



Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente dell'Abruzzo

**DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI PESCARA
SETTORE FISICO AMBIENTALE
UNITA' ORGANIZZATIVA INQUINAMENTO ACUSTICO E VIBRAZIONI
65126 PESCARA - Viale G. Marconi, 51**

Telefono 085-425 4502; e-mail: artape@micso.net; sito internet: <http://www.micso.it/artape>

**RUMORE DA TRAFFICO STRADALE A PESCARA:
RISULTATI DI UNO STUDIO PRELIMINARE**

Elaborazione dati e stesura relazione a cura di Sergio Palermi - Fisico Collaboratore

Rilievi fonometrici effettuati da: Sergio Palermi, Antonino Di Nizio (responsabile dell'Unità Organizzativa Inquinamento Acustico e Vibrazioni del Dipartimento Prov.le ARTA di Pescara), Annamaria Zicola e i tirocinanti Gianni Mattioli, Paolo Caruso, Guido D'Onofrio, Daniele Peca (*), Marco Peca (*) e Lorenzo D'Eramo (*).

(*) studenti del corso di laurea in "Tecniche della Prevenzione nell'ambiente e nei luoghi di lavoro" presso l'Università degli Studi "G. D'Annunzio" di Chieti.

0. RIASSUNTO

Pescara, città ad alta densità abitativa e forte vocazione turistico-commerciale, fulcro di una vasta area metropolitana extracomunale con la quale scambia giornalmente intensi flussi veicolari, convive da sempre con elevati livelli di inquinamento acustico da traffico stradale.

L'imminente disponibilità di una vera e propria rete di monitoraggio del rumore, gestita da ARTA Abruzzo, consentirà campagne di misura finalizzate alla mappatura acustica della città. Il presente studio va inteso quale momento preliminare e propedeutico a tali indagini di dettaglio, proponendosi di caratterizzare acusticamente gli assi viari di maggiore rilevanza nel contesto urbano mediante rilievi fonometrici "sorgente-orientati" di breve durata, accompagnati da conteggi di transiti veicolari distinti per tipologia. In sede di elaborazione statistica dei dati è stato definito, mediante regressione lineare multivariata, un set di semplici modelli previsionali dei livelli sonori, comprendenti metodi semplificati di calcolo dei termini correttivi per l'energia acustica riflessa dalla facciata degli edifici fiancheggianti la strada. Da una nutrita serie di rilievi di SEL relativi a singoli transiti, inoltre, sono stati ricavati fattori di equivalenza acustica di veicoli pesanti e ciclomotori/motocicli rispetto ai veicoli leggeri. Sono state effettuate, infine, analisi categoriali non parametriche dei livelli misurati sulla base di varie ipotesi di classificazione funzionale e morfologica delle strade.



Certificato N° 133845
Attività di determinazioni analitiche e servizi connessi nel campo dell'ambiente, degli alimenti della tutela del territorio e della salute pubblica

Sede Centrale Viale G. Marconi, 178 - 65100 Pescara Tel.: 085/450021 Fax: 085/4500201 E-mail: info@artaabruzzo.it

S.I.R.A. - Sistema Informativo Regionale Ambientale - C.da S. Martino - 64032 Atri (TE) Tel.: 085/8798891 Fax: 085/8798886 E-mail: sira@artaabruzzo.it

Dipartimento Prov.le di L'Aquila Località S. Maria di Collemaggio - 67100 L'Aquila Tel.: 0862/368853 Fax: 0862/65906 E-mail: artaag@tin.it

Dipartimento Prov.le di Chieti Via Spezioli, 52 - 66100 Chieti Tel.: 0871/402756 Fax: 0871/405267 E-mail: info@artachieti.it

Dipartimento Prov.le di Pescara **Viale G. Marconi, 51 - 65126 Pescara** Tel.: 085/4254527 Fax: 085/4254505 E-mail: artape@micso.it

Dipartimento Prov.le di Teramo P.zza Martiri Pennesi 29 - 64100 Teramo Tel.: 0861/2565500 Fax: 0861/2565528 E-mail: arta.teramo@libero.it

Dipartimento Sub-Provinciale di S. Salvo - Vasto - Sede di S. Salvo Via Monte Grappa, 1 - 66050 - S. Salvo (CH) - Telefono: 0873/549387 - Fax: 0873/545211

1. INTRODUZIONE

Il traffico stradale è senz'altro la principale sorgente di rumore in ambito urbano. Una città come Pescara, fulcro di una vasta area metropolitana extracomunale e caratterizzata da valori elevati di parametri insediativi quali la densità abitativa e la densità di esercizi commerciali, risulta, da anni, particolarmente colpita dal fenomeno. Indagini condotte negli anni 70 [1, 2], la ponevano ai vertici nazionali nella graduatoria delle città più rumorose. Il miglioramento del quadro infrastrutturale, con lo spostamento della linea ferroviaria e la realizzazione dell'Asse Attrezzato e della Circonvallazione della S.S. n. 16 "Adriatica", ha consentito, nel decennio successivo, unitamente alla riduzione dei livelli di emissione acustica dei veicoli circolanti, un sensibile decremento della rumorosità nel centro cittadino rimasta, peraltro, su livelli elevati [3]. Nell'ultimo quindicennio non risultano effettuate indagini ad ampio respiro sul rumore da traffico stradale, tranne le misure "spot" eseguite periodicamente nell'ambito del progetto "Treno Verde" da Legambiente [4] e limitate, per lo più, ad una singola misura nell'arco delle 24 ore presso un sito non specificato lungo Corso Vittorio Emanuele II, peraltro una delle strade più trafficate e rumorose della città.

Il nostro studio intende colmare questa lacuna, proponendosi quale indagine preliminare volta, principalmente, alla caratterizzazione del rumore da traffico veicolare lungo gli assi viari di maggiore rilevanza nel contesto urbano (non ci occuperemo degli assi di scorrimento veloce quale l'Asse Attrezzato e la Circonvallazione). Verranno presentati anche i risultati di elaborazioni statistiche complessive dei dati, con lo scopo di individuare alcune caratteristiche salienti dei fenomeni indagati, con particolare riferimento alla definizione di semplici modelli di previsione dei livelli sonori in corrispondenza degli edifici fronte strada, in funzione sia delle caratteristiche quantitative e qualitative del flusso di traffico (numero di transiti veicolari per ora, suddivisi per tipologia di veicolo), sia delle configurazioni geometriche della strada (numero di corsie, distanza delle linee di flusso veicolari dal ricettore etc.).

La presente indagine va inquadrata, inoltre, quale momento preliminare e propedeutico ad un monitoraggio di ampio respiro, condotto in piena aderenza alle richieste della normativa vigente in materia (DM 16/03/98 [5]¹), che sarà reso possibile dalla disponibilità di risorse strumentali adeguate, la cui acquisizione è legata all'espletamento di una gara di appalto prossima ad essere bandita da parte della Provincia di Pescara [7]. Potrà consentire, infatti, l'individuazione di aree di particolare criticità nelle quali pianificare l'effettuazione di ulteriori indagini di dettaglio.

2 METODOLOGIA DI INDAGINE

2.1 PREMESSA

I rilevamenti del rumore prodotto dal traffico stradale sono regolati dalla metodologia descritta nel D.M. 16 marzo 1998 (Allegato C, comma 2), che prescrive monitoraggi eseguiti per un tempo non inferiore ad una set-

¹ tenendo conto, naturalmente, delle sue eventuali evoluzioni nella direzione dell'adeguamento alla direttiva 2002/49/CE [6]

timana, con il microfono posto a 4 m dal suolo ed a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici prospicienti l'infrastruttura stradale. I valori di livello equivalente medi settimanali (diurni e notturni) così rilevati, vanno confrontati, all'interno di specifiche fasce di pertinenza, con i valori limite di immissione stabiliti dal regolamento di esecuzione previsto dall'art. 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 [8] e di recente emanazione (DPR n. 142 del 30/03/04 pubblicato il 01/06/04 ed in vigore dal 16/06/04 [9]). Per quanto concerne le strade collocate in ambito urbano, il quadro prospettato dal regolamento (all'allegato 1 tab. 2) è il seguente:

tipo di strada (secondo codice della strada (*))	Sottotipo ai fini acustici (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Valori limite per scuole, ospedali, case di cura e di riposo (dBA)		Valori limite per gli altri ricettori (dBA)	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
D (urbane di scorrimento)	Da (strade a carreggiate se- parate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E (urbane di quartiere)	...	30	definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori ri- portati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 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 (locali)	...	30				

(*) D.Leg.vo n. 282 del 30/04/92

Non risulta che il Comune di Pescara abbia ancora provveduto alla classificazione delle strade urbane né alla zonizzazione acustica del proprio territorio, pertanto allo stato attuale non si disporrebbe degli elementi per individuare i valori limite cui confrontare, caso per caso, i livelli equivalenti di rumore prodotto dal traffico stradale, a meno che non ci si rifaccia ai limiti provvisori stabiliti dal DPCM 1/3/91 (art. 6) [10], dispositivo legislativo ormai obsoleto e tuttavia ancora, incredibilmente, unico riferimento certo nella perdurante assenza dei provvedimenti sopra citati (zonizzazione e classificazione delle strade).

La campagna di monitoraggio da noi svolta, peraltro, non si compone di rilievi fonometrici strettamente conformi al dettato legislativo, non rientrando nei nostri scopi la verifica puntuale e fiscale del rispetto dei valori limite di immissione. D'altro canto, l'esecuzione di rilievi settimanali avrebbe comportato, evidentemente, tempi molto più lunghi e l'utilizzo di risorse, sia in termini di personale tecnico che di strumentazione, attualmente al di sopra delle possibilità di questa Unità Organizzativa. Si è scelto di seguire, pertanto, una metodologia semplificata che pur rispettando, nella sostanza, le indicazioni normative nella scelta dei punti di misura, prevede l'effettuazione unicamente di rilievi fonometrici di breve durata, compresa tra 15 e 20 minuti, accompagnati da conteggi dei transiti veicolari distinti per categoria (autoveicoli, mezzi pesanti, veicoli a due ruote). La rappresentatività dei valori di livello equivalente così rilevati è, in tutta evidenza, limitata dalla ridotta estensione temporale dei rilievi e dal numero limitato di punti di misura, tuttavia la possibilità di correlare tali livelli con i dati relativi ai flussi veicolari può fornire elementi utili alla definizione di un quadro di conoscenze preliminari sui livelli di inquinamento acustico da traffico stradale che caratterizzano, limitatamente al periodo diurno, la città di Pescara.

2.2 ORIENTAMENTO METODOLOGICO

Tra le strategie di campionamento spaziale adottabili in campagne di rilevamento del rumore urbano [11], la più indicata, per i nostri scopi, è senz'altro quella denominata “**sorgente – orientata**”, che permette di discriminare efficacemente il contributo acustico della sorgente di interesse (nel nostro caso, il traffico veicolare), mantenendo, al contempo, il riferimento topografico e risultando sostanzialmente rispondente ai requisiti della normativa italiana in termini di posizione di misura [12, 13].

Data la ridotta estensione temporale dei rilievi, l'operatore può agevolmente seguire il susseguirsi degli eventi sonori, discriminando con cura quelli non riconducibili al traffico veicolare ovvero quelli che, sebbene prodotti dai veicoli in transito, possano essere considerati anomali. Ci si riferisce, in particolare, alle sirene dei mezzi di soccorso, i clacson delle auto, le frenate improvvise etc. L'operazione di “discriminazione” è condotta attraverso l'utilizzo di una particolare utilità del fonometro in dotazione, che consente all'operatore di contrassegnare, a rilievo fonometrico in corso, tratti del profilo temporale del livello sonoro con marcatori predefiniti, che aiuteranno, in sede di elaborazione dei dati, ad identificare gli eventi sonori di interesse e ad escludere quelli anomali.

Con la stessa tecnica sono stati identificati, laddove possibile, gli eventi relativi a transiti di singoli veicoli appartenenti alle tre tipologie considerate (mezzi leggeri – mezzi pesanti – veicoli a due ruote), allo scopo di calcolarne successivamente il SEL² ed ottenere un campione di valori da sottoporre ad analisi statistica [14, 15]. In particolare, a partire dalle medie dei SEL relativi a ciascuna tipologia di veicoli, sono stati ricavati i rapporti di equivalenza acustica di mezzi pesanti e motocicli riferiti ai mezzi leggeri, determinando, in sostanza, a quanti transiti di mezzi leggeri equivale, dal punto di vista dell'energia acustica emessa, il transito di un mezzo pesante o di un veicolo a due ruote.

2.3 CAMPIONAMENTO TEMPORALE

Tutte le misure sono state svolte nei giorni feriali, escludendo, in funzione della zona indagata, quelle giornate caratterizzate da eventi particolari (mercati rionali, manifestazioni etc.) che potessero alterare o congestionare i flussi di traffico. La fascia oraria presa in esame è quella tra le 9 e le 12, considerata rappresentativa della situazione media del rumore da traffico stradale sul tempo di riferimento diurno (06-22)[16, 17, 18].

L'estensione temporale dei rilievi si attesta mediamente su 15 minuti, durata leggermente superiore a quella considerata standard (10 minuti) nelle tecniche di campionamento basate su rilievi brevi [17, 18]. In occasione dei rilievi eseguiti su strade a basso traffico (flusso veicolare inferiore a 500 veicoli/ora), il tempo di misura è stato portato a 20 minuti, durata adeguata a fornire una stima sufficientemente accurata del LAeq,h per flussi veicolari superiori a 200 veicoli/ora [19].

² ricordiamo che il SEL di un evento sonoro (acronimo di Sound Exposure Level ovvero di Single Event Level) rappresenta il livello di un segnale continuo della durata di un secondo con lo stesso contenuto energetico dell'evento in esame [20].

2.4 CAMPIONAMENTO SPAZIALE: ASSI VIARI DI PENETRAZIONE ED ATTRAVERSAMENTO DEL NUCLEO URBANO

Pescara è una città costiera, il cui sviluppo urbanistico si è realizzato in prevalenza parallelamente alla linea di costa, entro i confini (in effetti non molto ampi) del territorio comunale, tra Montesilvano (a Nord) e Francavilla (a sud). Una direttrice secondaria di sviluppo è riscontrabile in direzione mare-monti (nord-est – sud-ovest), in particolare nella zona centrale dell'abitato, ai lati del corso del fiume Pescara, verso i confini con il territorio dei comuni di Spoltore e San Giovanni Teatino.

Lungo queste due direttrici di sviluppo urbano sono stati individuati alcuni assi viari principali, sui quali si indirizza il traffico veicolare di penetrazione ed attraversamento del nucleo abitato (vedi par. 3.5).

Ogni asse viario è stato suddiviso in archi omogenei dal punto di vista delle caratteristiche legate sia alla morfologia dell'infrastruttura (n. di corsie, pendenza, presenza ed altezza degli edifici sui lati, tipo e stato della pavimentazione ecc.) sia all'entità ed alla tipologia dei flussi di traffico [12, 13]. All'interno di ogni arco omogeneo è stato eseguito almeno un rilievo fonometrico accompagnato dal conteggio contestuale dei flussi veicolari suddivisi per categoria (veicoli leggeri, pesanti, ciclomotori/motocicli) e dal rilievo dei parametri geometrico-morfologici del sito di misura.

Nella scelta dei punti in cui effettuare i rilievi, sono stati privilegiati quei siti che soddisfacessero ai seguenti requisiti:

- ✓ Presenza di edifici in prossimità della strada, ad una distanza dalla linea di flusso veicolare rappresentativa della situazione media sull'arco considerato
- ✓ Ridotta influenza di altre sorgenti sonore diverse dal traffico veicolare sulla strada in esame (p.es. cantieri)
- ✓ distanza sufficiente (almeno 70 – 80 m) da incroci con altre strade (fatta eccezione per gli incroci con strade a scarso traffico), in modo da rendere minima l'influenza acustica del traffico transitante su di esse
- ✓ condizioni di flusso veicolare scorrevole (riscontrabili a debita distanza da incroci, curve, restringimenti di carreggiata etc.), con numero ridotto di veicoli in fase di accelerazione o decelerazione
- ✓ Assenza di ostacoli tra il fonometro e la linea di flusso veicolare (macchine parcheggiate, cassonetti, cabine etc.)
- ✓ Pendenza longitudinale nulla o comunque inferiore al 2%
- ✓ Stato del manto stradale accettabile, quantomeno privo di discontinuità ed irregolarità evidenti (buche etc.)
- ✓ Sufficiente distanza da fermate di autobus (almeno 70 – 80 m).

Il microfono è stato posto su cavalletto a 1,5 dal piano di calpestio e a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici a filo della sede stradale, ovvero a 1 m di distanza dalla perimetrazione esterna degli stessi nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale. In quest'ultimo caso, è stata valutata l'altezza e la consistenza della perimetrazione, al fine di stimarne l'efficacia quale superficie riflettente; qualora tale efficacia sia risultata nulla o trascurabile (p. es. per perimetrazioni formate da muretti bassi e/o reti, inferriate o vegetazione), è stata misurata la di-

stanza del microfono dalla facciata dell'edificio retrostante. Analoghe considerazioni sono state applicate alla presenza di recinzioni sul lato della strada opposto a quello di misura.

2.5 CAMPIONAMENTO SPAZIALE: STRADE DI VIABILITA' SECONDARIA (DI QUARTIERE E INTERQUARTIERE)

In questo caso i rilievi sono stati eseguiti, con le medesime modalità dei precedenti, solo su un numero di ridotto di strade (vedi par. 3.5), prevalentemente quelle afferenti gli assi viari di maggior traffico considerati al paragrafo precedente. I risultati, pertanto, non possono essere considerati pienamente rappresentativi dell'insieme complessivo delle strade di tale categoria. La loro utilità, comunque, è legata al loro inserimento all'interno del set di dati per le analisi statistiche esposte nel seguito (in particolare per le tecniche di regressione applicate al par. 4.3). In questo ambito sono state considerate anche alcune misure svolte nelle giornate a traffico limitato (oggetto di un precedente Rapporto di Misura redatto da questa Unità Organizzativa), le quali hanno privilegiato i cosiddetti ricettori sensibili, nello specifico Istituti Scolastici.

3 PRESENTAZIONE DEI DATI

3.1 PARAMETRI RILEVATI IN CIASCUN SITO DI MISURA.

Nelle tabelle che seguono, riportiamo i parametri rilevati per ciascun sito di misura, distinti per tipologia

✓ *Caratteristiche geometriche e morfologiche presso il punto di misura*

d₁ : distanza microfono dalla facciata dell'edificio lato misura (m)
d₂ : distanza microfono dalla facciata dell'edificio sul lato opposto della strada (m)
h₁ : altezza edificio lato misura (e/o eventuale muro di recinzione)
h₂ : altezza edificio lato opposto a quello di misura (e/o eventuale muro di recinzione)
pend : pendenza longitudinale della strada (%)
r : distanza (in pianta) del microfono dalla linea di flusso veicolare più vicina (centro corsia) (m)
r_{far} : distanza (in pianta) del microfono dalla linea di flusso veicolare più lontana (centro corsia) (m)
nc : numero di corsie
nsm : numero di sensi di marcia
Tipologia del manto stradale (asfalto normale, poroso/fonoassorbente, lastricato/pavè, altro)
Stato di manutenzione del manto stradale (buono, discreto, mediocre)

✓ *Caratteristiche quantitative e qualitative del flusso veicolare nel tempo di osservazione*

Q_T : numero totale di veicoli in transito, riferito a 1 ora
Q_p : numero di veicoli pesanti in transito, riferito a 1 ora (peso a pieno carico > 3500 kg)
Q_m : numero di veicoli a due e tre ruote (ciclomotori, motocicli, motocarrozette) in transito, riferito a 1 ora
Tipologia di flusso veicolare : fluido (continuo o disuniforme), congestionato (accelerato/decelerato disuniforme)

✓ *Livelli di rumore rilevati*

LAeq_{traff} : livello equivalente di rumore dovuto solo al traffico stradale (escludendo eventi sonori eccezionali)
L₁ – L₉₉ : livelli statistici (percentili) relativi al rumore da traffico
SEL : livello energetico di singolo evento, relativo al transito di un singolo veicolo, qualora isolabile dal contesto del flusso

3.2 PARAMETRI CALCOLATI.

Nelle tabella che segue, riportiamo i parametri calcolati per ciascun sito di misura, a partire dai parametri rilevati.

r_{eq} : distanza del microfono dalla linea di flusso equivalente, definita come $r_{eq} = (r \cdot r_{far})^{1/2}$ (m)
ΔL_{Fac1} correzione dovuta alle riflessioni sulla facciata retrostante il microfono (dBA)
ΔL_{Fac1+2} correzione dovuta alle riflessioni sulla facciata retrostante il microfono e su quella sul lato opposto della strada (dBA)
$LA_{eq_no_fac1}$: livello equivalente di rumore da traffico stradale al netto della correzione ΔL_{Fac1}
$LA_{eq_no_fac1+2}$: livello equivalente di rumore da traffico stradale al netto della correzione ΔL_{Fac1+2}

3.2.1 CALCOLO DELLE CORREZIONI DOVUTE ALLE RIFLESSIONI SULLA FACCIATA RETROSTANTE IL MICROFONO E SU QUELLA SUL LATO OPPOSTO DELLA STRADA

Come già esposto in precedenza, i rilievi fonometrici sono stati effettuati ponendo, ove possibile, il microfono posto a distanza $d_1 = 1$ m dalla facciata dell'edificio direttamente prospiciente la sede stradale; nella tabella sottostante viene riportata l'incidenza percentuale di ciascuna fascia di valori sia di tale parametro (d_1), sia della distanza del microfono dalla facciata dell'eventuale edificio al di là della strada (d_2)

d_1 (m)	n. casi (%)	d_2 (m)	n. casi (%)
1,0	61,6	<10,0	2,0
2,0 ÷ 5,0	21,2	10,1 ÷ 15,0	9,1
5,1 ÷ 10,0	10,1	15,1 ÷ 20,0	19,2
10,1 ÷ 15,0	3,0	20,1 ÷ 25,0	30,3
>15,0	4,1	25,1 ÷ 30,0	10,1
		30,1 ÷ 35,0	4,0
		35,1 ÷ 40,0	8,1
		>40,0	17,2

Data l'eterogeneità delle situazioni, per i vari siti di misura, in funzione dei due valori d_1 e d_2 , si è scelto di introdurre un termine correttivo dei livelli sonori rilevati, che tenesse conto, in prima approssimazione, del contributo dovuto alle riflessioni dalle facciate degli edifici fiancheggianti la strada. Nell'ipotesi di sorgente lineare infinita, tale contributo (dovuto solo alle riflessioni di primo ordine) può essere schematizzato dalla seguente relazione:

$$\Delta L_{Fac1+2} = 10 \log \left[1 + Rr \left(\frac{1}{r'} + \frac{1}{r''} \right) \right] \quad (3.1)$$

dove r è la distanza microfono - sorgente (rappresentata come sorgente lineare posta a 0,5 m dal piano

stradale, sulla corsia più prossima al ricettore), r' e r'' le distanze coperte dall'onda sonora riflessa³, rispettivamente, dalla facciata retrostante il microfono e da quella posta al di là della sede stradale, mentre R è il coefficiente di riflessione delle facciate, posto pari a 0,8 [21]. Ponendo $r'' = \infty$, si ottiene la correzione relativa al solo contributo di riflessione dalla facciata retrostante il microfono:

$$\Delta L_{Fac1} = 10 \log \left(1 + \frac{Rr'}{r'} \right) \quad (3.2)$$

che è quello utilizzabile per ottenere livelli sonori al netto dell'effetto di facciata, come richiesto dalla direttiva UE sul rumore ambientale [6]. I valori di ΔL_{Fac1} ottenuti (vedi tab. 2 – 4 in Allegato 1), compresi tra 2,0 e 2,4dB per punti di misura posti a 1 m dalla facciata, sono in linea con risultati già noti in letteratura [14, 21, 27].

3.3. STRUMENTAZIONE DI MISURA

- ✓ Fonometro analizzatore Bruel & Kjaer tipo 2260 di classe 1 secondo le norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994, con microfono a campo libero B&K tipo 4189 conforme alle norme EN 61094-1/-2/-3/-4:1994, calibratore B&K 4231 di classe 1 secondo la norma CEI 29-4.
- ✓ Anemometro: marca ZIEL, modello TFA;
- ✓ Rotella metrica marca Meter Man;

3.4. CONDIZIONI METEOROLOGICHE

Nel corso di tutti i rilievi, le condizioni meteorologiche sono state caratterizzate da assenza di precipitazioni, di nebbia, neve e da vento di velocità sempre inferiore al valore limite di 5 m/s, secondo le prescrizioni del DM.16/03/98 all.B p.to 7. Il microfono del fonometro è stato sempre dotato di cuffia antivento.

3.5. RIEPILOGO DEI RISULTATI FONOMETRICI

Nelle tabelle riportate in Allegato 1 sono esposti i dati relativi a tutti i rilievi fonometrici effettuati, distinti per asse viario di riferimento, come da elenco che segue:

1 ASSI VIARI DI ATTRAVERSAMENTO LONGITUDINALE SUD EST – NORD OVEST (69 rilievi)

- 1.1 *Asse mediano*: VIALE PINETA - VIALE MARCONI – CORSO VITTORIO EMANUELE II - VIALE BOVIO - VIA NAZ. ADRIATICA NORD – CORSO VITTORIO EMANUELE II - VIALE BOVIO - VIA NAZ. ADRIATICA NORD (**30 rilievi**)
- 1.2 *Asse più interno*: VIALE PINDARO – VIALE G. D'ANNUNZIO – PIAZZA GARIBALDI - VIA DE GASPERI – VIA FERRARI – VIA RAFFAELLO – VIA CARAVAGGIO (**17 rilievi**)
- 1.3 *Asse costiero*⁴: VIALE RIVIERA NORD – V.LE R. MARGHERITA – VIALE KENNEDY -LUNGOMARE MATTEOTTI – VIA A. DORIA - LUNGOMARE C. COLOMBO/LUNGOMARE PAPA GIOVANNI XXIII – VIA BARDET – VIA D'AVALOS -VIALE DE NARDIS – VIA P. VERE – VIA L. D'ANNUNZIO (**22 rilievi**)

2 ASSI VIARI DI PENETRAZIONE SUD OVEST - NORD EST (11 rilievi)

- 2.1 VIA DEL CIRCUITO - VIA CADUTA DEL FORTE
- 2.2 VIA TIBURTINA
- 2.3 VIA ATERNO
- 2.4 VIA TIRINO

³ Possono essere utilizzate le seguenti relazioni approssimate per il calcolo di r' e r'' : $r' = r + 2d_1$; $r'' = 2d_2 - r_{eq}$

⁴ causa lavori di rifacimento dei marciapiedi, non è stato possibile effettuare rilevamenti su Via Nicola Fabrizi

3 ALTRE STRADE DI COLLEGAMENTO INTERQUARTIERE E STRADE DI QUARTIERE (20 rilievi)

- 3.1 VIA FIRENZE
- 3.2 VIA VENEZIA
- 3.3 VIA VESPUCCI
- 3.4 VIA CONTE DI RUVO
- 3.5 VIA A. DI VESTEA
- 3.6 VIA B. CROCE
- 3.7 VIA PIAN DELLE MELE
- 3.8 VIA CAVOUR
- 3.9 VIA DONATELO
- 3.10 VIA DE CECCO

In sede di effettuazione di alcuni rilievi fonometrici, si è proceduto all'identificazione di un certo numero di transiti veicolari, distinti per categoria di veicolo, con le modalità già descritte in precedenza (par.2.2). I siti presso cui tale operazione è stata effettuata sono riportati nella sottostante tabella:

Id.	data	indirizzo	L/H	Tipo strada	r (m)	r _{eq} (m)	ΔL_{Fac1} (dBA)	ΔL_{Fac1+2} (dBA)
54	06/07/2004	Via Ferrari (di fronte distrib. Api)	3,07	L	5,3	6,6	2,0	2,3
55	08/07/2004	Via Raffaello 44 (di fronte n. 31)	0,90	U	4,8	5,9	1,9	2,4
56	08/07/2004	Via Raffaello 94/1	>10	L	5,3	6,4	2,0	2,0
57	08/07/2004	Via Caravaggio (c/o Telecom)	5,63	L	5,4	6,7	1,1	1,6
58	13/07/2004	Via Raffaello 121	1,03	U	5,5	5,5	2,0	2,5
59	13/07/2004	Via Raffaello 185	2,93	L	6,5	6,5	2,1	2,2
60	16/07/2004	Via Caravaggio (c/o P.zza IV Nov.)	1,79	U	7,5	8,8	1,3	2,0
62	21/07/2004	Via Del Circuito 60	2,65	L	3,0	4,1	0,4	0,8
63	22/07/2004	Via Tiburtina 108	1,87	U	4,5	5,6	0,6	1,1
64	29/07/2004	Via Bardet 64-1	1,31	U	5,0	6,1	1,9	2,2
65	29/07/2004	Via D'Avalos 13/2	2,26	L	5,2	6,3	2,0	2,2
66	29/07/2004	Via D'Avalos 77	1,03	U	5,5	6,6	2,0	2,4
67	07/09/2004	Via Tiburtina 447	>10	L	4,5	5,7	0,0	0,3
68	07/09/2004	Via Tiburtina 249	4,00	L	7,7	8,9	2,1	2,5
69	10/09/2004	Viale Kennedy 89	4,00	L	7,9	9,2	0,5	1,0
70	10/09/2004	Via R. Margherita 138/1	2,20	L	7,2	8,4	1,7	2,2
71	15/09/2004	Via Aterno 358	>10	L	4,6	5,7	1,4	1,4
72	15/09/2004	Via Aterno 67/3	3,57	L	4,8	5,8	1,9	2,1
74	28/09/2004	Via Vespucci 60/3	8,50	L	7,6	7,6	2,1	2,3
75	28/09/2004	Via Di Vestea 68	3,16	L	5,5	5,5	2,0	2,5
77	01/10/2004	Via Tirino 375	3,79	L	3,5	4,8	0,7	0,9
78	01/10/2004	Via Tirino 227	4,80	L	11,0	12,4	2,2	2,6
79	01/10/2004	Via Tirino 181	>10	L	3,3	4,5	0,9	0,9
82	15/10/2004	Via B. Croce (di fronte n. 98/100)	3,60	L	8,3	9,7	2,2	2,4
83	07/10/2004	Via Venezia 30	1,59	U	4,5	4,5	1,9	2,2
84	07/10/2004	Via Conte Di Ruvo 39	1,65	U	6,5	6,5	2,1	2,5
85	18/10/2004	Viale Riviera 99	>10	L	8,7	9,9	1,2	1,2
86	18/10/2004	Viale Riviera 133	8,00	L	8,8	9,8	0,7	1,3
87	22/10/2004	Via C. Colombo 32	>10	L	8,5	15,2	1,4	1,4
88	22/10/2004	Via P. De Cecco 32	6,71	L	5,6	5,6	2,0	2,3
89	22/10/2004	Viale Primo Vere 22	5,80	L	8,0	9,4	1,2	1,8

Id.	data	indirizzo	L/H	Tipo strada	r (m)	r _{eq} (m)	ΔL_{Fac1} (dBA)	ΔL_{Fac1+2} (dBA)
90	25/10/2004	Via De Nardis 2	4,38	L	8,7	8,7	2,2	2,8
91	27/10/2004	Viale Pineta 27	4,23	L	7,2	8,7	1,5	2,0
92	27/10/2004	Via L. D'Annunzio (c/o ex Aurum)	>10	L	11,0	12,4	2,2	2,2
93	28/10/2004	Via L. D'Annunzio 18	4,29	L	11,5	13,4	1,5	2,0
94	28/10/2004	Via A. Doria 28	4,80	L	4,8	6,0	1,2	1,7
95	02/11/2004	Via A. Doria (di fronte n. 28)	4,80	L	7,2	8,5	2,1	2,6
96	26/11/2004	Viale Bovio 318	0,94	U	5,5	6,8	2,0	2,5
97	26/11/2004	Via Cavour 34	1,41	U	6,5	6,5	2,1	2,6
Riepilogo e medie				L = 29 U = 9	6,5	9,0		

4. ANALISI DEI DATI

4.1. ANALISI STATISTICA COMPLESSIVA DEI VALORI MISURATI

4.1.1. TUTTE LE MISURE (IN CONDIZIONI DI TRAFFICO NORMALE - NON LIMITATO)

Nelle tabelle che seguono riportiamo il riepilogo statistico del complesso dei dati rilevati in condizioni di traffico non limitato. La significatività dei valori medi per quanto concerne l'impatto sulla popolazione, naturalmente, è limitata dalle caratteristiche del campionamento, che ha privilegiato, con un maggior numero di misure, le strade a traffico intenso. Nel seguito verranno proposte elaborazioni dei dati tendenti a raggrupparli in archi stradali omogenei dal punto di vista dei parametri acustici, funzionali e morfologici.

Livelli sonori (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
L _{Aeq,traff}	91	67,9	3,4	0,36	67,9	57,0	73,9	65,7	70,5
ΔL_{Fac1}	91	1,7	0,58	0,061	1,97	0,0	2,37	1,46	1,74
ΔL_{Fac1+2}	91	2,1	0,62	0,065	2,28	0,28	2,96	2,12	2,55
L _{Aeq,no_fac1}	91	66,2	3,5	0,37	65,9	54,8	71,9	64,0	69,4
L _{Aeq,no_fac1+2}	91	65,8	3,6	0,37	65,8	54,6	71,6	63,7	68,9
L ₁	91	77,3	3,6	0,38	77,4	67,3	85,2	74,7	79,9
L ₅	91	72,8	3,2	0,34	72,7	62,8	78,8	70,9	75,1
L ₁₀	91	70,9	3,2	0,33	70,9	59,8	76,5	69,2	73,4
L ₅₀	91	64,7	3,9	0,40	64,9	53,4	73,0	62,7	67,6
L ₉₀	91	58,1	4,8	0,51	59,4	47,4	68,9	54,0	61,8
L ₉₅	91	56,5	5,0	0,52	57,3	46,0	67,2	52,8	60,1
L ₉₉	91	53,7	5,2	0,54	54,0	43,8	64,5	50,2	57,7

Flussi veicolari (veic/h)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
Q _T (veic/h)	90	1069	470	50	1067	64	2512	736	1380
Q _P (%)	90	4,3	3,2	0,3	3,6	0	18,5	2,5	5,2
Q _M (%)	90	10,7	6,9	0,7	9,8	0	24,6	6,9	15,7
Q _{eq} (veic/h)	90	1545	720	76	1508	64	3646	1054	1972

Distanza linee di flusso (m)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
r	91	7,1	2,5	0,26	7	3	19,5	5,2	8,3
r_{far}	91	10,6	4,8	0,50	10,3	4,4	37,5	7,7	11,8
r_{eq}	91	8,6	3,2	0,33	8,5	4,1	27	6,3	9,8

4.1.2. INDIVIDUAZIONE ARCHI STRADALI OMOGENEI

Su ogni asse viario sono stati individuati tratti omogenei sulla base dei livelli di rumore e dei flussi di traffico osservati (vedi tabella che segue). Alcune strade sono state suddivise in due o più archi (p. es. Viale Marconi), in altri casi è stato possibile considerare come unico arco omogeneo due strade poste una di seguito all'altra (p.es. Via Bardet e Via D'Avalos). I valori di livello equivalente e di flusso veicolare riportati in tabella sono le medie aritmetiche dei dati rilevati nei vari siti di misura appartenenti all'arco considerato. In particolare:

- **L_{Aeq}** è il livello equivalente effettivamente misurato (non sempre in facciata al ricettore)
- **L_{Aeq_esp}** è il livello equivalente calcolato, a partire da **L_{Aeq}**, sulla facciata degli edifici prospicienti la strada in prossimità del sito di misura, depurato del contributo di riflessione della facciata stessa (vedi par. 3.2.1). Può essere utilizzato per determinare il livello di esposizione della popolazione al rumore da traffico veicolare, secondo l'impostazione della Direttiva europea 2002/49/CE. I valori sono approssimati a 0,5 dB.
- **Q_T** è il flusso veicolare totale, senza distinzioni tipologiche
- **Q_{eq}** è il flusso di veicoli equivalenti (calcolato assegnando fattori di equivalenza acustica per mezzi pesanti e veicoli a due ruote, pari rispettivamente a 7,5 e 2,5)
- **L_{Aeq_esp_r0}** è il livello di esposizione normalizzato a distanza standard $r_0=7,5$ m dalla linea di flusso veicolare più vicina (utilizzando i parametri stimati dall'equazione di regressione, vedi par. prossimo). I valori sono approssimati a 0,5 dB.

Si tenga conto che i valori di **L_{Aeq_esp}** sono influenzati, oltre che, naturalmente, dall'entità e dalla composizione del flusso veicolare, anche dalla distanza media delle abitazioni rispetto alla linea di flusso. A parità di flusso veicolare, livelli meno elevati si riscontrano per strade di tipo aperto, in cui prevalgono edifici con distacco dalla sede stradale.

Nella prima colonna sono riportati gli indici di gruppo, secondo la classificazione proposta nel par. 3.7 A), basata sull'appartenenza delle strade a linee di attraversamento del centro urbano. Sottoporremo questa ipotesi di classificazione a test statistici finalizzati a verificarne la significatività in termini di omogeneità dei livelli equivalenti e dei flussi di traffico.

In sede di primo commento sui valori rilevati, occorre rilevare i livelli elevati riscontrati su gran parte degli archi stradali, anche appartenenti al 5 gruppo, in teoria quello meno soggetto a flussi di traffico importanti. Proprio all'interno di questo gruppo, infatti, riscontriamo la presenza di strade quali Via Conte di Ruvo e Via Pian delle Mele, che per flussi di traffico e livelli di rumore potrebbero legittimamente essere classificate tra gli assi viari di maggior importanza. La questione del confronto con i valori limite della normativa vigente è, come anticipato in premessa, alquanto complessa, sia per il tipo di rilievi effettuati (basati su tempi di misura brevi), sia per

l'assenza di riferimenti stabiliti a livello comunale (in sede di classificazione delle strade e di zonizzazione acustica) e regionale (legge che dia direttive ai comuni in tema di zonizzazione, ai sensi della legge n. 447 del 26/10/95, art. 4 comma 1). I valori posti in ultima colonna, pertanto, hanno solo l'intento, puramente indicativo, di fissare un quadro di riferimento utile all'interpretazione dei livelli di rumorosità osservati; le ipotesi assunte sono le seguenti:

1. gli assi viari dei gruppi A e B (con l'eccezione di Via Raffaello) sarebbero da considerare "strade di urbane di scorrimento" (tipo **Db** ai sensi del DPR 142/2004, come da tabella riportata al par. 2.1)
2. tutte le altre strade sarebbero da intendersi "di quartiere", pertanto i limiti applicabili sarebbero quelli della zonizzazione acustica comunale; facendo riferimento alle tabelle A e C del DPCM 14/11/97 [22], alle zone IV ("aree di intensa attività umana") competerebbe un valore limite diurno di immissione pari a 65 dBA, alle zone III ("aree di tipo misto") un valore di 60 dBA, alle zone II ("aree prevalentemente residenziali") un valore di 55 dBA. I valori da noi posti in tabella sottintendono, pertanto, un'ipotesi di zonizzazione, per quanto largamente approssimativa, e devono essere intesi, ripetiamo, come puramente indicativi.⁵

Id. gruppo	arco stradale	LAeq (dBA)	LAeq_esp (dBA)	Q _T (veic/h)	Q _{eq} (veic/h)	LAeq_esp-r0 (dBA)	Limite di riferimento
A	Viale Pineta	71,0	68,0	1444	2008	69,5	65
	Viale Marconi sud (da via Tibullo fino ad incrocio con viale Pindaro)	65,1	64,0	1249	1436	65,0	65
	Viale Marconi centro (da via Italica fino ad incrocio con via Tibullo)	68,0	66,0	1917	1944	66,5	65
	Viale Marconi nord (da ponte Risorgimento fino ad incrocio con via Italica)	70,3	69,0	1567	2072	67,5	65
	Piazza Duca D'Aosta	66,2	64,0	1547	1893	69,0	65
	C.so Vittorio Emanuele (da P.zza Duca D'Aosta fino ad incrocio con via De Amicis)	71,9	70,0	1273	2581	69,0	65
	Viale Bovio	69,6	67,5	1204	1730	66,5	65
	Via Nazionale Adriatica Nord	70,4	68,0	1475	2182	67,5	65
B	Viale Pindaro	65,7	63,0	1155	1566	65,5	65
	Via G.D'Annunzio sud (da p.zza Ovidio fino ad incrocio con via Sallustio)	67,1	65,0	1470	2175	66,5	65
	Via G.D'Annunzio nord – p.zza Garibaldi	71,9	70,0	1680	2498	69,0	65
	Via De Gasperi	70,2	68,0	1470	2076	68,5	65
	Via Ferrari	72,9	71,0	2337	3423	70,0	65
	Via Raffaello sud	66,9	65,0	786	1025	62,5	60/65
	Via Raffaello nord	66,1	64,1	458	632	63,0	60/65
	Via Caravaggio sud (tra v. Donatello e v. Tiepolo)	66,3	62,2	624	798	63,5	65
	Via Caravaggio nord (fino confine Montesilvano)	70,6	66,0	1091	1508	68,5	65
C	Lungomare Matteotti – Viale Riviera (da p.zza I Maggio fino incrocio con v. Cavour)	66,5	63,0	980	1287	65,5	60
	Via R.Margherita – Viale Kennedy	66,3	63,5	713	1050	65,0	60
	Via A. Doria	66,3	63,5	994	1257	63,5	65
	Via Bardet – Via D'Avalos	69,9	68,0	923	1483	66,0	65
	Viale C.Colombo	63,2	61,0	938	1270	62,5	60
	Via P.Vere- Via De Nardis	65,7	62,5	722	914	64,5	60
	Via L. D'Annunzio	64,5	61,5	782	1103	65,0	60

⁵ Precisiamo che, ai sensi della normativa vigente, i livelli da confrontare con i limiti sono quelli della variabile **LAeq**

Id. gruppo	arco stradale	LAeq (dBA)	LAeq_esp (dBA)	Q _T (veic/h)	Q _{eq} (veic/h)	LAeq_esp-r0 (dBA)	Limite di riferimento
D	Via Del Circuito	72,3	69,0	1282	1858	67,0	65
	Via Caduta del Forte	72,5	70,5	724	1356	67,5	65
	Via Tiburtina	69,6	66,0	1306	2052	67,0	65
	Via Aterno	70,9	68,5	990	1452	66,5	65
	Via Tirino	69,6	65,5	730	1130	66,0	65
E	Via Firenze	66,2	64,5	600	842	61,5	60
	Via Venezia	60,4	58,5	426	667	61,4	60
	Via Vespucci	65,2	63,5	530	806	63,5	60
	Via Conte di Ruvo	68,7	66,5	574	987	65,8	60/65
	Via Di Vestea	61,7	59,5	229	328	58,0	60
	Via B.Croce nord (tra v. Vespucci e v. Spaventa)	57,0	55,0	126	144	55,5	55/60
	Via P. De Cecco	61,7	59,5	296	422	58,0	60
	Via Pian Delle Mele	66,7	64,5	741	954	64,0	60
	Via Cavour	64,4	62,5	353	445	61,5	60
	Via Donatello	61,3	60,5	238	261	58,0	60/65

4.1.3. ANALISI STATISTICA DEI VALORI MEDIATI SUGLI ARCHI STRADALI OMOGENEI

Nella tabella che segue riportiamo i risultati dell'analisi statistica descrittiva sulle variabili in esame, considerando l'intero set dei valori rappresentativi di ciascun arco omogeneo.

variabile	n. dati (archi)	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
LAeq (dBA)	39	67,2	3,7	0,59	66,7	57,0	72,9	65,2	70,3
LAeq_esp (dBA)	39	64,8	3,6	0,57	64,6	54,8	70,9	62,6	67,9
LAeq_esp_r0 (dBA)	39	64,7	3,5	0,55	65,7	55,4	70,0	62,8	67,6
Q _T (veic/h)	39	973	502	80	938	126	2337	600	1306
Q _{eq} (veic/h)	39	1375	719	115	1287	144	3423	842	1944

4.1.4. ANALISI PER GRUPPI (A ÷ E)

Nelle tabelle che seguono proponiamo un'analisi dei valori medi di arco accorpate in gruppi omogenei (già evidenziati nella tabella al par. 4.1.2), utilizzando quale criterio l'appartenenza agli assi viari descritti nel par.3.4. In particolare, si possono ipotizzare tre gruppi (A, B e C) formati dalle strade appartenenti, rispettivamente, agli assi di attraversamento 1.1, 1.2 e 1.3, un quarto gruppo (D) relativo agli assi viari di penetrazione interno - costa (assi 2.1 – 2.4) ed infine un quinto gruppo (E) che raccoglie le strade di quartiere e interquartiere.

Variabile: LAeq (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
A	8	69,1	2,4	0,85	69,95	65,1	71,9	66,7	70,9
B	9	68,6	2,8	0,92	67,1	65,7	72,9	66,2	71,3
C	7	66,1	2,1	0,78	66,3	63,2	69,9	64,5	66,5
D	5	71,0	1,4	0,63	70,9	69,6	72,5	69,6	72,4
E	10	63,3	3,5	1,1	63,1	57	68,7	61,1	66,3

Variabile: LAeq_esp (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
A	8	67,0	2,2	0,79	67,7	63,8	69,9	64,4	68,7
B	9	65,8	2,9	0,96	64,9	62,2	70,9	63,5	68,5
C	7	63,3	2,3	0,87	62,9	60,8	68	61,7	63,5
D	5	67,9	2,1	0,96	68,3	65,4	70,6	65,75	69,85
E	10	61,4	3,5	1,1	61,3	54,8	66,6	59,4	64,4

Variabile: LAeq_esp_ro (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
A	8	67,6	1,5	0,54	67,7	64,9	69,3	66,5	69,0
B	9	66,3	2,8	0,95	66,6	62,6	70,0	63,1	68,7
C	7	64,6	1,3	0,48	64,8	62,5	66,0	63,3	65,6
D	5	66,9	0,57	0,25	66,8	66,1	67,7	66,4	67,4
E	10	60,7	3,2	1,0	61,4	55,4	65,8	58,1	63,6

Variabile: Q_T (veic/h)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
A	8	1460	231	82	1460	1204	1917	1255	1562
B	9	1230	584	195	1155	458	2337	705	1575
C	7	865	122	46	923	713	994	722	980
D	5	1006	284	127	990	724	1306	727	1294
E	10	411	196	62	390	126	741	236	581

Q_{eq} (veic/h)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
A	8	1981	333	118	1976	1436	2581	1771	2155
B	9	1745	896	299	1566	632	3423	912	2337
C	7	1195	187	71	1257	914	1483	1050	1287
D	5	1570	377	169	1452	1130	2052	1243	1955
E	10	586	304	96	556	144	987	311	870

Per testare la significatività della suddivisione dei livelli equivalenti medi LAeq e dei flussi equivalenti Q_{eq} nei 5 gruppi, si ritiene opportuno l'utilizzo di test non parametrici in quanto meno sensibili alla non normalità delle distribuzioni nei vari gruppi ed alla disomogeneità delle varianze; si tenga conto, inoltre, del diverso numero di elementi dei vari gruppi (il 2, in particolare, conta solo 5 elementi) e del carattere non additivo della grandezza fisica in esame (nel caso del livello sonoro equivalente) [23]. Il test prescelto è quello di Kruskal-Wallis (analisi della varianza per ranghi ad un criterio di classificazione), uno dei test più potenti per verificare l'ipotesi nulla, cioè se **k** gruppi indipendenti provengano dalla stessa popolazione e/o da popolazioni che abbiano la medesima mediana.

✓ **H-Test (Kruskal-Wallis)**

Gruppo <i>i</i>	Numero elementi n_i	LAeq rango medio r_i		Q _{eq} rango medio r_i	
A	8	25,38		30,75	
B	9	24,44		24,89	
C	7	15,21		17,57	
D	5	32,00		24,20	
E	10	9,05		6,60	
gradi di libertà	4	H	P	H	P
		19,16	0,0007	23,58	0,0001

Da cui si evince che sussiste almeno una differenza significativa tra le mediane dei 5 gruppi.

Sulla base dell'esito dell'H-test, si può procedere alla verifica della significatività della differenza tra le mediane di coppie di gruppi presi tra i 5 complessivamente individuati, utilizzando il test di Dunn [24]. Allo scopo, si confrontano le differenze in valore assoluto tra le medie dei ranghi dei vari gruppi $|r_i - r_j|$, verificando per quali di queste si verifica la condizione

$$|r_i - r_j| \geq Z_{\alpha/c} \cdot [n(n+1)(1/n_i)(1/n_j)/12]^{1/2} \quad (4.1)$$

dove:

- ✓ **n** è il numero complessivo di dati considerando tutti i gruppi,
- ✓ **n_i** e **n_j** sono il numero di dati nei due gruppi **i** e **j** a confronto
- ✓ **c** è il numero di possibili confronti, che con **k** gruppi è uguale a **k(k - 1)/2**
- ✓ **Z** alla probabilità **α/c** è tratta dalla distribuzione normale

Nel caso in esame, la condizione di significatività si verifica nei confronti tra il gruppo **E** (strade di collegamento interquartiere e di quartiere) con i gruppi **A**, **B** (assi interni di attraversamento nord-sud) e **D** (strade di penetrazione interno - costa), mentre non sembrano sussistere differenze significative tra i gruppi da **A** a **D** (assi di attraversamento) e tra il gruppo **C** (asse di attraversamento lungo la riviera) ed **E**. Il motivo va ricercato nell'elevata variabilità interna ad alcuni gruppi (in particolare il **B**). Sarebbe opportuno, pertanto, ricercare altri criteri di classificazione e raggruppamento delle strade che evidenziassero una più marcata significatività. Risultati simili si ottengono sottoponendo agli stessi test le altre variabili (LAeq_{esp}, LAeq_{esp_r0}, Q_T).

4.1.5. RICERCA DI GRUPPI OMOGENEI CON TECNICHE DI CLUSTERING

L'individuazione di gruppi omogenei di archi stradali può essere condotta mediante tecniche che consentono di assegnare ciascuno degli **n** casi (archi stradali) ad uno solo tra **k** gruppi (*cluster*), affinché risulti massi-

mizzata la similarità (o minimizzata la “distanza”, in un’accezione squisitamente tecnica⁶) tra i membri di ciascun gruppo e, contemporaneamente, massimizzata la distanza tra gruppi⁷.

Tra i vari tentativi di raggruppamento esperiti, il più interessante è basato sulla tecnica di *partition based clustering* nota come *k-means*, applicata alle variabili **LAeq** e **log(Q_{eq})** e con un numero ipotizzato di gruppi **k = 4** (un numero maggiore produce un’eccessiva asimmetria nel numero di elementi assegnati ai vari gruppi). Nelle tabelle che seguono riportiamo l’elenco degli archi stradali appartenenti a ciascun gruppo e le statistiche descrittive per le variabili di interesse. Notiamo che l’ordine dei gruppi è tale che il primo (**G-1**) contiene gli archi stradali più rumorosi e trafficati, mentre all’ultimo (**G-4**) appartengono le strade più “tranquille”.

<i>Id. gruppo</i>	<i>archi stradali appartenenti al gruppo</i>		
G-1	C.so Vittorio Emanuele (da P.zza Duca D’Aosta fino ad incrocio con via De Amicis)	Via Ferrari	Via Caduta del Forte
	Via G.D’Annunzio nord – p.zza Garibaldi	Via Del Circuito	
G-2	Viale Pineta	Viale Bovio	Via De Gasperi
	Viale Marconi centro (da via Italica fino ad incrocio con via Tibullo)	Via Nazionale Adriatica Nord	Via Tiburtina
	Viale Marconi nord (da ponte Risorgimento fino ad incrocio con via Italica)	Via Caravaggio nord (fino confine Montesilvano)	Via Aterno
	Via Bardet – Via D’Avalos	Via Conte di Ruvo	Via Tirino
G-3	Viale Pindaro	Via L. D’Annunzio	Via Pian Delle Mele
	Via G.D’Annunzio sud (da p.zza Ovidio fino ad incrocio con via Sallustio)	Via Caravaggio sud (tra v. Donatello e v. Tiepolo)	Via Cavour
	Via Raffaello sud	Viale Marconi sud (da via Tibullo fino ad incrocio con via Pindaro)	Via A. Doria
	Via Raffaello nord	Lungomare Matteotti – Viale Riviera (da p.zza I Maggio fino incrocio con v. Cavour)	Via Vespucci
	Piazza Duca D’Aosta	Via R.Margherita – Viale Kennedy	Via P.Vere- Via De Nardis
G-4	Viale C.Colombo	Via Di Vestea	Via P. De Cecco
	Via Venezia	Via B.Croce nord (tra v. Vespucci e v. Spaventa)	Via Donatello

Variabile: LAeq (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
G-1	5	72,3	0,42	0,19	72,3	71,9	72,9	71,9	72,7
G-2	12	69,9	0,88	0,25	70,1	68,0	71,0	69,6	70,6
G-3	16	66,0	0,80	0,20	66,2	64,4	67,1	65,3	66,5
G-4	6	60,9	2,1	0,86	61,5	57,0	63,2	59,6	62,1

Variabile: LAeq_{esp} (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
G-1	5	69,9	0,91	0,41	69,9	68,8	70,9	69,0	70,75
G-2	12	67,2	1,2	0,34	67,7	65,4	69	66,0	68,1
G-3	16	63,5	0,98	0,25	63,6	61,7	64,9	62,7	64,3
G-4	6	58,9	2,2	0,89	59,7	54,8	60,8	57,4	60,4

⁶ distanza euclidea nello spazio definito dalle n variabili (normalizzate) scelte per il raggruppamento

⁷ l’algoritmo utilizzato considera la distanza tra i centroidi (baricentri) dei gruppi

Variabile: L_{Aeq}_esp_r0 (dBA)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
G-1	5	68,5	1,1	0,50	68,8	67,2	70,0	67,4	69,5
G-2	12	67,2	1,1	0,32	66,7	65,8	69,3	66,2	68,2
G-3	16	64,3	2,0	0,49	64,3	61,5	69,1	62,9	65,5
G-4	6	58,9	2,6	1,1	58,1	55,4	62,5	57,3	61,7

Variabile: Q_{eq} (veic/h)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
G-1	5	2343	784	350	2498	1356	3423	1607	3002
G-2	12	1719	401	116	1837	987	2182	1460	2067
G-3	16	1136	455	114	1038	445	2175	815	1399
G-4	6	515	410	167	375	144	1270	232	818

Variabile: Q_T (veic/h)	n. dati	Media	Dev. Std.	Errore standard	Mediana	Minimo	Massimo	Quartile Inferiore	Quartile Superiore
G-1	5	1459	597	267	1282	724	2337	999	2009
G-2	12	1224	382	110	1255	574	1917	940	1474
G-3	16	857	349	87	762	353	1547	606	1115
G-4	6	376	293	119	267	126	938	203	554

Il gruppo **G-1** annovera un ristretto numero di strade sulle quali si convogliano intensi flussi di traffico, con significative percentuali di mezzi pesanti (in prevalenza autobus); notiamo che si tratta di strade collocate nella zona centrale di Pescara, in un'area che ha come fulcro la stazione ferroviaria, e che vi sono evidenti collegamenti tra i flussi veicolari che le attraversano (si pensi agli itinerari Via Ferrari → Via del Circuito oppure Via Ferrari → [Via Forca di Penne]⁸ → Via Caduta del Forte [oppure → Via G. D'Annunzio etc.] etc.). Si tratta delle strade in assoluto più rumorose, tra le quali spicca Via Ferrari, caratterizzata dai flussi veicolari particolarmente intensi e scorrevoli. Su Via Caduta del Forte, Via Del Circuito e, parzialmente, Corso V. Emanuele, i flussi veicolari risultano (relativamente) limitati dalla congestione che spesso vi si riscontra; su queste strade, la prevalente conformazione ad "U" e la vicinanza degli edifici alla sede stradale contribuiscono ad innalzare i livelli sonori.

I gruppi **G-2** e **G-3** sono quelli più eterogenei e ricchi di elementi. **G-2** raccoglie gli archi stradali a stretto rido della zona più centrale, appartenenti agli assi di attraversamento longitudinale 1.1 - 1.2 e di penetrazione interno - costa, cui si aggiungono le significative presenze di Via Conte di Ruvo, importante collegamento tra Viale Marconi e Via G. D'Annunzio, e l'asse Via Bardet - Via D'Avalos, inquadrabile nell'asse di attraversamento costiero 1.3. In **G-3** annoveriamo le strade appartenenti all'asse di attraversamento costiero, sia a nord che a sud del porto, le porzioni più a sud degli assi 1.1 e 1.2, nonché un certo numero di strade di quartiere e di collegamento interquartiere. In alcuni degli archi di questo gruppo, il (relativo) contenimento dei livelli sonori misurati è da attribuire al distacco degli edifici dalla sede stradale e/o alla geometria prevalentemente ad "L" (Viale Pindaro, Via L. D'Annunzio, Via G. D'Annunzio sud, Viale Marconi sud), nonostante i valori abbastanza elevati di flusso veicolare.

⁸ strada non soggetta a rilevamenti

Il gruppo G-4, infine, raccoglie un ristretto numero di strade di quartiere caratterizzate da bassi flussi veicolari e livelli sonori abbastanza contenuti. Da notare l'inaspettata presenza, in questo gruppo, di Viale C. Colombo, da noi assegnato all'asse di attraversamento costiero; anche in questo caso, i livelli sonori misurati risultano particolarmente bassi, pur in presenza di un flusso veicolare consistente, proprio a causa della conformazione della sede stradale (divisa in due corsie separate da un'ampia aiuola spartitraffico) e quindi della distanza delle linee di flusso dagli edifici che si affacciano sulla strada.

4.2. ANALISI STATISTICA DEI SEL

4.2.1. STATISTICA DESCRITTIVA COMPLESSIVA

Nella tabella che segue riportiamo i risultati dell'analisi statistica complessiva dei livelli di SEL misurati, per ciascuna tipologia di veicoli.

<i>Parametro (valori espressi in dBA)</i>	<i>Veicoli leggeri</i>	<i>Veicoli pesanti</i>	<i>Veicoli a due ruote</i>
Media	72,1	80,9	76,5
Errore standard della media	0,09	0,33	0,18
Mediana	72,0	81,2	76,2
Deviazione standard	3,0	4,7	3,6
Varianza campionaria	9,2	22,7	12,7
Curtosi	0,35	-0,42	0,49
Asimmetria	0,03	0,11	0,25
Minimo	61,5	69,9	65,6
Massimo	82,3	92,5	87,1
n. SEL elaborati	1120	204	372

Si noti come la deviazione standard risulti più contenuta per i veicoli leggeri rispetto alle altre due categorie, in particolare quella dei veicoli pesanti. Riguardo a questi ultimi, ricordiamo che tali vengono considerati sia i furgoni per uso commerciale di massa poco superiore al limite dei 3500 kg, sia gli autobus; si tratta delle categorie di veicoli pesanti prevalenti in ambito urbano, i cui livelli di emissione sonora risultano sensibilmente diversi, tanto da giustificare un'eventuale ulteriore differenziazione in subcategorie operata in altre indagini simili alla nostra.

Nella tabella che segue riportiamo, per ciascuna tipologia di veicoli, i risultati del test di Kolmogorov-Smirnov, che consente di stabilire la normalità delle distribuzioni dei SEL misurati (si vedano anche i grafici in Allegato 2)

<i>Parametro</i>	<i>Veicoli leggeri</i>	<i>Veicoli pesanti</i>	<i>Veicoli a due ruote</i>
Massima distanza D⁹	0,024	0,043	0,050
Probabilità P¹⁰	0,505	0,843	0,312
Esito test	distr. normale	distr. normale	distr. normale

⁹ D è la massima distanza tra la curva della distribuzione effettiva della variabile e la curva della distribuzione normale che meglio si adatta ai dati

¹⁰ P è la probabilità che il valore trovato di D possa originarsi da fluttuazioni casuali in un campione proveniente da una popolazione distribuita normalmente. Quindi un valore non significativo (>0,05) di P consente di considerare normale la distribuzione della variabile

I valori medi del nostro set di valori di SEL possono essere utilizzati per ricavare i fattori di equivalenza acustica di veicoli pesanti e a due ruote rispetto ai veicoli leggeri (rispettivamente, **p** e **m**) [25]

$$p = 10^{(\mu_p - \mu_l)/10} = 10^{(80,9 - 72,1)/10} = 7,6 \quad (4.2)$$

$$m = 10^{(\mu_m - \mu_l)/10} = 10^{(76,5 - 72,1)/10} = 2,7 \quad (4.3)$$

dove μ_l , μ_p , μ_m sono, rispettivamente, le medie dei SEL di veicoli leggeri, pesanti e a due ruote. Stime più accurate di tali parametri verranno effettuate nel prossimo paragrafo, utilizzando i SEL soggetti alle procedure di normalizzazione di seguito descritte.

4.2.2. PROCEDURE DI NORMALIZZAZIONE DEI SEL MISURATI

4.2.2.1. STRADE A “L” E STRADE A “U”

L’elaborazione statistica dei SEL viene, solitamente, operata previa distinzione dei valori misurati in funzione delle caratteristiche geometriche della strada in cui sono stati rilevati. A tal fine, il parametro scelto è generalmente il rapporto L/H tra la larghezza della strada (compresi i marciapiedi) e l’altezza media degli edifici prospicienti su di essa [15]; in base al valore di tale parametro, risulta possibile distinguere strade cosiddette ad “U” (chiuso, ovvero fiancheggiate da edifici alti su entrambi i lati) per $L/H < 2$ e strade ad “L” (aperte, in genere con presenza di edifici su un solo lato) per $L/H \geq 2$. In alternativa, è possibile utilizzare il parametro L/H' , dove H' è l’altezza dell’edificio più basso; in questo caso il valore che discrimina strade ad L e strade ad U è $L/H' = 1,5$ [26].

Di seguito riportiamo l’analisi statistica dei SEL misurati, effettuata separatamente per le due tipologie di strade e per ciascuna tipologia di veicoli.

a. veicoli leggeri

Tipo strade	n. SEL	Media	Deviazione standard	Varianza	Errore Standard	MIN	MAX	Intervallo MAX-MIN.	Asimmetria	Curtosi
L	806	72,01	3,2	10,2	0,11	61,5	82,3	20,8	0,078	0,19
U	314	72,26	2,6	6,7	0,15	63,1	81,0	17,9	-0,06	0,73

✓ veicoli leggeri: test t

Tipo strade	Media	Varianza	g.d.l.	t	P(t,g.d.l.)	t (*)	g.d.l. (*)	P(t,g.d.l.) (*)	Rapporto F tra varianze	P(F)
L	72,01	10,2	1118	1,233	0,218	1,233	699,16	0,177	1,524	1,63E-05
U	72,26	6,7								

(*):con stima separata delle varianze

Il test *F* evidenzia la significatività della differenza tra i valori delle due varianze, mentre il test *t*, in entrambe le versioni (nel caso in esame la più corretta, data la disomogeneità delle varianze, è la seconda) mostra che la differenza tra le due medie non è significativa; in conclusione, la conformazione geometrica della strada sembra influenzare il valore della varianza della distribuzione dei SEL dei veicoli leggeri, ma non la sua media.

b. veicoli a due ruote

Tipo strade	n. SEL	Media	Deviazione standard	Varianza	Errore Standard	MIN	MAX	Intervallo MAX-MIN.	Asimmetria	Curtosi
L	229	76,11	3,6	12,7	0,24	65,6	86,6	21,0	0,147	0,366
U	143	77,02	3,5	12,1	0,29	68,6	87,1	18,5	0,488	0,612

✓ *veicoli a due ruote: test t*

Tipo strade	Media	Varianza	g.d.l.	t	P(t,g.d.l.)	t (*)	g.d.l. (*)	P(t,g.d.l.) (*)	Rapporto F tra varianze	P(F)
L	76,11	12,7	370	-2,417	0,0162	-2,430	307,1	0,0157	1,051	0,753
U	77,02	12,1								

(*):con stima separata delle varianze

Il test *F* evidenzia l'omogeneità delle due varianze, mentre il test *t*, in entrambe le versioni, mostra che la differenza tra le due medie è significativa; in conclusione, la conformazione geometrica della strada sembra influenzare il valore della media della distribuzione dei SEL dei veicoli a due ruote.

c. veicoli pesanti

Tipo strade	n. SEL	Media	Deviazione standard	Varianza	Errore Standard	MIN	MAX	Intervallo MAX-MIN.	Asimmetria	Curtosi
L	151	80,44	4,76	22,6	0,39	69,9	92,5	22,6	0,151	-0,306
U	53	82,19	4,58	21,0	0,63	73,5	92,1	18,6	0,059	-0,752

✓ *veicoli pesanti: test t*

Tipo strade	Media	Varianza	g.d.l.	t	P(t,g.d.l.)	t (*)	g.d.l. (*)	P(t,g.d.l.) (*)	Rapporto F tra varianze	P(F)
L	80,44	22,6	202	-2,336	0,020	-2,378	94,04	0,019	1,076	0,778
U	82,19	21,0								

(*):con stima separata delle varianze

Anche per quanto riguarda i mezzi pesanti, i test dimostrano (ad un livello di confidenza del 95%) che la conformazione geometrica della strada (il parametro L/H) influenza il valore della media della distribuzione dei SEL. In particolare, il SEL medio misurato nelle strade ad U risulta significativamente più elevato rispetto al SEL medio misurato sulle strade ad L, a causa del ruolo maggiore svolto dalle riflessioni sulle facciate degli edifici fronte strada.

I nostri risultati sembrano confermare i risultati di precedenti lavori [15], nei quali si evidenziava come la dipendenza dei SEL dei veicoli leggeri dal parametro L/H si manifesta solo per $L/H < 1,5$.

4.2.2.2. NORMALIZZAZIONE IN FUNZIONE DELLA DISTANZA E DELL'EFFETTO DI FACCIATA

Le analisi statistiche sopra esposte si riferiscono al complesso dei SEL misurati nei 38 siti, con diversi valori dei parametri geometrici relativi alla strada ed alla distanza ricettore – linea di flusso veicolare (vedi tab. 1 in Allegato 1). Allo scopo di ridurre l'influenza di tali parametri, si possono adottare procedure di normalizzazione dei dati in funzione dei seguenti parametri

1. distanza del ricettore dalla linea di flusso equivalente (r_{eq})
2. distanza del ricettore dalle pareti degli (eventuali) edifici fiancheggianti la strada (d_1, d_2)

Nel primo caso, si assumerà una dipendenza del livello di SEL con la distanza del tipo [15]:

$$SEL(r_0) = SEL(r_{eq}) - 15 \log(r_0/r_{eq}) \quad (4.4)$$

Dove r_0 è la distanza di normalizzazione posta pari a 7,5 m.

Nel secondo caso, si sottrarranno i termini correttivi per le riflessioni di facciata calcolati al par. 3.2.1:

$$SEL_{nofac} = SEL(r_{eq}) - \Delta L_{Fac1+2} \quad (4.5)$$

Combinando le due procedure di normalizzazione, abbiamo:

$$SEL_{nofac}(r_0) = SEL(r_{eq}) - 15 \log(r_0/r_{eq}) - \Delta L_{Fac1+2} \quad (4.6)$$

Nelle tabelle che seguono riportiamo il riepilogo delle analisi statistiche condotte sui due set di valori di SEL sottoposti a normalizzazione: $SEL(r_0)$ e $SEL_{nofac}(r_0)$

• **statistica descrittiva dei $SEL(r_0)$**

Parametro (valori espressi in dBA)	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli a due ruote
Media	71,9	80,5	75,8
Errore standard della media	0,09	0,32	0,18
Mediana	72,1	80,2	75,7
Deviazione standard	2,9	4,6	3,5
Varianza campionaria	8,5	21,3	121,0
Curtosi	0,54	-0,61	0,51
Asimmetria	-0,22	0,03	0,36
Minimo	61,1	69,9	66,3
Massimo	82,2	91,5	86,7
n. SEL elaborati	1120	204	372

• **statistica descrittiva dei $SEL_{nofac}(r_0)$**

Parametro (valori espressi in dBA)	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli a due ruote
Media	69,9	78,6	73,9
Errore standard della media	0,09	0,32	0,18
Mediana	70,1	78,4	73,8
Deviazione standard	2,9	4,6	3,4
Varianza campionaria	8,3	20,7	11,7
Curtosi	0,55	-0,54	0,55
Asimmetria	-0,17	0,06	0,36
Minimo	58,5	67,3	64,2
Massimo	80,1	89,0	84,4
n. SEL elaborati	1120	204	372

Nella tabella che segue riportiamo, per ciascuna tipologia di veicoli, i risultati del test di Kolmogorov-Smirnov, che consente di stabilire la normalità delle distribuzioni dei $SEL(r_0)$ e $SEL_{nofac}(r_0)$ (si vedano anche i grafici in Allegato 2).

<i>variabile</i>	<i>parametro</i>	<i>Veicoli leggeri</i>	<i>Veicoli pesanti</i>	<i>Veicoli a due ruote</i>
$SEL(r_0)$	Massima distanza D^{11}	0,039	0,045	0,039
	Probabilità P^{12}	0,065	0,810	0,608
	Esito test	distr. normale	distr. normale	distr. normale
$SEL_{nofac}(r_0)$	Massima distanza D^5	0,033	0,053	0,036
	Probabilità P^6	0,178	0,657	0,722
	Esito test	distr. normale	distr. normale	distr. normale

L'analisi statistica dei $SEL(r_0)$ (vedi anche le tabelle nelle pagina successiva) da un lato evidenzia una riduzione dei parametri di dispersione della distribuzione (deviazione standard), mentre dall'altro annulla la significatività della divisione dei valori in due gruppi in funzione del parametro L/H, tranne che nel caso dei veicoli leggeri, peraltro in senso opposto a quello atteso (i SEL su strade a L risulterebbero mediamente più elevati).

Prendendo in esame l'analisi statistica dei $SEL_{nofac}(r_0)$, si possono ripetere le medesime considerazioni già svolte a proposito dei $SEL(r_0)$: (a) ulteriore lieve riduzione dei parametri di dispersione delle distribuzioni (deviazione standard), (b) scomparsa di ogni significatività nella divisione dei valori in due gruppi in funzione del parametro L/H, (c) tranne che nel caso dei veicoli leggeri, sempre in senso opposto a quello atteso. Mentre i fenomeni (a) e (b) appaiono essere una diretta conseguenza delle procedure di normalizzazione (in particolare la sottrazione degli effetti di riflessione dovrebbe ridurre o annullare la possibilità di distinguere tra strade a L e ad U), il fenomeno (c) mette in luce una certa anomalia nella scelta dei siti di misura, nel senso che si registra una netta prevalenza delle configurazioni aperte (strade a L) a scapito di quelle chiuse. Il set di dati disponibili per i veicoli leggeri, pertanto, non appare idoneo al fine di evidenziare differenze evidenti e sistematiche nei SEL in dipendenza della geometria del sito di misura.

Nelle tabelle a seguire riportiamo i risultati dei test cui abbiamo sottoposto entrambi i set di SEL normalizzati in esame. In grassetto abbiamo evidenziato le probabilità significative (effettiva differenza tra le medie per il test t e disomogeneità delle varianze per il test F).

a. veicoli leggeri – statistiche descrittive a confronto per strade a L e a U

<i>variabile</i>	<i>Tipo strade</i>	<i>n. SEL</i>	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	<i>Varianza</i>	<i>Errore Standard</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>	<i>Asimmetria</i>	<i>Curtosi</i>
$SEL(r_0)$	L	806	72,2	2,8	7,6	0,10	61,1	82,2	-0,30	0,09
	U	314	71,1	3,1	9,9	0,18	62,0	82,0	0,08	0,14
$SEL_{nofac}(r_0)$	L	806	70,2	2,8	7,7	0,10	58,6	80,1	-0,25	1,09
	U	314	69,1	3,0	9,2	0,17	59,8	80,0	0,10	-0,11

¹¹ D è la massima distanza tra la curva della distribuzione effettiva della variabile e la curva della distribuzione normale che meglio si adatta ai dati

¹² P è la probabilità che il valore trovato di D possa originarsi da fluttuazioni casuali in un campione proveniente da una popolazione distribuita normalmente. Quindi un valore non significativo ($>0,05$) di P consente di considerare normale la distribuzione della variabile

✓ *veicoli leggeri: test t*

variabile	Tipo strade	Media	Varianza	g.d.l.	t	P(t,g.d.l.)	t (*)	g.d.l. (*)	P(t,g.d.l.) (*)	Rapporto F tra varianze	P(F)
SEL (r₀)	L	72,2	7,6	1118	4,648	0,000004	5,129	510,4	4,14E-07	1,303	0,0041
	U	71,1	9,9								
SEL_{nofac}(r₀)	L	70,2	7,7	1118	5,627	2,31E-08	5,407	527,7	9,71E-08	1,199	0,0492
	U	69,1	9,2								

(*):con stima separata delle varianze

b. veicoli a due ruote - statistiche descrittive a confronto per strade a L e a U

variabile	Tipo strade	n. SEL	Media	Deviazione standard	Varianza	Errore Standard	MIN	MAX	Asimmetria	Curtosi
SEL (r₀)	L	229	75,8	3,2	10,3	0,21	66,3	86,7	0,33	0,71
	U	143	75,9	3,8	14,7	0,32	66,7	85,3	0,36	0,19
SEL_{nofac}(r₀)	L	229	73,9	3,2	10,4	0,21	64,2	84,4	0,29	0,16
	U	143	73,9	3,7	14,0	0,31	65,7	84,2	0,41	0,20

✓ *veicoli a due ruote: test t*

variabile	Tipo strade	Media	Varianza	g.d.l.	t	P(t,g.d.l.)	t (*)	g.d.l. (*)	P(t,g.d.l.) (*)	Rapporto F tra varianze	P(F)
SEL (r₀)	L	75,8	10,3	370	-0,475	0,635	-0,456	262,9	0,648	1,418	0,019
	U	75,9	14,7								
SEL_{nofac}(r₀)	L	73,9	10,4	370	0,0172	0,986	0,0165	260,0	0,987	1,351	0,044
	U	73,9	14,0								

(*):con stima separata delle varianze

c. veicoli pesanti - statistiche descrittive a confronto per strade a L e a U

	Tipo strade	n. SEL	Media	Deviazione standard	Varianza	Errore Standard	MIN	MAX	Asimmetria	Curtosi
SEL (r₀)	L	151	80,2	4,6	20,7	0,37	69,9	91,1	-0,02	-0,54
	U	53	81,1	4,8	22,9	0,66	72,2	91,5	0,12	-0,89
SEL_{nofac}(r₀)	L	151	78,5	4,5	20,2	0,37	67,3	88,5	0,005	-0,41
	U	53	79,0	4,7	22,4	0,65	70,0	89,0	0,13	-0,85

✓ *veicoli pesanti: test t*

variabile	Tipo strade	Media	Varianza	g.d.l.	t	P(t,g.d.l.)	t (*)	g.d.l. (*)	P(t,g.d.l.) (*)	Rapporto F tra varianze	P(F)
SEL (r₀)	L	80,2	20,7	202	-1,212	0,227	-1,183	87,2	0,240	1,106	0,631
	U	81,1	22,9								
SEL_{nofac}(r₀)	L	78,5	20,2	202	-0,630	0,529	-0,614	87,0	0,541	1,111	0,615
	U	79,0	22,4								

(*):con stima separata delle varianze

4.2.3. DETERMINAZIONE FINALE DEI FATTORI DI EQUIVALENZA ACUSTICA

I valori medi μ_l , μ_p , μ_m del nostro set di $SEL_{nofac}(r_\theta)$ sono i più idonei allo scopo di ricavare i fattori di equivalenza acustica di veicoli pesanti e a due ruote rispetto ai veicoli leggeri (rispettivamente, **p** e **m**) (vedi eq. 4.2 e 4.3)

$$p = 10^{(\mu_p - \mu_l)/10} = 10^{(78,6 - 69,9)/10} = 7,5$$

$$m = 10^{(\mu_m - \mu_l)/10} = 10^{(73,9 - 69,9)/10} = 2,5$$

Valori sostanzialmente omogenei a quelli stimati, in prima battuta, dai SEL misurati, prima di ogni procedura di normalizzazione.

4.3. REGRESSIONE MULTIPLA DEI DATI

La raccolta di informazioni contestuale a ciascun rilievo fonometrico (conteggi veicolari distinti per tipologia di veicoli, distanza del punto di misura dalle linee di flusso, caratteristiche geometriche della strada etc.) consente di utilizzare tecniche di regressione multipla per correlare a tali grandezze i livelli sonori misurati, secondo una prassi consolidata che ha precise basi teoriche [27]. In particolare, il livello equivalente LAeq (dBA) misurato in prossimità della strada, in ambiente urbano, può essere espresso in funzione delle seguenti grandezze:

- ✓ Flusso veicolare totale Q_T (veic/h)
- ✓ Flusso di veicoli pesanti (massa a pieno carico > 3500 kg) Q_P (veic/h o % del flusso totale)
- ✓ Flusso di veicoli a due e tre ruote (ciclomotori, motocicli, motocarrozette) Q_M (veic/h o % del flusso totale)
- ✓ Velocità media del flusso veicolare, eventualmente distinta per tipologia di veicoli
- ✓ Distanza r del punto di misura da (in alternativa)
 - mezzeria della strada
 - bordo della carreggiata
 - linea di flusso veicolare più vicina
 - linea di flusso equivalente, intesa, per una strada a due o più corsie, come media geometrica delle distanze dalla linea di flusso veicolare più vicina e da quella più lontana [12].
- ✓ Distanza r del punto di misura da pareti riflettenti retrostanti e frontistanti il punto di misura (edifici o muri fiancheggianti la sede stradale)
- ✓ Altri parametri concernenti la tipologia di flusso (scorrevole, intermittente, in accelerazione-decelerazione), le caratteristiche del manto stradale (tipo di manto, condizioni di manutenzione) e la pendenza longitudinale della strada.

Abbiamo scelto di escludere dal nostro set di variabili la velocità dei veicoli, non avendo mezzi adeguati per misurarla con sufficiente attendibilità, consapevoli anche della ridotta influenza che tale parametro assume su LAeq in un contesto urbano, ovvero per valori inferiori a 50-60 km/h [27].

La dipendenza dai flussi veicolari è stata impostata scegliendo di operare con una grandezza nota come flusso veicolare equivalente Q_{eq} , calcolata a partire dai valori di flusso orario Q_V , Q_P , Q_M per le singole tipologie di veicoli (rispettivamente: veicoli leggeri, pesanti e a due/tre ruote)

$$Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M \quad (4.7)$$

Dove p e m sono i fattori di equivalenza acustica, rispettivamente, di veicoli pesanti e a due ruote. Valori per tali fattori sono desumibili dalla letteratura oppure possono essere ricavati dalle nostre misure di SEL. Come ipotesi di partenza, si sono assunti i seguenti valori [14, 28]:

$$p = 8; m = 2$$

I risultati delle nostre misure di SEL hanno, nella sostanza, confermato la validità di tali ipotesi (vedi par. 4.2.3), fornendo i seguenti valori: $p = 7,5$; $m = 2,5$

La relazione ipotizzata per la regressione è lineare nelle variabili $\log(Q_{eq})$ e $\log(r)$.

4.3.1. SET DI DATI UTILIZZATO PER LA REGRESSIONE

Ai fini della regressione è stato utilizzato un set di dati leggermente diverso da quello finora analizzato; sono stati, infatti, aggiunti i rilievi effettuati in condizioni di traffico limitato (rilievi n. 23, 26, 29, 30, 34, 39, 40, 83) ed espunti alcuni rilievi influenzati in misura anomala da parametri non contemplati esplicitamente dall'equazione di regressione, quali¹³:

- ✓ pendenza longitudinale della strada ($> 2\%$) – rilievi n. 10, 11, 12, 37
- ✓ flusso di traffico prevalentemente congestionato – rilievi n. 1, 5, 9, 76, 48
- ✓ strada costituita da due o più corsie separate da spartitraffico di dimensioni non trascurabili – rilievi n. 10, 87
- ✓ caratteristiche anomale del manto stradale – rilievo n. 94
- ✓ punto di misura su strada a basso traffico in prossimità di incrocio con strada a traffico intenso – rilievo n.99

Il numero di rilievi utilizzato per la regressione è 84.

4.3.2. EQUAZIONE DI REGRESSIONE

La struttura dell'equazione di regressione è del tipo:

$$LA_{eq,h}(Q_{eq}, r) = A + B \log(Q_{eq}) + C \log(r) \quad (4.8)$$

Dove A , B e C sono coefficienti da determinare attraverso la regressione, $LA_{eq,h}$ è il livello sonoro equivalente su base oraria, legato alle due variabili costituite dal flusso orario di veicoli equivalenti Q_{eq} e dalla distanza r del ricevitore dalla linea di traffico. In relazione a quest'ultima variabile, è possibile considerare, in alternativa, sia la distanza dalla linea di flusso (asse della corsia) più vicina al ricevitore, sia la distanza della linea di flusso equivalente (sostanzialmente coincidente con la mezzera della strada), definita al par 3.2. Verificheremo quale sia, in termini di bontà della regressione, la scelta migliore tra le due.

4.3.3. RISULTATI DELLA REGRESSIONE

Di seguito analizzeremo gli esiti della regressione per le seguenti variabili indipendenti (livelli equivalenti di rumore da traffico su base oraria):

- ✓ LAeq
- ✓ LAeq_{no_fac1}
- ✓ LAeq_{no_fac1+2}

ricordiamo che LAeq_{no_fac1} e LAeq_{no_fac1+2} rappresentano il livello LAeq depurato dei contributi dovuti alle riflessioni al 1° ordine sulle pareti degli edifici ai lati della strada (l'indice 1 indica la parete retrostante il microfono, l'indice 2 la parete posta sull'altro lato della strada rispetto al microfono).

✓ *caso 1*

Variabile dipendente		Variabili indipendenti		$Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M$	
LAeq		log(Q _{eq})	log (r)	$p = 8$	$m = 2$
R =	0,945	R ² =	0,894	R ² aggiustato = 0,891	
F(2,81) =	340,74	p =	3,66E-40	Errore Std. di stima = 1,307	
Coefficienti di regressione					
	valore	Errore std.	t(82)	p-level	
Intercetta [A]	43,58	1,86	23,44	7,6E-38	
log (r) [B]	-10,59	1,05	-10,07	6,26E-16	
log(Q _{eq}) [C]	10,65	0,49	21,97	7,26E-36	

✓ *caso 2*

Variabile dipendente		Variabili indipendenti		$Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M$	
LAeq		log(Q _{eq})	log (r)	$p = 7,5$	$m = 2,5$
R =	0,946	R ² =	0,894	R ² aggiustato = 0,892	
F(2,81) =	343,3	p=	2,79E-40	Errore Std. di stima 1,302	
Coefficienti di regressione					
	valore	Errore std.	t(82)	p-level	
Intercetta [A]	43,11	1,87	23,04	2,55E-37	
log (r) [B]	-10,45	1,05	-9,96	1,03E-15	
log(Q _{eq}) [C]	10,73	0,49	22,05	5,54E-36	

dal confronto tra le due tabelle si evince la sostanziale equivalenza, in termini di effetti sugli indicatori di bontà della regressione (test *F* sulla varianza e test *t* sui coefficienti di regressione), dei valori dei fattori **p** ed **m** stimati dalle misure di SEL rispetto ai valori di partenza, desunti dalla letteratura. D'ora in poi, comunque, utilizzeremo sempre i valori da noi stimati (**p = 7,5; m = 2,5**).

¹³ Oltre i rilievi sottoelencati sono stati espunti il n. 22 ed il 35, a causa del mancato conteggio dei veicoli in transito

✓ caso 3

Variabile dipendente	Variabili indipendenti		$Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M$	
LA_{eq}	$\log(Q_{eq})$	$\log(r_{eq})$	$p = 7,5$	$m = 2,5$
R =	0,942	R²=	0,887	R² aggiustato =
				0,884
F(2,81) =	318,72	p=	4,07E-39	Errore Std. di stima
				1,346
Coefficients di regressione				
	valore	Errore std.	t(82)	p-level
Intercetta [A]	41,66	1,86	22,37	2,06E-36
$\log(r_{eq})$ [B]	-10,72	1,15	-9,36	1,54E-14
$\log(Q_{eq})$ [C]	11,52	0,49	23,29	1,2E-37

da cui si evince un lieve deterioramento degli indicatori di bontà della regressione ed una rimodulazione dei coefficienti A, B e C. Nel seguito continueremo ad utilizzare la variabile $\log(r)$ (distanza del ricettore dalla linea di flusso veicolare più vicina), anche se $\log(r_{eq})$ rappresenta un'alternativa preferibile in caso di previsione dei livelli in presenza di strade composte da più corsie distanziate da aiuole spartitraffico di dimensioni non trascurabili.

✓ caso 4

Variabile dipendente	Variabili indipendenti		$Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M$	
$LA_{eq_no_fac1}$	$\log(Q_{eq})$	$\log(r)$	$p = 7,5$	$m = 2,5$
R =	0,951	R²=	0,904	R² aggiustato =
				0,902
F(2,81) =	382,7	p=	5,3E-42	Errore Std. di stima
				1,257
Coefficients di regressione				
	valore	Errore std.	t(82)	p-level
Intercetta [A]	43,69	1,80	24,20	7,86E-39
$\log(r)$ [B]	-12,24	1,01	-12,09	8,05E-20
$\log(Q_{eq})$ [C]	10,47	0,47	22,31	2,46E-36

✓ caso 5

Variabile dipendente	Variabili indipendenti		$Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M$	
$LA_{eq_no_fac1+2}$	$\log(Q_{eq})$	$\log(r)$	$p = 7,5$	$m = 2,5$
R =	0,950	R²=	0,902	R² aggiustato =
				0,900
F(2,81) =	374,6	p=	1,17E-41	Errore Std. di stima
				1,297
Coefficients di regressione				
	valore	Errore std.	t(82)	p-level
Intercetta [A]	43,32	1,86	23,25	1,34E-37
$\log(r)$ [B]	-12,77	1,05	-12,22	4,58E-20
$\log(Q_{eq})$ [C]	10,61	0,48	21,90	9,02E-36

L'analisi comparata delle regressioni sulle variabili LA_{eq} , $LA_{eq_no_fac1}$ e $LA_{eq_no_fac1+2}$ (tabelle 2, 4 e 5) consente di evidenziare quanto segue (vedi tabella riassuntiva che segue):

<i>Variabile dipendente</i>	<i>R</i>	<i>R</i> ²	<i>F</i>	<i>Errore Std. di stima</i>	<i>Intercetta [A]</i>	<i>log (r) [B]</i>	<i>log(Q_{eq}) [C]</i>
<i>L_{Aeq}</i>	0,946	0,894	343,3	1,302	43,11	-10,45	10,73
<i>L_{Aeq}_no_fac1</i>	0,951	0,904	382,7	1,257	43,69	-12,24	10,47
<i>L_{Aeq}_no_fac1+2</i>	0,950	0,902	374,6	1,297	43,32	-12,77	10,61

1. la sottrazione dei termini di correzione dovuti alle riflessioni sulle facciate degli edifici produce limitati ma visibili effetti positivi sui vari parametri di regressione: coefficienti di correlazione **R** e di determinazione **R**², valore della variabile **F** (rapporto tra la varianza spiegata dalla regressione e la varianza residua, utilizzato per il cosiddetto test di linearità);
2. in particolare, alla regressione operata su *L_{Aeq}_no_fac1* risultano associati i valori più elevati di tali parametri, pertanto la correzione sul livello equivalente connessa alla facciata degli edifici dall'altro lato della strada non apporta ulteriori benefici (l'errore standard di stima per la regressione su *L_{Aeq}_no_fac1+2* aumenta leggermente);
3. per quanto riguarda i valori dei coefficienti **A**, **B** e **C**, notiamo che mentre il primo (l'intercetta) ed il terzo (il coefficiente di log(Q_{eq})) rimangono pressoché costante nei tre casi, significative variazioni interessano il secondo, che determina l'entità della variazione del livello sonoro con la distanza dalla linea di flusso veicolare. Le equazioni di regressione dei livelli depurati dagli effetti di facciata sono caratterizzate, pertanto, da un decremento che si discosta significativamente da quello connesso, teoricamente, ad una sorgente sonora lineare infinita, che assumerebbe la forma $-10 \log(\mathbf{r})$; la spiegazione del fenomeno è da ricercare, probabilmente, nel fatto che, in ambiente urbano, la schematizzazione della strada come sorgente sonora lineare infinita non risulta giustificabile in considerazione della presenza di ostacoli (veicoli parcheggiati, alberi, cassonetti, arredi urbani vari) che, anche in assenza di curve, limitano sensibilmente la lunghezza del tratto di strada la cui influenza acustica raggiunge il ricettore; ciò è particolarmente vero per ricettori posti a 1,5 m dal livello di calpestio. Solo l'intervento delle riflessioni sulle facciate sembra contrastare questo fenomeno, avvicinando di nuovo al caso teorico la legge di variazione del livello con la distanza.
4. nel caso in cui si considera la variabile *L_{Aeq}*, ovvero il livello sonoro misurato, a prescindere dalla presenza di edifici o superfici verticali riflettenti ai lati della strada, dati i valori molto simili assunti dai coefficienti **B** e **C**, è possibile, sacrificando la correttezza formale, considerare un'equazione di regressione semplificata che si basa sull'unica variabile $\log(Q_{eq}/\mathbf{r})$ [28].

4.4. MODELLI DI PREVISIONE DEI LIVELLI SONORI

Le equazioni di regressione lineare multipla sopra discusse possono essere efficacemente impiegate per la previsione dei livelli sonori generati dal traffico stradale, in prossimità della sede stradale. Riassumendo abbiamo:

A. Modelli che non tengono conto delle riflessioni sulle facciate degli edifici lungo i lati della strada

A.1 - modelli generici per qualunque tipo di strada (escluse quelle a due o più corsie separate da spartitraffico o aiuole di larghezza non trascurabile):

$$LA_{eq,h}(Q_{eq}, r) = 43,1 + 10,7 \log(Q_{eq}) - 10,5 \log(r) \quad (4.9)$$

$$LA_{eq,h}(Q_{eq}, r) = 43,7 + 10,6 \log(Q_{eq}/r) \quad (4.10)$$

dove

- ✓ $Q_{eq} = Q_V + pQ_P + mQ_M$
- ✓ $p = 7,5$ e $m = 2,5$ (è accettabile l'utilizzo di $p = 8$ e $m = 2$)
- ✓ r = distanza (in metri) del ricettore dalla linea di flusso veicolare più vicina

A.2 - modello per strada a due o più corsie separate da spartitraffico o aiuole di larghezza non trascurabile:

$$LA_{eq,h}(Q_{eq}, r_{eq}) = 41,7 + 11,5 \log(Q_{eq}) - 10,7 \log(r_{eq}) \quad (4.11)$$

dove

- ✓ $r_{eq} = (r \cdot r_{far})^{1/2}$: distanza (in metri) del ricettore dalla linea di flusso veicolare equivalente
- ✓ r_{far} = distanza del ricettore dalla linea di flusso veicolare più lontana.

B. Modelli che tengono conto delle riflessioni sulle facciate degli edifici lungo i lati della strada

B.1 - modello con correzione per le riflessioni sulla facciata dell'edificio lato ricettore

$$LA_{eq,h}(Q_{eq}, r) = 43,7 + 10,5 \log(Q_{eq}) - 12,2 \log(r) + \Delta L_{fac1} \quad (4.12)$$

B.2 - modello con correzione delle riflessioni sulle facciate degli edifici su entrambi i lati della strada

$$LA_{eq,h}(Q_{eq}, r) = 43,3 + 10,6 \log(Q_{eq}) - 12,8 \log(r) + \Delta L_{fac1+2} \quad (4.13)$$

dove ΔL_{fac1} e ΔL_{fac1+2} sono dati, rispettivamente, dalle eq. (3.2) e (3.1).

I modelli di cui sopra sono validi nelle condizioni in cui sono stati effettuati i rilievi fonometrici su cui si basano, ovvero (vedi par. 2.4):

- ✓ ricettore posto a 1,5 m dal piano di calpestio
- ✓ ricettore posto a distanza sufficientemente elevata (almeno 60 – 70 m) da incroci con altre strade, curve, restringimenti di carreggiata, fermate di autobus
- ✓ condizioni flusso veicolare prevalentemente scorrevole, con velocità compresa tra 30 e 50-55 km/h
- ✓ Assenza di ostacoli tra il fonometro e la linea di flusso veicolare (veicoli parcheggiati, cassonetti, cabine etc.), per un tratto di strada lungo almeno 10 m
- ✓ Pendenza longitudinale nulla o comunque inferiore al 2%
- ✓ manto stradale composto da asfalto normale (non fonoassorbente), in condizioni di manutenzione accettabili, quantomeno privo di discontinuità ed irregolarità evidenti (buche etc.).
- ✓ flussi veicolari orari compresi tra 50 e 2500, con percentuali massime di veicoli pesanti e di veicoli a due ruote pari, rispettivamente, a 20% e 30%.

Naturalmente ci si aspetta che il modello fornisca le migliori prestazioni nella previsione dei livelli sonori lungo le strade di Pescara cui si riferiscono le nostre misure; l'adattamento ad altre realtà urbane non può prescindere da una serie di rilievi fonometrici di "calibrazione", opportunamente predisposti.

L'utilizzo del modello in situazioni diverse da quelle contemplate richiede l'introduzione di appositi termini correttivi, per la cui determinazione occorrerebbe effettuare un numero adeguato di rilievi fonometrici presso opportuni ricettori. In alternativa, si possono adottare le correzioni desunte dalla letteratura (vedi, ad es., [14], [25]).

5. CONCLUSIONI

Con questo lavoro il Settore Fisico del Dipartimento Provinciale ARTA di Pescara ha inteso fornire un contributo allo studio della qualità ambientale nella città di Pescara, avviando un'indagine sistematica sul rumore da traffico stradale urbano. La limitata disponibilità di risorse strumentali e umane ha imposto serie restrizioni all'estensione temporale ed alla capillarità dei nostri rilevamenti, tuttavia riteniamo di aver delineato i tratti essenziali di un fenomeno, quale il rumore da traffico stradale urbano, caratterizzato da un notevole livello di complessità, sia a livello di descrizione delle sorgenti sonore che di interazione acustica con l'ambiente urbano. A questo proposito, abbiamo elaborato un set di semplici modelli per il calcolo di massima dei livelli di rumore prodotto dal traffico stradale (par. 4.4), noti i flussi veicolari e le caratteristiche geometriche della strada.

L'esperienza maturata nel corso del presente lavoro si rivelerà senz'altro preziosa nel momento in cui ARTA Abruzzo avrà a disposizione gli strumenti per configurare una vera e propria rete di monitoraggio del rumore urbano, idonea all'esecuzione di campagne di misura finalizzate alla mappatura acustica della città. Auspichiamo l'avvio di una stretta e proficua collaborazione tra il Comune di Pescara e ARTA, affinché le future campagne di monitoraggio siano pianificate e realizzate nella maniera più efficace ed idonea ad individuare i fattori di criticità acustica della viabilità urbana.

Riteniamo doveroso, infine, sollecitare l'amministrazione comunale di Pescara alla definizione degli strumenti di gestione di tutta la complessa problematica connessa all'inquinamento acustico, a cominciare dalla classificazione acustica del territorio, che dovrà risultare coerente con la pianificazione dei flussi veicolari e, in generale, della mobilità urbana.

RINGRAZIAMENTI

A tutti gli autori dei rilievi fonometrici, citati in prima pagina, vanno i miei più sentiti ringraziamenti per la preziosa collaborazione, senza la quale questo lavoro non sarebbe stato possibile.

Ringrazio, infine, il dott. Sandro D'Ostilio, Direttore del Settore Fisico, per aver autorizzato questa iniziativa.

Pescara, 2 febbraio 2005

IL FISICO COLLABORATORE

dr. Sergio Palermo

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cosa M., Nicoli M., Capone P., Saffiotti A.: “*Risultati di una indagine sul rumore stradale a Pescara*” – 5° Conv. Ass. Ital. Acust., Palermo 13-15 ott. 1977.
- [2] Capone P., Cosa M., Nicoli M.: “*Indagine statistica sul rumore da traffico stradale a Pescara basata su rilevamenti effettuati su tutto l’arco delle 24 ore*” Ann. Ist. Super. Sanità 16,1,1980.
- [3] Istituto Sperimentale delle Ferrovie dello Stato.: “*Treno Verde*” – Roma 1988
- [4] Trenitalia – Legambiente “*Treno Verde 04*” – Comunicato stampa del 28/04/04 – Roma.
- [5] DM 16/03/98: *Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico* – Gazzetta Uff. del 01/04/1998, n. 76.
- [6] Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 Giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale - Gazzetta Uff. delle Comunità Europee - L 189/12 del 18.7.2002.
- [7] ARTA - Provincia di Pescara “*Monitoraggio Inquinamento Acustico dell’Area Urbana di Pescara e zone limitrofe: Montesilvano – Città Sant’Angelo – Spoltore; progetto esecutivo*” – 2004
- [8] Legge n. 447 del 26.10.95 “*Legge quadro sull’inquinamento acustico*” - Supplemento ordinario alla Gazzetta Uff., Serie generale n. 254, 30/10/1995.
- [9] D.P.R. del 30 Marzo 2004, n. 142: “*Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell’inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell’articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.*” Gazzetta Uff. n. 127 del 1-6-2004.
- [10] D.P.C.M. 01.03.91 “*Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno*” - Gazzetta Uff. n. 57 del 08/03/1991
- [11] Brown A.L., Lam K.C. “*Urban Noise Surveys*” – Appl. Acoust. Vol 20, pagg. 23-39, 1987
- [12] Gruppo di lavoro coordinato da E. Sogni: “*Linee guida per la caratterizzazione acustica delle aree urbane*” ARPA Emilia Romagna, 2001
- [13] De Donato S.R. et al. “*Caratterizzazione acustica del territorio di Rimini. Un metodo basato su misure sorgente orientate e campionamento statistico*”. Rivista Italiana di Acustica, Vol. 23, n. 1-2, pagg. 41-47, 1999
- [14] Cannelli G.B. et al. “*A mathematical model for evaluation and prediction of mean energy level of traffic noise in Italian towns*” – Acustica, 53, 32, 1983.
- [15] Rocco L. “*Valori rilevati in aree urbane del L_{ax} di veicoli stradali e correlazioni con la geometria di rilevamento*” – Riv. Ital. di Acustica IV, 4, 213, 1980.
- [16] Callegari A. et al. “*Proposta di linee guida per la caratterizzazione acustica delle aree urbane*” Atti della sessione speciale “*Noise Mapping*” – 17th ICA, 2-7 settembre 2001
- [17] Bertoni et al. “*Il rumore urbano e l’organizzazione del territorio*” – Pitagora Editrice, Bologna 1988
- [18] Piromalli W. et al. “*Indagine sui livelli sonori in Genova: andamento nelle 24 ore ed attendibilità di misure di Leq su breve periodo*” – Rivista Italiana di Acustica, luglio-settembre 1994, pagg. 55-64
- [19] Brambilla G. “*Tecniche di campionamento temporale del rumore nell’ambiente di vita*”, atti Conv. Naz. AIDII, Corvara 19-21/03/1997, pagg. 125-133.
- [20] International Standard Organization “*ISO 1996/1: Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 1: Basic quantities and procedures*” – 1982.

- [21] Chye H. et al. "Facade Effects on the Traffic Noise from the Expressway" Appl. Acoust. Vol 41, pagg. 47-62, 1994
- [22] D.P.C.M. 14.11.97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" - Gazzetta Uff., Serie generale n. 280, 01/12/1997.
- [23] Barrigòn Morillas J.M. et al. "An environmental noise study in the city of Caceres, Spain" Appl. Acoust. Vol. 63, pagg. 1061-1070, 2002.
- [24] Soliani L. "Statistica univariata e bivariata parametrica e non-parametrica nelle discipline ambientali e biologiche" <http://www.dsa.unipr.it/soliani/soliani.html> - ed. novembre 2004
- [25] Bengang L. et al. "A GIS based road traffic noise prediction model" - Appl. Acoust. Vol 63, pagg. 679-691, 2002
- [26] Cosa et. al., *Rumore e vibrazioni, Vol. II: Il rumore nell'ambiente abitativo e nell'ambiente esterno*, Maggioli Editore, 1990.
- [27] Nelson P. (ed.). *Transportation noise reference book*. Butterworths, London, 1987
- [28] Corriere F. Lo Bosco D. "Valutazione previsionale dell'inquinamento acustico nella viabilità urbana" *Autostrade*, n. 1 1991

7. ALLEGATI

1. TABELLE 1 – 4: prospetti riassuntivi dei parametri geometrici dei siti di misura, dei rilievi fonometrici e dei conteggi di transiti veicolari effettuati
2. GRAFICI: boxplot dei SEL misurati e normalizzati, distinti per tipologia di veicoli
3. GRAFICI: boxplot delle variabili LAeq, LAeq_{esp}, Q_{eq} nelle varie ipotesi di analisi categoriale

TABELLA 1: PROSPETTO RIASSUNTIVO DEI PARAMETRI GEOMETRICI DEI SITI DI MISURA

n. rilievo	data	indirizzo	Asse v.	d ₁ (m)	d ₂ (m)	r (m)	r _{far} (m)	r _{eq} (m)	nc	nsm	pend (%)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	(d ₁ +d ₂)/h _{med}
1	17/03/04	V. Marconi 49	1.1	8	22,8	5,8	11,2	8,1	3	2	0	10,0	20,0	2,05
2	17/03/04	V. Marconi 38	1.1	1	23	5,0	10,7	7,3	3	2	2,9	15,0	10,0	1,92
3	17/03/04	V. Marconi 90	1.1	1	21,7	7,5	10,3	8,8	2	2	0	6,0	12,0	2,52
4	17/03/04	V. Marconi 107/1	1.1	1	21,9	8,0	10,9	9,3	2	2	0	20,0	20,0	1,15
5	18/03/04	V. Marconi 158	1.1	1	22	8,2	11,1	9,5	2	2	0	10,0	22,0	1,44
6	18/03/04	V. Marconi 201	1.1	1	>99	8,6	11,5	9,9	2	2	0	12,0	0,0	>10
7	18/03/04	V. Marconi 240	1.1	1	23	8,0	10,9	9,3	2	2	0	5,0	15,0	2,40
8	18/03/04	V. Marconi 345	1.1	1	23	8,0	10,9	9,3	2	2	0	10,0	10,0	2,40
9	22/03/04	V. Marconi 346/4	1.1	1	70	9,0	11,9	10,3	2	2	0	20,0	8,0	5,07
10	22/03/04	V. Marconi 383	1.1	1	30	8,5	20,5	13,2	2	2	0	15,0	6,0	2,95
11	22/03/04	P.zza Duca d'Aosta 32 <i>bordo str.</i>	1.1	14,5	39,5	6,5	24,5	12,6	6	2	3,6	15,0	18,0	3,27
12	22/03/04	P.zza Duca d'Aosta 32	1.1	1	52,7	19,5	37,5	27,0	6	2	3,6	15,0	18,0	3,25
13	24/03/04	C.so V. Emanuele 10	1.1	1	22,5	7,0	18,6	11,4	4	2	0	36,0	20,0	0,84
14	24/03/04	C.so V. Emanuele 79	1.1	1	22,5	5,3	12,3	8,1	3	2	0	20,0	18,0	1,24
15	24/03/04	C.so V. Emanuele 148	1.1	1	24	7,0	14,0	9,9	3	2	0	20,0	12,0	1,56
16	24/03/04	C.so V. Emanuele 289	1.1	1	23,5	4,8	11,8	7,5	3	2	0	15,0	13,0	1,75
17	30/03/04	C.so V. Emanuele 298	1.1	1	>99	7,0	14,0	9,9	3	2	0	25,0	0,0	>10
18	30/03/04	C.so V. Emanuele <i>di fronte 372</i>	1.1	>99	19,2	4,5	11,5	7,2	3	1	0	0,0	22,0	>10
19	31/03/04	Viale Bovio 81	1.1	1	26	6,5	9,3	7,8	2	2	0	20,0	12,0	1,69
20	31/03/04	Viale Bovio 282	1.1	1	17	6,5	9,3	7,8	2	2	0	20,0	9,0	1,24
21	31/03/04	Viale Bovio 479	1.1	1	>99	7,2	10,0	8,5	2	2	0	10	0	>10
22	01/04/04	V.le R. Margherita c/o Scuola Mazzini	1.3	3,9	40	8,0	9,3	8,6	2	1	0	10,0	10,0	4,39
23	01/04/04	V.le R. Margherita c/o Scuola Mazzini	1.3	3,9	40	8,0	9,3	8,6	2	1	0	10,0	10,0	4,39
24	06/04/04	V.le R. Margherita c/o Scuola Mazzini	1.3	3,9	40	8,0	9,3	8,6	2	1	0	10,0	10,0	4,39
25	15/04/04	Via Venezia 22 c/o L.Classico	3.2	2,1	21	13,0	15,8	14,3	2	1	0	15,0	12,0	1,71
26	15/04/04	Via Venezia 22 c/o L.Classico	3.2	2,1	21	13,0	15,8	14,3	2	1	0	15,0	12,0	1,71
27	16/04/04	Via Venezia 22 c/o L.Classico	3.2	2,1	21	13,0	15,8	14,3	2	1	0	15,0	12,0	1,71
28	16/04/04	Via Naz. Adr. Nord 130	1.1	1	20	7,5	10,5	8,9	2	2	0	20,0	19,0	1,08
29	18/04/04	Via Venezia 22 c/o L.Classico	3.2	2,1	21	13,0	15,8	14,3	2	1	0	15,0	12,0	1,71
30	18/04/04	V.le R. Margherita c/o Scuola Mazzini	1.3	3,9	40	8,0	10,8	9,3	2	1	0	10,0	10,0	4,39
31	21/04/04	Via Naz. Adr. Nord 141	1.1	1	16	5,0	7,8	6,2	2	2	0	5,0	10,0	2,27
32	21/04/04	Via Naz. Adr. Nord 386	1.1	3,4	>99	5,0	7,8	6,2	2	2	0	8,0	0,0	2501
33	21/04/04	Via Naz. Adr. Nord 405	1.1	1	23	9,5	12,3	10,8	2	2	0	10,0	8,0	2,67
34	22/04/04	Via Vespucci 160	3.3	8	25	6,8	9,2	7,9	2	2	0	8,0	5,0	5,08
35	22/04/04	Via Vespucci 160 (cortile scuola)	3.3	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
36	28/04/04	Via Pian delle Mele 38	3.7	1	20	8,5	11,0	9,7	2	2	2,0	16,0	8,0	1,75
37	28/04/04	Via Pian delle Mele 12	3.7	1	35	5,2	7,7	6,3	2	2	6,2	15,0	8,0	3,13
38	28/04/04	Via del Circuito 261	2.1	1	19	4,5	7,0	5,6	2	2	0	8,0	6,0	2,86
39	29/04/04	Via Firenze (<i>di fronte n. 47</i>)	3.1	1	9,4	4,5		4,5	1	1	0	2,1	10,0	1,72
40	29/04/04	Lungomare Matteotti 89	1.3	3,5	>99	7,7	10,2	8,9	2	2	0	18,0	0,0	>10
41	03/05/04	Lungomare Matteotti 3/4 bis	1.3	3,3	>99	7,1	9,6	8,3	2	2	0	12,0	0,0	>10
42	03/05/04	Lungomare Matteotti 47	1.3	3,8	>99	7,8	10,3	9,0	2	2	0	14,0	0,0	>10
43	10/05/04	Via Firenze (<i>di fronte n. 47</i>)	3.1	1	9,4	4,5		4,5	1	1	0	2,1	10,0	1,72
44	10/05/04	Via Vespucci 160	3.3	8	25	6,8	9,2	7,9	2	2	0	8,0	5,0	5,08
45	18/05/04	Viale Pindaro 87	1.2	1	29	11	13,8	12,3	2	2	0	15,0	10,0	2,40
46	18/05/04	Viale Pindaro <i>di fronte 59</i> c/o Università	1.2	5	25,5	10	12,8	11,3	2	2	0	8,0	8,0	3,81
47	18/05/04	Via D'Annunzio 259/3	1.2	1	21,5	11	13,8	12,3	2	2	0	25,0	20,0	1,00
48	24/06/04	Via D'Annunzio 156	1.2	1	32,7	9,5	12,3	10,8	2	2	0	12,0	10,0	3,06
49	24/06/04	Via D'Annunzio 37	1.2	1	25,5	8,5	11,3	9,8	2	2	0	15,0	15,0	1,77
50	30/06/04	Piazza Garibaldi 37-3	1.2	1	30	5,0	7,8	6,2	2	2	0	12,0	18,0	2,07
51	30/06/04	Via De Gasperi 46	1.2	1	30	8,0	10,8	9,3	2	1	0	20,0	5,0	2,48
52	06/07/04	Via Ferrari 31	1.2	1	18,8	7,5	10,3	8,8	2	2	0	8,0	9,0	2,33
53	06/07/04	Via Ferrari 155	1.2	1	17,8	6,5	9,3	7,8	2	2	0	10,0	18,0	1,34

n. rilievo	data	indirizzo	Asse v.	d ₁ (m)	d ₂ (m)	r (m)	r _{far} (m)	r _{eq} (m)	nc	nsm	pend (%)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	(d ₁ +d ₂)/h _{med}
54	06/07/04	Via Ferrari (di fronte distrib. Api)	1.2	1	19,7	5,3	8,3	6,6	2	2	0	9,0	4,5	3,07
55	08/07/04	Via Raffaello 44 (di fronte n. 31)	1.2	1	14,5	4,8	7,3	5,9	2	2	0	20,0	14,5	0,90
56	08/07/04	Via Raffaello 94-1	1.2	1	>99	5,3	7,8	6,4	2	2	0	20,0	0,0	>10
57	08/07/04	Via Caravaggio c/o Telecom	1.2	5	17,5	5,4	8,4	6,7	2	2	0	6,0	2,0	5,63
58	13/07/04	Via Raffaello 121	1.2	1	14	5,5	5,5	5,5	1	1	0	15,0	14,0	1,03
59	13/07/04	Via Raffaello 185	1.2	1	40	6,5	6,5	6,5	1	1	0	18,0	10,0	2,93
60	16/07/04	Via Caravaggio c/o incr. P.zza IV Novembre	1.2	4,5	17	7,5	10,3	8,8	2	2	0	20,0	4,0	1,79
61	16/07/04	Via Caravaggio (di fronte n.257)	1.2	9,3	25	5,0	7,8	6,2	2	2	0	22,0	3,0	2,74
62	21/07/04	Via Del Circuito 60	2.1	12	13,2	3,0	5,5	4,1	2	2	0	11,0	8,0	2,65
63	22/07/04	Via Tiburtina 108	2.2	9,4	17,7	4,5	7,0	5,6	2	2	0	13,0	16,0	1,87
64	29/07/04	Via Bardet 64 1	1.3	1	22	5,0	7,5	6,1	2	2	0	20,0	15,0	1,31
65	29/07/04	Via D'Avalos 13/2	1.3	1	25	5,2	7,7	6,3	2	2	0	15,0	8,0	2,26
66	29/07/04	Via D'Avalos 77/2	1.3	1	17,5	5,5	8,0	6,6	2	2	0	18,0	18,0	1,03
67	07/09/04	Via Tiburtina 441	2.2	>99	30	4,5	7,2	5,7	2	2	0	6,0	6,0	>10
68	07/09/04	Via Tiburtina 249	2.2	1	25	7,7	10,4	8,9	2	2	0	7,0	6,0	4,00
69	10/09/04	Viale Kennedy 89	1.3	20	30	7,9	10,7	9,2	2	2	0	13,0	12,0	4,00
70	10/09/04	Viale R. Margherita 138/1	1.3	2,4	21,8	7,2	9,7	8,4	2	2	0	12,0	10,0	2,20
71	15/09/04	Via Aterno 358	2.3	2,7	>99	4,6	7,1	5,7	2	2	0	7,0	0,0	>10
72	15/09/04	Via Aterno 67/3	2.3	1	40	4,8	7,1	5,8	2	2	0	13,0	10,0	3,57
73	22/09/04	V. Marconi 49	1.1	8	22,8	6,8	12,2	9,1	3	2	0	10,0	20,0	2,05
74	28/09/04	Via Vespucci 60/3	3.3	1	50	7,6	7,6	7,6	1	1	0	12,0	0,0	8,50
75	28/09/04	Via Di Vestea 68	3.5	1	13,2	5,5	5,5	5,5	1	1	0	2,0	7,0	3,16
76	29/09/04	Via Caduta del Forte 40	2.1	1	13,1	4,4	4,4	4,4	1	1	0	15,0	5,0	1,41
77	01/10/04	Via Tirino 375	2.4	6	30	3,5	6,5	4,8	2	2	0	10,0	9,0	3,79
78	01/10/04	Via Tirino 227	2.4	1	40	11,0	15,0	12,8	2	2	0	2,1	15,0	4,80
79	01/10/04	Via Tirino 181	2.4	4,4	>99	3,3	6,2	4,5	2	2	0	10,0	0,0	>10
80	05/10/04	Via Marconi 140	1.1	1	21	8,8	11,8	10,2	2	2	0	20,0	20,0	1,10
81	05/10/04	Via Marconi 193	1.1	1	60	9,5	12,5	10,9	2	2	0	1,5	7,0	>10
82	15/10/04	Via B. Croce (di fronte n. 98/100)	3.6	1	35	8,3	11,3	9,7	2	2	0	12,0	8,0	3,60
83	07/10/04	Via Venezia 30	3.2	1	20,4	4,5	4,5	4,5	1	1	0	15,0	12,0	1,59
84	07/10/04	Via Conte di Ruvo 39	3.4	1	18,8	6,5	6,5	6,5	1	1	0	11,0	13,0	1,65
85	18/10/04	Viale Riviera 99	1.3	6,8	>99	8,7	11,3	9,9	2	2	0	9,0	0,0	>10
86	18/10/04	Viale Riviera 133	1.3	15	25	8,8	11,0	9,8	2	2	0	8,0	2,0	8,00
87	22/10/04	Via C. Colombo 32	1.3	4,7	>99	8,5	27,2	15,2	2	2	0	5,0	0,0	>10
88	22/10/04	Via Paolo De Cecco 32	3.10	1	25	5,6	5,6	5,6	1	1	0	1,8	6,0	6,71
89	22/10/04	Viale Primo Vere 22	1.3	6,4	19,1	8,0	11,0	9,4	2	2	0	7,0	1,8	5,80
90	25/10/04	Via De Nardis 2	1.3	1	18,7	8,7	8,8	8,7	1	1	0	2,0	7,0	4,38
91	27/10/04	Viale Pineta 27	1.1	3,4	22	7,2	10,5	8,7	2	2	0	5,0	7,0	4,23
92	27/10/04	Via L. D'Annunzio c/o Ex Aurum	1.3	1	>99	11,0	14,0	12,4	2	2	0	11,0	0,0	>10
93	28/10/04	Via L. D'Annunzio 18	1.3	5,5	31	11,5	15,5	13,4	2	2	0	10,0	7,0	4,29
94	28/10/04	Via A. Doria 28	1.3	3,4	15,8	4,8	7,6	6,0	2	2	0	5,0	3,0	4,80
95	02/11/04	Via A. Doria (di fronte 28)	1.3	1	18,2	7,2	10,0	8,5	2	2	0	3,0	5,0	4,80
96	26/11/04	Viale Bovio 318	1.1	1	15	5,5	8,5	6,8	2	2	0	12,0	22,0	0,94
97	26/11/04	Via Cavour 34	3.8	1	14,5	6,5	6,5	6,5	1	1	0	10,0	12,0	1,41
98	13/01/05	Via Donatello 43	3.9	999	16	5,8	8,6	7,1	2	2	<2	7,0	0,0	>10
99	13/01/05	Via Donatello 14	3.9	1	10,8	4,5	4,5	4,5	1	1	0	1,8	18,0	1,19
100	13/01/05	Via Raffaello 44	1.2	1	14,9	4,8	7,5	6,0	2	2	0	6,0	15,0	1,51

Legenda	d₁, d₂ : distanza microfono facciata edificio, rispettivamente, lato misura e lato opposto della strada
	r, r_{far} : distanza microfono da linea di flusso veicolare, rispettivamente, più vicina (centro corsia): e più lontana (centro corsia)
	r_{eq} = (r · r_{far})^{1/2} distanza microfono da linea di flusso veicolare equivalente
	h₁, h₂ : altezza edificio, rispettivamente, lato misura e lato opposto della strada; h_{med} = (h₁+ h₂)/2
	nc : numero di corsie; nsm : numero di sensi di marcia
	pend : pendenza longitudinale della strada

TABELLE 2-3-4: PROSPETTI RIASSUNTIVI DEI RILIEVI FONOMETRICI E DEI CONTEGGI DI TRANSITI VEICOLARI EFFETTUATI

Tabella 2: ASSI VIARI DI ATTRAVERSAMENTO SUD EST – NORD OVEST (69 rilievi)

1.1 *Asse mediano*: VIALE PINETA - VIALE MARCONI – CORSO VITTORIO EMANUELE II - VIALE BOVIO - VIA NAZ. ADRIATICA NORD – CORSO VITTORIO EMANUELE II - VIALE BOVIO - VIA NAZ. ADRIATICA NORD (30 rilievi)

1.2 *Asse più interno*: VIALE PINDARO – VIALE G. D'ANNUNZIO – PIAZZA GARIBALDI - VIA DE GASPERI – VIA FERRARI – VIA RAFFAELLO – VIA CARAVAGGIO (17 rilievi)

1.3 *Asse costiero*: VIALE RIVIERA NORD – V.LE R. MARGHERITA – VIALE KENNEDY -LUNGOMARE MATTEOTTI – VIA A. DORIA - LUNGOMARE C. COLOMBO/LUNGOMARE PAPA GIOVANNI XXIII – VIA BARDET – VIA D'AVALOS -VIALE DE NARDIS – VIA P. VERE – VIA L. D'ANNUNZIO (22 rilievi)

n. ril.	Asse v.	LAeq _traff. (dBA)	ΔL _{Fac1} (dBA)	ΔL _{Fac1+2} (dBA)	LAeq _no_fac1 (dBA)	LAeq _no_fac1+2 (dBA)	L ₁ (dBA)	L ₅ (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	L ₉₅ (dBA)	L ₉₉ (dBA)	Q _T (veic/h)	Q _p %	Q _m %	Q _{eq} (veic/h)
1	1.1	70,5	0,8	1,2	69,7	69,3	80,9	74	72,4	67,6	61,8	60,2	56,3	1347	2,5	0,0	1570
2	1.1	70,3	1,9	2,2	68,4	68,1	79,9	75,1	73,4	66,4	61,0	60,0	58,0	1667	4,8	0,0	2190
3	1.1	68,8	2,1	2,4	66,7	66,4	77,7	73,5	71,4	66,6	61,7	59,9	55,4	1673	5,2	0,0	2240
4	1.1	68,5	2,1	2,5	66,4	66,0	78,6	72,7	70,9	65,6	61,4	60,1	57,6	1380	4,8	0,0	1810
5	1.1	67,2	2,1	2,5	65,1	64,7	76,8	71,5	69,8	65,1	59,8	58,6	56,2	1553	5,6	0,0	2120
6	1.1	68,9	2,2	2,2	66,7	66,7	75,9	73,3	71,8	67,5	61,8	60	56,7	1380	6,8	0,0	1990
7	1.1	68,6	2,1	2,5	66,5	66,1	77,6	73,1	71,3	66,2	61,9	60,4	58,3	1260	3,7	0,0	1560
8	1.1	66,4	2,1	2,5	64,3	63,9	73,1	70,5	69,3	65,3	61,4	60,1	55,2	1207	2,2	0,0	1380
9	1.1	64,6	2,2	2,3	62,4	62,3	73,9	68,8	66,8	62,3	58,5	57,3	55,2	1080	4,3	0,0	1380
10	1.1	64,2	2,2	2,4	62,0	61,8	72,2	68,7	67,0	62,3	59,6	59,0	57,9	1460	0,9	0,0	1550
11	1.1	71,7	0,6	0,8	71,1	70,9	80,9	78,1	75,8	67,5	62,1	61,5	60,6	1473	3,6	0,0	1820
12	1.1	66,2	2,4	2,7	63,8	63,5	73,8	71,5	69,7	63,8	59,6	58,8	57,6	1620	3,3	0,0	1970
13	1.1	72,4	2,1	2,4	70,3	70,0	82,9	77,2	75,2	68,9	64,7	63,6	62	1480	8,6	9,5	2520
14	1.1	71,9	2,0	2,2	69,9	69,7	81,9	77,7	74,9	68,7	64,1	63,1	61,9	973	18,5	21,9	2460
15	1.1	69,2	2,1	2,4	67,1	66,8	78,5	74,6	72,2	66,1	60,7	59,0	56,8	1053	15,8	17,8	2420
16	1.1	73,8	1,9	2,1	71,9	71,7	83,9	78,8	76,5	69,4	63,2	62,1	59,0	1120	17,3	7,8	2510
17	1.1	72,4	2,1	2,1	70,3	70,3	83,2	78,1	75,7	68,2	62,5	61,2	58,3	1740	9,2	8,6	3010
18	1.1	68,0	0,0	0,4	68,0	67,6	79,5	72,1	69,8	64,7	60,2	59,1	57,2	887	1,1	18,8	1200
19	1.1	69,8	2,1	2,3	67,7	67,5	81,3	74,5	71,7	66,1	62,8	62,0	60,2	1340	4,0	2,2	1730
20	1.1	69,2	2,1	2,4	67,1	66,8	78,2	73,6	71,5	66,2	62,9	62,1	60,1	1167	7,4	2,3	1770
21	1.1	66,2	2,1	2,1	64,1	64,1	75,5	71,4	69,5	63,1	56,8	55,4	52,5	1087	5,5	5,5	1570
28	1.1	68,9	2,1	2,5	66,8	66,4	78,2	73,9	71,6	66,3	61,3	59,7	56,8	1279	2,6	2,7	1550
31	1.1	71,4	1,9	2,3	69,5	69,1	80,9	75,9	73,9	69,0	62,0	60,0	54,4	1584	6,8	8,3	2480
32	1.1	71,0	1,3	1,3	69,7	69,7	80,7	76,0	73,3	68,1	62,4	59,8	56,0	1590	7,2	7,2	2510
33	1.1	70,1	2,2	2,6	67,9	67,5	78,8	75,1	72,4	66,7	61,0	59,6	56,6	1445	6,1	7,7	2190
73	1.1	70,1	0,9	1,3	69,2	68,8	78,4	73,5	72,4	68,1	63,0	61,1	57,7	1686	2,8	18,5	2460
80	1.1	67,3	2,2	2,6	65,1	64,7	76,8	71,9	69,8	65,2	61,2	60,3	59,3	1283	2,6	12,3	1740
81	1.1	66,8	2,2	2,3	64,6	64,5	74,9	71,6	70,2	64,9	58,4	56,7	53,5	1376	3,0	15,5	1960
91	1.1	71,0	1,5	1,9	69,5	69,1	80,0	75,1	73,8	69,5	60,3	57,5	52,2	1444	4,2	8,0	2010
96	1.1	73,0	2,0	2,4	71,0	70,6	84,7	77,9	75,0	68,9	62,6	60,7	55,9	1223	5,2	11,7	1850
45	1.2	65,9	2,2	2,6	63,7	63,3	76,1	70,4	68,4	63,5	57,3	55,5	52,6	1188	3,0	11,1	1620
46	1.2	65,4	1,5	1,9	63,9	63,5	74,9	70,5	68,5	62,8	57,0	55,7	53,3	1122	3,7	7,0	1510
47	1.2	69,0	2,2	2,8	66,8	66,2	77,9	73,1	71,4	67,2	62,3	61,2	58,3	1272	5,2	12,7	1940
48	1.2	65,2	2,2	2,5	63,0	62,7	72,9	69,6	68,0	63,8	59,9	58,7	56,4	1668	3,2	15,5	2400
49	1.2	70,7	2,2	2,5	68,5	68,2	80,6	75,5	73,1	67,8	61,5	60,0	58,3	1800	1,0	19,7	2450
50	1.2	73,1	1,9	2,1	71,2	71,0	84	77,6	75,1	70,1	66,6	65,9	63,9	1560	4,2	23,8	2540
51	1.2	70,2	2,1	2,4	68,1	67,8	77,7	74,2	73,0	67,6	61,1	58,4	55,7	1470	2,9	15,1	2080
52	1.2	73,2	2,1	2,5	71,1	70,7	80,3	77,1	75,7	72,1	68,1	66,9	63,4	2316	3,1	16,4	3350
53	1.2	71,7	2,1	2,4	69,6	69,3	79,5	75,7	74,2	70,3	65,9	64,6	62,0	2512	2,9	17,7	3650
54	1.2	73,9	2,0	2,2	71,9	71,7	80,1	77,5	76,5	73,0	68,9	67,2	64,5	2184	3,1	19,6	3270
55	1.2	67,0	1,9	2,3	65,1	64,7	77,4	71,9	69,7	62,5	53,6	51,3	46,6	960	1,3	14,6	1250

n. ril.	Asse v.	L _{Aeq} _traff. (dBA)	ΔL _{Fac1} (dBA)	ΔL _{Fac1+2} (dBA)	L _{Aeq} _no_fac1 (dBA)	L _{Aeq} _no_fac1+2 (dBA)	L ₁ (dBA)	L ₅ (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	L ₉₅ (dBA)	L ₉₉ (dBA)	Q _T (veic/h)	Q _p %	Q _m %	Q _{eq} (veic/h)
56	1.2	67,8	2,0	2,0	65,8	65,8	76,7	73,3	72,0	63,8	55,5	54,1	52,0	812	1,0	19,7	1110
57	1.2	66,3	1,1	1,4	65,2	64,9	76,5	71,9	70,4	57,6	48,3	47,4	45,7	624	0,0	18,6	800
58	1.2	66,1	2,0	2,4	64,1	63,7	75,2	71,8	70,2	62,1	53,6	52,1	50,2	516	3,9	14,0	760
59	1.2	66,1	2,1	2,2	64,0	63,9	75,8	72,7	70,6	58,6	50,0	49,0	47,1	400	1,0	14,0	510
60	1.2	69,5	1,3	1,9	68,2	67,6	77,7	74,1	72,7	67,8	61,0	58,4	54,0	1176	2,3	14,8	1610
61	1.2	71,6	0,7	0,9	70,9	70,7	79,5	76,8	75,0	69,3	59,8	57,6	54,4	1005	2,4	16,1	1400
22	1.3	65,7	1,5	1,7	64,2	64,0	74,6	71,2	69,4	61,8	54,9	53,6	52,0	...	...	...	...
23	1.3	63,8	1,5	1,7	62,3	62,1	72,9	69,9	68,3	60,3	55,6	54,4	52,8	244	9,8	0,0	400
24	1.3	66,2	1,5	1,7	64,7	64,5	74,6	71,1	69,6	64,1	56,5	55,1	52,9	727	3,7	19,3	1110
30	1.3	58,2	1,5	1,7	56,7	56,5	70,1	65,5	61,9	54,5	50,8	49,9	47,5	47	22,2	33,3	140
40	1.3	64,1	1,5	1,5	62,6	62,6	73,5	69,3	67,5	60,3	54,1	51,3	46,3	690	6,1	14,8	1120
41	1.3	68,2	1,5	1,5	66,7	66,7	76,9	72,6	70,9	66,2	57,3	54,8	50,6	1047	2,5	9,6	1370
42	1.3	66,5	1,5	1,5	65,0	65,0	75,6	70,3	68,7	63,4	57,5	55,7	52,4	1113	3,0	5,4	1420
64	1.3	70,1	1,9	2,2	68,2	67,9	77,4	74,5	72,9	68,5	64,2	62,8	58,4	1088	4,4	18,4	1700
65	1.3	70,7	2,0	2,2	68,7	68,5	79,5	75,5	73,9	68,7	61,5	59,8	57,1	896	5,8	24,6	1560
66	1.3	69,0	2,0	2,3	67,0	66,7	78,4	73,4	71,5	67,0	60,6	58,4	56,2	784	2,6	23,0	1190
69	1.3	65,7	0,5	0,9	65,2	64,8	76,9	71,1	68,8	60,7	52,8	50,6	46,4	660	4,5	12,9	980
70	1.3	67,6	1,7	2,0	65,9	65,6	77,3	72,6	71,2	64,6	55,9	54,1	51,5	752	1,6	20,2	1060
85	1.3	65,7	1,2	1,2	64,5	64,5	73,9	70,4	69,2	63,6	52,4	49,2	45,9	870	3,4	7,3	1160
86	1.3	65,4	0,7	1,2	64,7	64,2	73,9	70,4	68,8	63,2	52,8	50,0	47,9	890	3,5	7,8	1200
87	1.3	63,2	1,4	1,4	61,8	61,8	72,9	69,0	67,0	58,8	52,4	50,2	45,4	938	3,4	8,9	1270
89	1.3	65,7	1,2	1,7	64,5	64,0	74,4	70,7	69,2	63,0	51,3	48,9	45,6	904	2,1	10,4	1170
90	1.3	65,7	2,2	2,6	63,5	63,1	75,6	71,3	69,6	60,0	47,4	46,0	44,3	540	1,4	9,0	660
92	1.3	66,0	2,2	2,2	63,8	63,8	75,2	71,4	69,3	63,4	54,5	52,8	51,1	825	4,5	8,6	1170
93	1.3	62,9	1,5	1,9	61,4	61,0	72,1	67,6	66,1	60,2	51,5	48,5	45,7	739	4,1	8,6	1030
94	1.3	65,5	1,2	1,6	64,3	63,9	74,4	71,0	69,5	62,7	54,0	53,1	52,0	1024	1,1	8,8	1230
95	1.3	67,1	2,1	2,5	65,0	64,6	77,1	71,1	69,6	64,0	54,2	53,4	52,3	964	2,7	10,1	1280
100	1.3	65,8	1,9	2,4	63,9	63,5	74,8	71,3	69,0	62,4	55,1	53,3	50,3	743	2,5	5,6	930

Note

- ✓ il rilievo n. 22 manca dei conteggi di transiti veicolari
- ✓ i rilievi n. 22, 23, 30, 40 sono stati effettuati in condizioni di traffico limitato (targhe alterne)

Tabella 3: ASSI VIARI DI ATTRAVERSAMENTO SUD OVEST - NORD EST (11 rilievi)

- 2.1 VIA DEL CIRCUITO - VIA CADUTA DEL FORTE
- 2.2 VIA TIBURTINA
- 2.3 VIA ATERNO
- 2.4 VIA TIRINO

n. ril.	Asse v.	L _{Aeq} _traff. (dBA)	ΔL _{Fac1} (dBA)	ΔL _{Fac1+2} (dBA)	L _{Aeq} _no_fac1 (dBA)	L _{Aeq} _no_fac1+2 (dBA)	L ₁ (dBA)	L ₅ (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	L ₉₅ (dBA)	L ₉₉ (dBA)	Q _T (veic/h)	Q _p %	Q _m %	Q _{eq} (veic/h)
38	2.1	73,0	1,9	2,1	71,1	70,9	85,2	76,8	74,9	69,7	63,4	62,0	58,8	1368	3,1	7,9	1800
62	2.1	71,5	0,4	0,7	71,1	70,8	81,8	76,2	73,7	67,5	63,1	61,9	59,7	1196	4,3	21,1	1910
63	2.2	70,0	0,6	1,0	69,4	69,0	80,1	74,9	72,5	66,1	59,4	56,9	52,1	1188	4,0	23,9	1920
67	2.2	71,2	0,0	0,2	71,2	71,0	79,9	76,5	74,7	68,1	62,0	59,4	55,8	1490	7,7	11,1	2480
68	2.2	67,6	2,1	2,4	65,5	65,2	79,5	71,8	69,7	63,9	53,9	50,9	48,1	1241	3,0	14,0	1740
71	2.3	71,3	1,4	1,4	69,9	69,9	79,6	76,2	74,7	68,9	57,8	54,1	50,5	1035	4,7	9,8	1500
72	2.3	70,4	1,9	2,0	68,5	68,4	78,5	74,9	73,4	68,4	58,9	57,2	53,1	945	4,8	11,5	1400
76	2.1	72,5	1,9	2,2	70,6	70,3	83,8	77,7	74,6	66,5	62,5	62,0	60,5	724	10,5	12,7	1360
77	2.4	70,1	0,7	0,9	69,4	69,2	79,9	75,1	73,6	64,3	52,7	49,9	43,9	724	7,7	6,6	1160
78	2.4	67,4	2,2	2,5	65,2	64,9	77,4	71,8	70,1	62,8	51,2	48,1	43,8	766	6,1	7,6	1160
79	2.4	71,4	0,9	0,9	70,5	70,5	81,1	77,0	75,3	65,5	55,7	53,8	49,7	700	6,3	8,6	1080

Tabella 4: ALTRE STRADE DI COLLEGAMENTO INTERQUARTIERE E STRADE DI QUARTIERE (20 rilievi)

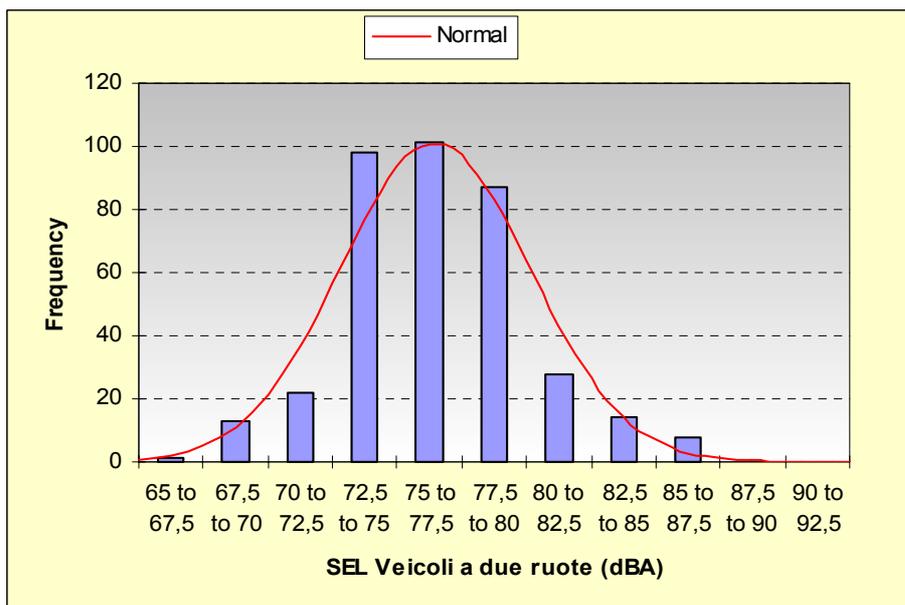
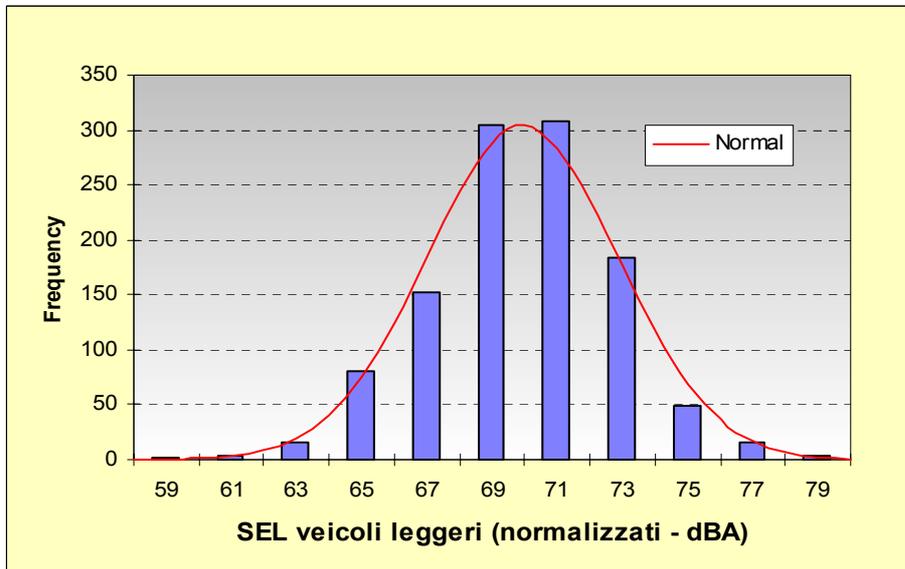
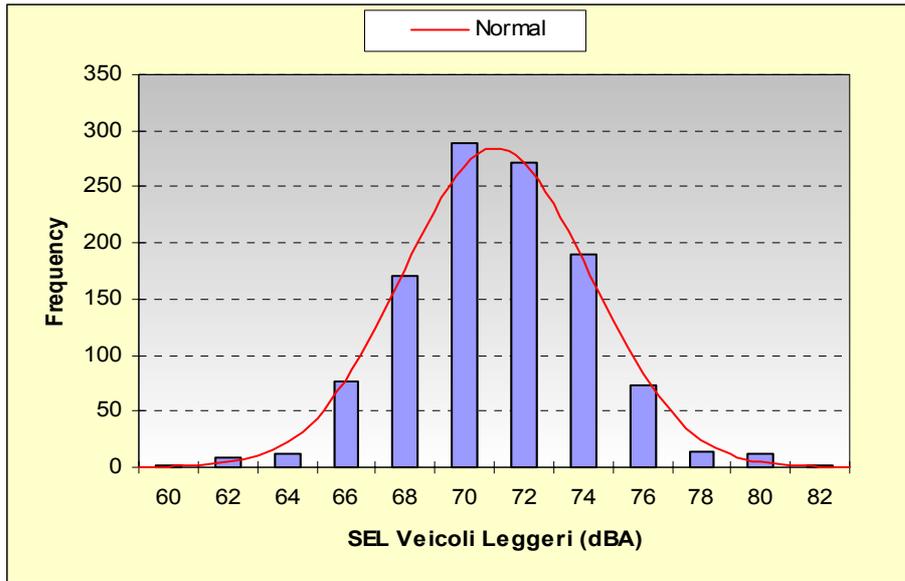
- 3.1. VIA FIRENZE
- 3.2. VIA VENEZIA
- 3.3. VIA VESPUCCI
- 3.4. VIA CONTE DI RUVO
- 3.5. VIA A. DI VESTEA
- 3.6. VIA B. CROCE
- 3.7. VIA PIAN DELLE MELE
- 3.8. VIA CAVOUR
- 3.9. VIA DONATELO
- 3.10. VIA DE CECCO

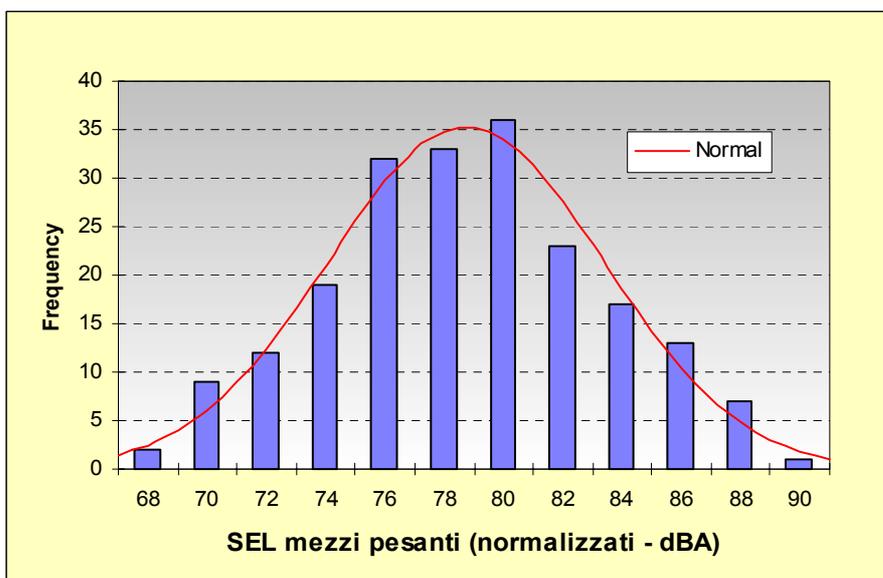
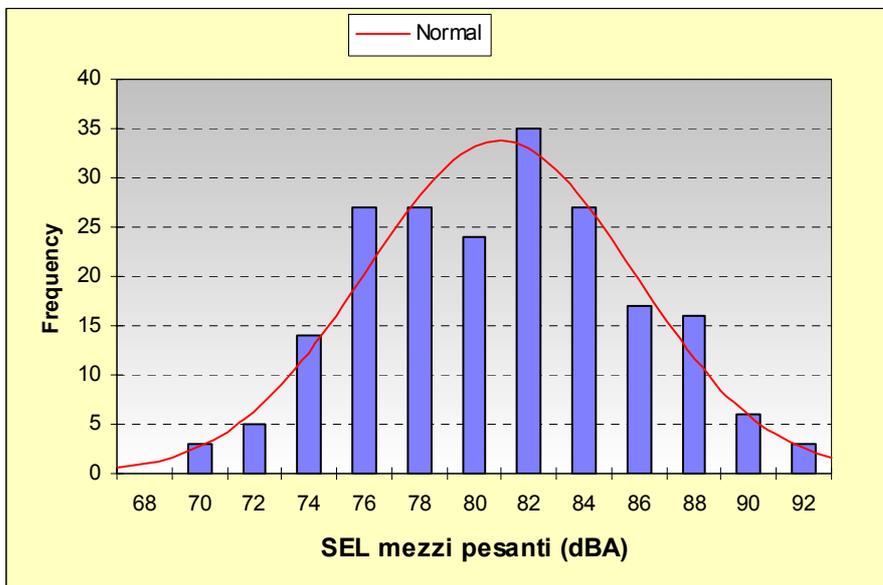
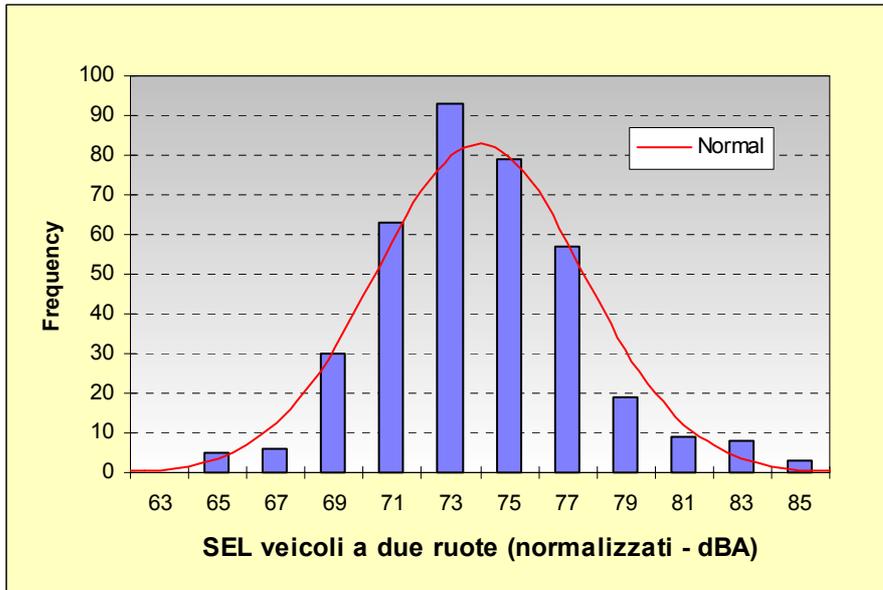
n. ril.	Asse v.	L _{Aeq} _{-traff.} (dBA)	ΔL_{Fac1} (dBA)	ΔL_{Fac1+2} (dBA)	L _{Aeq} _{-no_fac1} (dBA)	L _{Aeq} _{-no_fac1+2} (dBA)	L ₁ (dBA)	L ₅ (dBA)	L ₁₀ (dBA)	L ₅₀ (dBA)	L ₉₀ (dBA)	L ₉₅ (dBA)	L ₉₉ (dBA)	Q _T (veic/h)	Q _p %	Q _m %	Q _{eq} (veic/h)
25	3.2	60,1	2,1	2,8	58,0	57,3	67,8	63,7	62,5	59,0	55,8	54,6	52,3	371	1,0	23,2	520
26	3.2	59,9	2,1	2,8	57,8	57,1	68,1	63,9	62,5	57,6	54,2	53,2	51,7	255	5,9	22,1	440
27	3.2	60,7	2,1	2,8	58,6	57,9	69,6	65,7	64,0	58,4	54,9	54,1	53,0	480	8,3	9,7	810
29	3.2	53,7	2,1	2,8	51,6	50,9	64,6	60,2	57,7	48,5	43,5	42,5	40,6	116	6,5	16,2	190
34	3.3	61,9	0,9	1,3	61,0	60,6	72,6	68,6	65,8	55,9	49,2	48,0	46,4	240	2,5	7,5	310
35	3.3	59,2	...	...	...	...	66,6	63,2	61,8	58,0	54,2	52,9	50,8	...	...	...	...
36	3.7	65,4	2,2	2,6	63,2	62,8	74,1	70,3	68,9	62,7	53,4	50,5	46,6	756	3,2	6,3	990
37	3.7	67,9	2,0	2,1	65,9	65,8	77,4	73,8	72,0	63,2	54,5	52,9	50,1	726	2,5	7,4	930
39	3.1	65,4	1,9	2,4	63,5	63,0	75,1	69,7	68,0	63,2	59,1	58,1	56,3	450	2,7	6,7	570
43	3.1	66,2	1,9	2,4	64,3	63,8	74,1	70,8	69,4	64,5	60,3	59,3	57,9	600	1,9	18,8	840
44	3.3	64,5	0,9	1,3	63,6	63,2	74,7	70,9	68,5	60,2	53,6	51,8	48,5	624	4,8	13,5	950
74	3.3	65,9	2,1	2,2	63,8	63,7	76,4	70,6	68,7	60,9	52,2	50,5	48,3	435	5,5	11,7	670
75	3.5	61,7	2,0	2,4	59,7	59,3	72,8	67,7	65,6	55,3	49,3	48,5	47,1	229	4,1	11,0	330
82	3.6	57,0	2,2	2,4	54,8	54,6	67,3	62,8	59,8	53,4	49,8	49,2	48,3	126	0,0	9,5	140
83	3.2	66,1	1,9	2,1	64,2	64,0	75,1	71,0	69,3	62,7	57,5	56,4	54,7	381	2,4	26,8	590
84	3.4	68,7	2,1	2,4	66,6	66,3	79,1	74,4	71,8	64,8	58,3	56,9	54,6	574	6,5	19,6	990
88	3.10	61,7	2,0	2,2	59,7	59,5	72,2	68,4	66,3	54,1	48,5	47,3	44,3	296	5,1	6,3	420
97	3.8	64,4	2,1	2,5	62,3	61,9	74,4	70,7	69,0	58,3	51,0	49,7	47,6	353	1,1	12,7	450
98	3.9	61,9	0,0	0,7	61,9	61,2	71,0	65,9	63,5	57,5	53,3	52,2	50,4	413	0	7,27	460
99	3.9	60,6	1,9	2,4	58,7	58,2	74,8	71,3	69	62,4	55,1	53,3	50,3	64	0	0	65

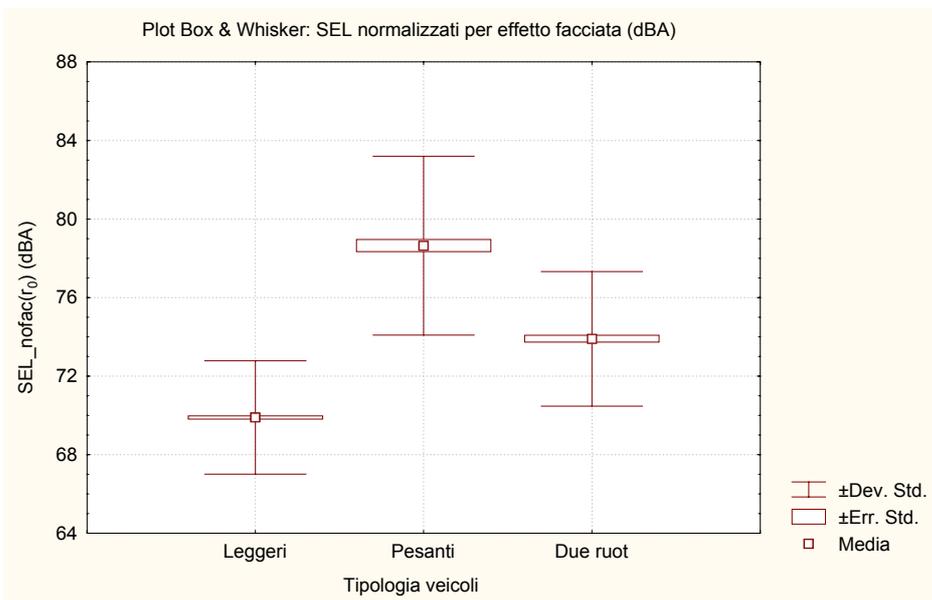
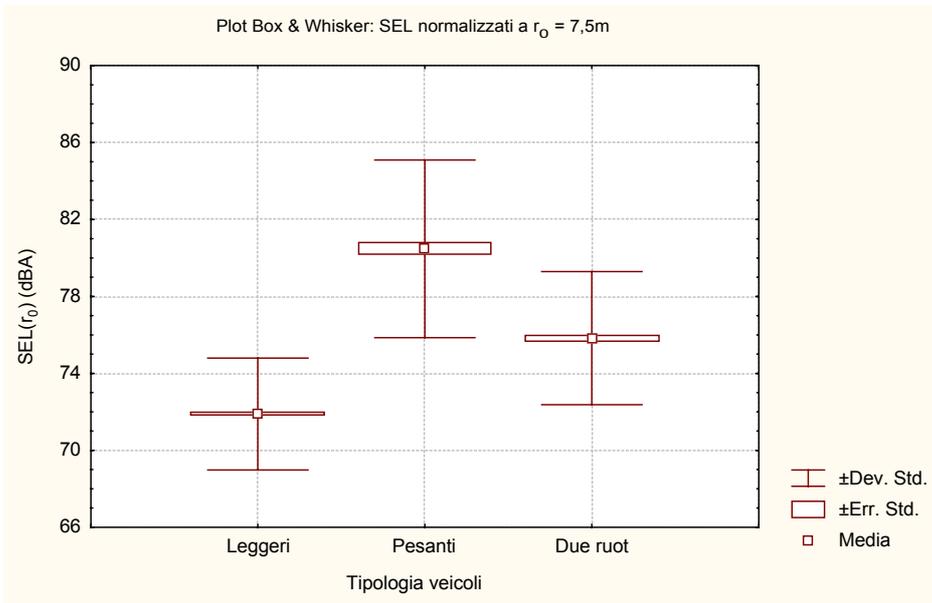
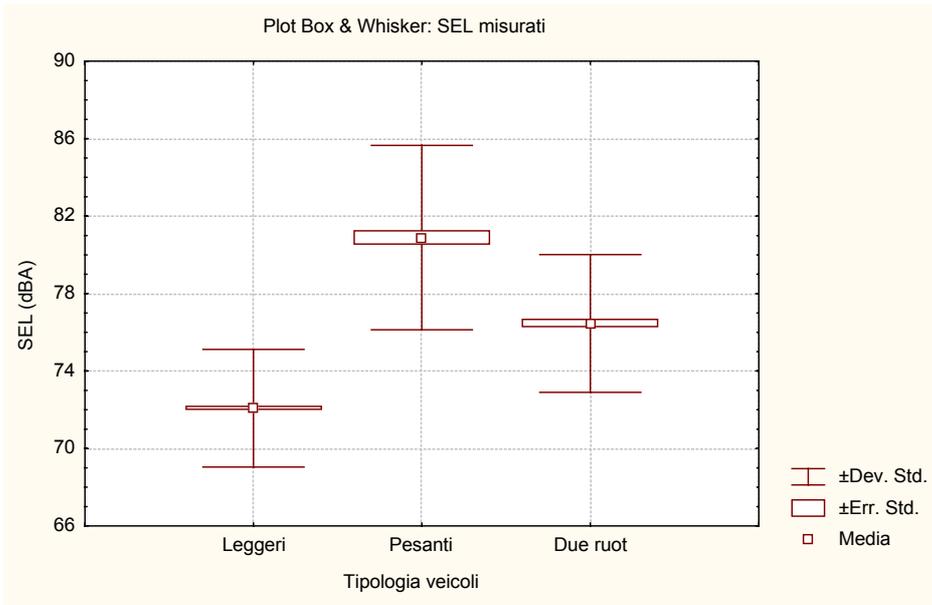
Note

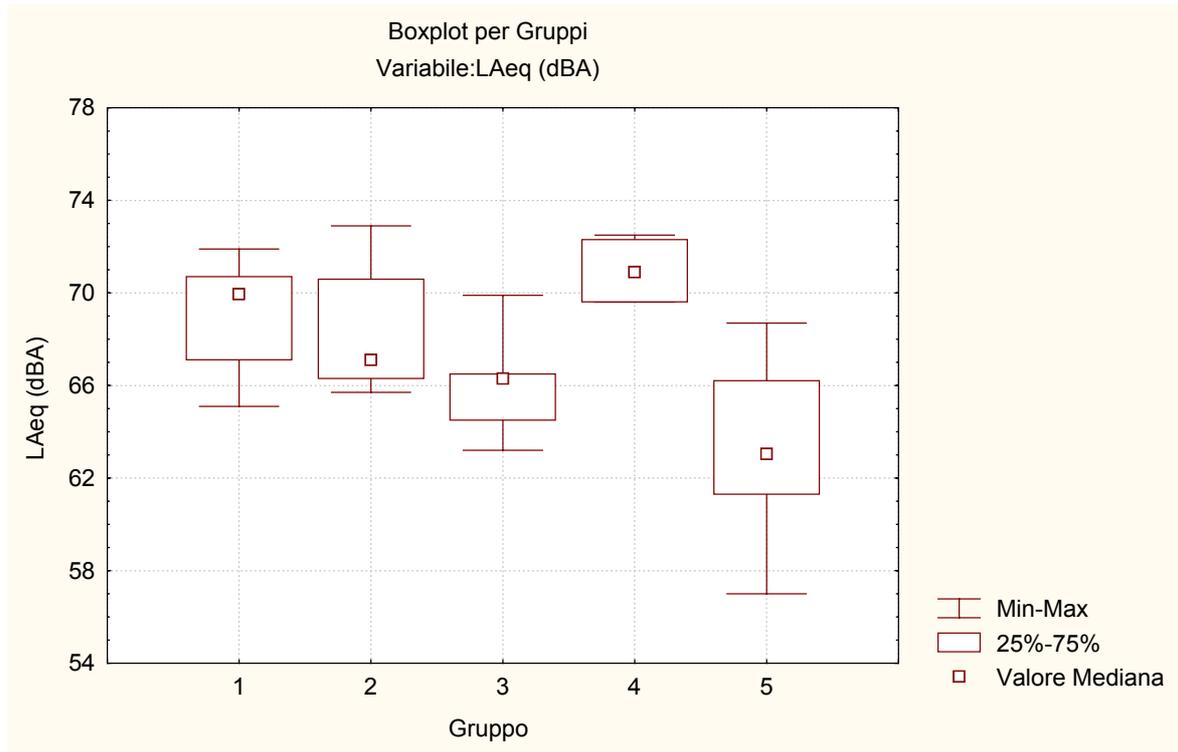
- ✓ il rilievo n. 35 manca dei conteggi di transiti veicolari (è stato effettuato nel cortile della scuola, lontano dalla strada)
- ✓ i rilievi n. 26, 29, 34, 35, 39, 83 sono stati effettuati in condizioni di traffico limitato (targhe alterne o blocco totale)

Legenda	L _{Aeq} _{-traff.} : livello equivalente di rumore dovuto al traffico stradale
	L ₁₀ - L ₉₉ : livelli statistici (percentili) relativi al rumore da traffico
	L _{Aeq} _{-no_fac1} : livello equivalente di rumore da traffico stradale al netto della correzione ΔL_{Fac1}
	L _{Aeq} _{-no_fac1+2} : livello equivalente di rumore da traffico stradale al netto della correzione ΔL_{Fac1+2}
	ΔL_{Fac1} : correzione dovuta alle riflessioni sulla facciata retrostante il microfono (dBA)
	ΔL_{Fac1+2} : correzione dovuta alle riflessioni sulla facciata retrostante il microfono e su quella sul lato opposto della strada (dBA)
	Q _T : numero totale di veicoli in transito, riferito a 1 ora
	Q _p : percentuale di veicoli pesanti in transito (peso > 3500 kg)
	Q _m : percentuale di veicoli a due ruote in transito
	Q _{eq} : numero di veicoli equivalenti in transito, riferito a 1 ora (ottenuto assegnando un "peso acustico" pari a 1 per i veicoli leggeri [autoveicoli, mezzi commerciali leggeri], 7,5 per i veicoli pesanti e 2,5 per i veicoli due ruote)

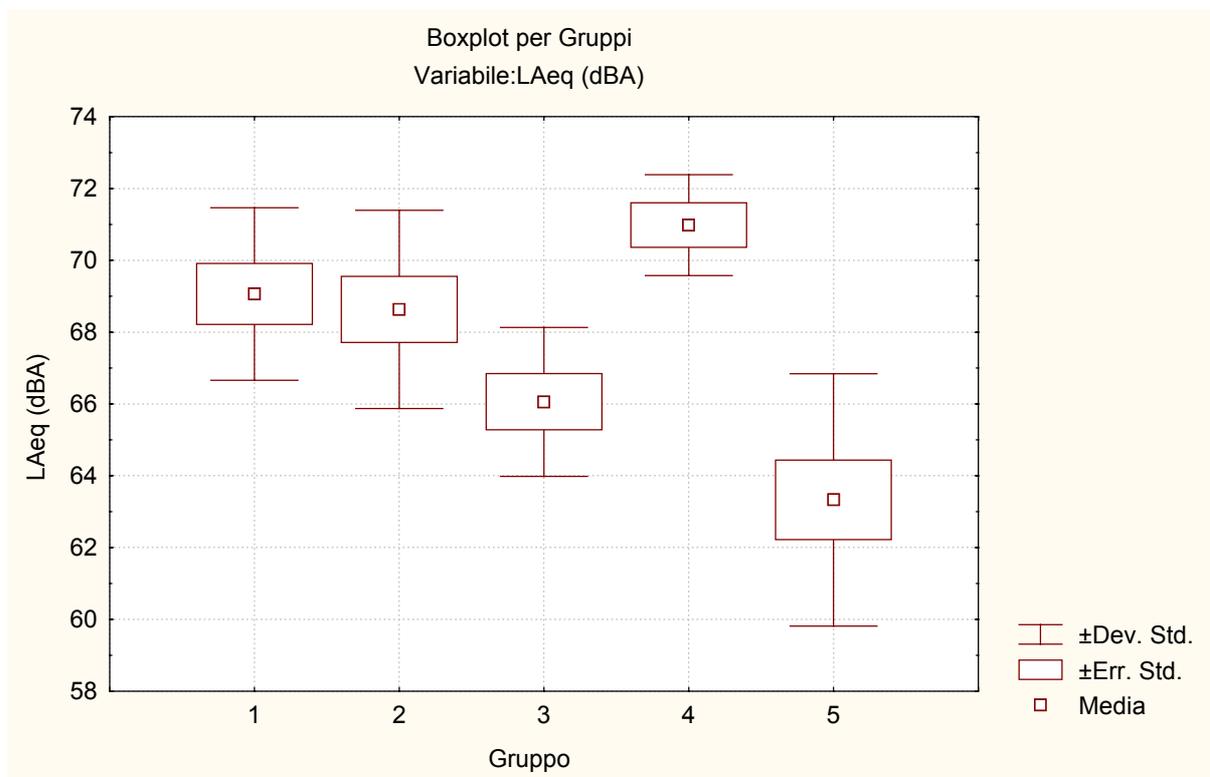




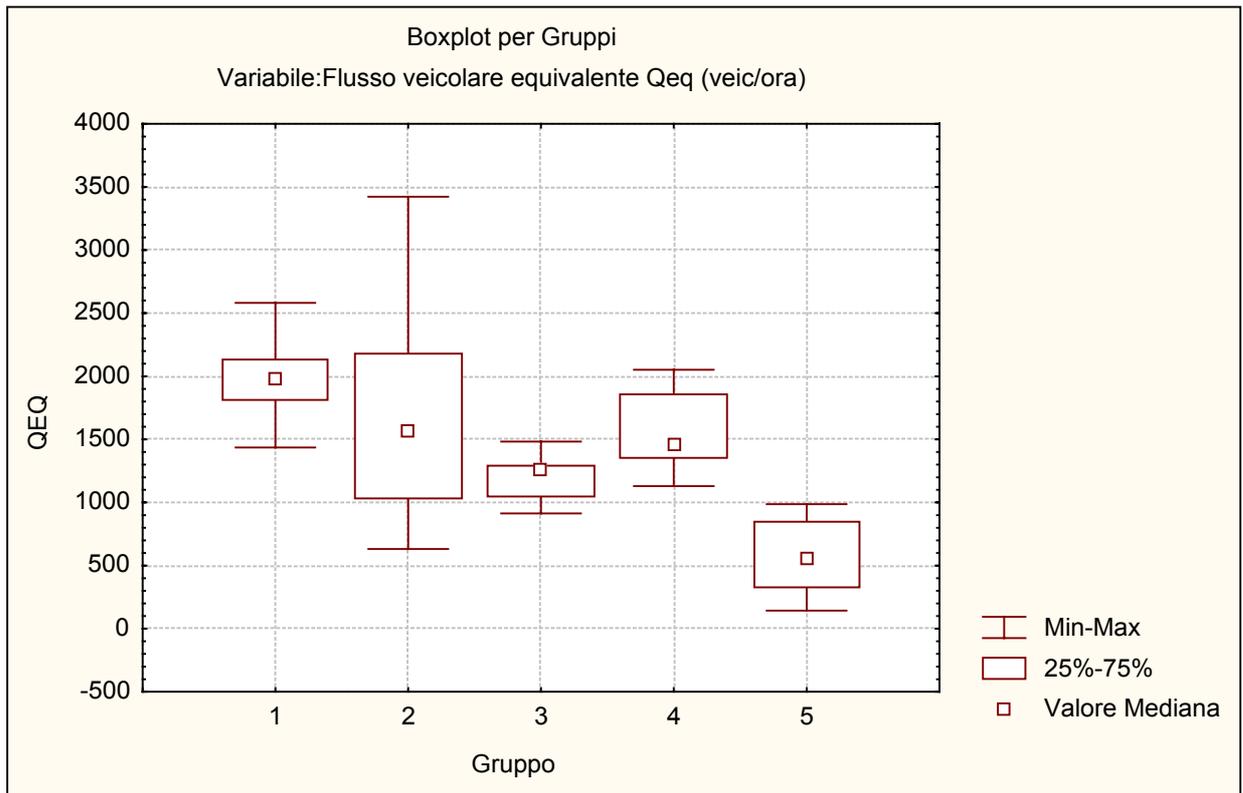




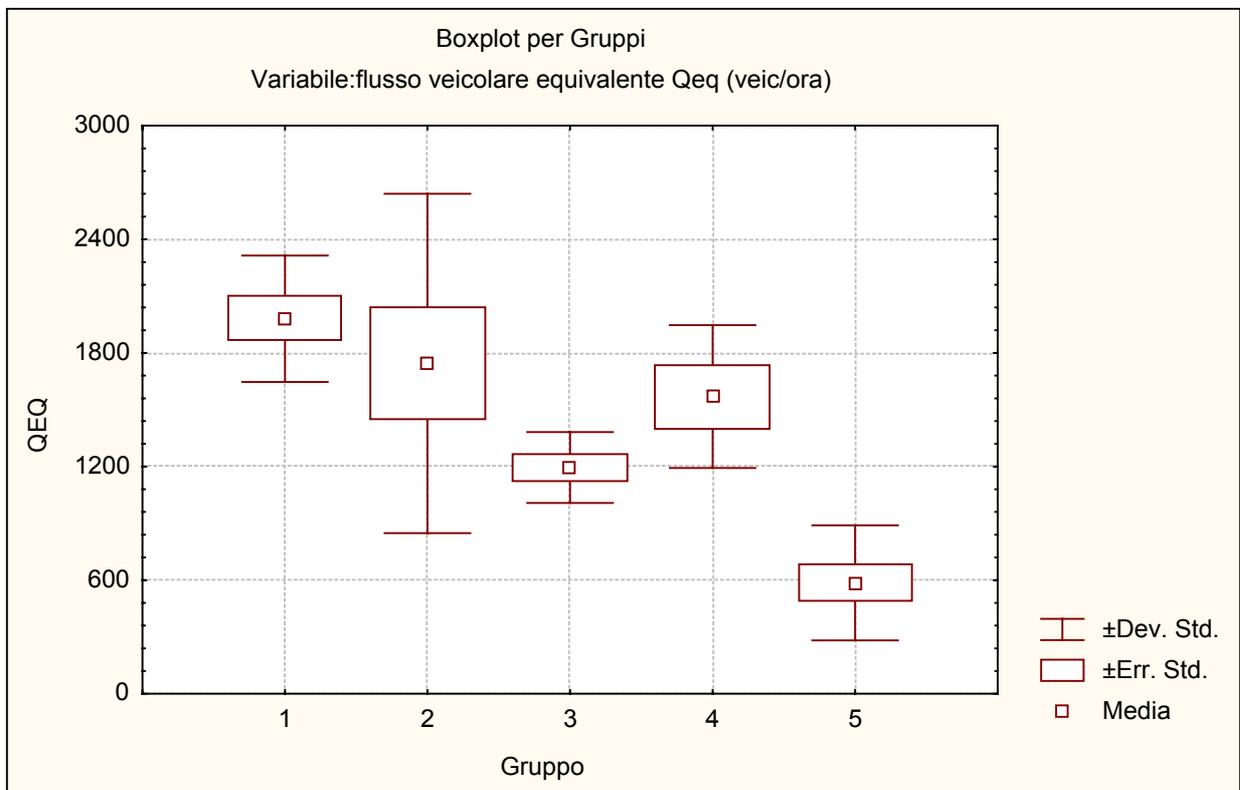
boxplot della variabile LAeq per i gruppi (1 – 5) (rif. gruppi A – E di cui al par. 4.1.2 e segg.)



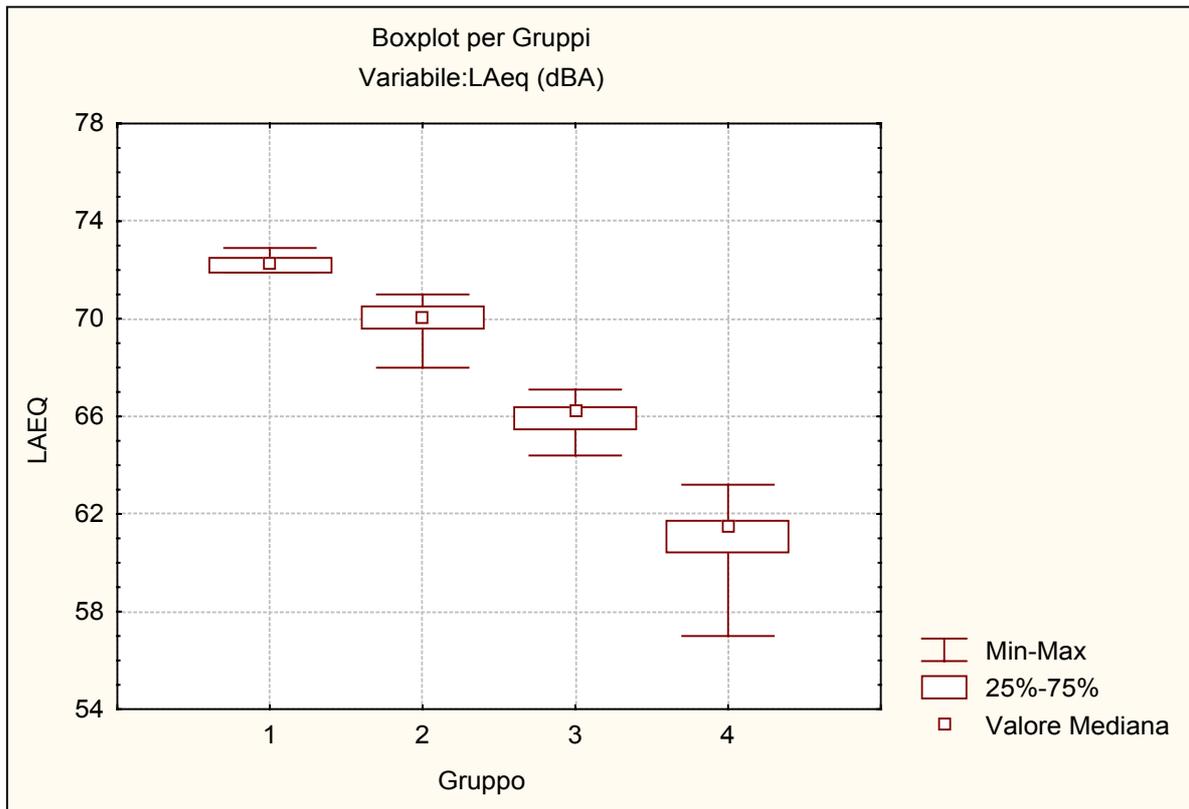
boxplot della variabile LAeq per i gruppi (1 – 5) (rif. gruppi A – E di cui al par. 4.1.2 e segg.)



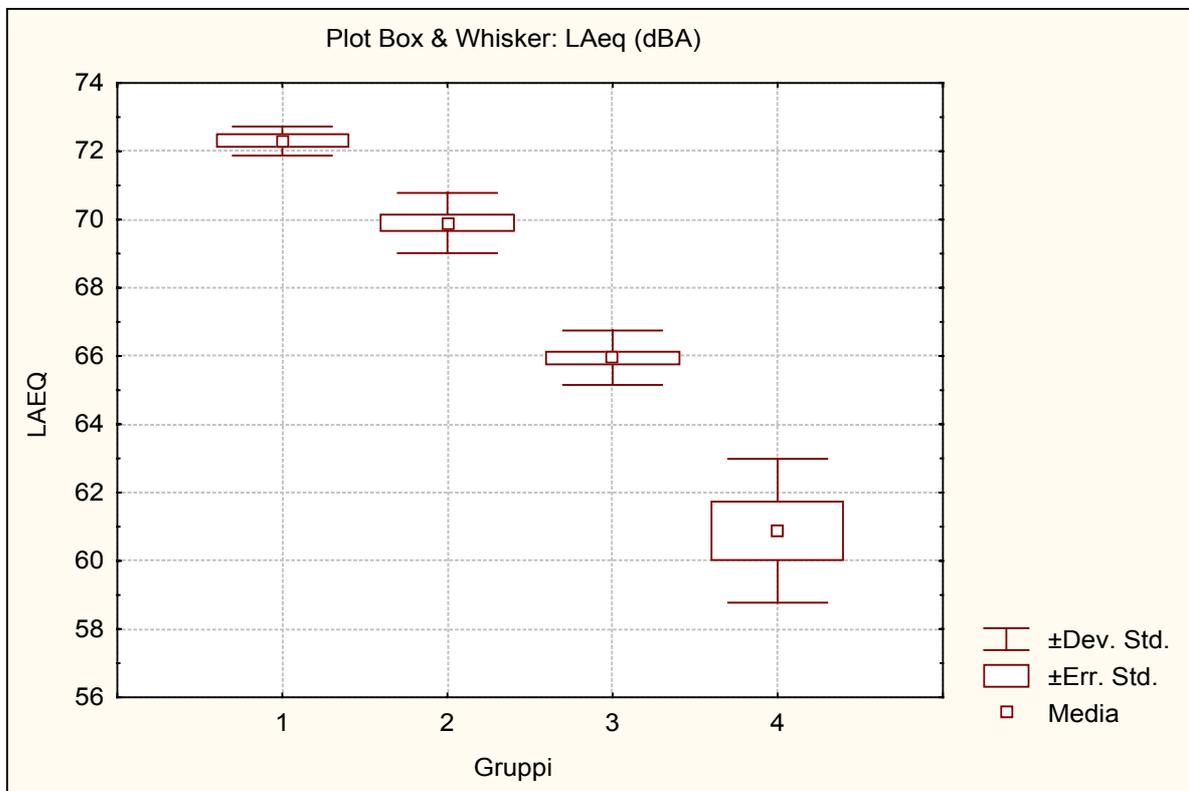
boxplot della variabile Q_{eq} per i gruppi (1 – 5) (rif. gruppi A – E di cui al par. 4.1.2 e segg.)



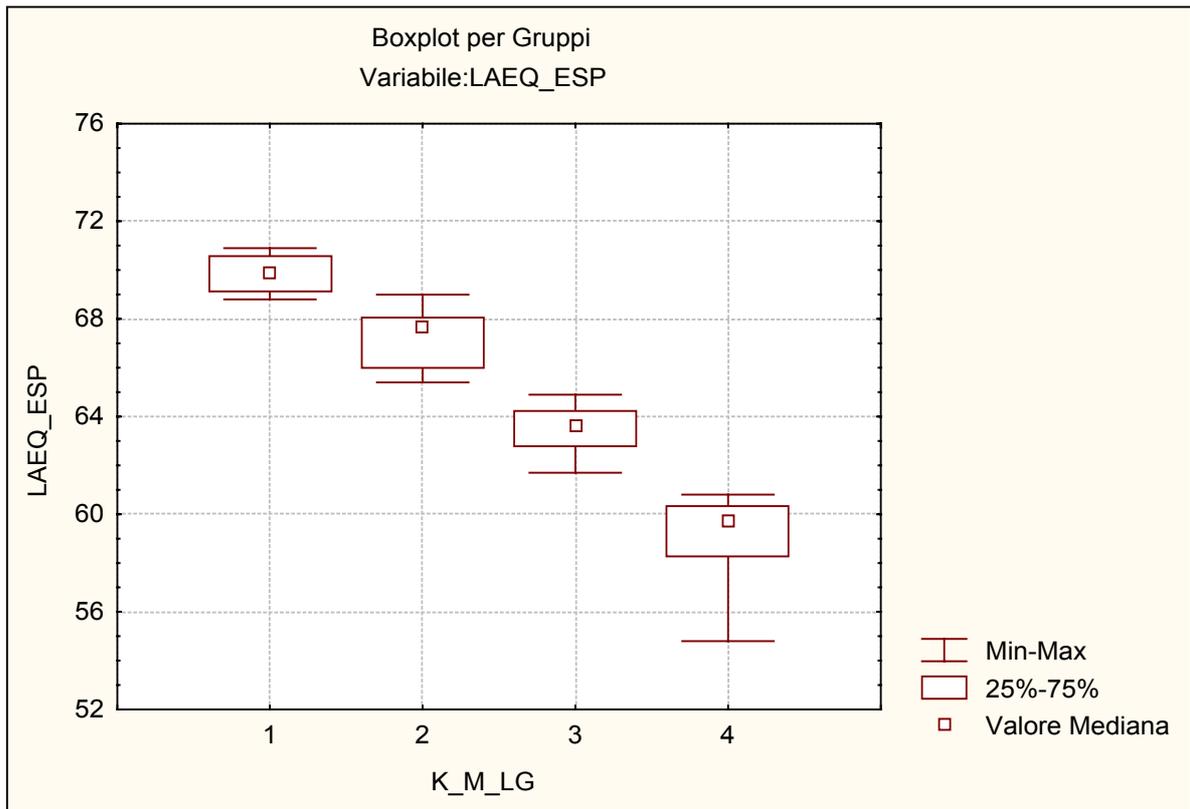
boxplot della variabile Q_{eq} per i gruppi (1 – 5) (rif. gruppi A – E di cui al par. 4.1.2 e segg.)



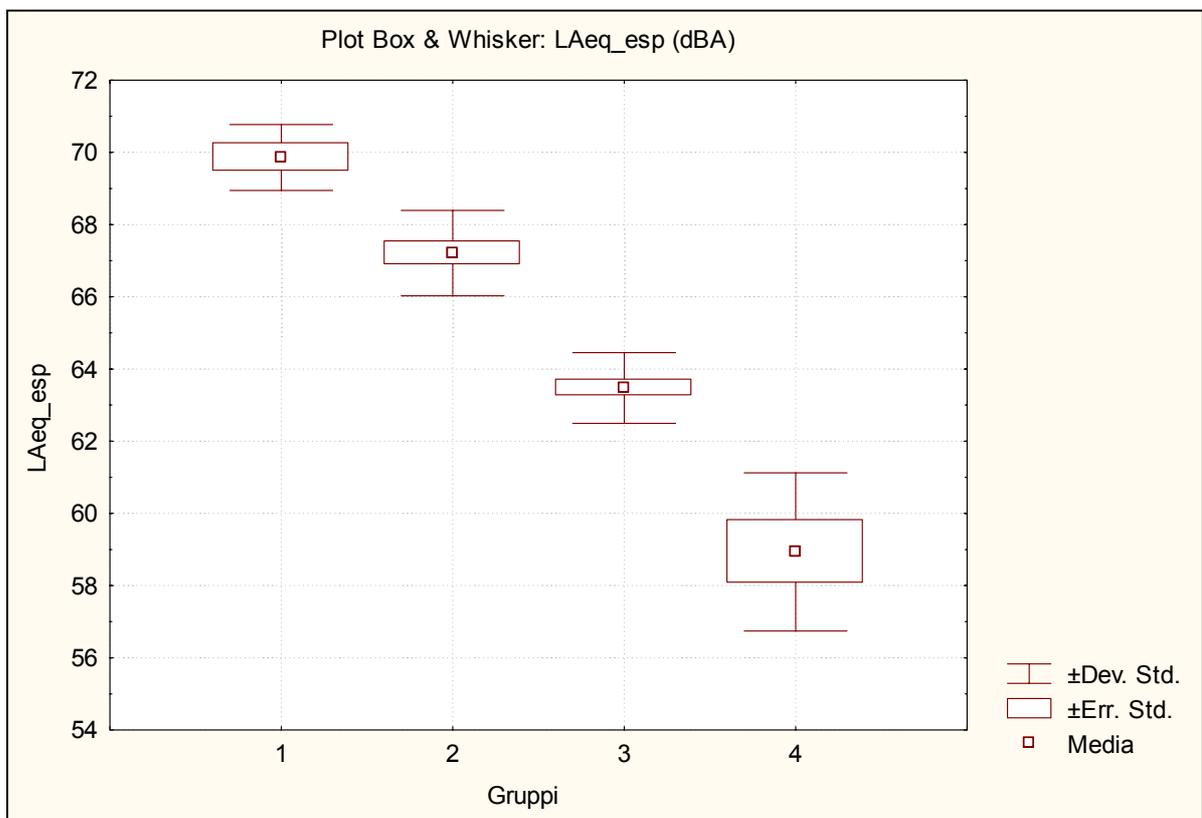
boxplot della variabile LAeq per i gruppi (1 – 4) (rif. gruppi G1 – G4 di cui al par. 4.1.5)



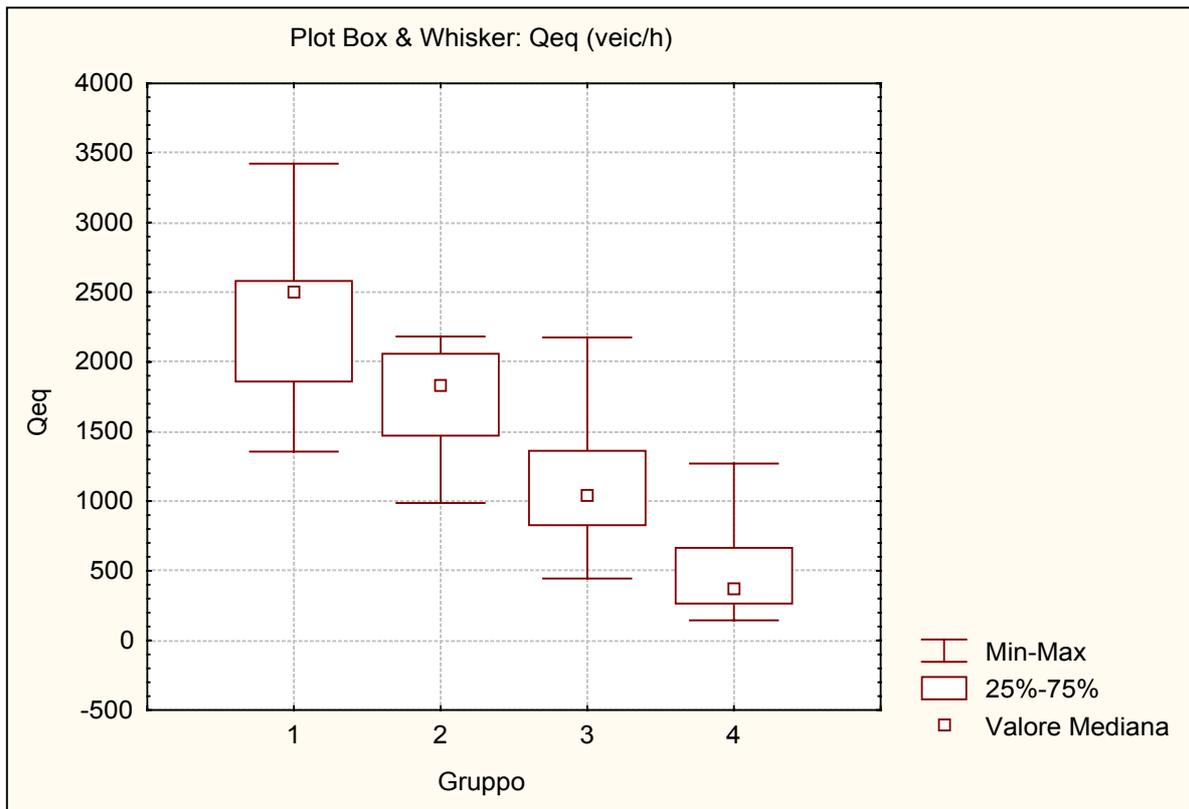
boxplot della variabile LAeq per i gruppi (1 – 4) (rif. gruppi G1 – G4 di cui al par. 4.1.5)



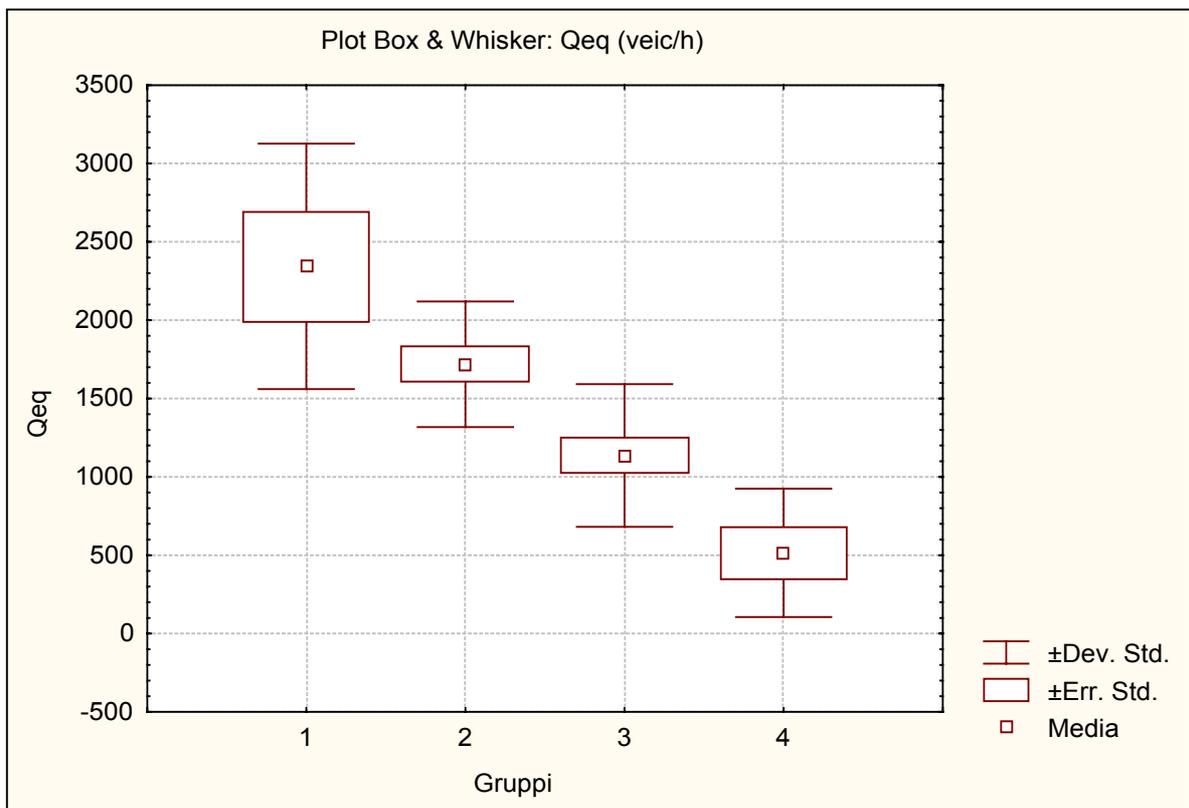
boxplot della variabile $LAeq_{esp}$ per i gruppi (1 – 4) (rif. gruppi G1 – G4 di cui al par. 4.1.5)



boxplot della variabile $LAeq_{esp}$ per i gruppi (1 – 4) (rif. gruppi G1 – G4 di cui al par. 4.1.5)



boxplot della variabile Q_{eq} per i gruppi (1 – 4) (rif. gruppi G1 – G4 di cui al par. 4.1.5)



boxplot della variabile Q_{eq} per i gruppi (1 – 4) (rif. gruppi G1 – G4 di cui al par. 4.1.5)