

2 ESPOSIZIONE AL RUMORE URBANO GENERATO DAL TRAFFICO STRADALE PER LA CITTA' DI VERONA

2.1 Presentazione

La conoscenza dei livelli di rumore che caratterizzano un determinato territorio costituisce un passo fondamentale per la descrizione dello stato acustico e per la definizione degli interventi di risanamento e rappresenta inoltre un'importante base per la pianificazione e la programmazione territoriale ed urbanistica.

Negli ultimi anni le indicazioni provenienti dalla normativa e dalla mappatura sistematica dei livelli di inquinamento acustico, utile per orientare correttamente le risorse e le attività, sono cresciute significativamente.

Il decreto ministeriale (29/11/2000) attuativo della legge quadro 447/95 ha individuato nella numerosità delle persone interessate da elevati livelli di rumore il parametro fondamentale per decidere dell'importanza e dell'efficacia delle bonifiche acustiche da realizzare. Recentemente la direttiva europea 2002/49/CE ha evidenziato l'esigenza di una conoscenza dei livelli di inquinamento acustico degli agglomerati urbani caratterizzati da una popolazione (superiore a 100.000 abitanti) distribuita sul territorio con densità abitativa tipica delle aree cittadine.

Gli obiettivi di un'attività di mappatura acustica per la stima dell'indice popolazione esposta al rumore richiedono che si proceda ad una valutazione distinta del rumore proveniente dalle diverse sorgenti. La distinzione della quota di rumorosità ambientale da attribuire alle diverse sorgenti è indispensabile sia per definire gli interventi di mitigazione sia per stabilire gli impatti sulla popolazione. La principale sorgente di rumore a cui sono sistematicamente esposte larghe fasce di popolazione è costituita dalla rete stradale urbana.

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati ottenuti su Verona: lo scopo è di caratterizzare lo stato acustico del territorio urbano e l'esposizione della popolazione in ordine ai livelli di rumore generati dal traffico stradale.

2.2 Obiettivo e metodi dello studio

Lo stato acustico della città può essere definito attraverso opportuni descrittori acustici atti a rilevare il superamento di valori limite e il numero di persone e di abitazioni esposte a specifici livelli di rumore.

In base a tali obiettivi è stato scelto uno strumento di previsione del rumore finalizzato alla determinazione su larga scala dell'esposizione della popolazione con l'obiettivo di distinguere le varie situazioni e individuare le realtà che necessitano successive indagini in dettaglio.

I risultati esposti sono il prodotto di una analisi condotta in due fasi: inizialmente i livelli di rumore sono stati calcolati a partire da un modello acustico il cui *input* è costituito dalla stima dei flussi di traffico e della classificazione funzionale della strada, successivamente i valori così stimati sono stati verificati attraverso una campagna di misure effettuate su di un campione stradale.

L'esposizione al rumore si ricava calcolando i livelli di rumore in facciata ad ogni edificio e incrociando questa informazione con la distribuzione della popolazione per via.

2.2.1 Caratterizzazione delle fonti di pressione acustiche

La fonte di pressione principale è costituita dalla rete stradale urbana. Il piano urbano del traffico (PUT) propone una classificazione funzionale delle strade della città (Tabella 2-1): anche se la funzionalità della strada è una variabile dai forti contenuti urbanistici si nota che essa è strettamente correlata all'importanza (numero e tipologia di veicoli) dei flussi di traffico. Le strade di Verona sono classificate in quattro categorie differenti: strade interquartiere di primo livello, strade interquartiere di secondo livello, strade di quartiere e strade locali.

Tabella 2-1: classificazione stradale adottata per la città.

CLASSIFICAZIONE ¹	DESCRIZIONE
strade interquartiere di primo livello	Le strade che assicurano i movimenti di attraversamento di lunga distanza nell'ambito del centro abitato e di scambio tra il territorio urbano e extra urbano. Le strade interquartiere di distribuzione primaria. Le strade che assicurano i collegamenti tra i diversi quartieri e tra questi e i comuni limitrofi.
strade interquartiere di secondo livello	Strade che svolgono un ruolo complementare alle strade interquartiere principali e che aggregate concorrono a formare itinerari interquartiere.
strade di quartiere	Strade che realizzano i principali collegamenti all'interno dei quartieri della città.
strade locali	Strade con carattere prevalentemente residenziale. Strade con carattere prevalente di commercio all'ingrosso, produzione e magazzinaggio.

Il dato relativo al flusso veicolare è stimato sulla base dei risultati di un modello origine - destinazione di assegnazione del traffico opportunamente calibrato attraverso un sondaggio effettuato sugli automobilisti (fonte PUT). Ogni strada è suddivisa in archi omogenei per flusso veicolare (veicoli leggeri e mezzi pesanti); nel caso la strada sia composta da più archi si è scelto di associare all'intera strada il flusso veicolare medio.

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

2.2.2 Caratterizzazione delle pressioni acustiche

La stima del livello di rumore emesso dal traffico stradale e valutato a bordo strada è realizzata attraverso un modello analitico di calcolo. Poiché il livello sonoro è in generale variabile il modello stima il livello equivalente, cioè un livello costante che ha una quantità di energia sonora uguale a quella del rumore variabile che si sta analizzando. Tale livello equivalente è indicato con il simbolo LAeq. Il modello stima il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata in frequenza valutato sul tempo di riferimento diurno (6.00 h-22.00 h) a partire dai flussi orari di traffico leggero e pesante. I dati di traffico relativi al centro storico al momento dello studio non erano disponibili perciò in tale zona non è stato possibile applicare il modello.

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

Per stimare i SEL a bordo strada e a 4m dal livello del suolo si è proceduto ad effettuare misure sperimentali che prevedevano conteggio e rilevazione di ogni veicolo transitante davanti alla postazione microfonica. Di seguito viene presentata una sintesi dei valori misurati. (Tabella 2-2).

¹ Fonte CTN-AGF (APAT-ARPAV)

Tabella 2-2: valori misurati medi del livello sonoro per categoria di veicolo e categoria di strada: l'incertezza di misura legata allo strumento di rilevamento è di 0,5 dBA.

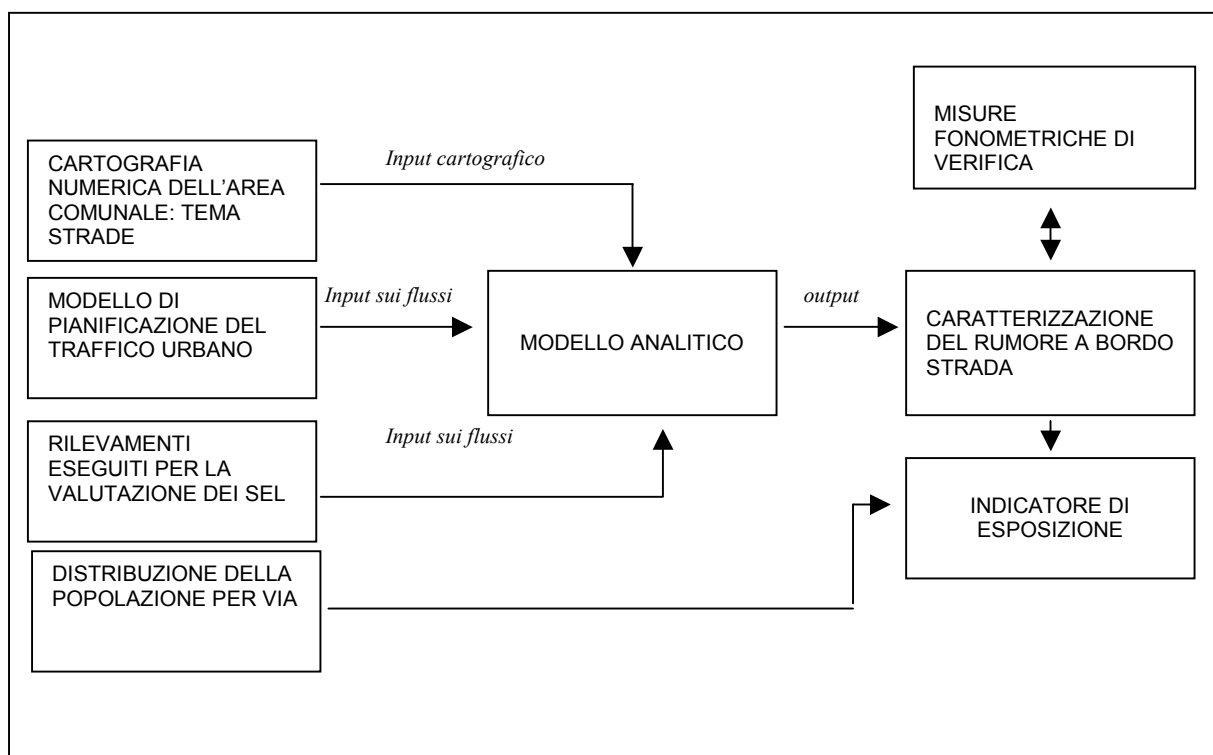
tipologia di strada ²	Livello sonoro (SEL) (dBA)	
	autoveicoli	mezzi pesanti
interquartiere I° livello	77,3	83,0
interquartiere II° livello	75,2	86,3
quartiere	75,5	85,0
locali	74,2	84,7

Il livello equivalente orario si calcola con il modello a partire dal valore di SEL medio per tipologia di veicolo e classe stradale e dai flussi di traffico orari. Il livello equivalente diurno è stimato a partire dai livelli equivalenti orari.

2.2.3 Caratterizzazione della esposizione della popolazione

Per misurare l'esposizione della popolazione è necessaria sia la conoscenza dei livelli sonori per ogni strada sia la conoscenza della distribuzione della popolazione ripartita per via. In base all'attuale disponibilità di dati non si è considerata la distribuzione in altezza della popolazione immaginandola tutta esposta ai livelli calcolati a bordo strada. I livelli di rumore considerati per l'esposizione sono i valori relativi al periodo diurno del giorno ferialo.

Figura 2-1: lo schema sintetizza l'attività delle diverse fasi per giungere all'indicatore di esposizione.



² Classificazione definita dal PUT del Comune di Verona

2.3 Risultati

Sfruttando le informazioni estratte dal piano urbano del traffico di Verona è stato costruito un indicatore di esposizione al rumore da traffico stradale in ambito urbano. Attraverso la conoscenza dei flussi di traffico si è condotta un'indagine con un livello di dettaglio sufficiente a soddisfare obiettivi di valutazione su larga scala dell'esposizione della popolazione.

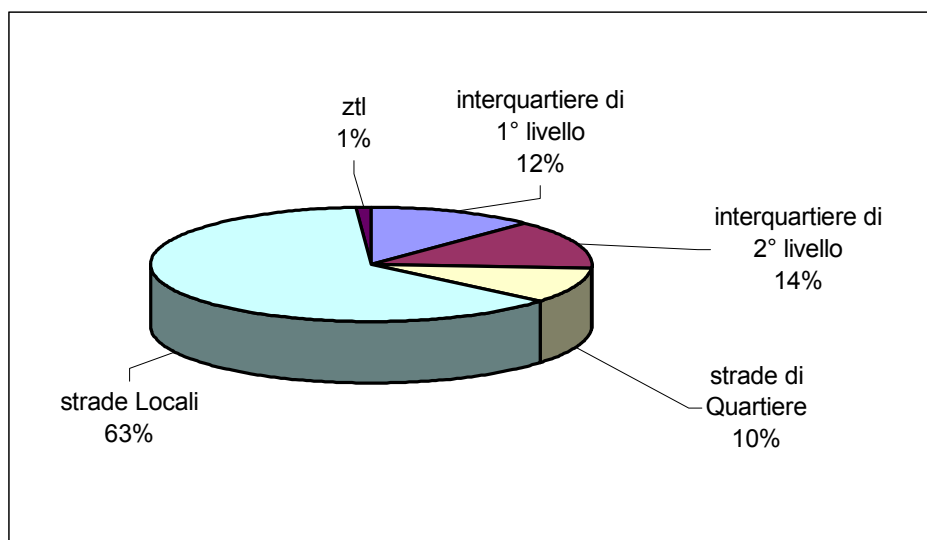
I risultati riguardano:

- i) la distribuzione della popolazione e l'estensione della rete stradale urbana,
- ii) la distribuzione dei livelli sonori generati dal traffico stimati con il modello,
- iii) la distribuzione dei livelli sonori generati dal traffico misurati.

2.3.1 Infrastrutture stradali e distribuzione della popolazione

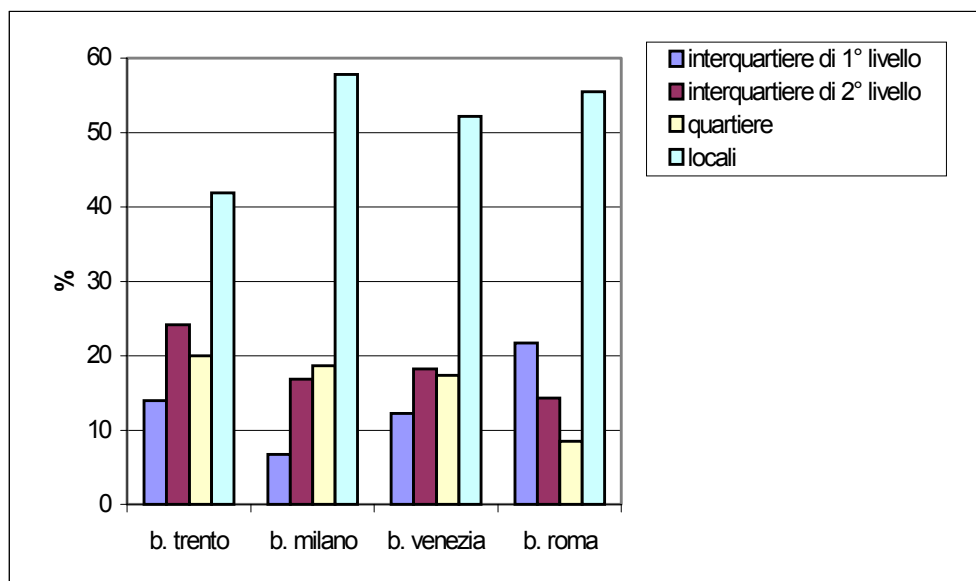
Valutando l'estensione della rete stradale per classe funzionale emerge che la classe delle strade locali presenta la maggiore estensione (pari a circa il 60% del totale); le strade interquartiere di primo livello che generalmente sono costituite dalle principali strade di penetrazione urbana costituiscono il 12% della rete (Figura 2-2).

Figura 2-2³: estensione (%) della rete stradale per classe funzionale (100% delle strade della città).



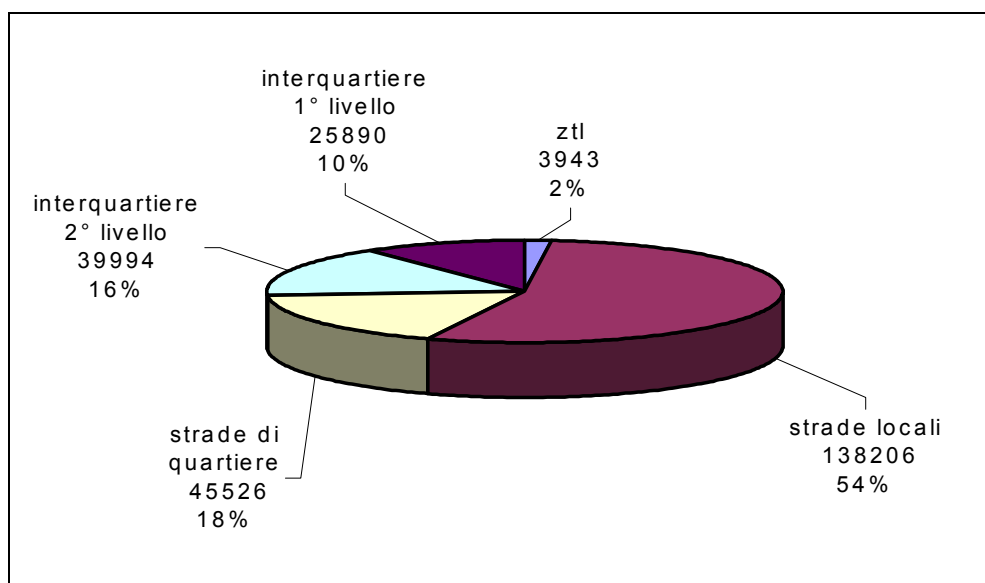
Anche per quanto riguarda la distribuzione delle diverse tipologie stradali relativamente ai singoli quartieri analizzati vi è una netta predominanza delle strade locali (Figura 2-3). In particolare si nota che il quartiere di Borgo Trento presenta la minima estensione per la classe delle locali mentre la classe delle interquartiere di secondo livello risulta la maggiore rispetto agli altri quartieri.

³ Elaborazioni ORAF su dati forniti dal Settore Traffico del Comune di Verona

Figura 2-3: estensione⁴ (%) della rete stradale per quartiere (75% del territorio della città).

In termini di popolazione si è riscontrato che il maggior numero di residenze si trova in strade tipo locali (54%) mentre solo una porzione esigua della popolazione, il 10%, risiede nelle strade interquartiere di primo livello (Figura 2-4).

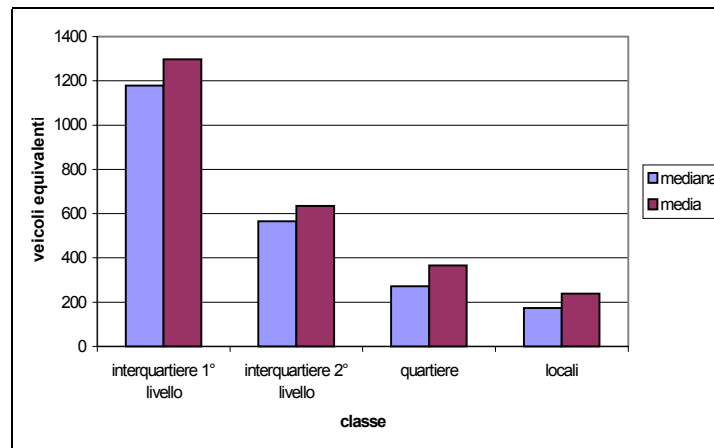
Figura 2-4: distribuzione della popolazione in base alla classe stradale (100% della popolazione della città).



Per quanto riguarda il traffico si nota come le strade interquartiere di primo livello presentino flussi veicolari medi quasi doppi rispetto alla classe delle interquartiere di secondo livello, tripli rispetto alle strade di quartiere e sestupli rispetto alle strade locali (Figura 2-5). Numericamente i flussi si attestano rispettivamente su: 1300, 640, 360 e 240 veicoli equivalenti orari.

⁴ Elaborazioni ORAF su dati forniti dal Settore Traffico del Comune di Verona

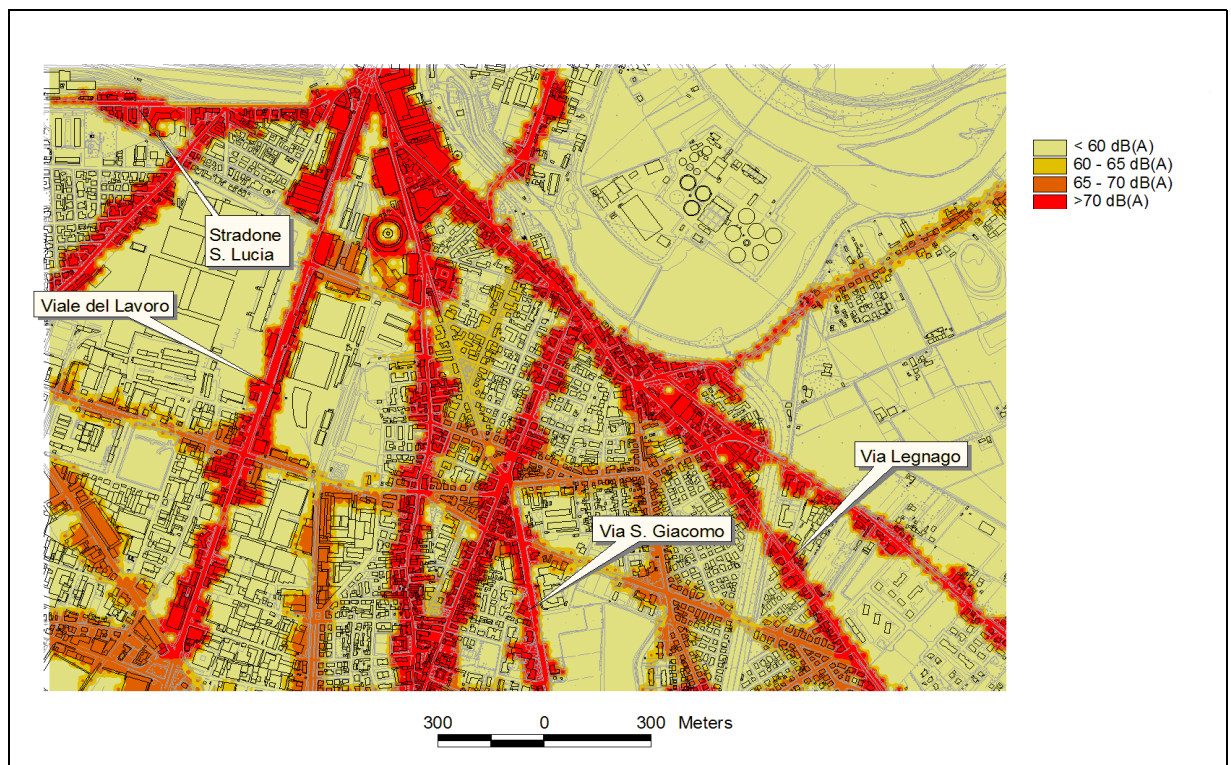
Figura 2-5: flusso di veicoli equivalenti medi nell'ora di punta per classe stradale (7.30-8.30). Il valore medio relativo alle strade locali si riferisce ad una parte delle strade di questa classe. Infatti il PUT fissa un valore di flusso per circa il 10% delle strade locali, le rimanenti strade locali non hanno associato alcun flusso.



2.3.2 Mappe di rumore ed esposizione ai livelli di rumore

L'obiettivo principale delle mappe è quello di fornire una rappresentazione acustica su vasta scala che permetta l'individuazione delle zone a rischio rumore. La criticità acustica è determinata dall'insieme di edifici esposti a stimati livelli di emissione stradale e graficamente viene riprodotta tramite aree colorate diversamente a seconda della criticità acustica del territorio (Figura 2-6 e Figura 2-7)⁵.

Figura 2-6: mappatura acustica della zona industriale di Verona.



⁵ Estratto dal documento: "Costruzione di un indicatore di esposizione al rumore urbano da traffico per la città di Verona"; Adami, Gabrieli

In particolare ad ogni edificio è associato il livello di rumore corrispondente alla esposizione massima dovuta alle strade a cui l'edificio stesso è affacciato; il risultato non prende quindi in considerazione il versante meno esposto degli edifici e rappresenta una sovrastima della realtà acustica.

La cartografia riporta una rappresentazione dell'esposizione in corrispondenza degli edifici affacciati sulla strada. In altre parole se in prossimità della strada non sono presenti edifici non sarà evidenziato alcun elemento di criticità (a parte la strada stessa). Il risultato è esemplificativo della presenza di edifici esposti a diversi intervalli di rumorosità derivati dalle emissioni stradali.

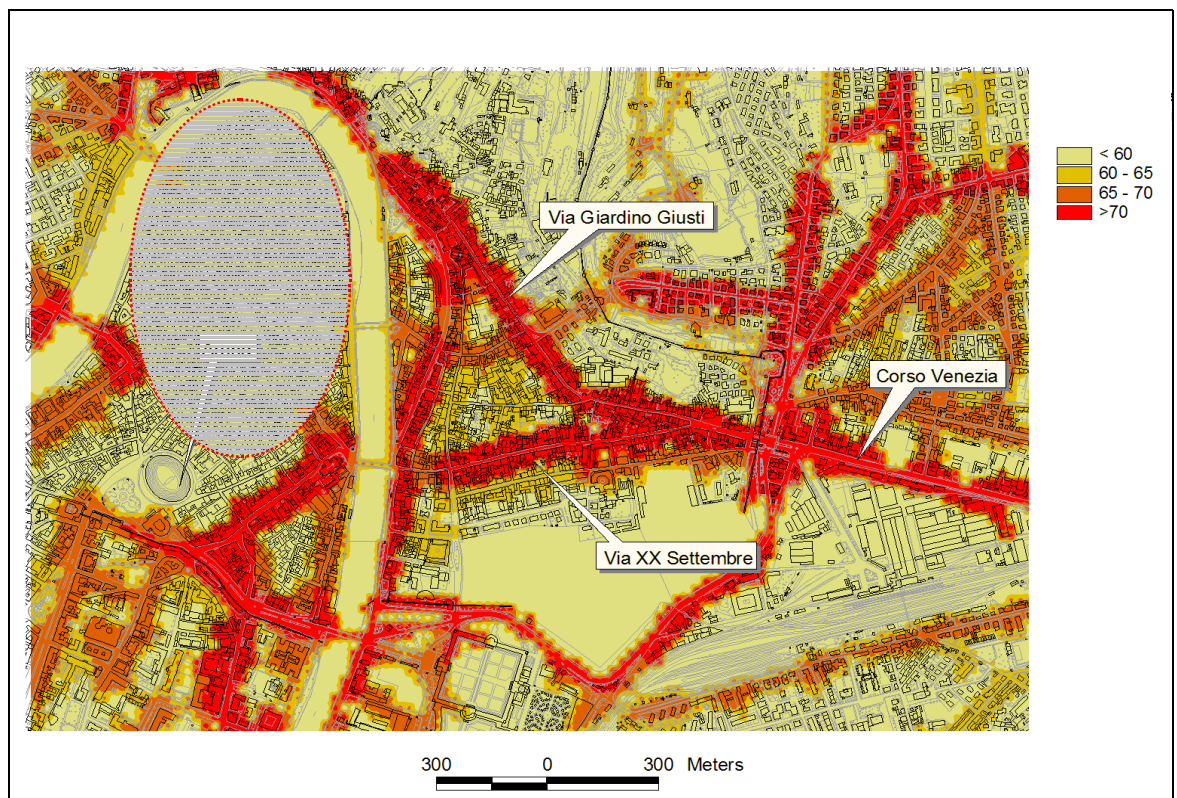
La rumorosità è espressa in termini di livello equivalente riferito al periodo diurno (6.00 h-22.00 h); la scelta di rappresentare gli intervalli di rumorosità con incrementi di 5 dBA è riconducibile alla necessità di rendere leggibile l'informazione delle mappe e di restituire un livello di rumore confrontabile con gli standard di accettabilità (le classi acustiche del territorio si differenziano di 5 dBA).

Nella pratica si è realizzata una fascia di pertinenza di 25 m per lato e centrata su ogni strada. Alla fascia e ad ogni edificio rientrante nella sua pertinenza si associa il valore di rumorosità stimato dal modello per la rispettiva strada. Se un edificio ricade in più pertinenze il proprio livello di esposizione coincide a quello della fascia a livello maggiore.

Nel calcolo dell'esposizione viene trascurata l'analisi di propagazione dell'onda sonora tra la strada e l'edificio; bisogna ricordare che questo fatto non comporta particolari inconvenienti nel caso di facciate a filo strada ma può generare errori nella stima dei livelli in corrispondenza di edifici distaccati dalla carreggiata. In generale l'errore commesso comporta una sovrastima dei livelli sonori ed è quindi fatto salvo il principio di cautela con cui è stimata la popolazione esposta.

E' importante sottolineare come tale semplificazione nella parametrizzazione dei dati da inserire nel modello di calcolo comporti una certa cautela nella lettura dei risultati; in particolare l'efficacia dei livelli stimati riguarda la possibilità di distinguere tra aree a diversa criticità più che riprodurre un'esatta informazione puntuale dei livelli sonori.

Figura 2-7: mappatura acustica del quartiere di Borgo Venezia. Il centro storico (evidenziato in grigio) non riporta mappatura alcuna in quanto i relativi dati di flusso di traffico non erano disponibili al momento dello studio con conseguente non applicabilità del modello predittivo.



Una descrizione prettamente acustica dell'esposizione degli edifici presenti sul territorio urbano in termini assoluti e relativi a principali quartieri è riportata in Figura 2-8 e Figura 2-9. Analizzando tali rappresentazioni in dettaglio emerge che il 75% degli edifici della città è esposto a livelli di rumore diurni inferiori a 60 dBA mentre il 7% degli edifici si affaccia a strade con livelli superiori a 70 dBA. Il maggior numero relativo di edifici esposti a strade con livelli superiori a 70 dBA si riscontra nei quartieri di Borgo Roma e Borgo Trento.

Figura 2-8: edifici esposti ai livelli sonori (100% del territorio della città).

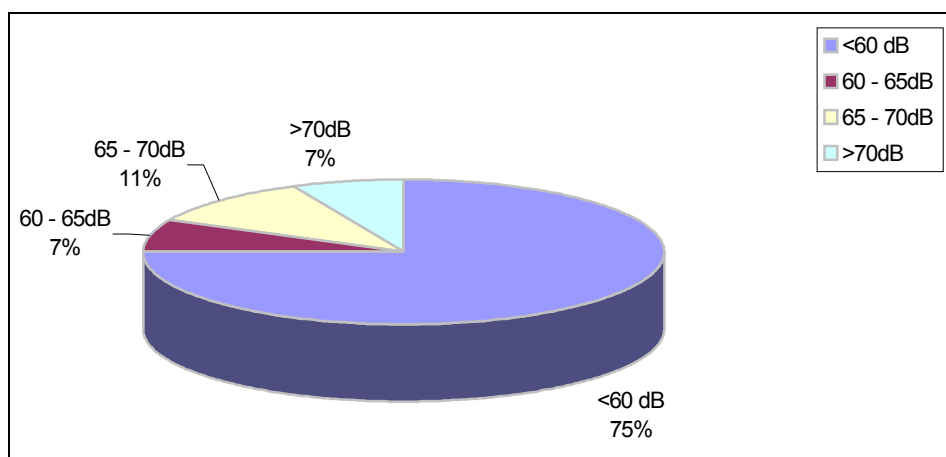
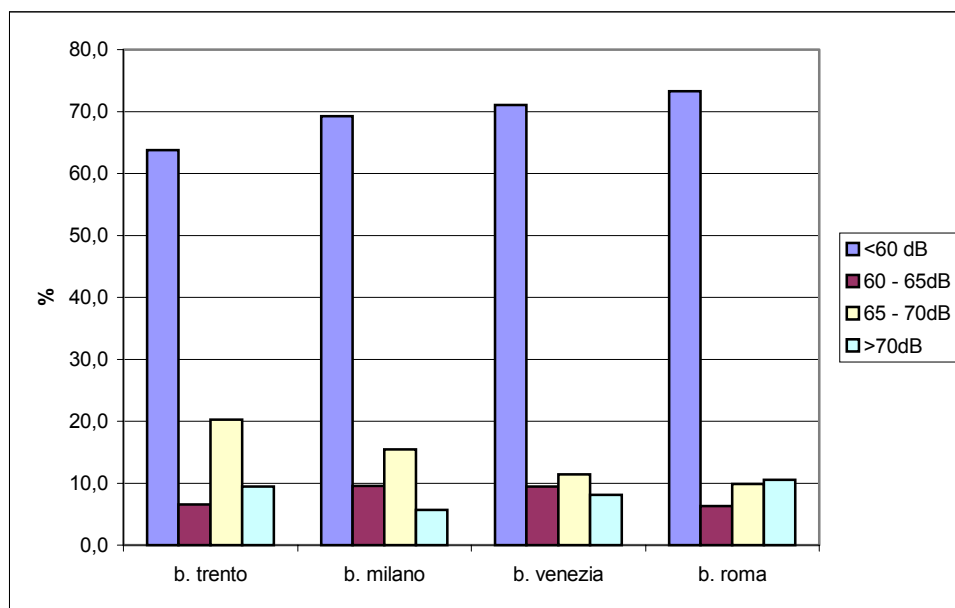


Figura 2-9: percentuale di edifici esposti ai livelli sonori per quartiere (75% del territorio della città).



La Figura 2-10 riporta l'indicatore di esposizione per l'intera città; in particolare risulta che circa il 60% della popolazione è esposta a livelli inferiori a 60 dBA mentre circa il 9% della popolazione è esposta a livelli più alti di 70 dBA. Una valutazione analoga può essere riferita ai singoli quartieri e i risultati sono riportati in figura 14. Da questa risulta evidente come il quartiere di Borgo Roma presenti il maggior numero relativo di persone esposte a livelli di rumore superiori ai 70 dBA (Figura 2-11).

Figura 2-10: numero di persone esposte a diversi intervalli (100 % della popolazione).

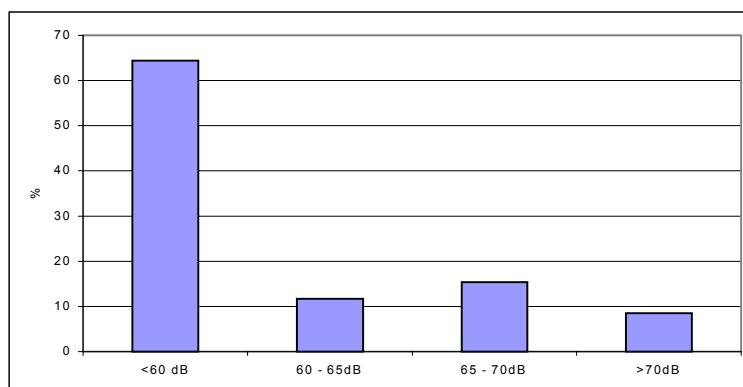
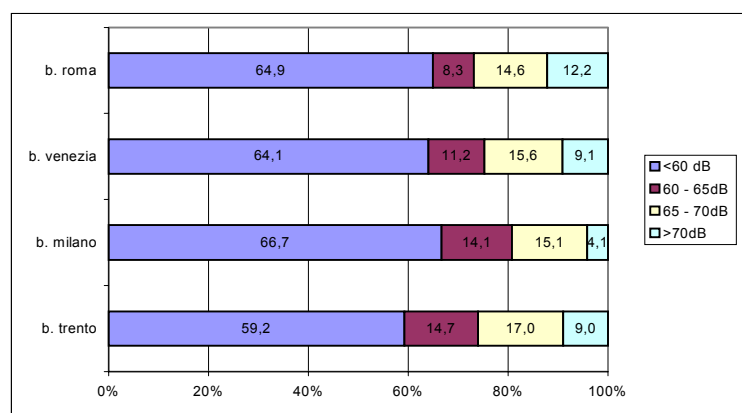


Figura 2-11: numero di persone esposte a diversi intervalli di rumore per i quartieri (75% della popolazione).



2.3.3 Livelli sonori misurati e calcolati

La distribuzione sulle ventiquattro ore dei livelli sonori (Figura 2-12) generati dalle strade risulta costante per le diverse classi stradali presentando i valori di picco nelle ore di punta del flusso di traffico (7.00-8.00 h e 17.00 h-18.00 h). In

Figura 2-13 sono illustrati i livelli di rumore riferiti al periodo diurno e notturno per le strade monitorate. Si nota una generale diminuzione dei livelli notturni rispetto a quelli diurni; tale riduzione è meno evidente per le strade principali mentre per le strade locali tale differenza risulta più marcata. Le strade locali nel periodo notturno risultano marcatamente più silenziose rispetto alle altre classi stradali.

Figura 2-12: andamento dei livelli equivalenti orari per quattro strade di classe differente

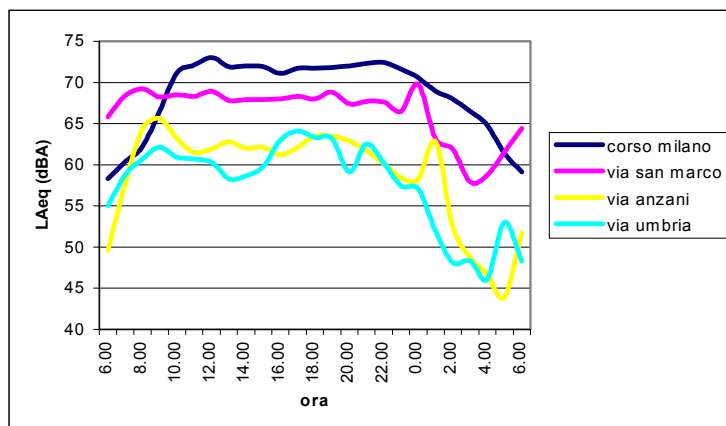
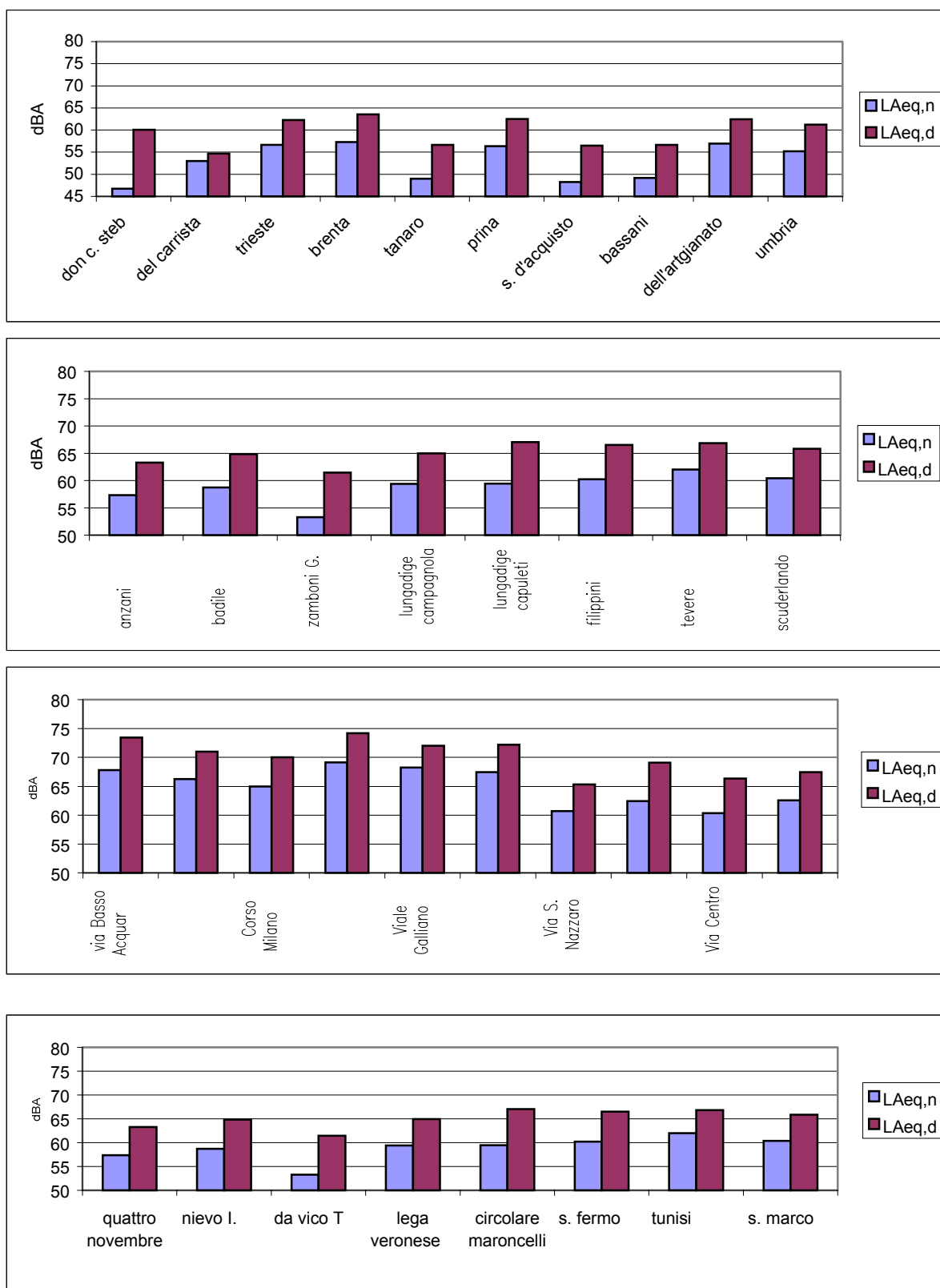
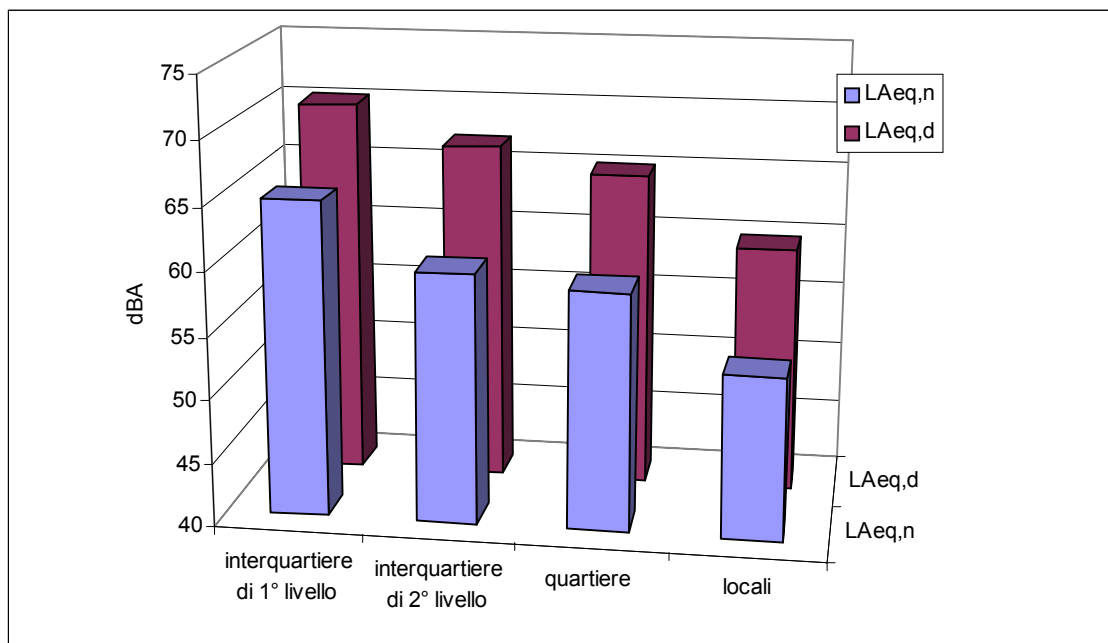


Figura 2-13⁶: livello equivalente diurno e notturno misurato per le strade, in ordine: interquartiere primo livello, interquartiere secondo livello, di quartiere e locali.



⁶ Campagna di misure fonometriche a cura dell'ORAF del DAP di Verona

Figura 2-14: valore medio del livello equivalente diurno e notturno misurato per classe stradale.



Confrontando i livelli equivalenti medi per classe stradale si ottengono valori che si scostano di 3-5 dBA; in particolare le strade locali presentano livelli diurni medi di circa 55 dBA mentre per le strade principali si ottengono livelli medi prossimi a 70 dBA (Figura 2-14). In termini di estensione stradale il quartiere di Borgo Roma presenta il maggior sviluppo di strade con livelli maggiori di 70 dBA (Figura 2-15).

Figura 2-15: estensione stradale (%) con specificati livelli di emissione (75% del territorio della città).

