 09030 Elmas (CA)	Aeroporto civile/militare	
Poligono Interforze - Salto di Quirra - 09043 Muravera (CA)	Aeroporto militare	
Poligono militare permanente NATO - Capo Teulada - 09019 Teulada (CA)	Aeroporto militare	

Tabella 4.9: lista delle strutture aeroportuali della provincia

<sup>6</sup> Il contenimento acustico nelle aree esclusivamente interessate da installazioni militari è definito, ai sensi dell'art. 11, comma 3 della Legge 447/95, mediante specifici accordi, dai comitati misti paritetici di cui all'art. 3 della Legge 898/76



Per tale motivo è stato necessario effettuare un censimento degli aeroporti civili e militari della Provincia, stimando, oltretutto, le rotte aeree effettuate ed i flussi stimati per gli aeromobili (dati utili per i modelli di stima del rumore aeroportuale che si vedranno in seguito).

La georeferenziazione delle strutture aeroportuali è avvenuta anche tramite l'analisi delle carte tecniche regionali e delle ortofoto.

#### **4.6 Georeferenziazione dei punti di campionamento**

Sono stati georeferiti su GIS tutti i punti di campionamento ufficiali effettuati dalla Provincia di Cagliari dal 1998 al 2003. Si tratta di circa 35 misure effettuate a Cagliari, 15 misure effettuate nei comuni dell'area metropolitana: Assemmini, Elmas, Maracalagonis, Monserrato, Quartucciu, Quartu S. Elena, Selargius, Sestu e Settimo San Pietro, più nuovi campionamenti effettuati nel Comune di Cagliari (5 misurazioni), nel Comune di Quartu (5 misurazioni) e nel Comune di Elmas (3 misurazioni).

Attraverso un hyperlink creato ad hoc in linguaggio Avenue, è possibile accedere dal GIS alle informazioni relative ad ogni campionamento. Inoltre, i dati settimanali misurati, confrontati con le classi d'appartenenza di zona, hanno potuto dare un primo indice della sofferenza acustica dei residenti.

<b>Comune</b>	<b>Indirizzo</b>	<b>Leq (A) Diurno</b>	<b>Leq (A) Notturmo</b>
Cagliari	Via Paoli	65,50	61,10
Cagliari	Viale Ciusa	72,00	75,90
Cagliari	Via Roma	70,00	65,60
Cagliari	Piazza San Benedetto	66,70	61,10
Cagliari	Viale San Vincenzo	69,90	63,70
Quartu S.Elena	Viale Colombo	63,50	58,40
Quartu S.Elena	Pitz'e Serra - Via Inghilterra	61,60	54,40
Quartu S.Elena	Via Eligio Porcu - Municipio	59,10	55,20
Quartu S.Elena	Via Giotto - Via Cagliari	67,90	60,90
Quartu S.Elena	Via della Musica - p.zza S.Stef	60,10	52,40
Elmas	Gilli Acquas	70,80	64,70
Elmas	Palasport	69,20	66,40
Elmas	Ludoteca	65,20	64,90
Cagliari	Via goito 17	56,70	48,60
Elmas	Via del Prete 12	58,30	53,40
Cagliari	Viale Poetto 28	67,70	65,10
Cagliari	Via Is mirrionis 155	71,80	65,20

Cagliari	Via Cadello	70,60	64,90
Cagliari	Via Dante 200	68,90	63,30
Cagliari	Via Peretti 2	65,00	56,20
Cagliari	Piazza Deffenu 9	68,50	62,40
Cagliari	Piazza Repubblica - Via Deledda	71,50	65,10
Elmas	Via Missori 8	76,50	65,90
Cagliari	Viale Trieste 190	71,20	64,80
Cagliari	Via Lungo Saline 1	68,80	65,20
Cagliari	piazza Garibaldi 17	71,00	65,00
Cagliari	Viale Diaz 72	71,10	65,50
Cagliari	Via Roma 121	72,60	68,00
Cagliari	Viale Ciusa 13	71,60	65,00
Cagliari	Via Monte Sabotino - p.zza S.Avend	69,70	63,10
Cagliari	Via Scano 80	70,90	65,00
Cagliari	Via Marconi 59	69,20	66,60
Cagliari	Via San Benedetto 31	72,80	69,40
Cagliari	Piazza italia	71,70	65,70
Assemini	Via Carmine	72,70	67,20
Cagliari	Via San Giorgio	61,40	56,40
Cagliari	Via Don Bosco	65,60	56,30
Cagliari	Via La Vega 3	77,50	70,70
Quartu S.Elena	Viale Marconi	70,70	64,80
Quartu S.Elena	Viale Colombo	73,50	67,40
Quartu S.Elena	Via Merello	71,10	63,30
Quartu S.Elena	Via Merello - via marconi	77,10	68,80
Monsezzato	Via Zuddas - Via Riu Mortu	69,10	62,10
Cagliari	Corso Vitt. Emanuele	70,10	60,80
Quartucciu	Via Nazionale	69,80	62,00
Selargius	Via San martino	67,20	59,60
Cagliari	Via Castiglione	74,00	68,10
Cagliari	Via Parigi	65,50	57,10
Cagliari	Via Curie	65,90	58,00
Selargius	Via istria	70,30	64,60
Cagliari	Via Palestrina	68,00	61,40
Settimo S.P.	Via San Salvatore	73,70	67,90
Maracalagonis	Via Carducci	66,90	59,10
Sestu	Via Monsezzato	66,60	57,70
Cagliari	Via Piero della Francesca	68,70	60,10
Cagliari	Via Cornalias	70,70	63,20
Cagliari	Vico trieste	63,30	56,00
Cagliari	Viale Merello	70,70	63,60
Cagliari	Via mincio	63,50	57,10
Cagliari	Via Chironi	63,10	52,40
Cagliari	Via Dell'oleandro	61,60	54,00
Cagliari	Piazza Costituzione	73,30	66,40
Quartu S.Elena	Via Pitz'e Serra	65,60	56,50

Tabella 4.10 lista dei punti di campionamento

## **4.7 Utilizzo del suolo**

Notevole importanza ha costituito l'inserimento del tematismo Corine Land Cover alla scala di dettaglio di 1:25.000.

Difatti, mentre l'assegnazione delle classi acustiche con il metodo parametrico risultava coerente con le attività antropiche all'interno del nucleo urbano, tale assegnazione poteva portare a gravi errori per l'area vasta esterna all'edificato in quanto gli indicatori usati non risultavano più rappresentativi.

Per tale motivo, al di fuori dell'abitato, il metodo parametrico viene "affiancato" all'assegnazione per uso del suolo effettuata con Corine Land Cover. L'utente potrà decidere, di volta in volta, a quale dei due sistemi dare la priorità.

In condizioni di "default" il tematismo ricavato da corine Land Cover assegna la Classe I a tutte le zone boscate (codice 3.1), la Classe V o VI alle zone industriali (codici 1.2 e 1.3), la Classe III alle zone agricole (codice 2).

## **5 Il Digita Noise Dss**

Tutti i dati citati nel precedente capitolo, una volta archiviati, elaborati e strutturati correttamente, sono stati inseriti all'interno di differenti databases legati da relazioni. Tali databases, dialoganti fra loro e con il Sistema Informativo Territoriale, insieme ad una serie di pacchetti software di modellizzazione del rumore, sono andati a costituire il Digita Noise Decision Support System

### **5.1 Cosa è un DSS**

Un **Decision Support System** (DSS) è un sistema di supporto ai decisori, che permette di aumentare l'efficacia dell'analisi in quanto aumenta il numero di alternative verificabili e informazioni da processare.

Si appoggia a dati in un database o una base di conoscenza, che aiutano l'utilizzatore a decidere meglio; non è solo un'applicazione informatica, perché fornisce un insieme organizzato di strumenti con cui è possibile definire un modello (struttura) ad una parte del problema decisionale, permettendo di migliorare l'efficacia complessiva della decisione.



Figura 5.1: portale principale del DSS Digita Noise

## 5.2 Architettura del sistema

La struttura concettuale del sistema Digita Noise DSS è basata sul modello DPSIR, dove i Determinanti sono le attività antropiche (agricoltura, industria, trasporti), le Pressioni sono le emissioni acustiche, lo Stato è identificato con i campionamenti acustici, gli Impatti sono definiti dalle carte di sofferenza acustica e le Risposte sono gli atti pianificatori (compresa la stessa zonizzazione acustica provinciale) e le misure di mitigazione (es. barriere antirumore).

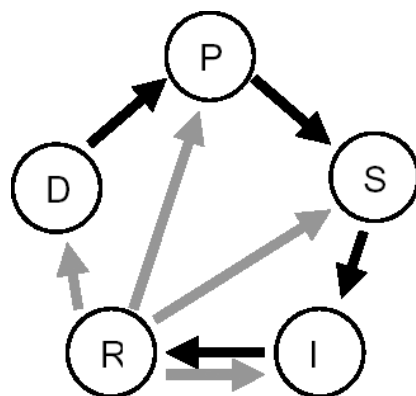


Figura 5.2: schema del modello DPSIR

L'architettura del Digita Noise, sviluppata in ambiente Access®, prevede una serie di cartelle che possono essere selezionate ed esplorate indipendentemente l'una dall'altra ed in maniera non ordinata. Le scelte dell'utente su di una cartella potrebbero, comunque, influenzare i risultati nelle cartelle successive.

Le cartelle ricorrono, talvolta, all'uso di un *insieme organizzato di strumenti*, fra i quali, ad esempio, modelli di scelta Fuzzy, Sistemi Informativi Territoriali, modelli di supporto decisionale, modelli revisionali del rumore.

Tutti gli strumenti software interni al DSS, ad eccezione del modello GIS<sup>7</sup>, sono stati forniti gratuitamente da enti di ricerca o enti governativi in maniera completamente gratuita. Il DSS può dunque essere installato in qualunque elaboratore senza alcun costo né licenza.

Di seguito viene rappresentata l'architettura del sistema nella quale le "cartelle" sono rappresentate da solidi a base rettangolare e gli "strumenti software" da solidi a base triangolare. Sono inoltre indicate le relazioni fra i moduli. Si noti che tutti gli strumenti e le cartelle hanno un'influenza sul Sistema Informativo Territoriale.

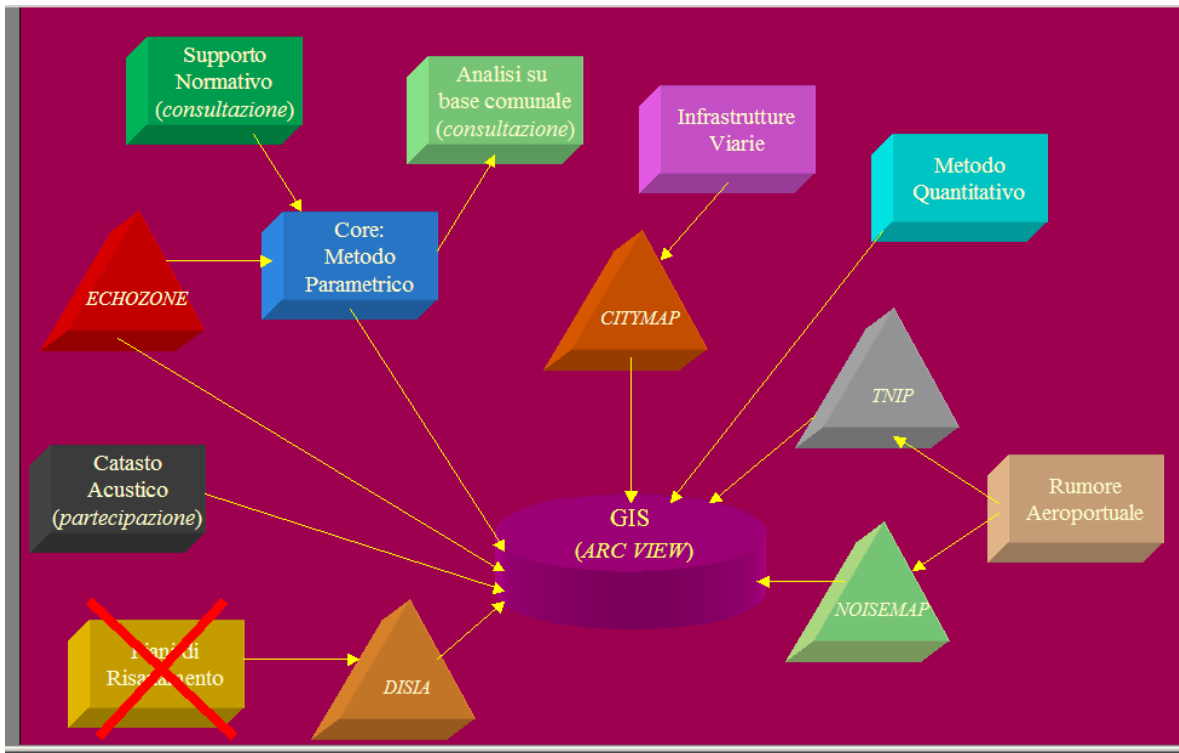


Figura 5.3: architettura del DSS

<sup>7</sup> Il Digita noise DSS si avvale del programma GIS ArcView 3.x della ESRI®, il quale richiede una licenza. Se si vuole utilizzare uno strumento GIS alternativo e completamente gratuito si visiti il sito <http://www.grass.itc.it/>

## 5.3 Il “Metodo Parametrico”

Il Metodo parametrico (o quantitativo) rappresenta il nucleo principale della struttura del Digita Noise.

Figura 5.4: interfaccia grafica del “metodo parametrico”

All'interno della cartella è possibile indicare a quali indicatori socio-economici dovrà fare riferimento il modello. Si dovranno scegliere un massimo di 4 parametri (il quarto parametro è evidenziato in rosso in quanto non previsto dalle linee guida della Regione Sardegna) sui 13 disponibili (i parametri disponibili sono gli 11 indicati nel paragrafo 4.1 e, in aggiunta, l'indice di traffico e l'indice di traffico modificato). Si dovranno inoltre scegliere le soglie di assegnazione ed i punteggi parziali per ogni parametro e le soglie di assegnazione di classe finali. In default vengono visualizzati le soglie ed i punteggi indicati dalla Delibera di Giunta Regionale. Un tasto di report fornisce il numero di sezioni censuarie assegnate e la superficie complessiva per classe acustica.

Le impostazioni decise dall'utente hanno influenza diretta sulla cartografia del Sistema Informativo Territoriale.

L'utente ha inoltre l'opportunità di utilizzare un metodo parametrico sulle attività rumorose non contemplato dalla normativa esaminata. Tale metodo permette di

assegnare, per ogni attività sul territorio codificata dal proprio codice ATECO, un grado di rumorosità convenzionale da 1 a 5. A titolo indicativo è stata considerata silenziosa (Classe di rumorosità pari ad 1) l'attività ATECO 925 relativa ad "Attività di biblioteche, archivi, musei" e, molto rumorosa (Classe di rumorosità pari a 5) l'attività ATECO 111 relativa ad "Estrazione di petrolio greggio". Il grado di rumorosità viene successivamente "pesato" dal numero di addetti presenti nella sezione censuaria per l'attività specificata.

### 5.3.1 Echozone

Nel caso che l'utente decida di personalizzare i valori di soglia ed i punteggi da attribuire alle classi, si può avvalere dello strumento software Echozone predisposto dalla Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

In particolare tale strumento risulta importante in quanto è in grado di assegnare ogni sezione censuaria ad una specifica classe in base a due metodologie distinte:

**Metodo Fuzzy:** Il metodo fuzzy fa uso di un formalismo matematico detto appunto logica fuzzy, molto usato nel campo dell'intelligenza artificiale e dei sistemi esperti, che ben si presta a gestire situazioni di incertezza. L'obiettivo è quello di ridurre il numero di casi da esaminare, troppo elevato nel caso del metodo esaustivo, operando con un metodo probabilistico.

Anziché esaminare ogni possibile combinazione di classi elementari, il metodo fuzzy prende in considerazione le singole classi elementari, in modo isolato, e chiede all'operatore di indicare con quale probabilità (o fattore di certezza, espresso come numero compreso tra 0 e 100) ciascuna di esse può essere associata alle diverse zone acustiche prese in considerazione.

Se le classi elementari sono in tutto 20 (5 categorie con 4 classi ciascuna), l'operatore deve esaminare 20 casi e, per ciascuno di essi, esprimere tanti fattori di certezza quante sono le zone acustiche. Per esempio, nel caso della classe Molto popolata, l'operatore potrebbe decidere che con probabilità 50 si tratta di "Area di intensa attività umana" (classe IV), con probabilità 40 si tratta di "Area di tipo misto" (classe III) e con probabilità 10 si tratta di "Area prevalentemente residenziale" (classe II).

Una volta definiti tutti i fattori di certezza, il programma li elabora formulando una proposta di assegnazione di zona acustica per ogni unità territoriale, proposta che l'operatore può accettare o modificare liberamente. Essendo la proposta elaborata dal programma utilizzando un metodo probabilistico, esso fornisce una stima della bontà della sua previsione, in modo che l'operatore possa accettare quelle proposte di assegnazione che presentano un elevato fattore di certezza e riesaminare invece quelle proposte che risultano più incerte.

Questo metodo riduce drasticamente il numero di casi che devono essere esaminati; per contro introduce una certa dose di "rischio", in quanto la bontà del risultato finale è strettamente legata ai fattori di certezza che sono stati forniti al programma e, quindi, è richiesta una maggiore attenzione nella formulazione di tali fattori ed un'ottima conoscenza del territorio che si sta zonizzando.

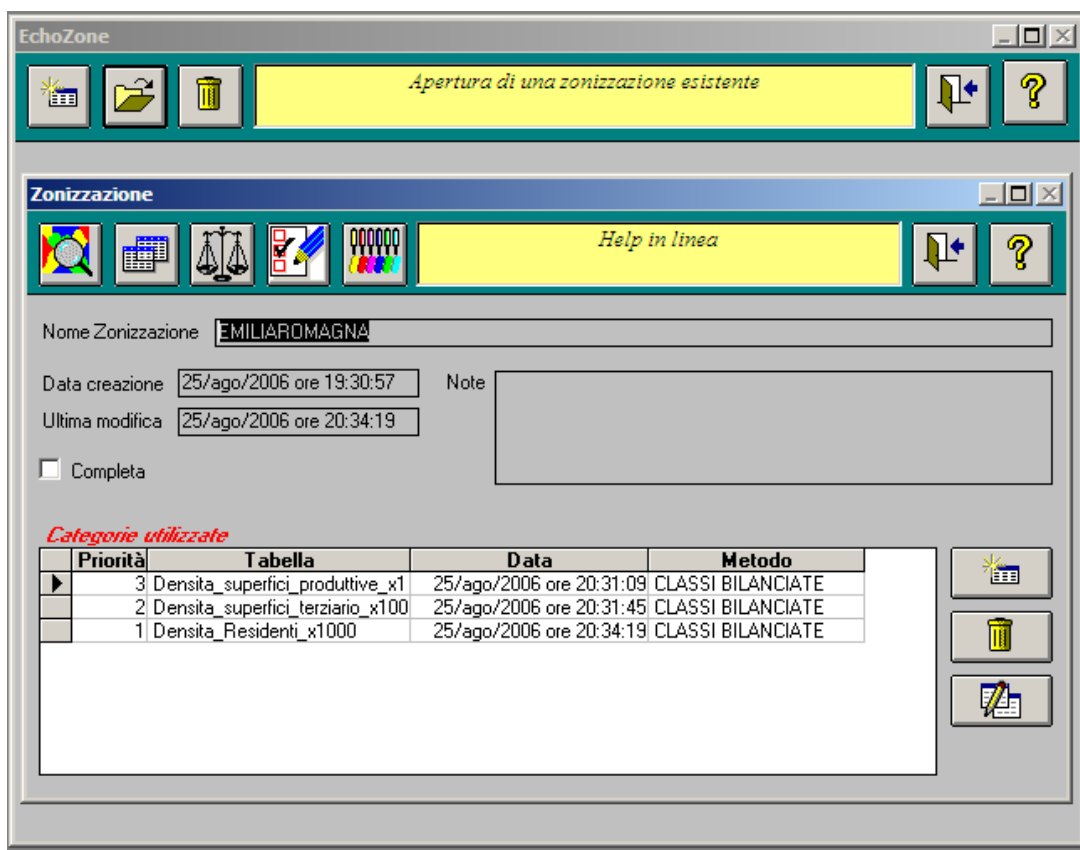


Figura 5.5: interfaccia grafica di Echozone

**Metodo ad unità territoriali bilanciate:** Il metodo a unità territoriali bilanciate consiste nello stabilire a priori la percentuale di unità territoriali, tra quelle selezionate dall'operatore nell'apposita tabella visualizzata nella parte inferiore della



scheda, che deve ricadere in ogni classe definita per ogni singola categoria. Tale metodo risulta molto interessante in quanto è possibile “bilanciare” il numero di sezioni censuarie che, a priori, si vuole siano inserite in una determinata classe. A tale proposito si ricorda che alcune delle linee guida regionali viste in precedenza (es. toscana) richiedono di individuare i valori di soglia di attribuzione delle classi, in base a 33° (classe bassa), 67° (classe moderata) e 100° percentile (classe alta).

## 5.4 Analisi per comune

La “Cartella – Analisi Comunale” fornisce una scheda riepilogativa di sola consultazione. Selezionando uno dei comuni della provincia, verranno visualizzati:

- una mappa della zonizzazione acustica ottenuta in modalità “default”;
- la lista e l’indirizzo dei “ricettori sensibili – ospedali o case di cura” presenti nel comune selezionato con associata una foto satellitare degli stessi;
- la lista, l’indirizzo, la tipologia, il numero di alunni dei “ricettori sensibili – scuole” presenti nel comune selezionato;
- la possibilità di individuare, per ogni sezione censuaria, la classe acustica d’appartenenza della stessa, le attività ATECO ed il numero di addetti;

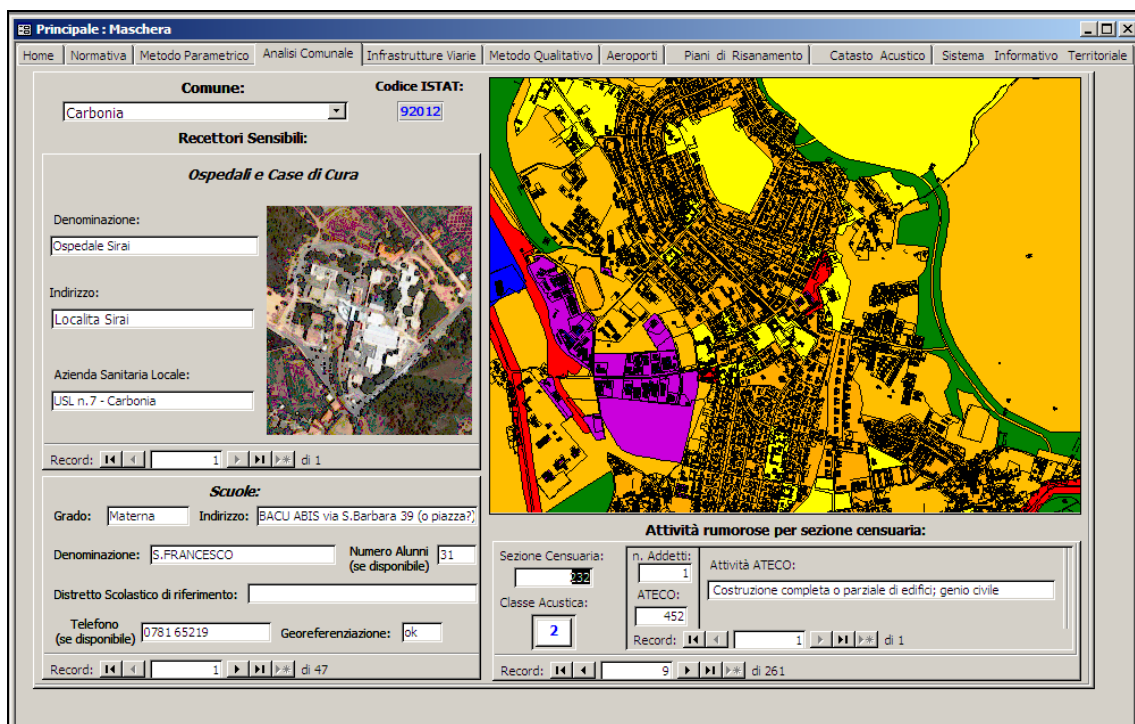


Figura 5.6: interfaccia grafica dell’Analisi Comunale

## 5.5 Analisi delle Infrastrutture Viarie

La cartella "Infrastrutture viarie" gestisce tutte le informazioni inerenti il grafo di rete stradale e ferroviario.

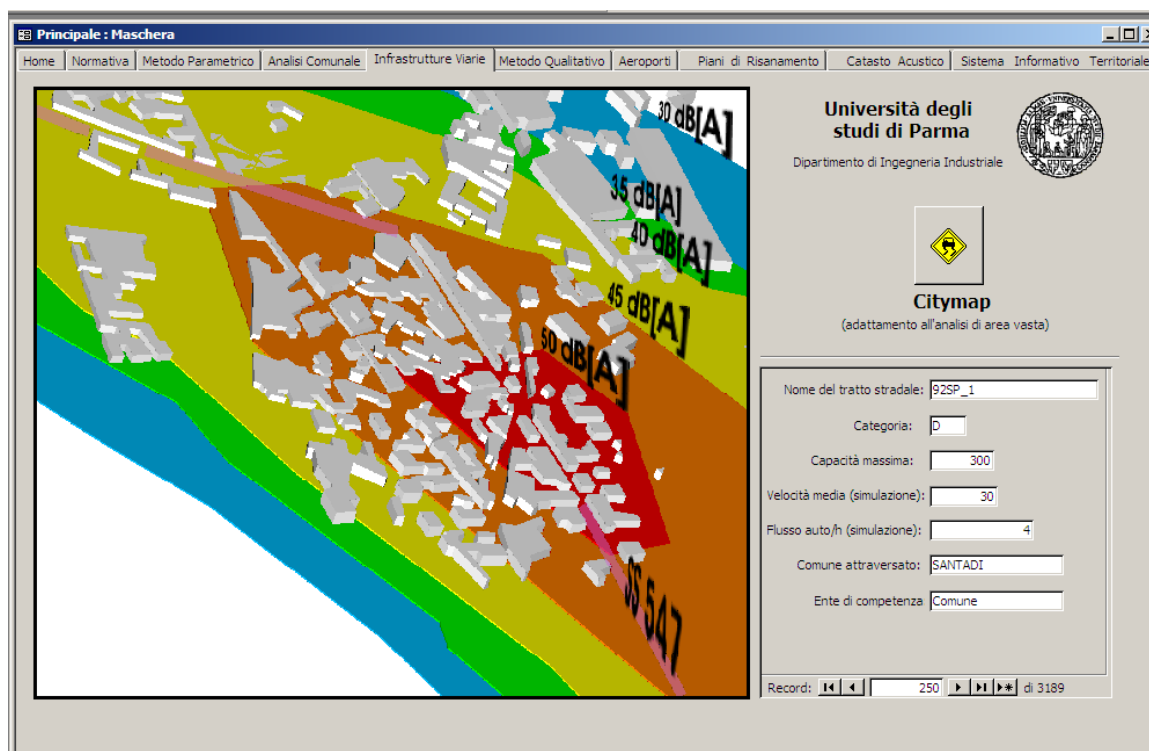


Figura 5.7: interfaccia grafica dell'analisi delle infrastrutture

Per ogni elemento del tratto stradale o ferroviario vengono visualizzate le informazioni relative a:

- ❑ Denominazione del tratto stradale;
- ❑ Categoria ai sensi del D.P.R. 30 Marzo 2004 n.142;
- ❑ Capacità massima supportabile dall'arco;
- ❑ Velocità media di percorrenza;
- ❑ Flusso di veicoli/ora simulato in ora di punta dal Dipartimento dei Trasporti – università di Cagliari;
- ❑ Comune attraversato;
- ❑ Ente di competenza della strada (Comune, Provincia, Regione, Anas, etc.);

Le informazioni di cui sopra possono essere modificate ed aggiornate. E' possibile, ad esempio, modificare la categoria della strada. Con tale modifica, comunque, verrà modificata automaticamente anche la "fascia di pertinenza" che verrà a crearsi

attraverso uno strumento di "buffering" nel Sistema Informativo Territoriale Associato.

Difatti l'Allegato Tecnico della Delibera di Giunta richiede che siano classificate le strutture viarie e ferroviarie in base all'importanza stessa delle strutture; in particolare:

Infrastrutture stradali	
Descrizione delle tipologie	Classi
Strade ad intenso traffico (orientativamente oltre i 500 veicoli l'ora) e quindi le strade primarie e di scorrimento, le tangenziali, le strade di grande comunicazione, specie se con scarsa integrazione con il tessuto urbano attraversato e le aree interessate da traffico ferroviario	IV
Strade di quartiere (orientativamente con un traffico compreso tra 50 e 500 veicoli l'ora) e quindi le strade prevalentemente utilizzate per servire il tessuto urbano.	III
Strade locali (orientativamente con un flusso di traffico inferiore ai 50 veicoli l'ora) prevalentemente situate in zone residenziali.	II

Tabella 5.8: assegnazione delle classi acustiche per le infrastrutture stradali

In particolare il sistema considera in default tutte le arterie stradali e ferroviarie appartenenti alla CLASSE IV delle Norme Tecniche CNR (strade ad intenso traffico – oltre i 500 veicoli/ora, strade primarie e di scorrimento, tangenziali, strade di grande comunicazione, linee ferroviarie);

Per tali archi, il valore limite attribuito alla strada (ovvero la Classe IV) è stato esteso per una superficie di larghezza pari a 30 m, a partire dal ciglio della strada, come suggerito dalle linee guida della D.G.R.

Alla luce degli scopi della ricerca in esame, non sono qui prese in considerazione le strade locali e le strade di quartiere (Classe II e III) in quanto in una scala di dettaglio rispetto a quella di area vasta.

Per ogni arco stradale o ferroviario è stato creato un buffer appartenente alla Classe IV, il cui distanziamento è stato definito pari a 30 metri (da aggiungere alla metà della larghezza della strada) a partire dall'asse stradale.

Si evidenzia che, nell'ambito del rumore stradale e ferroviario, disciplinato dal D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142 (vedasi paragrafo 3.1.5) assumono particolare rilievo le fasce fiancheggianti le infrastrutture considerate (carreggiate), denominate "fasce di pertinenza". Tali fasce presentano ampiezze variabili in relazione al genere e alla categoria dell'infrastruttura e per esse vengono stabiliti dei valori limite di

immissione riferiti alla sola rumorosità prodotta dal traffico sull'infrastruttura medesima, così come riportato nelle sopra citate norme.

È da precisare che solo al di fuori delle fasce di pertinenza il rumore prodotto dalle infrastrutture concorre direttamente al livello di rumore complessivo immesso, che dovrà opportunamente essere valutato al fine di una compiuta classificazione acustica delle zone sotto esame. Tali fasce di pertinenza costituiscono di fatto fasce di esenzione relative alla sola rumorosità prodotta dal traffico stradale sull'arteria a cui si riferiscono, rispetto al limite di zona locale, che dovrà invece essere rispettato dall'insieme di tutte le altre sorgenti che interessano detta zona. In considerazione di quanto sopra, gli insediamenti abitativi all'interno delle fasce potranno essere sottoposti ad un livello di rumore aggiuntivo rispetto a quello massimo della zona cui la fascia appartiene. Inoltre è importante osservare che le strade di quartiere o locali sono considerate parte integrante dell'area di appartenenza al fine della classificazione acustica, ovvero, per esse non si ha fascia di pertinenza.

Tutti gli archi stradali e ferroviari considerati nel layer di cui sopra appartengono alla Classe IV del CNR e dunque per queste sono state ipotizzate delle "fasce di pertinenza" di ampiezza pari a 100 m (Fascia A) ricadente in classe V e 250 m (Fascia B) ricadente in classe IV, come riportato in figura.



Figura 5.9: rappresentazione delle fasce di pertinenza su GIS

Come sostenuto sopra, l'utente può decidere di modificare la categoria dell'arco stradale, anche in base a nuove informazioni inerenti il flusso misurato o simulato, o a nuovi ampliamenti infrastrutturali interessanti l'arco stesso (es. ampliamento del numero di carreggiate). Automaticamente il sistema farà riferimento al buffering di "fascia di pertinenza" come da tabella del D.P.R. 30 Marzo 2004 n.142.

### **5.5.1 Citymap**

In tale ambito si aveva la necessità di utilizzare un modello previsionale per la stima del rumore generato dalle infrastrutture stradali e ferroviarie su tutto il territorio provinciale.

Successivamente ad una ricerca sui modelli disponibili, si è deciso di utilizzare il software Citymap, gentilmente fornito a titolo gratuito dall'Università di Parma.

Il software Citymap è nato per la stima di rumore infrastrutturale a livello locale, e non, come era necessario in questo caso, per la stima di rumore generato da un intero grafo di rete a scala provinciale.

I vincoli a tale uso erano costituiti prevalentemente dal limite al numero di archi stradali e nodi di connessione inseribili in input.

Per tale motivo l'Università di Parma (Prof. Angelo Farina) su richiesta dell'Università di Cagliari, ha apportato delle modifiche al programma, aumentando il limite al numero di archi e di nodi computabile dal programma, compatibilmente con il grafo stradale provinciale.

Il programma CityMap consente di effettuare la mappatura del livello sonoro ponderato "A" sul territorio a partire dai dati di traffico stradale e ferroviario.

Il software CityMap considera in maniera approssimata l'effetto di schermatura da parte degli edifici, le riflessioni multiple fra le facciate contrapposte ed in generale gli effetti legati alle ipotesi dell'acustica geometrica. In ogni caso si parte da un disegno AutoCad, che viene esportato in un file .DXF. Nel disegno Autocad si definisce la geometria delle sorgenti sonore (strade, ferrovie).

Citymap consente poi di associare a ciascuna sorgente sonora gli opportuni dati necessari a descriverne l'emissione sonora (dati di traffico, potenza sonora). L'emissione dei singoli tipi di veicoli viene assegnata grazie ad un data-base di SEL (single Event Level) ottenuti da misure di singoli passaggi di veicoli.

Una volta terminata l'assegnazione dei dati di input, si può eseguire il calcolo semplificato grazie all'opportuna opzione di CityMap.

Al termine del calcolo semplificato viene visualizzata una mappatura a colori a bassa risoluzione, ma contemporaneamente è stato creato un file .GRD contenente le stesse informazioni. Da tale file è agevole ottenere rappresentazioni grafiche di alta qualità, quali mappature isolivello a colori, grazie al software dedicato SURFER.

Ogni tratto stradale (o ferroviario) è costituito da una "polyline" piana (non 3DPOLY) sul piano z=0 divisa in numerosi tratti. Dal punto di vista geometrico, ciascun tratto è caratterizzato dalle coordinate dei suoi due estremi, nonché dalla larghezza (se la larghezza iniziale è diversa da quella finale, viene assunto il valore medio). Le informazioni suddette sono desunte dal file .DXF.

All'interno di CityMap vengono poi aggiunte le informazioni di rilevanza acustica, che sono differenti per le strade e le ferrovie. In particolare, per ciascuna categoria di veicoli, viene assegnato il numero degli stessi che transita nel periodo diurno e notturno, la classe di velocità, nonché alcune informazioni morfologiche (pendenza, tipo di pavimentazione o di armamento, altezza degli edifici, etc.).

Il primo problema è dunque calcolare il livello equivalente medio a 7.5 dalla strada (o dalla ferrovia) a partire dai SEL unitari esistenti nel data-base di emissione. A tal proposito si ha questa relazione, valida per il periodo diurno:

$$L_{eq,7.5m} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^5 \left( 10^{\frac{SEL_i + \Delta L_{asfalto,i} + \Delta L_{pendenza,i}}{10}} \cdot \frac{N_i}{16 \cdot 3600} \right) \right]$$

Chiaramente nel periodo notturno il numero di ore è pari ad 8 anziché a 16. Si deve inoltre tenere conto che sia i valori di SEL per i 5 tipi di veicoli, sia i corrispondenti termini correttivi per tipo di asfalto e/o pendenza della strada, sono in generale dipendenti dalla classe di velocità assegnata al corrispondente tipo di veicoli. Pertanto essi andranno letti dal file relativo alla opportuna classe di velocità.

Per quanto riguarda il rumore ferroviario, va osservato che i valori di SEL sono normalizzati ad una lunghezza fissa dei convogli, pari a 100 m. Pertanto è necessario

tenere conto della lunghezza effettiva dei convogli, in rapporto al valore fisso pari a 100:

$$L_{eq,7.5m} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^3 \left( 10^{\frac{SEL_i + \Delta L_{binario,i} + \Delta L_{pendenza,i}}{10}} \cdot \frac{N_i}{16 \cdot 3600} \cdot \frac{L_i}{100} \right) \right]$$

Una volta ottenuto il Livello equivalente a 7.5 m, non viene considerata alcuna altra differenza fra strade e binari, e la trattazione del rumore emesso da entrambi è dunque unificata. CityMap non tiene conto nè della composizione in frequenza del rumore emesso, nè della direttività dei diversi tipi di sorgenti sonore.

Per operare il calcolo del livello sonoro in ciascun punto della griglia di calcolo, si considera il contributo di tutti i singoli tratti di tutte le strade e binari.

Si verifica anzitutto che la distanza dal centro del tratto al punto di calcolo considerato sia almeno doppia della lunghezza del tratto; se così non è, si procede suddividendo il tratto in due sottotratti uguali, per ciascuno dei quali viene ripetuto tale controllo, eventualmente suddividendo ulteriormente i sottotratti finchè essi non divengono abbastanza corti. In questo modo il raffittimento viene operato soltanto per i tratti più vicini al punto di calcolo.

Si considera un singolo contributo di energia sonora da ciascun sottotratto, come se ci fosse una sorgente concentrata nel suo centro. Il Livello di Potenza  $L_W$  di tale sorgente concentrata può essere ottenuta a partire dal Livello di Potenza per metro  $L_{W,1m}$  del tratto considerato, a sua volta legato al Livello equivalente a 7.5m dalla relazione:

$$L_{W,1m} = L_{eq,7.5m} - 10 \cdot \lg(\pi \cdot 7.5)$$

Considerando poi la lunghezza  $l$  del tratto, si ottiene il livello di potenza complessivo del tratto:

$$L_W = L_{W,1m} + 10 \cdot \lg(l)$$

La propagazione è considerata di tipo sferico con però l'aggiunta di un termine esponenziale di estinzione con la distanza per modellare l'attenuazione in eccesso, e pertanto fornisce questo valore di Livello Equivalente nel punto di calcolo situato a distanza  $d$  dal centro del tratto:

$$L_{eq} = L_W + 10 \cdot \lg \left( \frac{e^{-\beta \cdot d}}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \right)$$

Un valore di prima stima per la costante  $b$  è pari a 0.007; tale valore è tratto dai risultati di ricerche condotte sulla propagazione del rumore nell'ambito di attività estranee al presente progetto.

Passando dalla rappresentazione in dB a quella in pseudo-energia, si ricava globalmente questa espressione:

$$E_d = E_{7.5m} \cdot \frac{\pi \cdot 7.5 \cdot 1}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \cdot e^{\beta \cdot d}$$

Rimane da considerare l'eventuale effetto di schermatura causato dagli edifici situati lungo la strada, caratterizzati da una opportuna altezza media. Ciò viene fatto considerando valida una relazione derivata dalla nota formula di Maekawa, che fornisce l'attenuazione DL prodotta dalla schermatura:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \left( 1 + 40 \cdot \delta \cdot \frac{f}{c} \right)$$

La frequenza viene assunta pari a 340 Hz, e la differenza di cammino viene calcolata come somma dei due raggi diffratti meno il raggio diretto.

Il problema per operare questo calcolo è duplice: innanzitutto occorre trovare la distanza  $w_{eff}$  del punto di intersezione con il fronte degli edifici lungo la congiungente fra centro del tratto e punto di calcolo. Essa è in generale sempre maggiore della semilarghezza della strada, e può essere ottenuta dividendo quest'ultima per il seno dell'angolo fra il tratto stradale e la congiungente sorgente e ricevitore. Chiaramente se la distanza  $d$  fra sorgente e ricevitore è inferiore a questa,



non si ha alcun effetto di schermatura in quanto il punto considerato è dentro la sede stradale. Il coseno dell'angolo fra tratto stradale e congiungente sorgente-ricevitore viene facilmente ottenuto come prodotto scalare fra i versori:

$$\cos(\alpha) = \frac{((X_2 - X_1) \cdot (X_c - X_p) + (Y_2 - Y_1) \cdot (Y_c - Y_p))}{d \cdot l}$$

il seno dell'angolo viene poi ottenuto dal coseno mediante la relazione a tutti nota.

Il secondo problema consiste nello stabilire se il punto di calcolo considerato si trova "a sinistra" o "a destra" del tratto stradale considerato, e dunque se va considerata la altezza media degli edifici sul lato sinistro  $h_l$  o quella sul lato destro  $h_r$ . Per far ciò si opera il prodotto vettoriale fra i coseni direttori del tratto considerato e della congiunte fra punto di calcolo e primo punto del segmento:

$$\text{Sig} = \frac{(X_p - X_1)}{(X_2 - X_1)} - \frac{(Y_p - Y_1)}{(Y_2 - Y_1)}$$

Se tale valore è positivo significa che il punto di calcolo è a destra del segmento orientato 1->2, e pertanto il calcolo della differenza di cammino  $d$  andrà fatto considerando l'altezza degli edifici  $h_r$ :

$$\delta = \sqrt{w_{\text{eff}}^2 + (h_r - .5)^2} + \sqrt{(d - w_{\text{eff}})^2 + (h_r - 1.5)^2} - d$$

Si noti come l'altezza della sorgente è stata prudenzialmente assunta a 0.5m dal terreno, e quella del ricevitore ad 1.5m dal suolo.

Se viceversa il punto di calcolo fosse risultato a sinistra del tratto considerato, lo stesso calcolo sarebbe stato operato utilizzando  $h_l$ . Si è infine assunto di considerare nullo l'effetto di schermatura se l'altezza media degli edifici è inferiore ad 1m.

Vengono infine applicate correzioni per riflessioni multiple nel caso la sede stradale presenti una sezione ad L, ad U largo o ad U stretto pari rispettivamente a +1, +3 e +5 dB(A).

**Editazione dati traffico ferroviario**

Selezione Tratto Ferroviario  
 Tratto n. **1** Nome: **TS-VE bin. 1**

Preced. Success. Fine

Leq,7.5m (G/N) **79.5** **83.5**  Fisso  Calcola

**Proprietà**

Tipo di Armamento	1-Bin. cont. saldato
hmed edifici lato Sinistro	0
hmed edifici lato Destro	0

**Traffico diurno complessivo**

	Num.	Lungh.	Velocità
tr.merci (V1)	34	450	C1-(0-60 km.)
tr.pass. locali (V2)	44	300	C1-(0-60 km.)
tr.pass. l.perc. (V3)	45	160	C1-(0-60 km.)

**Traffico notturno complessivo**

	Num.	Lungh.	Velocità
tr.merci (V1)	68	600	C1-(0-60 km.)
tr.pass. locali (V2)	6	300	C1-(0-60 km.)
tr.pass. l.perc. (V3)	10	160	C1-(0-60 km.)

**Editazione dati traffico stradale**

Selezione Tratto Stradale  
 Tratto n. **23** Nome: **TANGENZIALE**

Preced. Success. Fine

Leq,7.5m (G/N) **76,5** **68,5**  Fisso  Calcola

**Proprietà**

Tipo di Pavimentazione	1-Asfalto Liscio
Pendenza (%. +   - )	0-5%
hmed edifici lato Sinistro	6
hmed edifici lato Destro	0

**Traffico diurno complessivo**

N. autovetture (V1)	12800	C7-(90-110 km/h)
N. camion 2 assi (V2)	1600	C6-(70-90 km/h)
N. camion 3 assi (V3)	640	C6-(70-90 km/h)
N. TIR (V4)	640	C6-(70-90 km/h)
N. motocicli (V5)	640	C7-(90-110 km/h)

**Traffico notturno complessivo**

N. autovetture (V1)	800	C7-(90-110 km/h)
N. camion 2 assi (V2)	240	C6-(70-90 km/h)
N. camion 3 assi (V3)	80	C6-(70-90 km/h)
N. TIR (V4)	80	C6-(70-90 km/h)
N. motocicli (V5)	40	C8-> 110 km/h

Cat.A - Autostrada	Cat.B - Extraurb. princ.
Cat.C - Extraurb. sec.	Cat.D - Urbana scorr.
Cat.E - Urbana quart.	Cat.F - Locale

Figura 5.10: schede di inserimento dati su Citymap

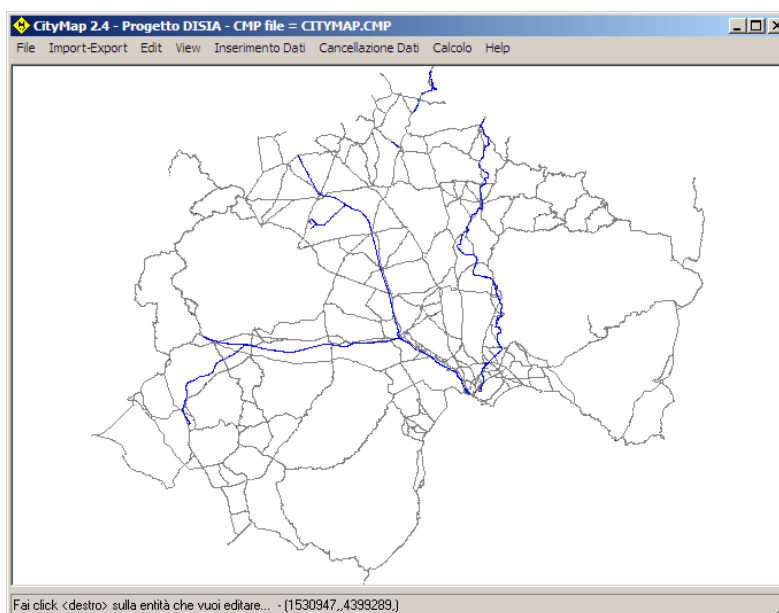


Figura 5.11: layout finale del grafo di rete provinciale su Citymap

Nel modello Citymap sono stati già caricati tutti i dati relativi al grafo di rete della provincia, i quali possono eventualmente essere modificati mediante le maschere qui sopra riportate.

L'output generato da Citymap viene successivamente letto dal Sistema Informativo Territoriale per le eventuali elaborazioni.

## 5.6 Il Metodo Qualitativo

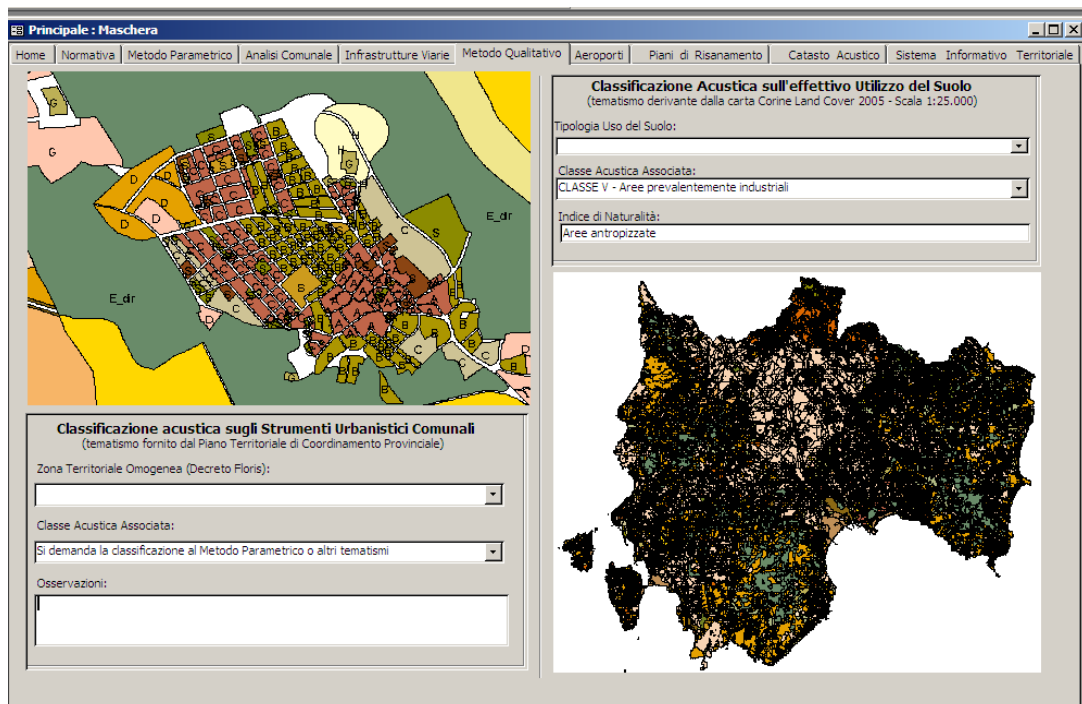


Figura 5.12: interfaccia grafica del metodo qualitativo

Com'è stato già detto, il Sistema Informativo permette di integrare i risultati del metodo parametrico con le scelte dell'utente effettuate nel metodo qualitativo.

Relativamente a queste ultime, il presente modulo dà la possibilità di definire a quali classi dovranno appartenere le diverse zone del territorio, in particolare a seconda della destinazione d'uso del territorio (strumenti urbanistici) e dell'effettivo uso del territorio (corine land Cover), decidendo, fra l'altro, la gerarchia in termini di priorità di ogni livello di informazioni su tutti gli altri.

Particolare importanza rivestono a tale proposito le Classi V e VI ovvero quelle industriali.

Appartengono alle classi V e VI le classi rispettivamente prevalentemente ed esclusivamente industriali. Sono ammesse alcune strutture adibite ad abitazione (fra le quali, ad esempio, le guardiole di sorveglianza) nella classe V.

Il sistema inserisce automaticamente in tale classe tutte le Zone Produttive definite dalla classe omogenea D e tutte le zone appartenenti a Piani di Insediamento Produttivo laddove definite dagli strumenti urbanistici comunali vigenti prima del 2002.

Sono state inoltre inserite in tali classi le aree industriali attrezzate, urbanisticamente strutturate, e dotate di impianti e servizi, così come definite dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Sono inoltre inserite in classe V e VI tutte le aree industriali risultanti dall'uso del suolo del tematismo corine land cover.

Fanno inoltre parte di tali classi tutti quegli edifici produttivi isolati identificabili attraverso una estrapolazione (per codice identificativo dei layer produttivi) della Carta Tecnica Regionale.

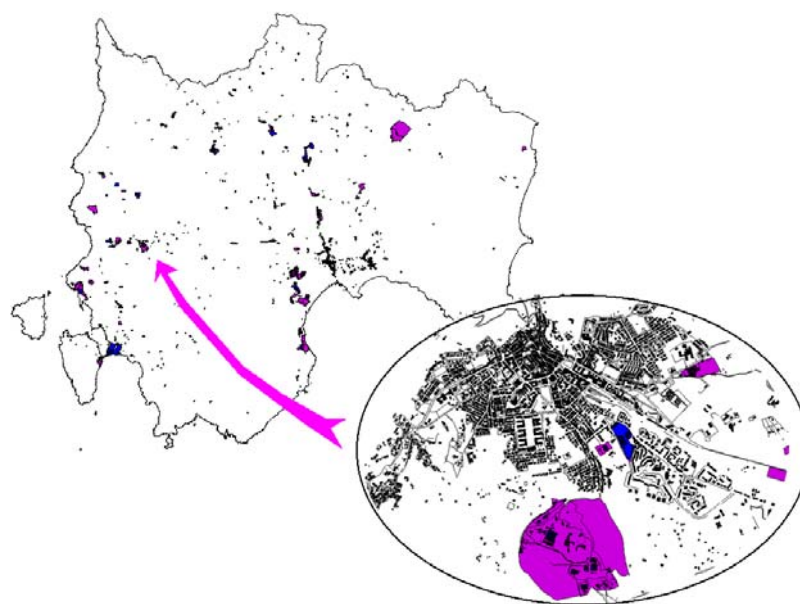


Figura 5.13: assegnazione delle classi industriali e particolare

In particolare:

- sono state inserite in **CLASSE V** tutte le aree industriali, così come sopra individuate, inserite in sezioni censuarie con densità residenziale non nulla;

- sono state inserite in **CLASSE VI** tutte le aree industriali o edifici isolati, così come sopra individuati, inseriti in sezioni censuarie con densità residenziale nulla o inseriti totalmente in aree industriali di classe V;

In figura 5.13 è rappresentato il layout finale della classificazione in classi V e VI.

## 5.7 Infrastrutture Aeroportuali

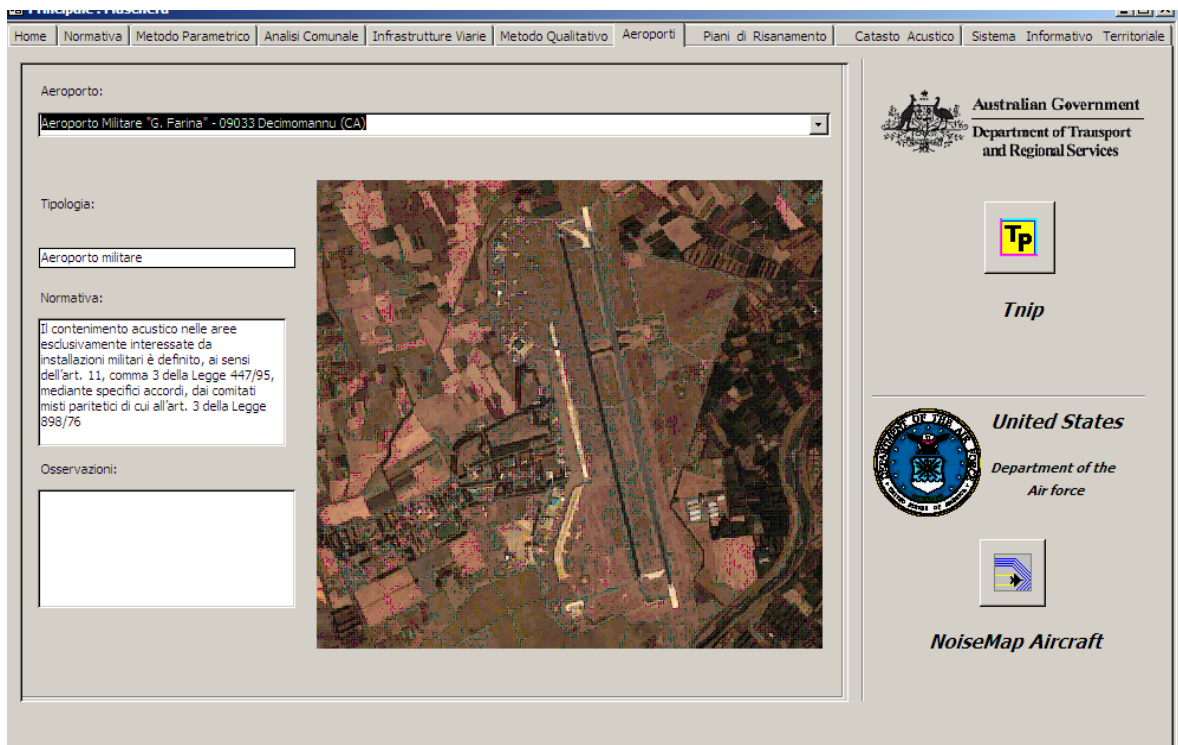


Figura 5.14: interfaccia grafica del modulo sulle infrastrutture aeroportuali

Il presente modulo fornisce un archivio di tutte le infrastrutture aeroportuali della Provincia di Cagliari, comprensive di una vista satellitare delle stesse e dei riferimenti normativi applicabili.

### 5.7.1 Noise Map Aircraft e Tnip

Il modulo si avvale di due modelli software per il calcolo previsionale dell'impatto acustico generato dal traffico aeroportuale sul territorio.

I modelli sono stati forniti, a titolo gratuito, dal Department of transport and Regional Services dell'Australia e dal Department of the Air Force degli Stati Uniti.

Si tratta di due modelli che applicano gli stessi algoritmi di calcolo ma che si servono di due databases di velivoli differenti (rispettivamente civili e militari).

Gli algoritmi che vengono applicati sono quelli relativi all'Integrated Noise Model (INM) sviluppato dalla Federal Aviation Authority degli Stati Uniti, l'ente di controllo federale degli USA su tutte le attività aeronautiche, uno dei più diffusi e utilizzati anche in Europa e riconosciuto dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio), il quale permette di tracciare le curve isofoniche (zone omogenee di percezione del rumore) sulla regione investita, al fine di valutare l'evoluzione dell'impatto sulle comunità interessate.

Il metodo di calcolo previsionale del rumore aeronautico si basa su una corretta metodologia (descrizione e scelta dei parametri) e su un buon programma di calcolo. Conoscendo la situazione del traffico aereo, la tipologia degli aeromobili e le condizioni dell'aeroporto, si valuta l'impatto acustico sul territorio in funzione della variazione dei vari parametri, considerando l'operatività delle piste in modo da ottenere la situazione previsionale e/o valutare gli effetti acustici medi di lungo periodo nell'area circostante l'aeroporto.

Il modello INM - Integrated Noise Model - è un modello matematico adatto a stimare effetti medi su tempi lunghi usando dati di input determinati su medie annuali: attraverso i diversi parametri, è quindi possibile calcolare l'esposizione al rumore di una determinata area, costruendo delle zone omogenee di percezione del rumore, oltre a tracciare curve di isolivello acustico secondo scenari differenti in funzione delle diverse operatività del sistema di piste. Una caratteristica peculiare di questo modello risiede nella presenza di una base di dati, continuamente ampliata ed aggiornata, comprendente i più diffusi modelli di aeromobili in esercizio, con la possibilità di inserire nuove tipologie definibili dall'utente. Per ciascun aeromobile (modello e motorizzazione), tipologia di manovra (atterraggio, decollo ecc.) ed assetto di volo (potenza motori, profilo altimetrico ecc.) è presente nel data base la curva NPD (Noise Power Distance) che mette in relazione la fonte con la distanza tra l'aeromobile e il ricettore del rumore. Il modello prende in considerazione anche le caratteristiche dell'aeroporto (altitudine, valori medi della temperatura e della pressione atmosferica per il periodo temporale considerato), quelle degli aeromobili operanti sull'aeroporto e quelle dei potenziali ricettori sensibili al rumore (ubicazione

sul territorio e destinazione d'uso). Infine, la significatività dei dati deve essere valutata anche sulla base dei fattori meteorologici e ambientali che possono influenzare l'approssimazione del calcolo.

Tutti i dati sulle coordinate geografiche degli aeroporti della provincia, sui flussi di traffico aereo e sulle tipologie di velivoli sono già stati inseriti nel sistema.

Le curve iso-decibel di output di entrambi i moduli sono successivamente lette dal sistema informativo territoriale per le eventuali elaborazioni.

Nella figura seguente si riporta il layout finale delle isodecibel ottenute con Tnip per l'Aeroporto di Elmas.

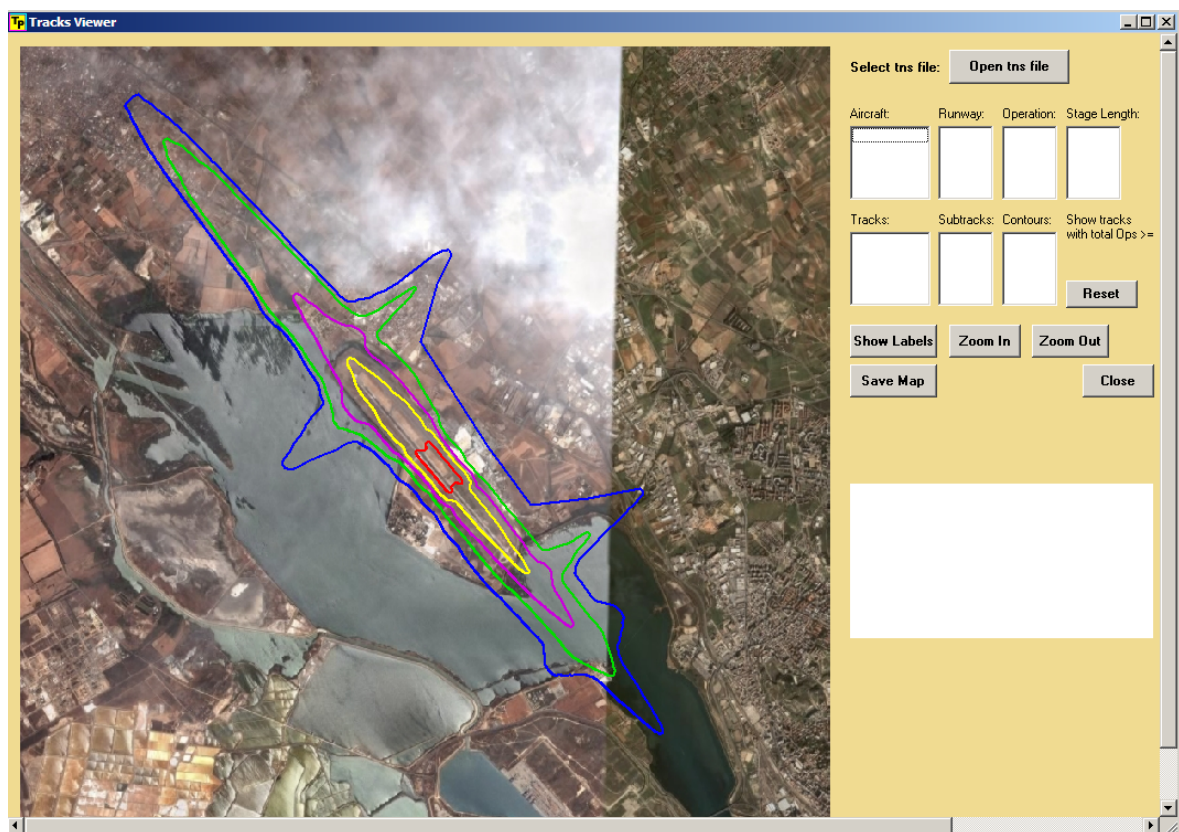


Figura 5.15: layout delle curve isodecibel stimate per l'aeroporto di Elmas

### **5.8 Modulo dei Piani di Risanamento**

Il presente modulo fornisce un supporto alla pianificazione delle misure mitigative di contenimento dell'inquinamento acustico. All'interno del modulo è possibile utilizzare il programma Disia dell'Università di Parma, o stimare i costi necessari

all'installazione di diverse tipologie di barriere antirumore, una volta stabilita la lunghezza e l'abbattimento in decibel che si desidera ottenere.

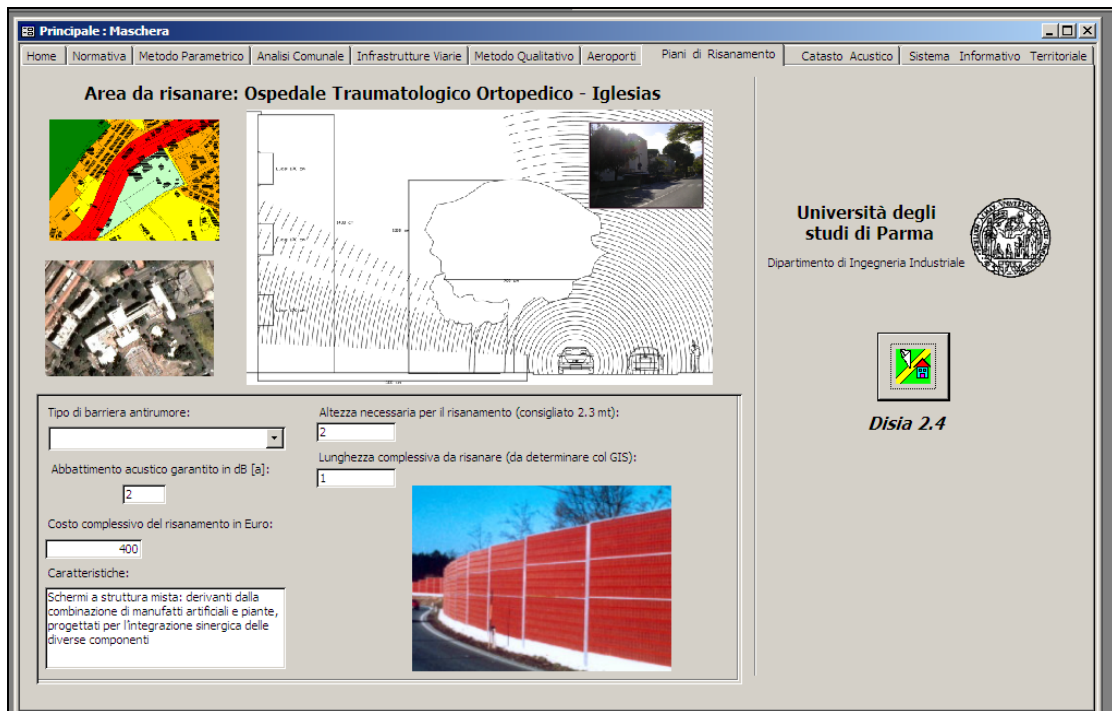


Figura 5.16: interfaccia grafica del modulo "piani di risanamento"

Al momento tale modulo non è attivo in quanto si sono evidenziati non trascurabili errori di stima dei costi, i quali dipendono soprattutto dal fatto che il costo di una barriera antirumore non dipende solo dalla tipologia e dalla lunghezza, ma anche, ad esempio, dalle condizioni nelle quali viene installata.

## 5.9 Il Catasto Acustico

Il presente modulo, conforme alle specifiche della Direttiva 2002/49/CE e al Decreto Legislativo 194/2005 fornisce un archivio di tutti i parametri relativi ai campionamenti acustici effettuati dalla Provincia di Cagliari. Per ogni campionamento è disponibile un Report di sintesi ed una registrazione acustica del campionamento. Il valore di tale archivio è più che altro di tipo informativo.



## **5.10 Il Sistema informativo territoriale**

L'ultimo dei moduli proposti dal DSS Digita Noise permette di accedere al progetto principale del Sistema Informativo Territoriale, sui quali tematismi sono state convogliate le scelte e le informazioni dell'utente.

### **5.10.1 Cosa è un GIS**

Già dalla fine degli anni'80, si cominciava a definire un sistema GIS come "a decision support system involving the integration of spatially referenced data in a problem solving environment" (Cowen, 1988), o ancora "an institutional entity, reflecting an organisational structure that integrates technology with a database, expertise and continuing financial support over time" (Carter, 1989). Ancora più chiara è la definizione di Burrough come "insieme di strumenti per acquisire, archiviare, estrarre, elaborare e rappresentare dati spaziali del mondo reale"(Burrough, 1986), o di Aronoff: "insieme di procedure, basate sull'uso di sistemi informatici, usate per archiviare ed elaborare dati georeferenziati" (Aronoff, 1989).

Più in generale si può dire che un GIS, acronimo di Geographic Information Systems e traducibile in Sistema Informativo Geografico (o Territoriale), è un sistema per la gestione, l'analisi e la visualizzazione di informazioni con contenuto geografico/spaziale.

L'informazione geografica è gestita tramite insiemi di dati (dataset geografici) che costituiscono modelli di fenomeni geografici, cioè riferibili al territorio, utilizzando strutture di dati semplici e generiche.

Il GIS è corredato da un insieme completo di strumenti (tool e funzionalità) per lavorare con i dati geografici.

Un Sistema Informativo Geografico consente di interagire con l'informazione geografica secondo diversi punti di vista:

- 1) L'approccio del Geodatabase: un GIS è un database spaziale, ossia un database contenente dataset che comprendono l'informazione geografica. Tramite un modello di dati specializzato consente la gestione di elementi vettoriali (features), immagini raster, topologie, reti e così via.

- 2) L'approccio della Geovisualizzazione: un GIS consente di costruire rappresentazioni geografiche complete e complesse (mappe) in cui vengono visualizzati gli elementi (features) e le loro relazioni spaziali sulla superficie terrestre. Si possono costruire sia mappe di base che mappe "avanzate", utilizzando le informazioni geografiche associate ai dati. Tali mappe possono essere archiviate e riutilizzate per supportare l'interrogazione, l'analisi e l'editing dei dati.
- 3) L'approccio del Geoprocessing: un GIS è un insieme di strumenti operativi per l'analisi geografica e l'elaborazione dell'informazione. Le funzioni di Geoprocessing, a partire da dataset geografici esistenti, consentono di applicare ad essi delle funzioni analitiche e memorizzare i risultati in nuovi dataset<sup>8</sup>.

### 5.10.2 Layout della zonizzazione provinciale

Il layout principale del sistema informativo territoriale presenta la zonizzazione acustica provinciale, suddivisa nelle sei classi acustiche della "Legge Quadro".

I colori sono quelli stabiliti dalle linee guida regionali, in linea con la normativa nazionale, ovvero:

Cromatismi della classificazione del territorio	
Classe	Colore
<b>I</b>	Verde
<b>II</b>	Giallo
<b>III</b>	Arancione
<b>IV</b>	Rosso
<b>V</b>	Viola
<b>VI</b>	Blu

Tabela 5.17: assegnazione dei colori per classe acustica

Inoltre, per ogni singolo Comune della Provincia, si è creato un file vettoriale georeferenziato, rappresentante l'edificato. La scala di dettaglio è quella della Carta Tecnica Regionale (1:10.000).

<sup>8</sup> Sintesi da <http://www.esriitalia.it/gis/index.htm>

Dall'analisi dei tematismi è facile constatare come fra molti di questi vi sia un parziale overlapping. In tali casi ci si è chiesti quale delle classi prendere in considerazione fra le tante sovrapposte. Si è così stabilita una gerarchia logica fra i layers. La gerarchia, a partire dai layers a più bassa priorità a quelli ad alta priorità, è la seguente:

- ✓ Matrice parametrica (Classi II - III - IV);
- ✓ Classe IA;
- ✓ Classe IB – poligonale;
- ✓ Classe IC – poligonale;
- ✓ Classe III – Agricola;
- ✓ Classe IV – viabilità;
- ✓ Classi V e VI;
- ✓ Classe IB – puntuale (ricettori sensibili);
- ✓ Classe IC – puntuale (ricettori sensibili);
- ✓ Zone Aeroportuali;
- ✓ Fasce di pertinenza;

Questa è la gerarchia di priorità impostata in default nel caso che l'utente, nel modello "quantitativo", non abbia modificato le impostazioni.

In generale (e perfettamente in linea con le prescrizioni dell'Allegato Tecnico), si è rispettato il principio che usi del territorio attuali o previsti, ad alta rumorosità, debbono avere maggior grado di privilegio rispetto alle classi inferiori (è infatti indubbio che una realtà industriale, seppur inserita in ambito agricolo, produrrà una rumorosità coerente con le classi V e VI e non potrebbe essere classificata in nessun caso in classe III).

La classe parametrica è stata inserita in bassissima priorità in quanto deve rappresentare la matrice di sfondo.

I layer di tipo puntuale e le fasce di pertinenza sono stati considerati a massima priorità in quanto per questi non si può parlare, direttamente, di caso di overlay.

Nell'Allegato è possibile consultare la classificazione acustica provinciale.

Attraverso gli strumenti tipici dei Sistemi Informativi Territoriali è ora possibile effettuare delle analisi di tipo geografico. Tali analisi consistono in:

- ✓ Individuazione di tutte le aree critiche;
- ✓ Eliminazione delle frammentazioni a chiazze di leopardo;
- ✓ Creazione delle fasce cuscinetto;
- ✓ Individuazione della sofferenza acustica.

Di seguito si descrivono gli algoritmi utilizzati per la costruzione dei suddetti strumenti di analisi spaziale. Il linguaggio di programmazione utilizzato è quello tipico dei sistemi GIS su ambiente ESRI©: Avenue. Gli strumenti oggetto dei prossimi paragrafi, sono stati inseriti in un menù personalizzato su Arcview©, com'è evidenziato nella figura qui di seguito riportata:

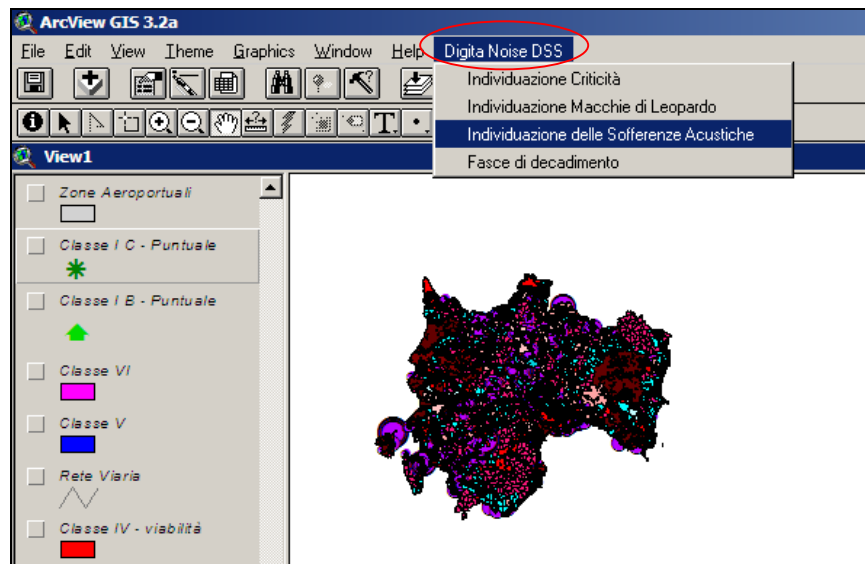


Figura 5.18: menù personalizzato su Arcview

### 5.10.3 Algoritmo di individuazione delle aree critiche

Uno degli obiettivi del progetto è quello di poter interrogare il sistema informativo territoriale così implementato, per l'individuazione di tutte quelle aree critiche che richiedono una particolare attenzione e tutela.

Attraverso il comando di "*adiacenza*" opportunamente creato per questo progetto, è possibile individuare tutti quei poligoni appartenenti a Classi Acustiche il cui valore limite di emissione o immissione supera i 5 dB (A) e che dunque, ai sensi della normativa nazionale e dell'allegato tecnico regionale, richiederebbe una azione di mitigazione o un piano di risanamento acustico.

L'algoritmo creato in linguaggio Avenue si basa su di una serie di semplici passi reiterati, che verranno esposti qui di seguito.

Per ogni poligono  $j$ , con attributo di classe acustica  $X$ , il sistema individua tutti i poligoni  $k, l, m, n$ , ad esso adiacenti, con classi acustiche  $Y, Z, V, W$ .

Il sistema confronta la classe acustica  $X$  del poligono  $j$  con quella  $Y$  del poligono  $k$ . Se  $Y-X > 1$  allora tale differenza viene memorizzata, se  $Y-X \leq 1$  si passa al confronto successivo.

Dunque:

**DELTA = 1**

**Confronto j-k**

**SE  $Y-X > \text{DELTA}$  ALLORA  $Y-X = \text{DELTA}$**

**SE  $Y-X \leq \text{DELTA}$  ALLORA VAI A CONFRONTO SUCCESSIVO**

**Confronto j-l**

**SE  $Z-X > \text{DELTA}$  ALLORA  $Z-X = \text{DELTA}$**

**SE  $Z-X \leq \text{DELTA}$  ALLORA VAI A CONFRONTO SUCCESSIVO**

---

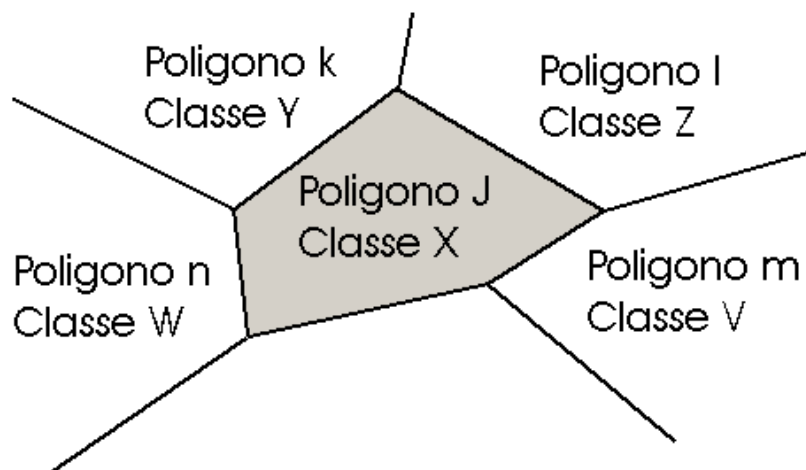


Figura 5.19: rappresentazione schematica dell'individuazione aree critiche

Delta rappresenta la massima differenza fra la classe acustica del poligono  $j$  e quella dei poligoni adiacenti. Se Delta risulta pari a 0 o 1, il sistema non rileva criticità e procede nell'analisi di un nuovo poligono. Convenzionalmente (e dunque indipendentemente dalle impostazioni normative, che non lo prevedono), si è deciso

di adottare una scala di livelli di criticità, i quali dipenderanno non solo dalla differenza relativa fra le due classi adiacenti (DELTA) ma anche dalla classe più bassa fra quelle confrontate. Questo alla base dell'ipotesi, facilmente condivisibile, che a parità di DELTA, sarà più gravosa la condizione di una CLASSE I adiacente ad una CLASSE III che una CLASSE IV adiacente ad una CLASSE VI.

Qui di seguito si riporta la scala convenzionale adottata.

- Livello I – Classe I – Classe VI
- Livello II – Classe I – Classe V
- Livello III – Classe II – Classe VI
- Livello IV – Classe I – Classe IV
- Livello V – Classe II – Classe V
- Livello VI – Classe III – Classe IV
- Livello VII – Classe I – Classe III
- Livello VIII – Classe II – Classe IV
- Livello IX – Classe III – Classe V
- Livello X – Classe IV – Classe VI

Un algoritmo simile viene utilizzato per l'identificazione della criticità delle scuole. A tale proposito si ricorda che il database geografico degli istituti di istruzione è di tipo puntuale e non poligonale, ed è stato posizionato approssimativamente sul punto baricentrico della proiezione planimetrica dell'edificio.

In questo caso, il sistema identifica il livello di criticità esaminando la classe acustica di tutti i poligoni che si trovano ad una distanza massima di 30 metri dal baricentro della scuola.

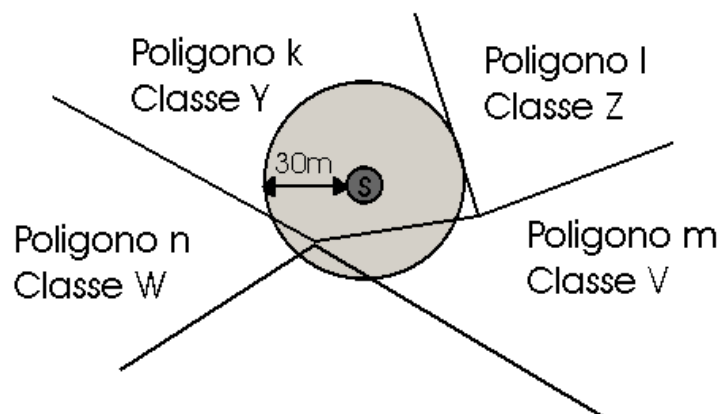


Figura 5.20: individuazione degli istituti di istruzione in aree critiche

Qui di seguito si riporta un layout della carta delle criticità, sia per il tematismo poligonale che per quello puntuale.



Figura 5.21: carta delle criticità

#### 5.10.4 Algoritmo di eliminazione delle “Chiazze di Leopardò”

Come già evidenziato in precedenza, la classificazione acustica dovrà evitare tutte quelle situazioni di micro-suddivisioni di aree, per non ottenere una suddivisione troppo frammentata, la cosiddetta “*struttura a chiazze di leopardò*”, che rischierebbe di privare il senso della classificazione stessa del territorio per aree acusticamente omogenee.

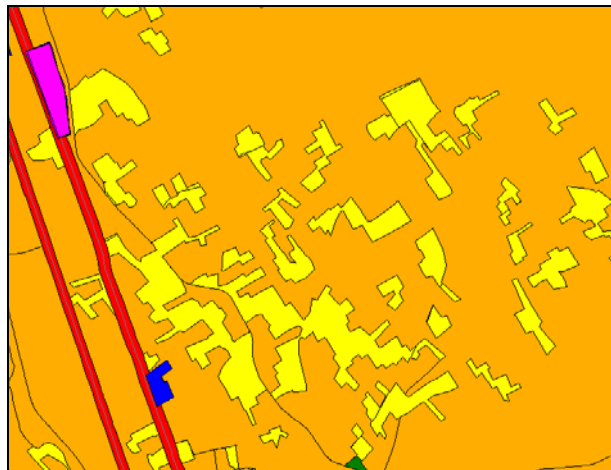


Figura 5.22: classificazione a chiazze di leopardò

Nella zonizzazione acustica della provincia di Cagliari, in condizioni di Default, tale suddivisione si presenta in molteplici occasioni. In figura 5.22 se ne riporta un esempio.

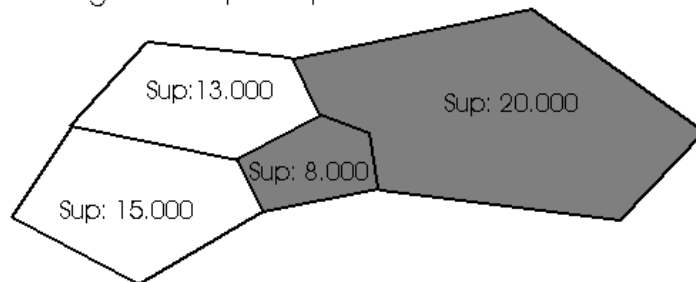
Innanzitutto è necessario stabilire fino a quale estensione superficiale si può considerare una "patch" come "chiazza di leopardo". Fermo restando che l'utente può decidere a proprio piacimento l'estensione limite della stessa attraverso il menù personalizzato "Digita Noise", le linee guida della Regione Piemonte, consigliano di individuare tutti i poligoni al di sotto dei 12.000 mq di superficie.

Una volta individuate tutte le "chiazze", il sistema chiede se la ri-assegnazione dovrà basarsi sull'estensione o sulla classe acustica dei poligoni contermini.

Nel primo caso il sistema esaminerà l'estensione superficiale di tutti i poligoni contermini a quello di interesse ed assegnerà alla "chiazza di leopardo" la classe acustica del poligono ad estensione maggiore.

Nel secondo caso il sistema esaminerà la classe acustica di tutti i poligoni contermini a quello di interesse ed assegnerà alla "chiazza di leopardo" la classe acustica del poligono con stessa classe acustica o con differenza di classe minima.

Riassegnazione per superficie:



Riassegnazione per classe acustica:

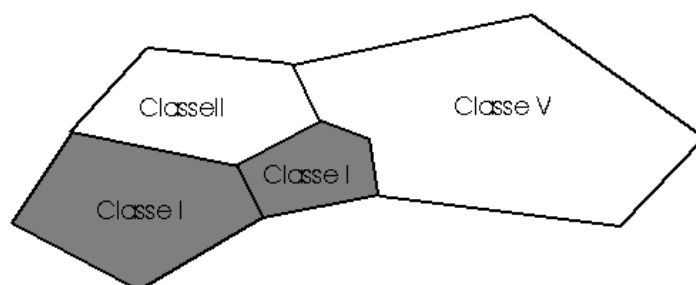


Figura 5.23: riassegnazione delle chiazze di leopardo



### 5.10.5 Algoritmo di creazione delle Fasce Cuscinetto

Ogniquale volta la classificazione acustica presente due o più poligoni adiacenti con salto di classe acustica superiore ad uno (ad esempio un poligono con Classe II adiacente ad un poligono con Classe IV), si presenta una situazione di criticità che, ai sensi della normativa nazionale e regionale, dovrebbe essere bonificata con un successivo Piano di risanamento Acustico.

Al fine di evitare tali condizioni, che rischierebbero di posticipare ad un successivo atto pianificatorio le situazioni acusticamente disequilibrate, alcune linee guida propongono di inserire fra i poligoni oggetto della criticità, delle "fasce di decadimento", le quali rappresentano la distanza minima fra due poligoni con un salto di classe, che permetta al clima acustico del poligono a classe più alta di decadere per essere considerato compatibile con il clima acustico del poligono a classe più bassa.

Le linee guida del Piemonte e delle Marche ipotizzano tale distanza pari a 50 metri; le linee guida della Sicilia e della Toscana consigliano una fascia di ampiezza non inferiore ai 100 metri; le linee guida del Veneto propongono un range variabile dai 50 ai 100 metri a seconda del salto di classe.

Fermo restando che l'utente può decidere a proprio piacimento l'estensione del buffer attraverso il menù personalizzato "Digita Noise", in condizioni di default è stato ipotizzato un buffer pari a 50 metri, il quale, a partire dalla linea di separazione fra i due poligoni, si estende per 25 metri su ogni poligono.

E' ovvio che questa è la condizione in cui fra i due poligoni si presenta un solo salto di classe acustica. Nel caso di due salti di classe acustica il buffer avrà ampiezza pari a 100 metri e dovrà contemplare due zone distinte di decadimento, e così via per tre salti.

Per poter utilizzare lo strumento di buffering si è impostata una procedura che può essere richiamata dal menù "Digita Noise" alla voce "fasce di decadimento". La procedura è costituita da una serie di steps in linguaggio Avenue. Qui di seguito se ne richiama la sequenza logica:

**Step 1)** Il tematismo poligonale viene trasformato in tematismo polilineare; in particolare viene creata una polilinea per ogni adiacenza fra due poligoni. Tale passaggio è necessario per individuare esclusivamente i lati di adiacenza critici.

**Step 2)** Ogni polilinea così creata continua a mantenere gli attributi dei poligoni di adiacenza. Il sistema esamina tali attributi e predispone un buffering di ampiezza adeguata: 50 metri per un salto di classe; 100 per due; 150 per tre; 200 per quattro.

**Step 3)** Ad ogni fascia di buffering viene assegnata la classe appropriata.

Qui di seguito se ne riporta una rappresentazione schematica:

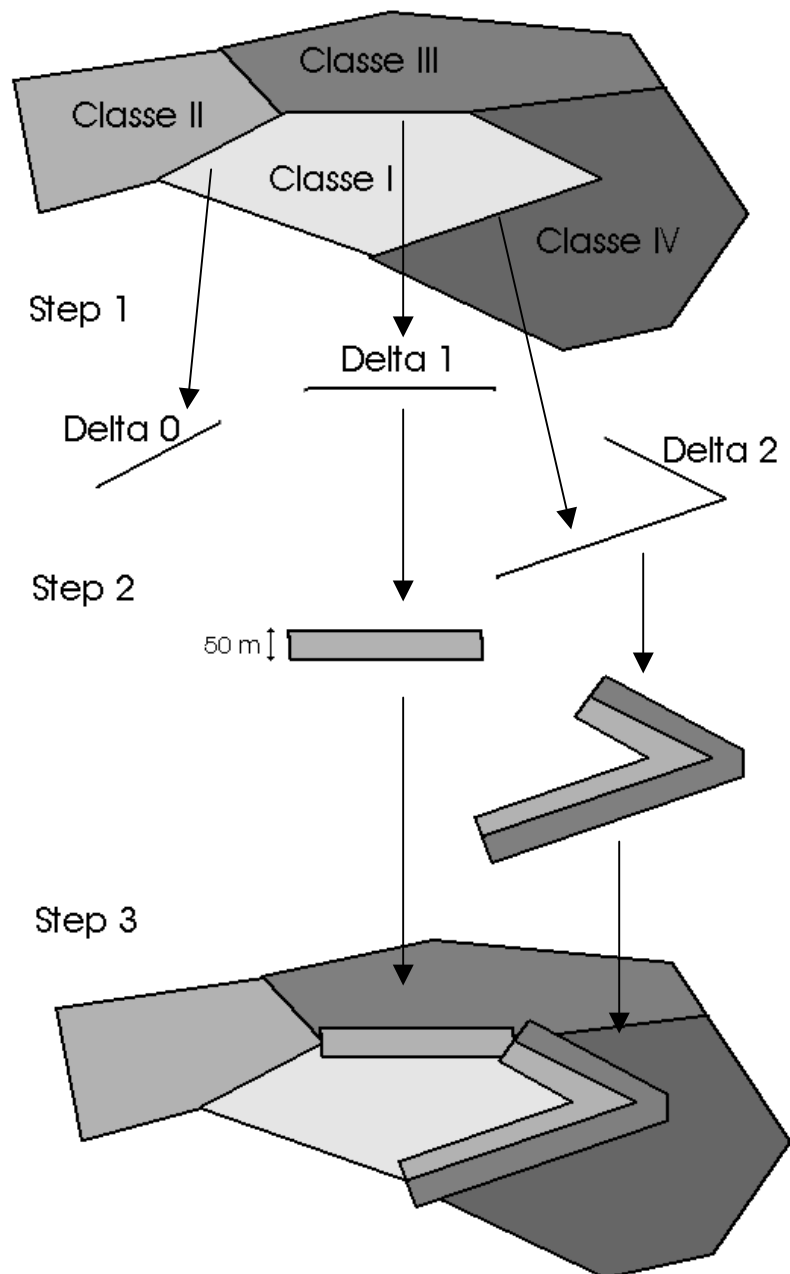


Figura 5.24: costruzione delle fasce di decadimento

### 5.10.6 La Carta di Sofferenza Acustica

La sofferenza acustica di una area acusticamente omogenea rappresenta la "differenza fra il clima acustico massimo ammissibile derivante dalla normativa ed il clima acustico effettivamente misurato o stimato".

Come clima acustico massimo ammissibile è stato considerato quello della tabella 3.4 relativa ai valori limite di emissione nel periodo di riferimento diurno.

Come clima acustico misurato o stimato è stato considerato il clima acustico misurato dai 60 punti di rilevamento acustico della Provincia di Cagliari (Assessorato Ambiente – Servizio Ecologia) ed il clima acustico stimato per il traffico stradale, ferroviario ed aeroportuale con i moduli Citymap, Tnip e Noise Map Aircraft.

Convenzionalmente si sono ipotizzati n. 5 livelli di sofferenza acustica<sup>9</sup>:

Il **livello di sofferenza acustica I** si presenta quando la differenza fra il clima acustico misurato e normato è compreso fra 5 e 10 dB(A), ovvero:

Classi acustiche I inserite fra curve isodecibel 50-55 dB(A);

Classi acustiche II inserite fra curve isodecibel 55-60 dB(A);

Classi acustiche III inserite fra curve isodecibel 60-65 dB(A);

Classi acustiche IV inserite fra curve isodecibel 65-70 dB(A);

Classi acustiche V inserite fra curve isodecibel 70-75 dB(A);

Il **livello di sofferenza acustica II** si presenta quando la differenza fra il clima acustico misurato e normato è compreso fra 10 e 15 dB(A), ovvero:

Classi acustiche I inserite fra curve isodecibel 55-60 dB(A);

Classi acustiche II inserite fra curve isodecibel 60-65 dB(A);

Classi acustiche III inserite fra curve isodecibel 65-70 dB(A);

Classi acustiche IV inserite fra curve isodecibel 70-75 dB(A);

Il **livello di sofferenza acustica III** si presenta quando la differenza fra il clima acustico misurato e normato è compreso fra 15 e 20 dB(A), ovvero:

Classi acustiche I inserite fra curve isodecibel 60-65 dB(A);

Classi acustiche II inserite fra curve isodecibel 65-70 dB(A);

Classi acustiche III inserite fra curve isodecibel 70-75 dB(A);

---

<sup>9</sup> E' stata considerata trascurabile la sofferenza acustica dovuta a differenza di clima acustico compreso fra 0 e 5 dB(A)

Il **livello di sofferenza acustica IV** si presenta quando la differenza fra il clima acustica misurato e normato è compreso fra 20 e 25 dB(A), ovvero:

Classi acustiche I inserite fra curve isodecibel 65-70 dB(A);

Classi acustiche II inserite fra curve isodecibel 70-75 dB(A);

Il **livello di sofferenza acustica V** si presenta quando la differenza fra il clima acustica misurato e normato è compreso fra 25 e 30 dB(A), ovvero:

Classi acustiche I inserite fra curve isodecibel 70-75 dB(A);

Qui di seguito si riporta un particolare di carta di sofferenza acustica ottenuta dal sistema informativo territoriale. Le curve individuabili sono le iso-decibel ottenute dal modulo Citymap. E' possibile notare all'interno della cartografia anche la classificazione dei livelli di sofferenza acustica degli istituti di istruzione (triangoli blu a dimensione variabile con la sofferenza).

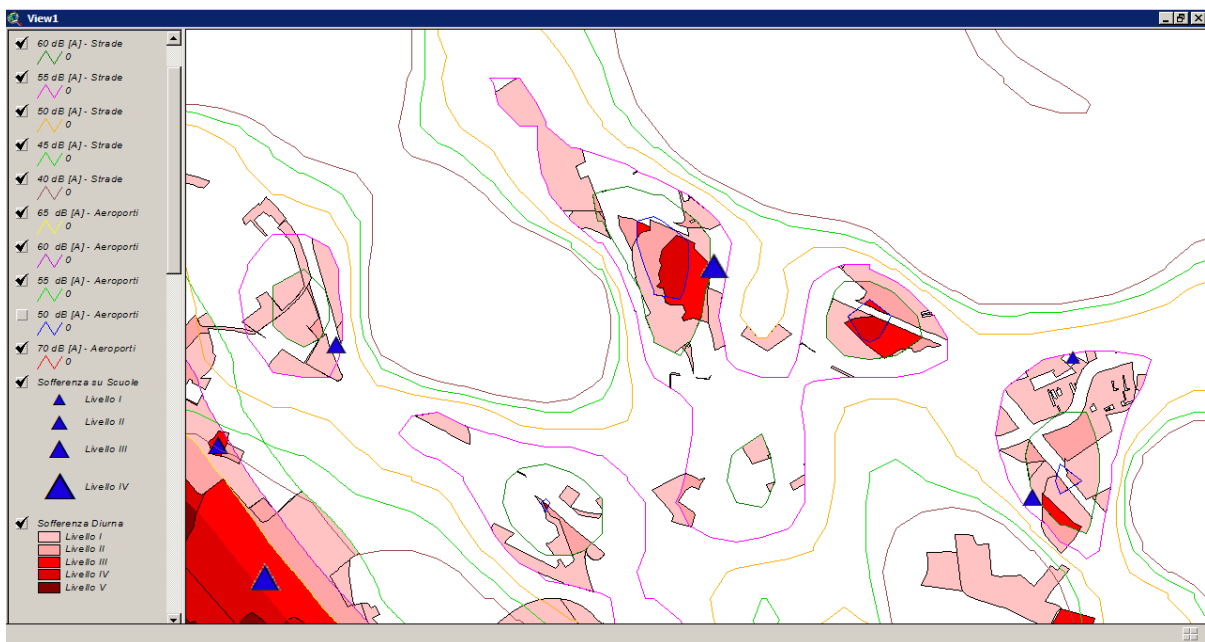


Figura 5.25: particolare della carta di sofferenza acustica

### 5.10.7 Due casi di studio: Gli ospedali di Iglesias e San Gavino

A titolo esemplificativo si è richiesto di identificare tutti quei poligoni appartenenti alla Classe I-A di massima tutela (zone ospedaliere o case di cura) che fossero adiacenti con aree ad alta rumorosità (Classi IV, V, VI).

Fra le tante condizioni di criticità emerse con tale interrogazione si sono esaminati i casi di:

- ❑ Ospedale Traumatologico Ortopedico di Iglesias confinante con la zona di Classe IV derivante dalla presenza della Strada Statale n.126 (in figura 5.26)
- ❑ Ospedale Civile Nostra Signora di Bonaria di San Gavino Monreale confinante con la zona di Classe IV derivante dalla presenza della Strada provinciale.

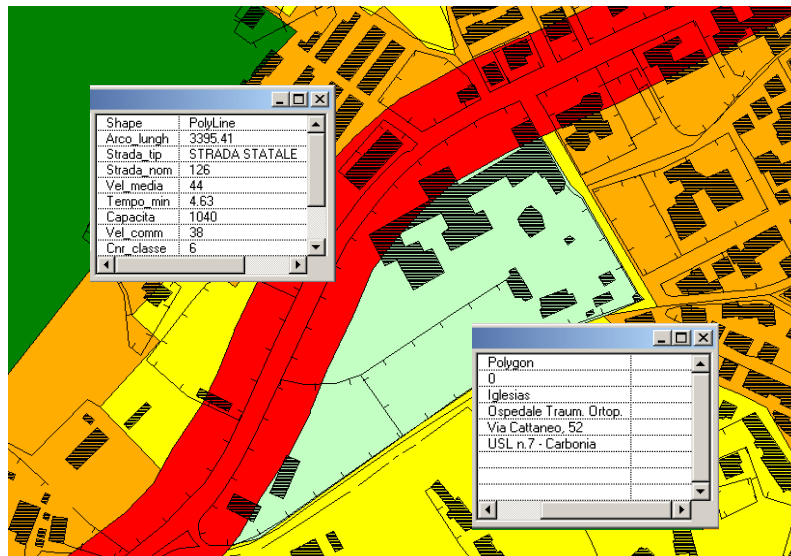


Figura 5.26: zonizzazione acustica nei pressi dell'ospedale di Iglesias

Una volta individuate le aree critiche e la natura della criticità<sup>10</sup> si è proceduto ad una sovrapposizione con le Carte tecniche Regionali e con le ortofoto (già georeferenziate ed importabili facilmente nel SIT), per l'individuazione di possibili discontinuità morfologiche.

Difatti l'Allegato Tecnico della Delibera prevede che "[...] è ammessa la possibilità di adiacenza fra zone appartenenti a classi non contigue quando esistano discontinuità morfologiche tali da assicurare il necessario abbattimento del rumore; ”.

E' il caso, ad esempio, di Edifici in fila posti in affaccio sull'infrastruttura stradale che offrono protezione dal rumore del traffico a quelli retrostanti (CASO A), ovvero di aree edificate poste ad una quota maggiore rispetto a quella della sede stradale (CASO B). Entrambi i casi sono rilevabili dall'analisi delle Carte Tecniche Regionali (curve di livello e presenza di edifici).

<sup>10</sup> Difatti, ogni poligono conserva, come informazioni, l'origine dei dati da cui è stata desunta la classificazione; ovvero se appartiene ad una zona omogenea del PUC, ad una sezione censuaria del metodo parametrico, a zone agricole del PUP, a zone di tutela ambientale, e così via

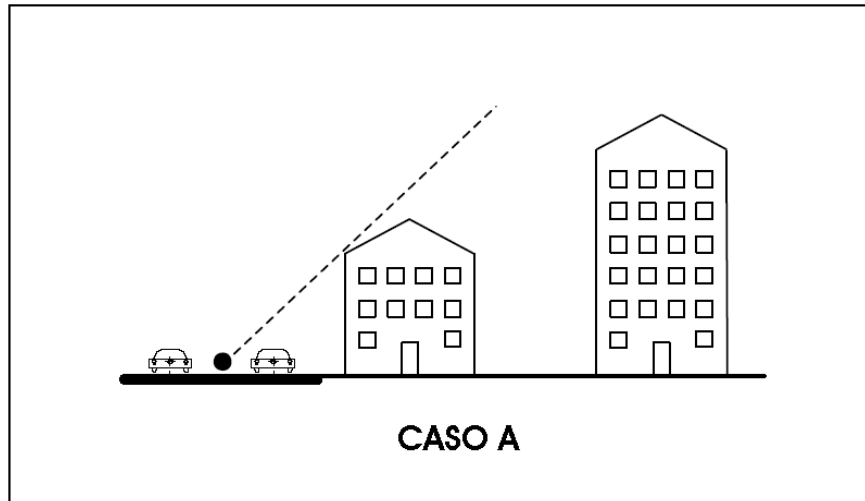


Figura 5.27: Sezione verticale di un asse stradale, comprensiva della prima e seconda fila di edifici posti in prossimità dell'infrastruttura. L'altezza delle costruzioni e la loro distanza dalla sede viaria sono tali da garantire una copertura acustica ai palazzi in seconda fila

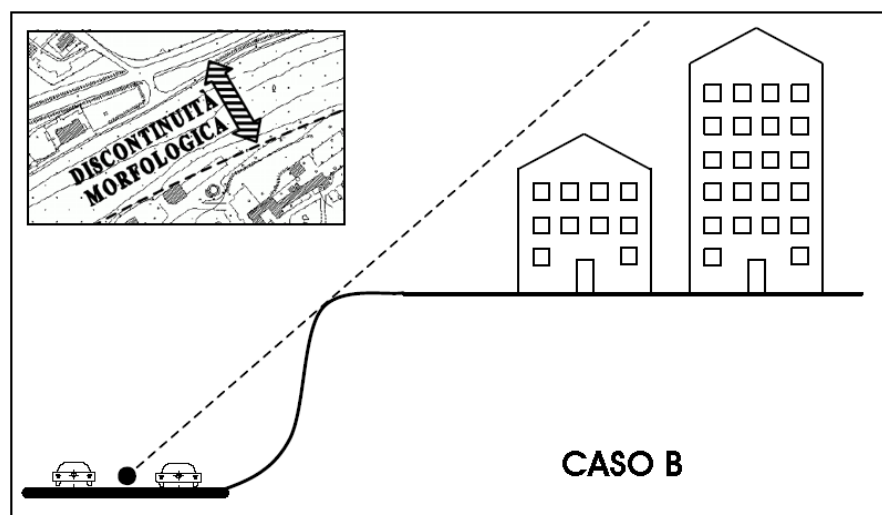


Figura 5.28 Sezione verticale riferita alla planimetria nel quadrante. L'altezza delle costruzioni rispetto al piano stradale e la loro distanza dalla sede viaria sono tali da garantire una copertura acustica ai ricettori<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Schemi tratti da "Linee guida tecniche per la predisposizione dei piani di classificazione acustica" La Regione ha inoltre emanato la "Classificazione acustica del territorio" - Delibera Consiglio Regionale n 77 del 22/02/2000 (si tratta di una sintesi delle linee guida) – ARPA Toscana

In particolare dall'analisi delle ortofoto, nel caso dell'Ospedale Traumatologico, è apparsa la presenza di una possibile discontinuità morfologica costituita da un filare alberi (nella Figura 5.29).



Figura 5.29: particolare della ortofoto (in verde i filari di alberi)

In entrambi i casi è stato però necessario effettuare dei sopralluoghi *in situ*, per verificare o meno la presenza di una barriera vegetale (e quindi di una attenuazione acustica) tale da giustificare un salto di classe così rilevante.

I rilevamenti in situ hanno necessitato un rilievo fotografico, una analisi del tipo di essenza arborea, un rilievo delle distanze dagli edifici ospedalieri frontistanti la strada, sulla dimensione media della chioma arborea, una breve intervista alla direzione ospedaliera sul posizionamento delle camere di degenza e sul livello di rumore mediamente percepito nelle stesse.



Figura 5.30: foto panoramica dell'ospedale di San Gavino

Per l'Ospedale Traumatologico di Iglesias si è rilevata una altezza dell'edificio (costituito da piano terra, primo piano e secondo piano) di circa 14 metri. La

barriera vegetale è costituita da un filare di pini marittimi di altezza variabile dai 10 ai 15 metri e con una chioma arborea media (S) di spessore di circa 7 metri, distanziati dall'edificio ospedaliero a distanze variabili dai 10 ai 20 metri (come in figura 5.31).



Figura 5.31: foto dell'Ospedale di Iglesias

Le camere di degenza si trovano nelle ale est ed ovest, ma non affacciano direttamente sulla ss126 in quanto è presente un corridoio.

Secondo le prescrizioni suggerite dalla norma ISO 9613 – Parte II si è calcolato il livello di attenuazione acustica previsto, attraverso l'algoritmo:

$$A = [0,1 \text{ dB/m}] * S = 0,7 \text{ dB (A)}$$

E' chiaro ipotizzare che tale livello di attenuazione acustica non sia sufficiente a consentire una adiacenza di classi acustiche così differenti.



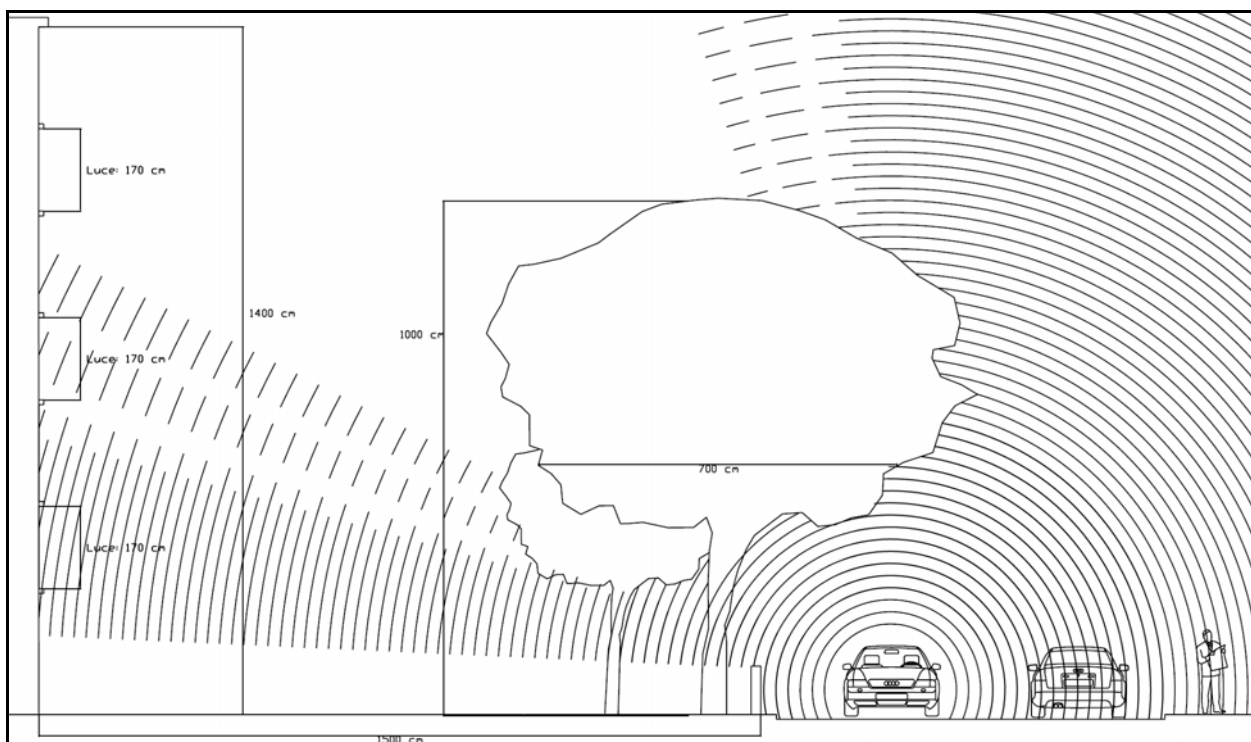


Figura 5.32: analisi dell'abbattimento acustico per l'ospedale di Iglesias

Stesso tipo di rilevamento è stato effettuato per l'Ospedale Civile di San Gavino Monreale.

## 6 Conclusioni

Il presente lavoro, oltre a voler fornire degli strumenti di analisi nel supporto alle decisioni, ha messo in evidenza una serie di criticità nell'affrontare le tematiche di pianificazione acustica del territorio.

Il *primo ordine di criticità* è legato all'analisi dei risultati relativi alle carte di sofferenza acustica ottenute. Tali risultati mettono in evidenza come la "pressione" (qui intesa non come pressione acustica ma come pressione ambientale) delle attività antropiche sul territorio sia superiore alla capacità di "assorbimento" del territorio stesso. La sofferenza delle comunità, anche dal punto di vista acustico, contribuisce alla sensibile diminuzione della qualità ambientale in contesto urbano.

Tale elemento risulta ancora più importante, laddove non siano state attivate quelle procedure di approvazione ed adozione dei piani di zonizzazione comunale, e più in generale, laddove non sia presente una attenta "politica acustica" di salvaguardia del territorio.

Il secondo ordine di criticità, in direzione contrapposta rispetto al precedente, riguarda un approccio di tipo confutativo rispetto all'utilizzo della metodologia proposta dall'Allegato Tecnico della Delibera della Giunta Regionale, il quale risulta fin troppo "cautelativo" rispetto all'effettivo uso del territorio.

In particolare si evidenzia come il metodo parametrico proposto confinerebbe la maggior parte dei poligoni appartenenti al tessuto urbano in classe II o al massimo III.

Difatti, analizzando il report dei risultati del DSS Digita Noise (tasto di report cliccabile nel modello "Metodo Parametrico"), risulta:

### **Report sulla Zonizzazione Acustica della Provincia di Cagliari Metodo Esaustivo**

Classe Acustica	Numero Sezioni Censuarie appartenenti alla classe acustica specificata	Superficie totale in ettari
2	2756	675207
3	1558	14319
4	500	670

Tabella 5.33: report di zonizzazione acustica del Digita Noise DSS

Come si può notare dai risultati, solo 500 sezioni su 4814 risultano assegnate alla classe IV (pari a circa il 10 % del totale), per una superficie di 670 ettari sulla superficie totale di 690197 (pari a circa l'1%).

Tale condizione risulterebbe vincolare ad un eccessivo grado di tutela tutto il nucleo urbano, laddove attività produttive e commerciali, tipiche di classi IV o V fossero necessarie, ed "ingessando", in un certo senso, qualsiasi ulteriore attività antropica.

A tale proposito, molte delle linee guida di altre regioni risultano molto più permissive, o comunque consigliano di calibrare il valore dei limiti di soglia fra le

classi in base ai valori medi comunali o ai percentili (cosa che è possibile fare con il DSS Digita Noise).

Il sistema permette, a tale proposito, di variare i limiti di soglia e di verificare in tempo reale quali siano i risultati attraverso il report e la verifica sul Sistema Informativo Territoriale.

Si lasciano, comunque, ai futuri utilizzatori del DSS Digita Noise, le possibili analisi di sensitività di ogni parametro di soglia sui risultati attesi.

## **7 Bibliografia di riferimento**

- "Linee guida per la predisposizione dei Piani di classificazione acustica dei territori comunali" - D.G.R. 29 ottobre 2002, n. 34/71 – Regione Calabria
- "Linee guida regionali per la redazione dei piani comunali di zonizzazione acustica" Deliberazione Giunta Regionale N. 2436, 1 agosto 2003 – Regione Campania
- "Criteri e condizioni per la classificazione del territorio ai sensi dell'Art.2 della L.R. 15/2001" - Delibera di Giunta Regionale 9 ottobre 2001 n. 2053 – Regione Emilia-Romagna
- Disegno di Legge della Giunta "Linee guida per la classificazione acustica comunale" - 31 Agosto 2005 - Ass. Moretton – Regione Friuli-Venezia Giulia
- "Atto di indirizzo e coordinamento relativo ai criteri generali di classificazione acustica del territorio" - D.G.R. 13 ottobre 1993, n. 7804 – Regione Lazio
- "Definizione dei criteri per la classificazione acustica e per la predisposizione e adozione dei piani comunali di risanamento acustico" - Deliberazione della Giunta regionale n. 1585 del 23.12.1999 – Regione Liguria
- "Criteri tecnici per la predisposizione della classificazione acustica del territorio comunale" - D.G.R. 2 luglio 2002, n. VII/9776 – Regione Lombardia
- "Criteri per la classificazione acustica dei territori comunali" - DGR n°896 del 24/06/2003 – Regione Marche
- "Criteri per la classificazione acustica del territorio" - D.G.R. 6 agosto 2001, n. 85-3802 – Regione Piemonte

- "Modalità operativa per la classificazione e zonizzazione acustica del territorio" - L.R. 12 Febbraio 2002 n.3 – Regione Puglia
- "Linee guida per la predisposizione dei Piani di classificazione acustica dei territori comunali" - D.G.R. n. 30/9 del 8.7.2005 – Regione Sardegna
- "Linee guida per la classificazione acustica del territorio comunale" -Accordo di programma 16 Marzo 2005 – ARPA Sicilia
- "Linee guida tecniche per la predisposizione dei piani di classificazione acustica" La Regione ha inoltre emanato la "Classificazione acustica del territorio" - Delibera Consiglio Regionale n 77 del 22/02/2000 (si tratta di una sintesi delle linee guida) – ARPA Toscana
- "Classificazione acustica del territorio da parte dei comuni" - Regolamento Regionale 13 Agosto 2004, N. 1 – Regione Umbria
- "Criteri orientativi per le amministrazioni comunali del Veneto nella suddivisione dei rispettivi territori secondo le classi previste nella Tab.1 allegata al D.P.C.M. 1 Marzo 1991" - D.G.R. 21 settembre 1993, n. 4313 – Regione Veneto
- D.P.C.M. del 01/03/1991 - Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
- D.Lgs. n. 277 del 15/08/1991 - Attuazione delle direttive CEE 80/1107, 82/605, 83/477, 86/188 e 88/642 in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 dell'LN 212/90
- D.Lgs. n. 135 del 27/01/1992 - Attuazione delle direttive 86/662/CEE e 89/514/CEE in materia di limitazione del rumore prodotto dagli escavatori idraulici e a funi, apripista e pale caricatrici
- L.N. n. 447 del 26/10/1995 - "Legge quadro" sull'inquinamento acustico
- D.M. del 11/12/1996 - Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo
- D.P.C.M. del 18/09/1997 - Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante
- Com. del 08/10/1997 - Linee-guida tecniche sull'applicazione del D.Lgs. n. 494 del 1996

- D.M. del 31/10/1997 - Metodologia di misura del rumore aeroportuale
- D.P.C.M. del 14/11/1997 - Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
- D.P.C.M. del 05/12/1997 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici
- D.P.R. n. 496 del 11/12/1997 - Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili
- D.P.C.M. del 19/12/1997 - Proroga dei termini per l'acquisizione e l'installazione delle apparecchiature di controllo e registrazione nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 settembre 1997
- D.M. del 16/03/1998 - Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
- D.P.C.M. del 31/03/1998 - Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi della legge 26 ottobre 1995, n. 447 «Legge quadro sull'inquinamento acustico».
- D.P.R. n. 459 del 18/11/1998 - Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario
- D.P.C.M. n. 215 del 16/04/1999 - Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi
- D.M. del 20/05/1999 - Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico
- D.P.R. n. 476 del 09/11/1999 - Regolamento recante modificazioni al decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997, n. 496, concernente il divieto di voli notturni
- D.M. del 03/12/1999 - Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti

- D.M. del 29/11/2000 - Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.
- D.P.R. 304 del 3/4/2001 - Regolamento recante disciplina delle emissioni sonore prodotte nello svolgimento delle attività motoristiche
- L. 179 del 31/7/2002 - Disposizioni in materia ambientale
- D.P.R. 142 del 30/3/2004 - Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare
- D.L. 13 del 17/1/2005 - Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti com
- D. L. 195 del 19/8/2005 - Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale
- D.L. 194 del 19/8/2005 - Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale
- "Cosa è un GIS" da <http://www.esriitalia.it/gis/index.htm>
- ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi. *"1° Rapporto sullo stato di attuazione della zonizzazione acustica dei Comuni italiani. Risultati del primo anno di indagine 1999-2000"*. RTI CTN\_AGF 5/2000
- Progetto Disia 2: la zonizzazione acustica del Comune di Torino e di 23 comuni dell'area metropolitana – Provincia di Torino – Giugno 2000
- Linee Guida Per L'elaborazione Di Piani Comunali Di Risanamento Acustico – ANPA – Febbraio 1998
- *Realizzazione di un Catasto Tematico Innovativo in materia di inquinamento acustico – Arpa Umbria – Novembre 2004*
- Modello di previsione del rumore veicolare impiegato per la città di Merano (A. Peretti, A. Farina, F. De Masi, A. Bonaldo, M. Baiamonte)
- Applicazione di Echozone nella realizzazione della zonizzazione acustica di Rovereto (P. Cicoira, P. Bertolini, P. Simonetti, S. Curcuruto) – sett 2001
- La Zonizzazione Acustica Nei Sistemi Informativi Territoriali: Una Proposta Della Provincia Autonoma Di Trento *Giancarlo Anderle - Paolo Simonetti*

## **Allegati**