

**MAPPATURE ACUSTICHE:
CONFRONTO E VERIFICA SPERIMENTALE
NELL'APPLICAZIONE DELLE NORMATIVE ITALIANA ED EUROPEA**

Franco Cotana, Andrea Nicolini
CIRIAF, Università di Perugia, Via G. Duranti n° 1/A-4

Riassunto

Lo strumento delle mappe è un mezzo efficace di rappresentazione per la sinteticità e l'immediatezza comunicativa che può esprimere. Anche nell'ambito dell'inquinamento acustico si fa un grande uso di mappe per rappresentare i vari aspetti che caratterizzano le complesse problematiche: dalla rappresentazione dello stato di inquinamento acustico, a quella dei limiti, a quella dei superamenti, a quella delle zone acustiche, a quella delle bonifiche, etc.

Le recenti Normative Italiana ed Europea in materia di inquinamento acustico impongono la realizzazione di mappe con espliciti scopi ed obiettivi. Nella prima parte delle note che seguono si analizzano tali Normative con particolare riferimento alle mappe di rumore e alla rappresentazione di quello che ormai si usa chiamare "clima acustico". Nella seconda parte sono riportati i risultati di una indagine sperimentale di un caso pratico che ha permesso di confrontare, attraverso mappe di rumore, il nuovo indicatore europeo L_{den} con l'indicatore L_{dn} desumibile dalla Normativa Italiana.

1. Introduzione

La caratterizzazione del clima acustico di un dato territorio è stata oggetto di studio di numerosi gruppi di lavoro negli ultimi anni [2], [3], [4], [6], [13]. Lo sforzo maggiore è stato fatto per uniformare le procedure di realizzazione di mappe di rumore, ovvero la rappresentazione dell'inquinamento acustico. A tale proposito, sono state introdotte particolari rappresentazioni dette mappe di contrasto (come citato nella proposta di Direttiva Europea del 26/07/2000, Allegato IV) per la verifica del superamento di valori limite, piuttosto che mappe illustranti il numero di abitazioni esposte al disturbo, o ancora mappe rappresentanti il numero di persone colpite da disturbi della salute o dati economici relativi a possibili interventi di bonifica.

Le mappe dell'inquinamento acustico possono essere realizzate in forma grafica, sotto forma di dati numerici riportati in tabulati sia su supporti fisici sia su supporti elettronici. In generale, si possono individuare tre principali tipi di rappresentazioni, classificabili in base agli obiettivi ed alle finalità:

- mappe di rumore sullo stato di inquinamento del territorio (realizzate sulla base di macrodati), finalizzate al monitoraggio ed informazione dello stato di inquinamento medio del territorio;

- mappe di rumore per la pianificazione del territorio (per le quali si richiede un maggior grado di accuratezza), finalizzate alla redazione dei piani di zonizzazione e bonifica;

- mappe di rumore per la progettazione degli interventi (che necessitano di un numero elevato di rilievi per garantire un livello di accuratezza ancora superiore), finalizzate alla progettazione di specifici interventi di risanamento acustico e caratterizzate ad esempio da rappresentazioni grafiche, mappe di contrasto per evidenziare i superamenti dei valori limite, mappe di confronto con possibili situazioni future e mappe in cui sono presenti i valori di un descrittore acustico in prossimità di singole abitazioni, etc.

2. Lavori preparatori per la Direttiva Europea

Il processo che ha portato alla realizzazione di una proposta di Direttiva Europea per il controllo del rumore ambientale è frutto di una intensa attività di numerosi gruppi di lavoro che a livello Europeo e Nazionale hanno affrontato specifici aspetti della Direttiva. Tra tali gruppi di lavoro, quello che ha affrontato il tema "Noise Mapping" è stato il WG4 (Working Group 4). Nei primi mesi del 1999, i gruppi di lavoro europei hanno elaborato alcune proposte con l'obiettivo comune di una Direttiva Europea volta a ridurre il numero di persone che vivono in zone dove il rumore ambientale presenta livelli non accettabili, garantire un risanamento acustico in tali zone ed aumentare il numero di persone che vivono in luoghi in cui il rumore ambientale è inferiore ai limiti previsti dai singoli Stati membri. Il WG4 ha in particolare indicato alcune linee per la realizzazione di mappe acustiche, per la rappresentazione dei livelli di immissione sonora, del superamento dei limiti o degli effetti del rumore sugli abitanti. Tra gli scopi della mappatura acustica primeggia quello di perseguire piani d'azione per la riduzione del rumore ambientale.

Il 7 Maggio 1999, presso l'ANPA, si è tenuta una riunione da parte di un gruppo di lavoro italiano (composto da 25 persone) che ha discusso e proposto al WG4 alcune osservazioni sul documento redatto dal gruppo europeo. Innanzitutto è stata evidenziata la genericità del documento, poiché non erano state indicate né le scale, né i possibili supporti (informatico, cartaceo, etc.) delle mappe. Non era stato menzionato il problema dell'accuratezza dei dati riportati nelle mappe, nonché il problema dell'archiviazione dei dati, come era stato fatto ad esempio dall'ANPA, sulla base del DPSIR europeo, per il sistema di archiviazione e previsione degli scenari dell'inquinamento acustico NOISE (descritto nel paragrafo 4). Inoltre, è stato rilevato che, negli esempi del Noise Mapping, mancavano le mappe di emissione del rumore, le mappe degli indici e quelle degli edifici ad alto isolamento acustico. Nel documento del WG4 si faceva riferimento alla disponibilità e all'accuratezza dei dati acustici delle sorgenti ma nulla era stato specificato circa l'accuratezza delle mappe. La definizione dell'accuratezza è da ritenere invece rilevante per evitare un uso improprio delle mappe. Una frase riportata nel WG4, dove è citato il fatto che la mappatura acustica dovrebbe essere richiesta non solo per le grandi città, lasciava trasparire l'intento di realizzare mappe di rumore principalmente solo per le grandi città. Nella Direttiva Europea, il fine delle mappe è prevalentemente di natura politica, pertanto è sufficiente disporre di dati generali ed aggregati come la percentuale di popolazione esposta a livelli di rumore accettabili, le aree interessate da inquinamento acustico, etc. Il gruppo di lavoro italiano, al termine della riunione, ha elaborato alcune proposte ed integrazioni al lavoro del WG4, fra cui l'impiego di alcuni indicatori a-

custici, già descritti nel Catasto acustico NOISE e le procedure per la stima e la mappatura acustica basata su modelli di calcolo e misure fonometriche distinte in:

- Misure di tipo A, per caratterizzare le sorgenti di rumore in termini di spettro emesso, potenza, direttività, superficie emittente e modalità di propagazione. Sono effettuate in prossimità di una sorgente, evitando l'influenza delle altre;

- Misure di tipo B, per tarare i modelli, effettuate a grande distanza dalla sorgente;

- Misure di tipo C, per stabilire se i processi che hanno portato alla modellazione delle sorgenti possono essere ritenuti accettabili. Tali misure sono effettuate in prossimità dei ricettori.

A seguito della riunione plenaria a Bruxelles del 22 e 23 Settembre 1999, che ha discusso le osservazioni dei vari Stati, tra quelle proposte dal gruppo di lavoro italiano, è stato elaborato un nuovo documento dal WG4.

Una nuova riunione del gruppo italiano, tenutasi presso l'ANPA dal 19 al 21 Gennaio 2000, ha esaminato il nuovo documento giungendo alla conclusione che le osservazioni effettuate nella precedente riunione erano state recepite solo in minima parte: il nuovo documento del WG4 non proponeva cambiamenti significativi rispetto al precedente. Talune osservazioni sono state riproposte ed in parte accolte nell'elaborazione, da parte della Commissione delle Comunità Europee, della proposta finale di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'Unione Europea [1].

3. Noise Mapping nella Direttiva Europea

La proposta di Direttiva Europea, presentata a Bruxelles il 26/07/2000, "relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale", si prefigge di istituire una regolamentazione unica, per l'intera UE, relativamente alla valutazione dell'esposizione umana all'inquinamento acustico. Tale proposta ha lo scopo di unificare l'uso di descrittori e metodi di valutazione del rumore ambientale e del relativo disturbo, identificando diversi tipi di inquinanti acustici a seconda della sorgente di provenienza. Inoltre, l'uso di metodi di determinazione comuni consente la catalogazione di dati sull'esposizione al rumore ambientale sotto forma di mappe acustiche. La Direttiva in questione è focalizzata sugli aspetti del rumore ambientale percepito dall'uomo all'interno o in vicinanza dell'abitazione, nei parchi pubblici o in altre aree relativamente silenziose dei centri urbani o di campagna, all'interno o nei pressi di scuole, ospedali e altri edifici dove è particolarmente importante limitare l'inquinamento acustico. Non viene invece preso in esame il rumore generato dalla stessa persona esposta, da attività domestiche, dal vicinato, né quello percepito sul posto di lavoro o a bordo dei mezzi di trasporto.

La proposta introduce due tipi di descrittori acustici, L_{den} e L_{night} . Il descrittore principale, utilizzando il quale è stata realizzata una mappatura acustica nel caso pratico descritto nel paragrafo 8, è il L_{den} (livello giorno-sera-notte), espresso in decibel; tale descrittore, già utilizzato in alcuni Stati membri per la valutazione del rumore generato da aeromobili, permette di determinare il "fastidio" prodotto sull'uomo esposto al rumore ambientale. Il caso concreto descritto nel paragrafo 8 permette un confronto tra l'indice L_{den} e L_{dn} (livello giorno-notte), derivabile dalla Normativa Italiana.

Per una migliore descrizione degli effetti dell'esposizione umana al rumore nel periodo notturno, nel quale il rumore ambientale risulta maggiormente fastidioso, è stato proposto un descrittore L_{night} (descrittore di rumore notturno complessivo). La determinazione del valore dei due descrittori proposti può essere ottenuta attraverso misure fonometriche; nel caso in cui la durata della misura sia inferiore al tempo di riferimento, si ricorre, mediante opportuni metodi di calcolo, alla valutazione di L_{den} e L_{night} per via matematica, comunque basata sui risultati delle misure effettuate.

L'importanza del descrittore L_{den} è dovuta al fatto che, per esposizioni di lungo termine al rumore ambientale, è strettamente correlato al grado di fastidio percepito; in particolare, L_{den} risulta legato alla percentuale di persone che mostrano elevato fastidio. Il L_{den} , come descritto nella Direttiva Europea, risulta molto utile nel valutare gli effetti del rumore ambientale sull'apprendimento nei bambini e sui disturbi di salute della comunità (stress, ipertensione, etc.); inoltre permette di caratterizzare in modo completo anche rumori in cui sono presenti forti componenti tonali o impulsive.

L_{night} invece è altamente correlato con i disturbi del sonno avvertiti dalla comunità colpita.

Il metodo da utilizzare per il calcolo dei citati descrittori acustici è lasciato alle specifiche normative in vigore nello Stato membro, che devono tuttavia essere applicate tenendo conto della definizione di L_{den} e L_{night} . Ad esempio, in Italia è necessario introdurre il periodo di riferimento serale, non previsto nella definizione del L_{dn} . Per gli Stati membri che non hanno specifiche normative o che intendono utilizzare un metodo differente, la Direttiva raccomanda:

- per il rumore dovuto ad attività produttive, di riferirsi alla norma ISO 9613-2 utilizzando dati di rumore rilevati mediante tecniche di misura secondo le norme ISO 8297, EN ISO 3744 oppure EN ISO 3746;
- per il rumore di aeromobili in prossimità di aeroporti, il documento 29 E-CAC.CEAC;
- per il rumore dovuto al traffico stradale, il metodo di calcolo francese NMPB;
- per il rumore ferroviario, il metodo di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi "Standaard-Rekenmethode II".

Se uno Stato membro intende utilizzare un metodo diverso da quelli proposti, deve dimostrare che questo permette di ottenere risultati analoghi a quelli garantiti dalle tecniche proposte. Entro il 1° Luglio 2003, la Commissione si è comunque proposta di pubblicare delle linee guida che terranno conto delle tecniche proposte aggiornandole alle definizioni dei descrittori L_{den} e L_{night} .

La proposta impone la realizzazione di mappe acustiche, relativamente a centri urbani con più di 250.000 abitanti, alle principali infrastrutture stradali, ferroviarie e aeroportuali entro il 31 dicembre 2004. Tale mappatura va ripetuta dopo cinque anni; in questa fase si impone anche di tracciare mappe acustiche relative a centri urbani di minori dimensioni (più di 100.000 abitanti). Tenendo conto che il 20% circa della popolazione dell'Unione Europea vive in grandi centri urbani, che un ulteriore 10-20% dei cittadini europei risiede in prossimità delle principali strade, ferrovie ed aeroporti, e considerando anche il contributo dato nella seconda fase dai piccoli centri urbani, dopo otto anni dall'entrata in vigore della Direttiva Europea, circa il 50% della popolazione dell'UE sarà coinvolta dalla mappatura acustica. In seguito, dopo un anno dalla data di scadenza relativa alle mappe acustiche, devono essere elaborati i piani di risanamento. Le mappe acustiche dovranno poi essere pubblicate, su Internet o analoghe fonti informatizzate, entro due mesi dalla loro adozione, in modo da garantire l'informazione ai cittadini dell'UE. Inoltre, le mappe acustiche e i piani di risanamento relativi, dovranno essere inizialmente raccolti a livello degli Stati membri, per essere successivamente trasmessi alla Commissione delle Comunità Europee che ne realizzerà una banca dati e una relazione di sintesi. Ogni cinque anni, a partire dalla prima stesura, le mappe acustiche e le relative relazioni di sintesi dovranno essere aggiornate. Saranno quindi intraprese misure atte a ridurre l'inquinamento acustico dove necessario o a mantenere il livello di qualità acustica dove questo è accettabile.

4. Noise Mapping nel Catasto Acustico NOISE

La mappatura acustica è un aspetto fondamentale del sistema NOISE (Noise Observatory-Information Service) [2], che, sviluppato in seguito alla collaborazione tra CIRA e ANPA, costituisce una base su cui basare l'intera indagine sul clima acustico. Tale sistema risulta organizzato secondo il modello DPSIR elaborato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente. Nel modello individuato sono presenti cinque elementi principali:

- i Drivers, ovvero le cause primarie che generano inquinamento acustico (industria, agricoltura, ...);
- le Pressioni, cioè le emissioni acustiche e vibrazioni;

- lo Stato dell'ambiente;
- l'Impatto sulla salute e sull'ecosistema, creato dallo Stato dell'ambiente;
- le Risposte che, sotto forma di leggi e piani di risanamento acustico, dovranno essere date per rendere ottimale lo Stato dell'ambiente.

Gli elementi del sistema NOISE sono stati analizzati singolarmente in modo da sviluppare un'architettura che garantisca una rapida archiviazione di dati riguardanti l'inquinamento acustico in modo da poter prevedere interventi di bonifica efficienti. Ad esempio, il Driver Industria, al fine di valutarne le emissioni acustiche, è stato suddiviso in tre parti principali: rumore prodotto dal traffico indotto in ingresso (introduzione di materie prime, forza lavoro, ...), rumore prodotto dall'industria propriamente detta (ciclo produttivo di realizzazione del prodotto) e rumore prodotto dall'indotto in uscita (prodotto finito e rifiuti).

Un'analisi simile è stata effettuata per le Pressioni. Ad esempio, nel caso del rumore prodotto da una strada, sono stati individuati gli elementi che concorrono all'individuazione di un ricettore sensibile. In primis è necessario analizzare la geometria che caratterizza la sorgente di rumore, poi il volume di traffico, infine le caratteristiche del luogo nella quale è inserita ed il clima; questi ultimi due fattori influenzano fortemente la propagazione del suono verso il ricettore sensibile.

Per poter analizzare in modo ottimale i contenuti degli elementi del sistema, si è resa necessaria l'individuazione di una serie di indicatori, differenziati a seconda dell'elemento del NOISE del quale descrivono le informazioni di cui si ha conoscenza. Ad esempio, due aspetti fondamentali sono quelli riguardanti gli indicatori sullo Stato dell'ambiente e sulle Risposte. La scelta degli indicatori di Stato è stata effettuata tenendo conto degli obiettivi della Politica Europea contenuti nel V Programma Politico e d'Azione a favore dell'Ambiente:

- evitare che la popolazione sia esposta a livelli di rumore superiori a 65 dBA notturni;
- garantire che non siano mai superati livelli pari a 85 dBA notturni;
- non aumentare la parte di popolazione esposta a livelli medi notturni compresi tra 55 e 65 dBA;
- garantire che nelle zone tranquille il livello non superi i 55 dBA notturni.

In base agli obiettivi preposti, sono stati individuati inizialmente otto indicatori di stato, dei quali i primi quattro (IS1, IS2, IS3 e IS4) si riferiscono all'indagine sulla percentuale di territorio e popolazione esposta a valori maggiori di 55 dBA e maggiori di 65 dBA, IS5 e IS6 sono relativi al livello massimo di 85 dBA, mentre gli ultimi due indicatori (ISR7 e ISR8) sono legati alla Normativa Italiana. Questi ultimi sono indicati come ISR essendo indicatori ibridi di Stato e Risposta, poiché se si definisce la % del territorio dove non sono rispettati dei limiti, si suppone che questi siano già stati fissati e quindi che sia già stata elaborata una risposta. Gli indicatori individuati (denominati di I Livello) sono definiti nel modo seguente:

- IS1 = % del Territorio dove $L_{Aeq} > 55$ dBA (periodo notturno);
- IS2 = % della Popolazione dove $L_{Aeq} > 55$ dBA (periodo notturno);
- IS3 = % del Territorio dove $L_{Aeq} > 65$ dBA (periodo notturno);
- IS4 = % della Popolazione dove $L_{Aeq} > 65$ dBA (periodo notturno);
- IS5 = % del Territorio dove $L_{Aeq} > 85$ dBA (periodo notturno);
- IS6 = % della Popolazione dove $L_{Aeq} > 85$ dBA (periodo notturno);
- ISR7 = % del Territorio dove non sono rispettati i limiti di legge;
- ISR8 = % della Popolazione dove non sono rispettati i limiti di legge.

Poiché l'inquinamento acustico in massima parte è dovuto alle infrastrutture di trasporto, e ricordando che la Legge Italiana distingue per le infrastrutture delle fasce di pertinenza dove sono fissati dei valori limite, è possibile in questo caso definire degli indicatori che descrivano con maggiore precisione la situazione acustica nel territorio in esame. Gli indicatori individuati, denominati di II Livello, sono otto, di cui i primi quattro relativi alla fascia di pertinenza (zona IN), mentre gli altri si riferiscono al territorio al di fuori di tale fascia (zona OUT):

- ISR9 = % del Territorio IN dove non sono rispettati i limiti notturni;
- ISR10 = % della Popolazione IN dove non sono rispettati i limiti notturni;
- ISR11 = % del Territorio IN dove non sono rispettati i limiti diurni;
- ISR12 = % della Popolazione IN dove non sono rispettati i limiti diurni;
- ISR13 = % del Territorio OUT dove non sono rispettati i limiti notturni;
- ISR14 = % della Popolazione OUT dove non sono rispettati i limiti notturni;
- ISR15 = % del Territorio OUT dove non sono rispettati i limiti diurni;
- ISR16 = % della Popolazione OUT dove non sono rispettati i limiti diurni.

Per valutare gli indicatori relativi ad un dato territorio e alla popolazione che vi risiede, è ovviamente necessario individuare su mappa la "zona acustica" di interesse e riferirsi ai dati ISTAT di censimento della popolazione in tale zona.

Per quanto concerne le Risposte, un tipico esempio è quello riguardante i Piani di Risanamento Acustico, elaborati dai Comuni e che in genere è possibile suddividere in tre fasi distinte;

- zonizzazione acustica;
- misure e mappatura acustica;
- bonifiche acustiche.

Per ogni fase sono state individuate due categorie di indici, di I o II Livello, a seconda del grado di accuratezza richiesto. Per le bonifiche è stato individuato anche un terzo livello di approfondimento.

Gli indicatori scelti sono, a riguardo della zonizzazione acustica,

- IR1 = % di Territorio zonizzato (I Livello);
- IR2 = % di Popolazione interessata dalla zonizzazione (I Livello);
- IR3 = % di Territorio ripartita nelle sei classi di zonizzazione (II Livello);
- IR4 = % di Popolazione ripartita nelle sei classi di zonizzazione (II Livello).

Per le misure e la mappatura acustica:

- IR5 = % di Territorio interessato da mappatura o misure di rumore (I Livello);
- IR6 = % di Popolazione interessata da mappatura o misure di rumore (I Livello);
- IRS7 = % di Territorio ripartita a step di 5 dBA in base al superamento o meno dei limiti stabiliti dalla zonizzazione acustica (II Livello);
- IRS8 = % di Popolazione ripartita a step di 5 dBA in base al superamento o meno dei limiti stabiliti dalla zonizzazione acustica (II Livello).

Ad esempio, lo stato di inquinamento da rumore che caratterizza un dato territorio è descritto con buona accuratezza attraverso una mappatura che tiene conto dell'indicatore IRS7, dove con diverse colorazioni sono indicate le zone 0 (ovvero caratterizzate da livelli di rumore corrispondenti ai limiti), +5 (livelli di rumore che superano i limiti per un valore compreso tra 0 e +5 dBA), +10, -5, -10, ...

Infine, per quanto riguarda la bonifica acustica sono definiti i seguenti indicatori:

- IR9 = % di Territorio analizzato in cui sono stati individuati gli interventi di bonifica (I Livello);
- IR10 = % di Popolazione beneficiaria degli interventi di bonifica previsti (I Livello);

- IRS11 = % di Territorio da bonificare per il quale sono stati elaborati o in corso di elaborazione progetti di bonifica (II Livello);
- IRS12 = % di Popolazione beneficiaria dei progetti di bonifica elaborati o in corso di elaborazione (II Livello);
- IR13 = % di Territorio bonificato o per il quale sono in corso interventi di bonifica (III Livello);
- IR14 = % di Popolazione che ha beneficiato di interventi di bonifica (III Livello);
- IRI15 = Rapporto tra i costi degli interventi di bonifica e la Popolazione beneficiaria (III Livello);
- IRI16 = Rapporto tra i costi degli interventi di bonifica e la riduzione dei livelli di rumore in dBA in relazione al Territorio (III Livello).

Gli ultimi due indici sono indicati come IRI poiché valutano anche l'Impatto avuto sull'economia del Paese.

5. Procedure CIRIAF per la mappatura acustica

Le mappature acustiche del territorio, come si è detto, possono essere realizzate con diversi livelli di accuratezza. Solitamente tanto maggiore è la precisione richiesta, tanto più numerose sono le misure del livello di rumore da effettuare. In pratica, a causa di vari aspetti come quelli economici (l'area, in particolare se ci si riferisce ad un intero territorio comunale, può essere molto estesa) o tecnici (alcune sorgenti, come le infrastrutture dei trasporti, non sono disattivabili), non è sempre possibile utilizzare unicamente i risultati dei rilievi fonometrici, ma è spesso necessario ricorrere all'impiego di modelli matematici. Le fasi richieste dall'applicazione dei modelli consistono in genere nell'individuare le sorgenti, caratterizzarle dal punto di vista acustico, modellare le sorgenti stesse e l'area interessata, arrotondare le stime, analizzarle e validarle ed infine nel presentare i risultati. Ogni fase introduce un errore tanto più elevato quanto lo sono le approssimazioni effettuate. Nell'ambito delle attività di ricerca nel campo dell'inquinamento acustico sviluppate dal CIRIAF, sono stati elaborati numerosi modelli di calcolo e procedure. A seconda del livello di accuratezza richiesto per la mappatura acustica, si citano a titolo di esempio possibili tre tipi principali di procedure:

- Procedura ACIR-V-1VL/2 (schema a blocchi in Figura 1), utilizzata per la realizzazione di mappature acustiche quando è richiesto un livello medio di accuratezza (pianificazione del territorio in zone scarsamente edificate);
- Procedura ACIR-V-3VL/2 (schema a blocchi in Figura 2), utilizzata per la realizzazione di mappature acustiche quando è richiesto un livello elevato di accuratezza (verifica del superamento dei limiti);
- Procedura ACIR-V-4VL/2 (schema a blocchi in Figura 3), utilizzata per la realizzazione di mappature acustiche quando è richiesto un livello elevatissimo di accuratezza, pari a quello delle misure (verifica del superamento dei limiti e progettazione degli interventi di bonifica).

Per quanto riguarda le prime due procedure, poiché le misure fonometriche sono effettuate solo in una parte del sito oggetto dell'indagine, è necessario utilizzare, come indicato nelle relative Figure 1 e 2, modelli di previsione dei livelli di rumore. Ad esempio, per la valutazione dei livelli nei punti di stima individuato nel caso pratico descritto nel paragrafo 8, le stime sono state effettuate attraverso il foglio di calcolo rappresentato in Figura 4 che implementa quattro modelli diversi: CETUR, CNR, CLASSICO e SEL [19]. Al fine di ottenere le stime nei punti desiderati, è necessario introdurre nel foglio di calcolo una serie di dati che permettono di caratterizzare dal punto di vista acustico le

sorgenti ed il sito. Inizialmente, devono essere indicati i dati relativi a ciascuna infrastruttura stradale presente e precisamente:

- il codice della strada (SU = strade urbane, A = autostrade e superstrade, SS = strade a scorrimento veloce);
- la sezione;
- la pendenza media in percentuale;
- la larghezza;
- il tipo di pavimentazione (asfalto liscio, ruvido o in conglomerato cementizio);
- il flusso in veicoli/ora dei veicoli leggeri (peso inferiore a 3,5 t), dei veicoli pesanti (peso superiore a 3,5 t), di autoveicoli, motocicli e ciclomotori;
- la velocità e le condizioni del traffico (scorrevole, presenza di incroci o rallentato);
- la quota della sede stradale;
- il livello di potenza assegnato ad ogni sorgente (sulla base dei rilievi fonometrici).

Se la sorgente di rumore è un'infrastruttura ferroviaria deve invece essere indicata la frequenza di passaggio dei treni, la loro velocità, la lunghezza, il tipo di rotaie ed il tipo di carrozze. Infine, devono essere indicati alcuni dati relativi alla posizione del punto di stima (sul lato aperto della strada o sul lato chiuso con edifici), alla distanza del punto dalla mezzeria della sorgente lineare, all'angolo sotto il quale il punto osserva il tratto di sorgente considerato (angolo di visuale), alla presenza e all'altezza di barriere (edifici, siepi, etc.) interposte tra punto di stima e sorgente di rumore, alla quota del punto di stima. Nel punto B) del foglio di calcolo, vengono indicati per ogni sorgente di rumore, nei tre periodi di riferimento diurno, serale e notturno, i livelli sonori stimati con i quattro modelli CETUR, CNR, CLASSICO e SEL mentre nel punto C) è indicato il valore finale della stima ottenuta attraverso una media pesata tra i risultati dati dai modelli disponibili.

6. Noise Mapping nel Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29/11/2000

Il concetto di mappatura acustica è divenuto di rilevante importanza con la pubblicazione (6 Dicembre 2000) sulla Gazzetta Ufficiale del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 29 Novembre 2000 [14]. Tale Decreto stabilisce i criteri che le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture devono seguire per pianificare e realizzare le attività di risanamento acustico del rumore prodotto dalle infrastrutture stesse. Considerata la necessità di uniformare i criteri suddetti, il Decreto del 29 Novembre 2000 presenta un'importanza notevole nell'ambito della Legislazione Acustica Italiana essendo il primo in cui si accenna esplicitamente all'uso obbligatorio della mappatura acustica.

Secondo il Decreto in questione, le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture hanno l'obbligo di presentare i piani di risanamento prestando attenzione alle seguenti modalità:

- entro diciotto mesi dall'entrata in vigore del Decreto, quindi entro il 6 Agosto 2002, la società o l'ente gestore deve trasmettere ai Comuni, alla Regione competente o all'autorità da questa indicata, i dati relativi alle aree dove è stato stimato o rilevato il superamento dei limiti (è evidente che le mappe possono rappresentare tali dati in forma sintetica);

- entro i successivi diciotto mesi la società o l'ente gestore dovrà presentare il piano di risanamento in base alla Legge quadro n. 447 del 26 Ottobre 1995 (comma 5, articolo 10), anche nel caso in cui il superamento dei limiti è stato rilevato dopo la trasmissione all'autorità competente dei dati di cui al punto precedente;

- gli obiettivi del piano di risanamento devono essere realizzati, partendo dalla data in cui l'autorità competente decide di attuare un provvedimento o dalla data di presentazione del piano se dopo 3 anni non è stato ancora emanato un provvedimento, entro 15 anni (infrastrutture lineari di interesse locale, regionale o nazionale) o 5 anni (aeroporti e le restanti infrastrutture).

Il piano di risanamento deve contenere indicazioni sulle aree in cui il rumore immesso dalle infrastrutture stesse porta a superare i limiti di immissione; inoltre deve segnalare gli interventi e le modalità di realizzazione, l'indicazione di eventuali altre infrastrutture che concorrono a superare i limiti vigenti nelle aree in questione, i tempi e i costi di esecuzione per ogni intervento programmato, il grado di priorità di esecuzione di ogni intervento, le motivazioni per eventuali interventi sui ricettori. Per quanto riguarda la progettazione degli interventi, il Decreto prevede l'adozione di modelli matematici che, oltre a permettere la stima dei livelli di rumore, consentano di organizzare i risultati su base cartografica (scala non inferiore a 1:1000), sotto forma di singoli punti e curve isolivello relative alla situazione precedente o successiva agli interventi.

La parte del Decreto denominata "progettazione acustica" consiste nel rilevare il flusso di traffico che caratterizza l'infrastruttura in questione, determinare la caratterizzazione acustica della sorgente, acquisire la corografia della zona (scala non inferiore a 1:5000) e la planimetria dell'area e dell'infrastruttura (scala non inferiore a 1:1000), individuare gli interventi anche con l'ausilio di modelli matematici opportuni, ma soprattutto consiste nel *"tracciamento di una mappa acustica dell'area circostante l'infrastruttura da effettuare sulla base di misure e con l'ausilio di un modello previsionale; la mappa deve contenere le curve di isolivello, gli edifici da risanare;"*.

Per quanto riguarda il progetto esecutivo di ciascun intervento di risanamento, questo deve comprendere il progetto strutturale, la valutazione dell'inserimento ambientale dell'intervento, i prezzi, i computi metrici, la stima dei lavori ed infine il progetto acustico di dettaglio che, tenendo conto delle caratteristiche dell'infrastruttura, deve essere costituito almeno da:

- l'indicazione dei livelli equivalenti di rumore immessi nei ricettori più esposti, prima degli interventi;
- l'indicazione dei livelli equivalenti di rumore immessi nei ricettori più esposti, dopo gli interventi;
- l'individuazione ed il dimensionamento degli interventi per il raggiungimento dei limiti di Legge;
- la corografia della zona (scala non inferiore a 1:5000);
- la planimetria dell'area interessata dall'intervento (scala non inferiore a 1:1000);
- eventuali sezioni significative (scala non inferiore a 1:200);
- documentazione fotografica;
- il controllo dei risultati degli interventi con l'ausilio di modelli di calcolo e misure.

In Tabella 1 sono riportate sinteticamente le attività che dovranno essere svolte per soddisfare le richieste della Direttiva Europea [1] e della Legge Italiana sul risanamento acustico [14].

7. Rappresentazione delle mappe di rumore con il nuovo indicatore L_{den}

Il livello giorno-sera-notte (L_{den} o LDEN), valutato in dBA, costituisce il descrittore acustico fondamentale della proposta di Direttiva Europea relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, presentata dalla Commissione delle Comunità Europee a Bruxelles in data 26.07.2000. Il calcolo di questo descrittore è fondamentale per

la redazione delle mappe di rumore. La definizione del LDEN secondo la Direttiva proposta è riportata nella formula seguente:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \quad (\text{dBA}) \quad (1)$$

dove

- L_{day} è il livello di pressione sonora ponderata "A" definito dalla norma ISO 1996-2: 1987, relativo ad un tempo di riferimento composto da tutti i periodi diurni di un anno;

- $L_{evening}$ è il livello di pressione sonora ponderata "A" definito dalla norma ISO 1996-2: 1987, relativo ad un tempo di riferimento composto da tutti i periodi serali di un anno;

- L_{night} è il livello di pressione sonora ponderata "A" definito dalla norma ISO 1996-2: 1987, relativo ad un tempo di riferimento composto da tutti i periodi notturni di un anno.

Per quanto riguarda le definizioni dei tempi di riferimento utilizzati per valutare gli indici L_{day} , $L_{evening}$ e L_{night} , la proposta di Direttiva Europea definisce che

- il giorno è di 12 ore, la sera di 4 ore, la notte di 8 ore;
- ogni Stato membro può associare la sera ad un periodo di riposo nel pomeriggio con conseguente riduzione del periodo serale effettivo;
- ogni Stato membro può decidere l'orario di inizio di giorno, sera e notte;
- le fasce orarie standard sono 07.00-19.00 (giorno), 19.00-23.00 (sera), 23.00-07.00 (notte) ora locale;
- l'anno è l'anno di osservazione per l'emissione acustica ed un anno medio sotto il profilo meteorologico, cioè un anno con condizioni meteorologiche medie rispetto agli ultimi dieci anni o più.
- nella misura, si considera il solo suono incidente, trascurando gli effetti dovuti al suono riflesso dalle facciate degli edifici.

Se la mappatura acustica ha lo scopo di determinare l'esposizione al rumore all'interno e in vicinanza di edifici, i punti di misura devono essere posizionati ad un'altezza di 4 ± 0.2 m dal suolo e ad una distanza di 2 ± 0.2 m dalla facciata più esposta, ovvero il muro esterno rivolto verso la sorgente specifica e più vicino ad essa. Per valutare l'inquinamento acustico e la relativa mappatura di zone relativamente silenziose in aperta campagna e di parchi pubblici, i punti di misura devono essere posti ad un'altezza di 4 ± 0.2 m dal suolo. Per altri fini, come ad esempio l'elaborazione di misure locali atte a ridurre l'impatto acustico di specifici ambienti abitativi o la mappatura acustica dettagliata di un'area limitata (per la rappresentazione dell'esposizione acustica di singoli ambienti abitativi), possono essere scelte quote diverse, ma comunque posizionate ad un'altezza maggiore di 1.5 m dal suolo.

8. Un caso concreto: mappatura acustica nell'intorno del raccordo autostradale Perugia-Bettolle. Confronto tra la Normativa Italiana (L_{dn}) e la proposta di Direttiva Europea (L_{den}).

L'applicazione delle procedure di mappatura acustica ad un caso concreto permette di valutare le possibili differenze nell'utilizzare il descrittore acustico L_{den} proposto dalla Commissione delle Comunità Europee al posto del L_{dn} derivabile dalla Normativa Italiana. La Normativa Italiana [17] definisce in realtà un unico indicatore $L_{Aeq,T}$ (dBA) indifferente per il giorno o la notte. Nel definire i limiti, la Norma [18] prevede sempre

valori notturni 10 dBA inferiori ai valori diurni; per tale ragione si può derivare un indicatore unico giorno-notte L_{dn} . Con tale indicatore viene persa parte dell'informazione sul rumore diurno e notturno ma il nuovo indicatore L_{dn} ha il vantaggio di poter essere confrontato con l'indicatore europeo L_{den} .

L'indicatore L_{dn} è definito come:

$$L_{dn} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left(16 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \quad (\text{dBA}) \quad (2)$$

dove

- L_d è il livello di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo di riferimento diurno, che nel caso della Normativa Italiana è compreso tra le ore 06.00 e le 22.00;

- L_n è il livello di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo di riferimento notturno, che nel caso della Normativa Italiana è compreso tra le ore 22.00 e le 06.00.

Si nota come, rispetto alla proposta di Direttiva Europea, in questo caso è differente la definizione del tempo di riferimento diurno e notturno; inoltre, non si tiene conto della presenza di un periodo serale, che è inglobato in quello diurno.

Nella valutazione del livello L_{dn} , il rumore presente nel periodo notturno, rispetto al caso diurno, è ritenuto produrre un disturbo di 10 dBA superiore a quello diurno (questo equivale anche a considerare i limiti notturni di 10 dBA più bassi). Va osservato, tuttavia, che la Norma Italiana, imponendo limiti notturni e diurni separati, è più restrittiva di quella Europea.

Nel determinare il livello L_{den} , oltre ad un'identica penalizzazione del periodo notturno, si considera che il rumore presente nel periodo serale disturbi 5 dBA in più rispetto a quello presente nel periodo diurno.

Il caso analizzato riguarda una sorgente di rumore dovuta al traffico stradale nella zona urbana circostante il raccordo Autostradale Perugia-Bettolle, precisamente il tratto compreso tra la galleria Prepo e la galleria Pallotta, a Perugia.

Sono stati effettuati, nei periodi di riferimento diurno, serale e notturno, rilievi fonometrici in corrispondenza di quattro punti di misura, evidenziati in Figura 5 con i numeri 1, 141, 142 e 143, individuati dal Comune di Perugia per la realizzazione della zonizzazione acustica. Analizzando la disposizione delle infrastrutture stradali presenti nella zona, è stato possibile individuare quattro sorgenti di rumore che ne caratterizzano l'inquinamento acustico presente: la sorgente S1, corrispondente al tratto del raccordo autostradale vero e proprio, la sorgente S2, costituita da una strada sottostante il raccordo, la sorgente S3 e S3bis, corrispondente ai due tratti di immissione e uscita dal raccordo nei due sensi di marcia e la sorgente F1 corrispondente alla ferrovia.

In Figura 5 è raffigurata la mappa del sito, dove sono indicate le posizioni dei punti di misura e le sorgenti di rumore individuate. I valori del livello equivalente ponderato A misurato nei diversi periodi della giornata sono stati utilizzati per calcolare i descrittori acustici L_{den} e L_{dn} . I risultati ottenuti, sia per quanto riguarda il L_{Aeq} misurato nei diversi periodi della giornata che i valori dei due descrittori acustici sopracitati, sono indicati in Tabella 2. E' possibile notare come, analizzando i dati relativi alle misure durante l'arco dell'intera giornata, il livello di rumore presente nei punti 1, 142 e 143 si mantiene pressoché stazionario (oscilla al massimo di 4 dBA tra giorno e notte) mentre il punto 141 presenta una variazione fino a 15 dBA tra il livello misurato nel periodo di riferimento diurno e quello notturno. I risultati dei rilievi effettuati permettono di evidenziare come la differenza, in tutti i punti di misura, tra L_{den} e L_{dn} sia estremamente piccola, al massimo 0.7 dB; comunque, il livello L_{den} proposto dalla Normativa Europea si mantiene sempre leggermente superiore al L_{dn} . Ne consegue che sia nel caso in cui la sor-

gente di rumore globale si mantiene pressoché stazionaria nell'arco della giornata, che in quelli in cui varia notevolmente tra giorno e notte, è possibile affermare, almeno nel caso esaminato, che i valori forniti dai descrittori acustici L_{den} e L_{dn} sono praticamente gli stessi.

Il passo successivo è stato quello di creare una griglia di stima, sovrapposta alla planimetria del sito da studiare e che, nel caso trattato, risulta costituita da 35 punti. I livelli sonori nei punti della griglia, evidenziata in Figura 5, sono stati stimati, seguendo la procedura ACIR-V-1VL/2, utilizzando il foglio di calcolo in Figura 4: in questo modo è stato possibile realizzare la mappatura acustica del sito. In particolare, sono stati stimati i livelli equivalenti ponderati A nei vari punti della griglia, il cui valore è riportato in Tabella 3. A titolo di esempio, in Figura 6, è rappresentata la mappatura acustica relativa al periodo di riferimento diurno, che mette in evidenza come il calcolo effettuato può essere considerato valido solo in vicinanza delle sorgenti di rumore. Valori intorno ai 60 dBA estrapolati dal software in corrispondenza di una zona densamente abitata come quella in alto a destra (in corrispondenza dei punti 05, 06, 07 della griglia) sono da ritenere di dubbia affidabilità in quanto non tengono conto della complessa geometria del sito e della presenza di numerosi edifici. In tale zona è consigliabile l'applicazione della procedura ACIR-V-4VL/2.

9. Conclusioni

Sono state analizzate le Normative Italiana ed Europea ai fini del Noise Mapping. In genere, le mappe acustiche possono essere di tre tipi principali e, a seconda dello scopo che si prefiggono, richiedono un diverso grado di accuratezza; in particolare si distinguono mappe di rumore destinate ad informare la cittadinanza sullo stato di inquinamento acustico del territorio, realizzate in base a macrodati; mappe di rumore più accurate per la pianificazione del territorio; mappe di rumore altamente accurate per la verifica dei limiti, la progettazione degli interventi di bonifica, etc. A titolo esemplificativo sono proposte, nelle Figure 1, 2 e 3, alcune procedure per la realizzazione di mappature con diverso grado di accuratezza.

Per un caso pratico, è stata valutata la possibilità di usare l'indicatore L_{den} (livello giorno-sera-notte), descritto nella proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'Unione Europea del 26/07/2000, nella realizzazione di mappe acustiche per la valutazione dell'inquinamento da rumore ambientale, in alternativa all'indicatore desumibile dalla Normativa Italiana L_{dn} .

Rispetto alla Normativa Italiana, il descrittore proposto dalla Direttiva Europea considera il rumore presente nel periodo serale (dalle 19.00 alle 23.00) più disturbante (di 5 dBA) della parte restante del periodo diurno, fermo restando che il periodo notturno resta il più penalizzato.

Ciò comporta che il L_{den} risulta sempre maggiore del livello giorno-notte contemplato dalla Normativa Italiana. Nel caso pratico riguardante la mappatura acustica di una zona circostante il raccordo autostradale nei pressi di Perugia, è stato verificato che la differenza tra i valori dei livelli di rumore L_{den} e L_{dn} risulta sempre inferiore a 1 dBA. Tale circostanza si verifica sia nel caso di sorgenti quasi stazionarie, sia nel caso di sorgenti con elevate variazioni delle emissioni acustiche dal giorno alla notte.

10. Bibliografia

1) "Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'Unione Europea relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale", *Bruxelles*, 26.07.2000.

- 2) "Noise: Noise Observatory Information Service", *C. Buratti, F. Cotana, C. Simoncini, S. Curcuruto, R. Caracciolo, InterNoise 2000, Nizza, Agosto 2000.*
- 3) "Procedura CIRIAF per la valutazione dell'inquinamento acustico", *F. Cotana, R. Baruffa, XXVII Convegno Nazionale AIA, Genova, 26-28 Maggio 1999.*
- 4) "Sistema Nazionale di Osservazione e informazione in campo Ambientale. Requisiti e criteri di realizzazione", *ANPA, Serie Documenti 3, 1998.*
- 5) "Sistema Nazionale dei controlli in campo Ambientale. Requisiti e criteri di realizzazione", *ANPA, Serie Documenti 2, 1998.*
- 6) "Proposta per un sistema integrato di indicatori sull'ambiente urbano e per un centro nazionale di monitoraggio", *ENEA, Attività di preparazione della Conferenza Nazionale Energia e Ambiente, 1998.*
- 7) "Linee guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico", *ANPA, Serie Linee Guida 1, 1998.*
- 8) "Community's Fifth Environmental Action Programme Towards Sustainability" *GU C 138, 17 Maggio 1993.*
- 9) "Future noise policy – European Commission Green Paper COM (96) 540", *Novembre 1996.*
- 10) "Europe's Environment. The second assessment", *EEA, Copenhagen, 1998.*
- 11) "Europe's Environment. The Dobris assessment", *EEA, Copenhagen, 1995.*
- 12) "A Progress Report on EC Proposed Noise Mapping", *J. Hinton, Birmingham, Maggio 1999.*
- 13) "WG4 Common Understanding of Noise Mapping", *Progress Report, 1999.*
- 14) "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", *Decreto del Ministero dell'Ambiente, 29 Novembre 2000.*
- 15) "Legge quadro sull'inquinamento acustico", *Legge n. 447, 26 Ottobre 1995.*
- 16) "Acustica. Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale." *Norma UNI 9884:1997.*
- 17) "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", *Decreto 16 Marzo 1998.*
- 18) "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", *Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 Novembre 1997.*
- 19) "Tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico", *Collana tecnico-scientifica CIRIAF - Ministero dell'Ambiente, a cura di F. Cotana.*

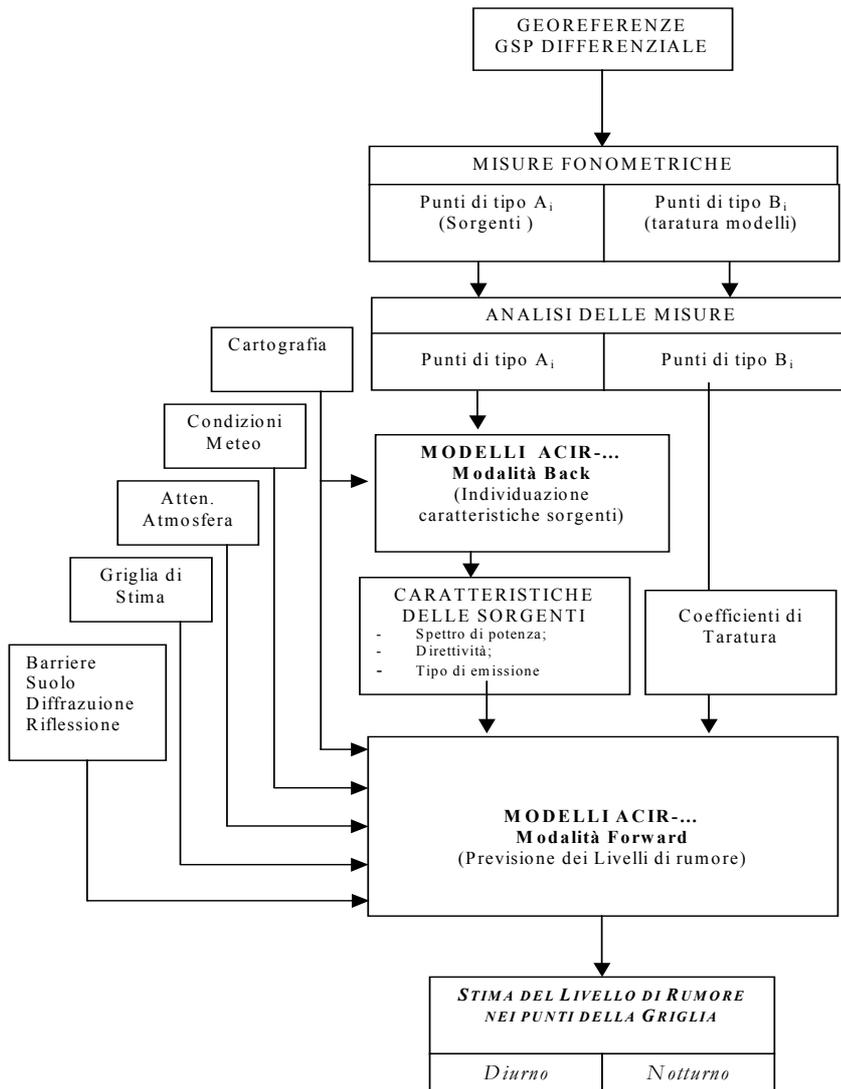


Figura 1: schema a blocchi della procedura ACIR-V-1VL/2

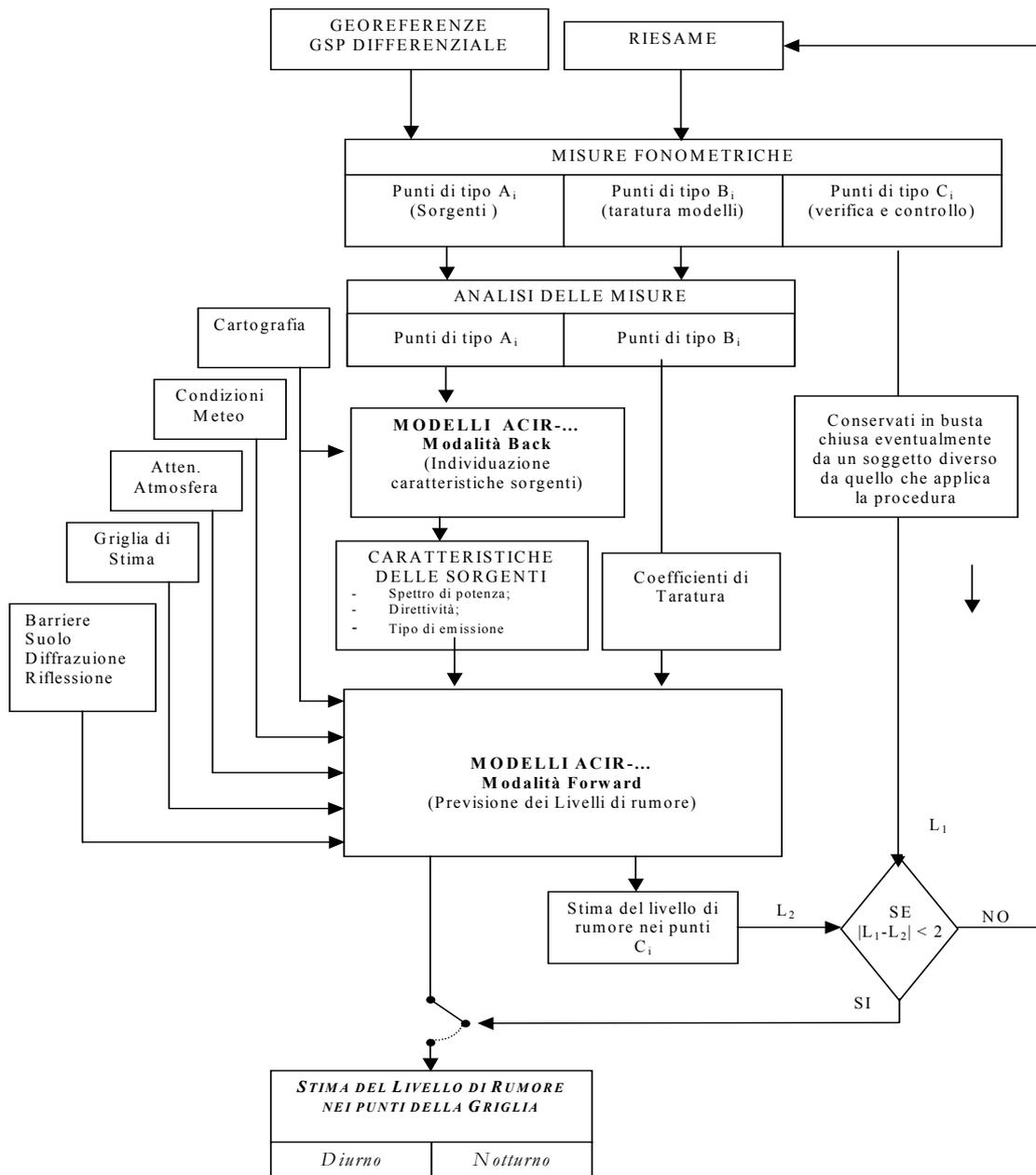


Figura 2: schema a blocchi della procedura ACIR-V-3VL/2

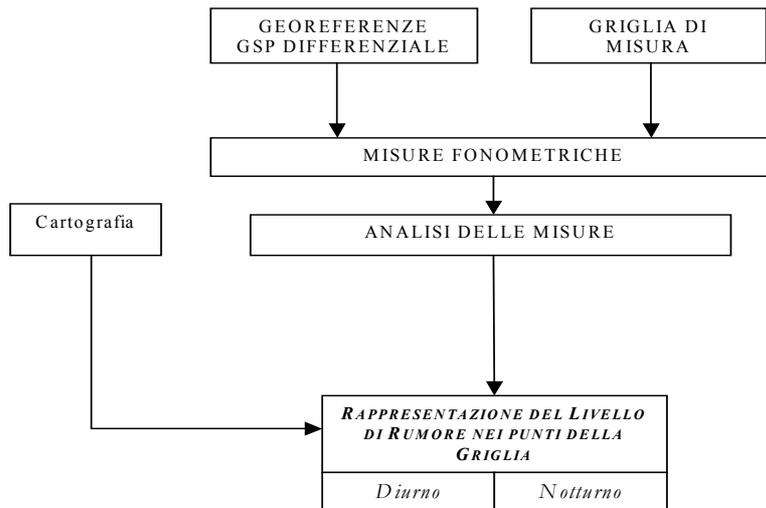


Figura 3: schema a blocchi della procedura ACIR-V-4VL/2

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA													
Laboratorio di Acustica													
STIMA DEL LIVELLO LAeq DIURNO, SERALE E NOTTURNO NEL PUNTO 01													
A) Dati													
	DAY				EVENING				NIGHT				
	F1	S1	S2	S3BIS	F1	S1	S2	S3BIS	F1	S1	S2	S3BIS	
CODICE STRADA (SU / A / SS)	A	SU	SS		A	SU	SS		A	SU	SS		
SEZIONE STRADA (U / A / L)	A	U	A		A	U	A		A	U	A		
PENDENZA STRADA	0	4	0		0	4	0		0	4	0	%	
LARGHEZZA STRADA	20	6	12,6		20	6	12,6		20	6	12,6	m	
TIPO PAVIMENTAZIONE (AL / AR / CEM)	AL	AL	AL		AL	AL	AL		AL	AL	AL		
POSIZIONE PUNTO DI STIMA (LA / LE)	LA	LA	LA		LA	LA	LA		LA	LA	LA		
ANGOLO DI VISUALE	90	180	90		90	180	90		90	180	90	gradi	
VELOCITA' TRAFFICO	90	50	40		90	50	40		90	50	40	km/h	
CONDIZIONI DEL TRAFFICO (S / I / R)	S	S	I		S	S	I		S	S	I		
FLUSSO DI AUTOVEICOLI	2400	144	1944		1272	48	1680		I	960	2	432	n/h
FLUSSO DI MOTOCICLI	0	0	0		0	0	0		0	0	0		
FLUSSO DI CICLOMOTORI	0	20	0		0	0	0		0	0	0	n/h	
FLUSSO DI VEICOLI LEGGERI (<3,5 t)	288	0	24		24	0	24		0	0	0	n/h	
FLUSSO DI VEICOLI PESANTI (>3,5 t)	96	0	24		96	0	24		48	0	0	n/h	
DISTANZA DEL PUNTO DI STIMA DALLA MEZZERIA	100	190	21	195	100	190	21	195	100	190	21	195	m
ALTEZZA DEL PUNTO DI STIMA	1,5	1,5	1,5		1,5	1,5	1,5		1,5	1,5	1,5		
QUOTA DEL PUNTO DI STIMA	0	0	0		0	0	0		0	0	0		
BARRIERE (N / EF / B / SB / SA)	EF	N	EF		EF	N	EF		EF	N	EF		
ALTEZZA BARRIERA	0	0	0		0	0	0		0	0	0		
QUOTA SEDE STRADALE	4	0	0		4	0	0		4	0	0		
LIVELLO DI POTENZA		99	70	80		95	65	91		94,5	55	84	dBA
LUNGHEZZA DEL TRENO	25				25				25				m
VELOCITA' DEL TRENO	120				120				120				km/h
TIPO DI ROTAIE (S / G / T)	S				S				S				
TIPO DI CARROZZE (R / O / S / MS)	S				S				S				
NUMERO DI TRENI (ORA DI MAX. TRAFF.)	5				3				2				
B) LAeq ottenuti con i singoli modelli													
	DAY				EVENING				NIGHT				
	F1	S1	S2	S3BIS	F1	S1	S2	S3BIS	F1	S1	S2	S3BIS	
CLASSICO	62,0	48,5	43,0		58,0	43,5	54,0		58,0	33,5	47,0		
CNR		61,5				56,0				42,0			
CETUR			53,5			48,0				34,0			
SEL		58,5		53,0		55,5		52,5		54,0		46,0	
Media energetica	47,0	61,0	57,5	50,5	57,0	52,0	53,5		56,0	38,5	46,5		
C) LAeq sul punto di stima													
	DAY				EVENING				NIGHT				
	63,0				59,5				57,0				

Figura 4: foglio di calcolo impiegato per il calcolo dei livelli nei punti di stima

ATTIVITA' DI NOISE MAPPING		
Normative	Direttiva Europea 2000/ 0194 (COD)	DM 29/11/2000
Siti e Sorgenti di rumore	Centri urbani (>100.000 abitanti) Infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie, aeroporti)	Infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie, aeroporti)
Obiettivi mappe	Piani di Risanamento Acustico Informazione ai cittadini dell'UE Banche dati sull'inquinamento acustico	Piani di Risanamento Acustico Progettazione degli interventi
Scadenze realizzazione mappe	31/12/2004 (centri urbani >250.000 ab., infrastrutture di trasporto) 31/12/2009 (centri urbani >100.000 ab.)	06/08/2002
Aggiornamenti mappe	Ogni 5 anni	Non specificato
Scala mappe	Non specificata	non inferiore a 1:5000 (corografia della zona) non inferiore a 1:1000 (planimetria dell'area) non inferiore a 1:200 (eventuali sezioni significative)
Tipologia rappresentazione	Forma grafica Dati numerici in tabulati Dati numerici in formato elettronico	Curve Isolivello Singoli punti Indicazione delle infrastrutture da risanare

Tabella 1: attività di Noise Mapping previste dalla Direttiva Europea e dal DM 29/11/2000

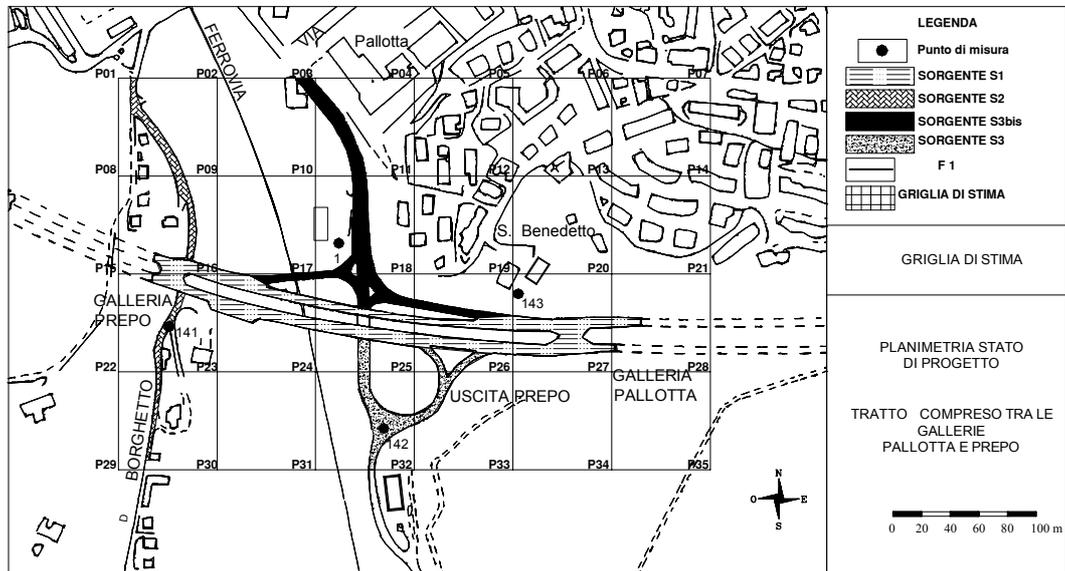


Figura 5: planimetria del sito e griglia di stima (Pxy = punto di stima)

Punto di misura	L _{day} (dBA)	L _{evening} (dBA)	L _{night} (dBA)	L _{den} (dBA)	L _{dn} (dBA)
1	73.7	74.4	70.2	77.8	77.1
141	66.1	61.7	51.8	65.2	65.0
142	66.4	66.6	69.6	75.4	75.2
143	74.5	70.8	70.3	77.5	77.3

Tabella 2: valori di L_{den} e L_{dn} calcolati nei punti di misura

Punto della griglia di stima	L _{day} (dBA)	L _{evening} (dBA)	L _{night} (dBA)	L _{den} (dBA)
01	63.0	59.5	57.0	65.0
02	66.0	65.0	61.5	69.2
03	69.5	72.0	66.0	74.2
04	60.5	59.0	56.0	63.6
05	60.0	57.5	55.5	63.0
06	59.5	57.0	55.0	62.5
07	59.0	56.0	54.5	61.9
08	66.0	63.0	61.5	68.9
09	69.5	66.5	65.0	72.4
10	65.5	66.0	61.5	69.3
11	65.0	65.5	60.5	68.6
12	62.5	60.0	58.0	65.5
13	62.0	59.0	58.0	65.2
14	61.5	58.5	57.0	64.4
15	73.0	69.5	68.0	75.5
16	85.5	82.0	81.0	88.3
17	77.0	78.0	73.0	81.0
18	73.0	70.5	68.5	76.0
19	72.5	69.0	68.0	75.3
20	72.0	69.0	68.0	75.2
21	69.0	66.0	65.0	72.2
22	66.0	62.0	61.0	68.5
23	66.0	62.5	62.0	69.1
24	76.0	73.0	72.0	79.2
25	75.0	71.0	70.5	77.8
26	75.5	72.0	71.0	78.3
27	74.5	71.0	70.0	77.3
28	69.0	65.5	64.5	71.8
29	62.0	58.5	57.5	64.8
30	67.0	63.0	62.5	69.8
31	68.0	64.5	64.0	71.1
32	68.5	65.5	65.0	72.0
33	68.5	65.0	64.0	71.3
34	68.0	64.5	63.5	70.8
35	67.0	63.0	62.5	69.8

Tabella 3: livelli di rumore nei punti della griglia di stima

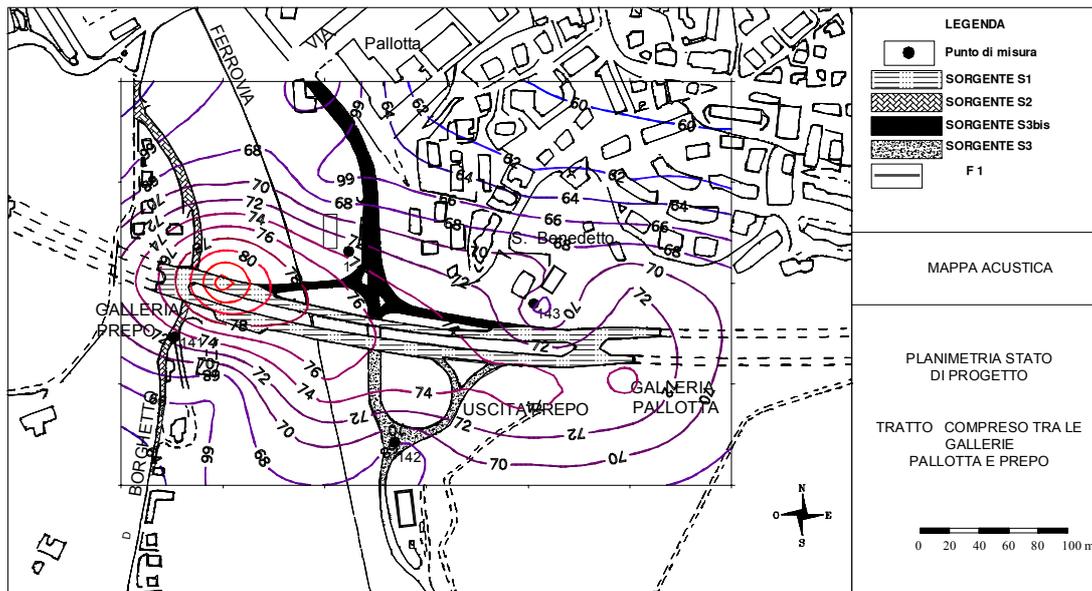


Figura 6: mappa acustica del sito nel periodo di riferimento diurno