



COMUNE DI TRADATE

CODICE IDENTIFICATIVO UNIVOCO GESTORE: 0094

PROVINCIA DI VARESE

D.LGS. 194/05

RELAZIONE GENERALE

PIANI D'AZIONE 2019

SOMMARIO

- 1. INTRODUZIONE GENERALE**
- 2. RIFERIMENTI GIURIDICI**
 - 2.1 LIMITI IN VIGORE**
- 3. AUTORITA' COMPETENTE**
- 4. LE RAGIONI DELL'ACUSTICA**
- 5. PROCEDURE E TECNICHE**
- 6. TEORIA ACUSTICA**
 - 6.1 Accenni alle grandezze fisiche e alla teoria acustica**
 - 6.2 Il modello matematico previsionale.**
- 7. DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI RUMORE CONSIDERATE e gli esposti al rumore ANTE OPERAM**
- 8. PRIORITA' D'INTERVENTO**
- 9. AZIONI DI MITIGAZIONE**
- 10. ESPOSTI POST OPERAM**
- 11. INFORMAZIONI DI CARATTERE FINANZIARIO**
- 12. VALUTAZIONE DELL'ATTUAZIONE E DEI RISULTATI DEL PIANO**

ALLEGATI:

Allegato_1 Mappe conflitti limiti diurni

Allegato_2 Mappe conflitti limiti notturni

Tradate, 25 novembre 2019

I redattori

dr. Folco de Polzer

Arch. Marzia Graziano

La responsabile
geom. Maura Perin

1. INTRODUZIONE GENERALE

Con il decreto legislativo 194 del 2005, lo Stato ha recepito la direttiva europea 2002/49/CE. Direttiva e decreto si pongono l'obiettivo di conoscere le condizioni dell'inquinamento acustico ambientale, prodotto dalle infrastrutture di trasporto. I gestori di strade, ferrovie ed aeroporti, devono mappare il rumore ambientale, individuare i contesti residenziali ed assimilabili interessati, determinare il numero dei cittadini esposti al rumore, suddivisi nelle diverse fasce di livello sonoro.

Questa prima fase si è chiusa nel giugno del 2017.

La fase successiva, denominata dei "Piani d'Azione", costituisce la continuazione logica della mappatura, vale a dire l'impostazione di un programma di interventi, a cura e spese del gestore dell'infrastruttura, che siano in grado di diminuire l'esposizione al rumore della generalità dei cittadini.

Come si spiegherà più avanti, l'inquinamento acustico ambientale, fuori quindi dai luoghi di lavoro, è stato riconosciuto come concausa di svariate patologie, come disturbi cardiaci, disturbi del sonno e dell'apprendimento. Questi ultimi due tipi di effetti, sono oggetto di ricerche commissionate dalla UE da oltre vent'anni.

Una cattiva qualità del sonno influisce sul sistema nervoso centrale e sul sistema vagale, producendo malattie che vengono definite generalmente psicosomatiche.

In effetti il cervello reagisce ad uno stimolo provocato ad esempio dalle basse frequenze del traffico, riconoscendo un pericolo latente, non correttamente identificato, perciò la reazione ansiosa si rivolge all'interno del corpo, non sapendo da quale pericolo esterno si debba difendere.

L'apprendimento, in particolare nelle scuole inferiori, si riduce se le parole dell'insegnante non vengono comprese correttamente. Il danno riguarderà sia i singoli allievi, sia la comunità in generale, che ha invece interesse che i propri membri abbiano il livello culturale più alto possibile. In questo consiste la ricchezza di un paese, non il petrolio o le miniere. L'Italia ha il paesaggio e la cultura antica, ma se nessuno degli addetti conosce una lingua straniera o la storia, questi irripetibili beni vengono utilizzati male, con basso rendimento. La legislazione italiana sui piani di risanamento (cosa leggermente diversa da quanto stiamo qui trattando), favorisce con un coefficiente i ricettori scolastici ed ospedalieri.

Per gli ospedali è confermato da ricerche quanto il buon senso dice: la calma, il silenzio, la tranquillità, favoriscono le guarigioni, perciò si spera che l'Ospedale sia stato costruito in un'area quieta, ma se così non è stato, ci si deve occupare del rumore da traffico che possa raggiungere le sue facciate.

I Piani d'Azione costituiscono una sorta di programma pluriennale che i gestori delle infrastrutture adottano, per iniziare o continuare le procedure di mitigazione dei livelli sonori ambientali, senza la necessità di ottenere immediatamente il rispetto dei limiti, che rimangono sullo sfondo, come un obiettivo da raggiungere in tempi più lunghi.

2. RIFERIMENTI GIURIDICI

Il rumore ambientale viene normato in Italia a partire dal 1 marzo 1991, con un d.p.c.m. che fissa i limiti dei livelli sonori ammissibili nelle diverse aree del territorio, in funzione della destinazione d'uso. Nel 1995, il Parlamento licenzia una legge quadro, n 447, che fornisce un quadro più completo ed armonico. La legge tratta delle competenze, dell'inquinamento acustico, stabilisce principi, commina sanzioni. Negli anni successivi lo Stato ha elaborato e pubblicato decreti e regolamenti per specifiche materie, per gli edifici, per i livelli esterni e così via. Per una trattazione completa si rimanda al corpus legislativo citato e disponibile in rete.

Il corpus giuridico è formato dalla legge quadro e da una serie, non ancora del tutto completata, di decreti e regolamenti esecutivi

LEGGE 26 Ottobre 1995, n. 447: Legge quadro sull'inquinamento acustico

D.P.C.M. 14 novembre 1997: Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore

D.P.C.M. 5 dicembre 1997: Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

Decreto Ministeriale 16 marzo 1998: Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico

LEGGE 9 dicembre 1998, n. 426: pubblicata il 14/12/98: "Nuovi interventi in campo ambientale." Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 291 di lunedì, 14 dicembre 1998

D. M. 29 novembre 2000: Criteri per la predisposizione, da parte delle società e dagli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.

Legge Regione Lombardia n. 13 del 10 agosto 2001: "Norme in materia di inquinamento acustico". D.G.R.L. Criteri per la redazione dei Piani di Zonizzazione Acustica.

D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142: "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare".

Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.

D. lgs. 194/05 Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"

Va tenuto presente che la legislazione acustica ha un'origine sanitaria, si occupa quindi di regolare l'effetto che le sorgenti sonore possono avere sulla salute dei cittadini. Sono dimostrati effetti statisticamente significativi sull'aumento delle patologie cardiache in aree con grande intensità di traffico veicolare (Babisch ed altri, a Motherwell).

E' da tempo evidente che le sorgenti sonore industriali sono diminuite notevolmente sia per numero che per intensità, e i loro effetti ricadono su aree di ridotte dimensioni. Le infrastrutture di trasporto, soprattutto le strade, sono sparse sul territorio, penetrano gli abitati e portano elevati livelli sonori alle facciate di abitazioni, scuole ed ospedali, soggetti dell'analisi che parte dalla direttiva europea.

Si devono per questo conoscere i flussi, le velocità, la composizione del parco veicolare, dividendo tra leggeri e pesanti. Si definiscono veicoli pesanti, quelli con una portata di 3,5 t. Questi dati permettono di determinare l'energia contenuta nei livelli sonori, che si calcolano con l'uso di un modello matematico previsionale.

2.1 LIMITI IN VIGORE

L'analisi dei risultati della mappatura acustica effettuata in precedenza, non permette di valutare quali siano le criticità attribuibili alle infrastrutture stradali poiché ci si basa su descrittori acustici temporali differenti dai limiti di legge nazionali vigenti.

E' stato quindi necessario valutare gli esposti al rumore soggetti a livelli sonori dalle fasce di pertinenza stradali con i relativi descrittori Leq diurno (Leq,day) e Leq notturno (Leq,night). Il DPCM del 14/11/1997 fissa i valori obiettivo di qualità da conseguire e i limiti massimi relativi al clima acustico in funzione del punto di misura (sia in prossimità della sorgente che del recettore).

Per le sorgenti indagate, trattandosi di strade, dal punto di vista delle infrastrutture, i limiti sono previsti dal D.P.R. 142/04; nella tabella seguente sono riportati i limiti, in termini di Leq,day e Leq,night previsti per le strade esistenti in funzione della tipologia:

Tabella 2.1: Limiti relativi alle fasce di pertinenza stradale per infrastrutture esistenti D.P.R. 142/04

TIPO DI STRADA <small>(secondo codice della strada)</small>	SOTTOTIPIAFINI ACUSTICI <small>(Secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)</small>	Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)	Scuole ¹ , ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturno dB(A)	Diurno dB(A)	Notturno dB(A)
A - autostrada		100			70	60
		(fascia A)	50	40		
		150			65	55
B - extraurbana principale		(fascia B)				
		100			70	60
		(fascia A)	50	40		
C - extraurbana secondaria		150			65	55
		(fascia B)				
	Ca	100			70	60
C - extraurbana secondaria	(strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	(fascia A)	50	40		
		150			85	55
		(fascia B)				
D - urbana di scorrimento	Cb	100			70	60
	(tutte le altre strade extraurbane secondarie)	(fascia A)	50	40		
		50			65	55
D - urbana di scorrimento		(fascia B)				
	Da	100	50	40	70	80
	(strade a carreggiate separate e interquartiere)					
D - urbana di scorrimento	Db	100	50	40	65	55
	(Tutte le altre strade urbane di scorrimento)					
E - urbana di quartiere		30	definita dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995.			
F - locale		30				

3. AUTORITA' COMPETENTE

L'autorità competente del seguente piano di azione è il Comune di Tradate, con sede in piazza Mazzini, 6 21049 Tradate (VA), Riferimento per informazioni: Ufficio Tecnico, settore Urbanistica e Lavori pubblici. Responsabile geom. Maura Perin. E-mail: tecnico@comune.tradate.va.it

4. LE RAGIONI DELL'ACUSTICA

Il rumore ambientale viene normato in Italia a partire dal 1 marzo 1991, con un d.p.c.m. che fissa i limiti dei livelli sonori ammissibili nelle diverse aree del territorio, in funzione della destinazione d'uso. Nel 1995, il Parlamento licenziò una legge quadro, n 447, che fornì un quadro più completo ed armonico. La legge tratta delle competenze, dell'inquinamento acustico, stabilisce principi, commina sanzioni. Negli anni successivi lo Stato ha elaborato e pubblicato decreti e regolamenti per specifiche materie, per gli edifici, per i livelli esterni e così via. Per una trattazione completa si rimanda al corpus legislativo citato, testi disponibili in rete.

E' da tempo evidente che le sorgenti sonore industriali sono diminuite notevolmente sia per numero che per intensità, e i loro effetti ricadono su aree di ridotte dimensioni. Le infrastrutture di trasporto, soprattutto le strade, sono sparse sul territorio, penetrano gli abitati e portano elevati livelli sonori alle facciate di abitazioni, scuole ed ospedali, soggetti dell'analisi che parte dalla direttiva europea.

Si devono per questo conoscere i flussi, le velocità, la composizione del parco veicolare, dividendo tra leggeri e pesanti. Questi dati permettono di determinare l'energia contenuta nei livelli sonori, che si calcolano con l'uso di un modello matematico previsionale.

5. PROCEDURE E TECNICHE

Le procedure di redazione dei Piani, successivi alla mappatura, prevedono l'elaborazione dei dati della mappatura, anche confrontando i valori in facciata con i limiti acustici nazionali. Si generano le tavole grafiche dette "dei conflitti", una per il periodo diurno e l'altra per il periodo notturno, nelle quae vengono evidenziati i ricettori edilizi, con una codifica individuale.

Lo scopo della mappa è di fornire dati sul numero totale di persone esposte al rumore, con superamenti, per formare un elenco di priorità di intervento tra le diverse infrastrutture gestite dal Comune.

Ciò nel caso di interventi fisici quali rallentatori, asfalti e simili, si avrà una scaletta temporale sull'assegnazione delle aree che per prime devono essere risanate.

Nel caso specifico a Tradate vi è un'unica strada con flussi veicolari superiori ai 3 milioni di veicoli l'anno e si tratta del tratto della S.P. 233 ceduto dalla Provincia.

I redattori del Piano esaminano il tipo di superamenti, le caratteristiche del traffico, le possibilità o impossibilità connesse ai diversi tipi di interventi e selezionano quelli ragionevolmente realizzabili.

Le discussioni con l'amministrazione servono sia ad approfondire la ricerca, che ad entrare nei dettagli, applicativi e finanziari. Si passa alla fase finale di redazione, del Piano e dei documenti allegati, pubblicati sul sito del Comune per raccogliere le osservazioni dei cittadini. Dopo 45 giorni di esposizione le osservazioni vengono studiate, commentate e valutate. Nella relazione finale si spiegherà se e come si è tenuto conto delle osservazioni. La relazione finale con allegati verrà spedita alla Regione ed al Ministero dell'Ambiente che, controllato il materiale inviato da tutti i gestori, lo inoltra all'Unione Europea.

Per quanto riguarda gli interventi studiati, nel nostro caso si è partiti dalla esclusione del ricorso alle barriere fonoisolanti, non accettabili in ambito urbano. I rallentamenti sono possibili ma non dovunque. La stesura di asfalto drenante, che ha delle capacità fonoassorbenti, richiede una revisione dell'intero fondo stradale, pendenze, scarichi. Questa soluzione potrà essere studiata nel prossimo Piano d'Azione, 2023 – 2028.

Gli interventi pianificati dei prossimi anni sono derivati dalle analisi eseguite durante la redazione del documento. Sono stati studiati gli effetti dei metodi applicabili alla situazione in esame per la mitigazione delle emissioni o delle immissioni negli ambienti.

Si parte dalla organizzazione di una campagna di informazione e sensibilizzazione dei guidatori, che chiarisca i vantaggi, individuali e collettivi, della riduzione della velocità e del passaggio ad uno stile di guida dolce, privo di scatti, accelerate, frenate. Anche la generalizzazione dell'uso dei fari per avvisare altre auto e pedoni, invece del segnalatore acustico, porta ad una diminuzione del rumore ambientale. Gli effetti positivi si potranno estendere anche alle altre parti dell'abitato.

E' prevista la costruzione di una rotatoria tra le vie Podgora, viale Europa e via Curiel. E' nota l'efficacia dei rallentamenti prodotti dalle rotatorie.

La sostituzione dei serramenti, che può invece portare al rispetto dei limiti, sarà inserita in un progetto di mitigazione delle immissioni nelle abitazioni, studiando le forme giuridicamente più corrette per la sua realizzazione. Questo metodo verrà applicato anche sulla scuola esposta al rumore, dopo avere realizzato delle verifiche dell'isolamento delle facciate delle aule e del livello sonoro interno. Tra le previsioni utili, c'è l'aggiornamento del piano urbano del traffico, che potrà elaborare altre soluzioni legate alla gestione del traffico con armonizzazione ed integrazione dei piani d'azione qui esposti.

6. TEORIA ACUSTICA

6.1 Accenni alle grandezze fisiche e alla teoria acustica

La quantità di energia irradiata da una sorgente sonora nell'unità di tempo è denominata potenza sonora P_w (W). La potenza sonora P_w emessa da una sorgente è irradiata nel mezzo elastico, come l'aria, attraverso una determinata superficie S (o fronte d'onda) come lavoro dovuto al prodotto della forza di pressione p per la velocità di spostamento delle particelle v intorno al punto di equilibrio. Con riferimento al modello di generazione, la potenza sonora P_w può quindi essere correlata alla pressione sonora dall'equazione: $P_w = p \cdot (p/\rho c) \cdot S = (p^2/\rho \cdot c) \cdot S$ (W). Per una sorgente che irradia uniformemente in tutte le direzioni (mezzo isotropo), ovvero in campo libero, il fronte d'onda S è pari alla superficie di una sfera; alla distanza r dalla sorgente la potenza sonora sarà dunque pari a:

$$P_w = (p^2/\rho c) 4 \pi r^2$$

P_w (W) la potenza sonora irradiata da una sorgente sonora su un fronte d'onda S (m^2), sussiste allora la seguente relazione tra potenza sonora e intensità sonora I : $I = P_w/4 \pi r^2 = p^2/\rho c$ (W/m^2) e quindi l'intensità è l'energia che, nell'unità di tempo, fluisce attraverso l'unità di area del fronte d'onda. Mentre la frequenza discrimina la percezione dei suoni, ovvero il loro tono, da gravi (bassa frequenza) ad acuti (alta frequenza), analogamente l'intensità discrimina i suoni da deboli a forti. In campo libero, si ha dunque la seguente relazione tra pressione sonora e intensità: $I = p \cdot v = p^2/\rho c$ (W/m^2) si ha che la pressione sonora, in campo libero, risulta così legata alla potenza: $p = (P_w \rho c/4 \pi r^2)^{1/2}$. Dalle relazioni suddette si evince che, in campo libero, la pressione sonora e l'intensità diminuiscono con il quadrato della distanza r : per il suono nell'aria, quindi, quando la distanza raddoppia l'ampiezza si riduce della metà.

In acustica pertanto per le grandezze energetiche si usa adottare il livello sonoro espresso in decibel (dB) definito come il logaritmo decimale del rapporto tra il valore in esame ed il valore di riferimento. Si ha pertanto: livello di potenza sonora L_w : $L_w = 10 \lg P_w/P_0$ (dB) dove P_w è la potenza sonora in esame (W) e P_0 la potenza sonora di riferimento (10^{-12} W) Livello d'intensità sonora L_I : $L_I = 10 \lg I/I_0$ (dB) dove I è l'intensità sonora in esame (W/m^2) e I_0 l'intensità sonora di riferimento (10^{-12} W/m^2) Livello di pressione sonora L_P : $L_P = 10 \lg p^2/p_0^2 = 20 \lg p/p_0$ (dB) dove p è la pressione sonora in esame (Pa) e p_0 la pressione sonora di riferimento ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa = soglia di udibilità a 1000 Hz). Agli effetti pratici, per le grandezze di riferimento suddette, si dimostra che $L_I \cong L_P - 4$. Per la propagazione in campo libero, passando ai livelli, si ha che in un generico punto in campo libero, posto a distanza r da una sorgente puntiforme omnidirezionale, il livello di pressione sonora è desumibile dalla potenza sonora mediante la seguente relazione: $L_p = L_w - 10 \lg 4 \pi r^2 = L_w - 20 \lg r - 11$ (dB) dove r è la distanza tra sorgente e ricevitore

misurata in metri. Per superficie emisferica con sorgente ad esempio appoggiata su una superficie riflettente:

$$L_p = L_w - 10 \lg 2 \pi r^2 = L_w - 20 \lg r - 8 \text{ (dB)}.$$

Il secondo termine delle suddette relazioni prende la denominazione di attenuazione per divergenza d'onda A_{div} , ed esprime il fatto che l'energia sonora si distribuisce su di un fronte d'onda avente superficie che aumenta con la distanza. Noto il livello di potenza sonora della sorgente, le relazioni suddette consentono quindi di prevedere il valore del livello di pressione sonora L_p alla distanza r ; trascurando altri effetti di dissipazione sonora si ha che ad ogni raddoppio della distanza sorgente-ascoltatore si dimezza l'ampiezza, ovvero il livello di pressione sonora o di intensità si riduce di 6 dB (legge del campo libero): ad esempio se ci troviamo a distanza di 1 m da una sorgente e ci spostiamo a 2 m da essa, si ha una riduzione di 6 dB; spostandoci a 4 metri si ha una riduzione di 12 dB, a 8 m di 18 dB e così via. La condizione di campo libero presuppone l'assenza di superfici riflettenti ed ostacoli; tale situazione in pratica può essere ottenuta in laboratorio, nelle camere anecoiche, realizzate in modo da ridurre al minimo possibile l'energia riflessa dalle pareti delimitanti la camera (pareti fortemente assorbenti), o ponendosi sulla sommità di un'asta lontano da superfici riflettenti. Le suddette relazioni valgono per una singola sorgente puntiforme. Vi sono tuttavia delle situazioni quali le infrastrutture stradali, o n sorgenti puntiformi in linea equivalenti ad una sorgente di tipo lineare che modificano la relazione $L_p = L_w - 10 \lg 2 \pi r^2 = L_w - 20 \lg r - 8 \text{ (dB)}$ nella seguente: $L_p = L_w + 10 \lg [(\alpha_1 - \alpha_2)/r_0 d] - 8 \text{ (dB)}$ dove L_w è il livello di potenza sonora per unità di lunghezza della sorgente lineare mentre α_1 e α_2 sono rispettivamente gli angoli (rad) entro i quali viene vista la sorgente lineare.

Grandezze psicoacustiche.

La percezione dei suoni avviene per mezzo dell'orecchio, vero e proprio analizzatore acustico che converte le vibrazioni in messaggi codificati inviati al cervello, con un comportamento del tutto simile ad un convertitore analogico digitale. Il suono è percepito con caratteristiche psicosensoriali che possiamo riassumere nel tono, intensità di sensazione uditiva e nel timbro. Come accennato il tono (altezza tonale) è legato alla frequenza (bassa frequenza = toni gravi, alta frequenza = toni acuti); esso nel caso dei rumori ha poca importanza poiché questi sono generalmente a banda larga. L'intensità di sensazione uditiva è invece legata al livello di pressione sonora ed alla composizione spettrale del suono.

In fine il timbro è legato anch'esso alla composizione spettrale del suono, e si riferisce alla capacità dell'orecchio di distinguere suoni identici per intensità ed altezza ma emessi da sorgenti diverse: ad es. da strumenti musicali diversi, la voce dell'uomo da quella della donna, ecc. Le grandezze fisiche finora illustrate sono atte a descrivere i vari fenomeni fisici che interessano l'acustica ambientale ma non danno alcuna indicazione in merito alla percezione soggettiva dei suoni, ed in particolare sulla intensità soggettiva o sonia

che può essere attribuita ad un suono in una scala da debole a forte, né sugli effetti di disturbo delle sensazioni sonore. Analogamente a quanto avviene nel campo dell'illuminotecnica, dove il contenuto energetico di un fascio di onde elettromagnetiche non dà alcuna indicazione sulla sensazione luminosa che lo stesso produce una volta impressionata la retina, così nel campo dell'acustica il contenuto energetico di un evento sonoro, o meglio la distribuzione energetica del suono alle varie frequenze, non ci dà alcuna indicazione utile circa le sensazioni che tale energia provoca una volta che sia stimolato l'apparato uditivo umano. La correlazione esistente tra le caratteristiche fisiche di un suono e la sensazione di intensità soggettiva dalle stesse provocate, considerata l'infinita possibilità di combinazioni, è stata indagata solo per i suoni puri. La massima sensibilità dell'orecchio si ha nella zona compresa tra 1000 e 6000 Hz, ed in particolare decresce sensibilmente al decrescere della frequenza: tutto questo ha notevoli conseguenze pratiche nel campo dell'acustica edilizia ed ambientale e sul controllo del rumore in generale.

Il dB(A).

Sono state elaborate altre grandezze e tra queste quella di maggiore diffusione, soprattutto per la praticità di misurazione mediante un semplice fonometro, è quella del livello sonoro in dB (A). Il livello di pressione sonora LP(A) in dB (A) è diventata la grandezza psicoacustica base per esprimere le risposte soggettive degli individui ai rumori. Infatti da numerosi studi è emersa la fortuita nonché fortunata combinazione che i livelli sonori ottenuti con un fonometro utilizzando un criterio di pesatura "A" esprimono con molta buona approssimazione l'effetto simultaneo di sonia e di disturbo di rumori qualunque sia il loro livello di pressione sonora: tale criterio consiste nella correzione dei livelli energetici in funzione della sensibilità dell'orecchio alle varie frequenze.

Il fonometro integratore, comunemente utilizzato per le misurazioni acustiche, effettua le operazioni suddette. Tale strumento è inoltre in grado di effettuare l'integrazione dei valori istantanei $(p_A/p_0)^2$ nell'intervallo di tempo della misura: in tal modo si ottiene il valore della pressione sonora in dB (A) definito Livello continuo equivalente ponderato in scala "A", L_{AeqT} : $L_{AeqT} = 10 \lg [1/T \int_0^T p^2_A(t) / p_0^2 dt]$ dB (A).

Per comprendere meglio la propagazione del suono nella realtà urbanizzata, si deve tenere conto della presenza degli ostacoli, in particolare gli edifici, oltre ai dislivelli del terreno, del diverso assorbimento acustico delle superfici presenti (asfalto, erba, pareti, vetri e simili). Se semplifichiamo la rappresentazione dell'onda sonora come un insieme di raggi, quando un raggio colpisce una superficie, parte della sua energia viene riflessa, mentre altra parte viene assorbita. La presenza di ostacoli e le caratteristiche delle superfici, influenzano perciò la propagazione del suono e la velocità della diminuzione dell'energia trasportata. I modelli matematici utilizzano algoritmi che si nutrono delle informazioni che il tecnico esperto sa loro dare. In questo modo si giunge al calcolo dei

livelli sonori alle facciate degli edifici, note le caratteristiche delle sorgenti, nel nostro caso i veicoli in transito, suddivisi in leggeri e pesanti (questi oltre le 3,5 ton).

6.2 Il modello matematico previsionale.

E' stato usato per calcolare i valori in facciata ante operam, la mappa dei conflitti, la determinazione delle facciate quiete. Il programma utilizzato per i calcoli di previsione della rumorosità dovuta alla strada (SoundPlan 7.4), si serve del metodo del "ray tracing". Con questo metodo si contraddistingue una sorgente puntiforme, superficiale o, come nel nostro caso, lineare, attraverso l'utilizzo di un numero finito di raggi sonori emessi, con propagazione sferica. I raggi simulano la propagazione delle onde sonore. Il campo acustico risultante, dipende dagli assorbimenti e dalle riflessioni contro il fondo stradale e gli ostacoli incontrati lungo il cammino, in modo analogo alla propagazione dell'ottica geometrica, compresi gli effetti di diffrazione al contorno dei solidi.

Ogni raggio porta con sé una parte dell'energia acustica della sorgente sonora. L'energia emessa viene perduta lungo il percorso per effetto dell'assorbimento delle superfici presenti, per divergenza geometrica e per assorbimento atmosferico. La diminuzione dell'energia, per propagazione del suono in aria, è correlata alla dispersione di energia causata dalle collisioni delle molecole d'aria tra loro. Ogni collisione disperde una piccola parte dell'energia e provoca un numero sempre maggiore di collisioni.

Nell'area considerata di interesse per il calcolo, il campo acustico sarà il risultato della somma delle energie acustiche degli "n" raggi che giungono al ricevitore, determinando i livelli immessi in tutta l'area in esame. Si determinano anche i livelli in tutta l'area in esame, rappresentandoli con isofone colorate, a passi di 5 dB, alla quota convenzionale di 4 metri da terra.

Il modello matematico, fa riferimento alle normative internazionali sulla attenuazione del suono nell'ambiente esterno (ISO 9613 - 2).

Le norme ISO contengono una serie di formule che regolano la propagazione e permettono di calcolare il risultato nell'area in esame, con un'accuratezza nota.

Lo scopo di tale metodologia è la determinazione del **livello continuo equivalente ponderato A** della pressione sonora, come descritto nelle ISO 1996/1-2-3 per condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono da sorgenti di potenza nota.

Si considera che tutti i ricettori si trovino sottovento alla sorgente, quindi nelle condizioni più sfavorevoli, come specificato dalla ISO 1996/2.

Le sorgenti di rumore più estese devono essere rappresentate da un insieme di sezioni, ognuna con una certa potenza sonora e direttività.

Un gruppo di sorgenti puntiformi può essere descritto da una sorgente puntiforme equivalente situata nel mezzo del volume complessivo, nel caso in cui:

- la sorgente abbia approssimativamente la stessa intensità ed altezza rispetto al terreno;
- la sorgente si trovi nelle stesse condizioni di propagazione verso il punto di ricezione;
- la distanza fra il punto rappresentativo e il ricevitore (d) sia maggiore del doppio del diametro massimo dell'area della sorgente (D) cioè $d > 2D$.

Se la distanza (d) è minore o se le condizioni di propagazione per i diversi punti della sorgente sono diverse, la sorgente totale deve essere suddivisa nei suoi punti componenti.

Le sorgenti lineari che rappresentano l'energia sonora emessa dal traffico, sono rappresentate da una linea posta a 50 cm da terra, dotata di caratteristiche di irraggiamento cilindriche.

Metodo di calcolo

Il livello medio di pressione sonora al ricevitore in condizioni di sottovento viene calcolato per ogni sorgente puntiforme (specifiche IEC 255) con:

$$L_{downwind} = L_{WD} - A$$

L_{WD} è il livello effettivo di potenza sonora nella direzione di propagazione

$L_{downwind}$ è definito come:

$$L_{downwind} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_2 - t_1} 1 dt$$

Il fattore A è l'attenuazione che l'energia sonora subisce durante la propagazione ed è composta dai seguenti contributi:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{ground} + A_{refl} + A_{screen} + A_{misc}$$

dove:

A_{div} = Attenuazione dovuta alla divergenza geometrica

A_{atm} = Attenuazione dovuta all'assorbimento dell'aria

A_{ground} = Attenuazione dovuta all'effetto del suolo

A_{screen} = Attenuazione causata da effetti schermanti

A_{refl} = Attenuazione dovuta a riflessioni da parte di ostacoli

A_{misc} = Attenuazione dovuta ad altri effetti

La ponderazione A può essere applicata singolarmente ad ognuno dei suddetti contributi oppure, in un secondo momento, alla somma fatta per ogni banda di ottava.

Il livello continuo equivalente è il risultato della somma dei singoli livelli di pressione che sono stati ottenuti per ogni sorgente in ogni banda di frequenza (quando richiesta). Nel caso delle sorgenti lineari da traffico, gli archivi del modello forniscono i valori direttamente in dB(A).

Il livello effettivo di potenza sonora nella direzione di propagazione LWD è dato dal livello di potenza in condizioni di campo libero LW più un termine che tiene conto della direttività di una sorgente.

DC quantifica la variazione dell'irraggiamento verso più direzioni, di una sorgente direzionale in confronto alla medesima non-direzionale.

$$L_{WD} = L_w + DC$$

Per una sorgente puntiforme non direzionale il contributo di DC è uguale a 0 dB. La correzione DC è data dall'indice di direttività della sorgente DI più un indice K_0 che tiene conto dell'emissione in un determinato angolo solido.

Per una sorgente con radiazione sferica in uno spazio libero $K_0 = 0$ dB, quando la sorgente è vicina ad una superficie riflettente che non è il terreno $K_0 = 3$ dB, quando la sorgente è di fronte a due piani riflettenti perpendicolari, uno dei quali è il terreno $K_0 = 3$ dB, se nessuno dei due è il terreno $K_0 = 6$ dB, con sorgente di fronte a tre piani perpendicolari, uno dei quali è il terreno $K_0 = 6$ dB, con sorgente di fronte a tre piani riflettenti, nessuno dei quali è il terreno, $K_0 = 9$ dB.

Il termine di **attenuazione per divergenza** geometrica è valutabile teoricamente:

$$A_{div} = 20 \log (d/d_0) + 11$$

dove d è la distanza fra la sorgente e il ricevitore in metri e d_0 è la distanza di riferimento pari a 1 m.

L'assorbimento dell'aria è definito come:

$$A_{atm} = \alpha d / 1000$$

dove d è la distanza di propagazione espressa in metri, mentre α è il coefficiente di attenuazione atmosferica in dB/km.

Il coefficiente di attenuazione atmosferica dipende principalmente dalla frequenza del suono, dalla temperatura ambientale e dall'umidità relativa dell'aria e solo in misura minore dalla pressione atmosferica

L'attenuazione dovuta all'effetto suolo consegue dall'interferenza fra il suono riflesso dal terreno e il suono che si propaga imperturbato direttamente dalla sorgente al ricevitore. Per questo metodo di calcolo, la superficie del terreno fra la sorgente e il ricevitore dovrà essere piatta, orizzontale o con una pendenza costante. In alternativa si dovrà disegnare nel modello una spezzata che riproduca nel modo più accurato possibile, le variazioni delle pendenze.

Distinguiamo tre principali regioni di propagazione: la regione della sorgente, la regione del ricevitore e quella intermedia. Ciascuna di queste zone può essere descritta con un fattore legato alle specifiche caratteristiche di riflessione.

Il metodo per il calcolo delle attenuazioni del terreno può far uso di una formula più semplificata, legata semplicemente alla distanza d tra ricevitore e sorgente e all'altezza media dal suolo del cammino di propagazione h_m :

$$A_{ground} = 4,8 - (2 h_m / d) (17 + (300/d))$$

Il termine di **attenuazione per riflessione** si riferisce a quelle superfici più o meno verticali, come le facciate degli edifici, che determinano un aumento del livello di pressione sonora al ricevitore. Le riflessioni determinate dal terreno non vengono prese in considerazione.

Un termine importante, utilizzato nelle metodologie di calcolo previsionale, è l'**attenuazione dovuta alla presenza di ostacoli** (schermo, barriera o dossi poco profondi).

La barriera deve essere considerata una superficie chiusa e continua senza interruzioni. La sua dimensione orizzontale perpendicolare alla linea sorgente-ricevitore deve essere maggiore della lunghezza d'onda λ alla frequenza di centro banda per la banda d'ottava considerata.

Per gli standard a disposizione l'attenuazione dovuta all'effetto schermante sarà data dalla "insertion loss", ovvero dalla differenza fra i livelli di pressione misurati al ricevitore in una specifica posizione con e senza la barriera.

Vengono tenuti in considerazione gli effetti di diffrazione dei bordi della barriera (barriere spesse). Quando si è in presenza di più di due schermi si scelgono i due schermi più efficaci e si trascurano gli altri.

Il termine di **attenuazione mista** terrà conto dei diversi contributi dovuti a molteplici effetti:

- attenuazione dovuta a propagazione attraverso fogliame;
- attenuazione dovuta alla presenza di insediamenti di grandi dimensioni, per diffrazione dovuta ai diversi edifici o installazioni presenti;
- attenuazione dovuta alla propagazione attraverso un insediamento urbano, per effetto schermante o riflettente delle case.

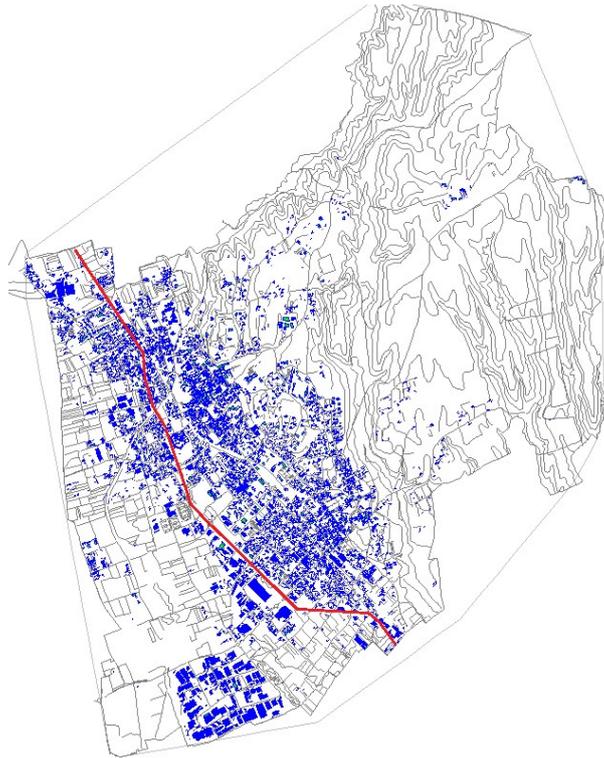
L'accuratezza del calcolo previsionale, considerati tutti gli elementi in gioco, può essere valutata in +/- 2 dB.

7. DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI RUMORE CONSIDERATE E DEGLI ESPOSTI AL RUMORE ANTE OPERAM

L'analisi dei risultati della mappatura acustica non permette di valutare quali siano le criticità attribuibili alle infrastrutture stradali poiché ci si basa su descrittori acustici temporali differenti dai limiti di legge nazionali vigenti.

E' stato quindi necessario valutare gli esposti al rumore soggetti a livelli sonori dalle fasce di pertinenza stradali con i relativi descrittori Leq,day e $Leq,night$.

Il comune di Tradate è attraversato da un'unica strada con flussi veicolari superiori ai 3 milioni di veicoli l'anno, la S.P. 233, individuata nell'immagine qui di seguito:



Codice univoco identificativo: IT_a_rd0138001).

L'asse stradale attraversa da nord a sud l'intero comune lo indicheremo col nome del tratto più lungo. Parte dal territorio di Venegono Inferiore ed arriva a Locate Varesino; ha una lunghezza di 5,05 km ed è attorniato da edifici produttivi, commerciali ed abitativi.

E' composto da unica carreggiata a due corsie per i due sensi di marcia.

È interessato dal transito medio diurno di 15880, serale di 1505, notturno di 2841 veicoli, con una ripartizione dei pesanti del 10.1% il giorno, del 3% la sera e del 3,8% la notte. Il numero di abitanti esposti al rumore della strada è pari a 4000 nelle fasce Lden e 4083 nelle fasce della notte. Nell'area di studio sono presenti dei ricettori sensibili: liceo statale Marie Curie, scuola dell'infanzia Bruno Munari.

Si fa presente che i livelli sonori presso gli edifici scolastici non comportano superamenti dei limiti diurni, data la distanza dall'asse stradale. Vi è un parziale superamento diurno nel complesso del liceo statale Marie Curie, che verrà approfondito nel capitolo del calcolo delle priorità, mentre i superamenti dei limiti notturni, ovviamente non vengono valutati.

Nel corso della mappatura 2017, si è calcolato il numero degli abitanti dei singoli edifici in corrispondenza dei quali il modello matematico ha calcolato un superamento dei limiti. I risultati sono stati suddivisi nelle fasce di esposizione con le grandezze europee di Lden ed Ln e gli arrotondamenti richiesti dalla UE. Qui di seguito i risultati della mappatura suddivisi nelle fasce di esposizione:

Tabella 7.1: Esposti SP233 da mappatura 2017

<i>SP233</i>	Lden					Lnight					
fasce lim.	55-59	60-64	65-69	70-74	>75	45-49	50-54	54-59	60-64	65-69	>70
esposti	1600	800	600	800	200	1200	800	800	800	500	0

Vi sono superamenti dei limiti per 109 ricettori, che rappresentano 1767 abitanti, di cui 510 sono studenti del liceo Marie Curie. 1.257 sono gli abitanti. L'arrotondamento richiesto dalla direttiva porta il numero a 1300.

Le aree critiche sono tutte adiacenti alla strada.

8. PRIORITA' DI INTERVENTO

Ogni ente responsabile di infrastrutture, per scegliere dove realizzare i primi interventi, deve seguire le prescrizioni del D.M. Ambiente del 29/11/2000. Tale decreto si riferisce a singoli edifici e fornisce il modo per contare i ricettori utilizzando dei coefficienti.

La formula utilizzata è:

$$P = \sum_i [R_i \cdot (L_i - L_i^*)]$$

Dove L_i^* è il valore limite di immissione per l'area in esame, mentre L_i è il livello continuo di pressione sonora, nel periodo di riferimento, prodotto dalle infrastrutture nella medesima area.

Ai fini del calcolo di P , per gli ospedali, le case di cura e di riposo, il numero R_i (totalità dei posti letto), deve essere moltiplicato per il coefficiente 4; per le scuole, il numero (misurato o stimato) R_i (totalità degli alunni), deve essere moltiplicato per 3.

In sintesi, al numero dei degenti degli ospedali e case di riposo, è applicato un coefficiente 4.

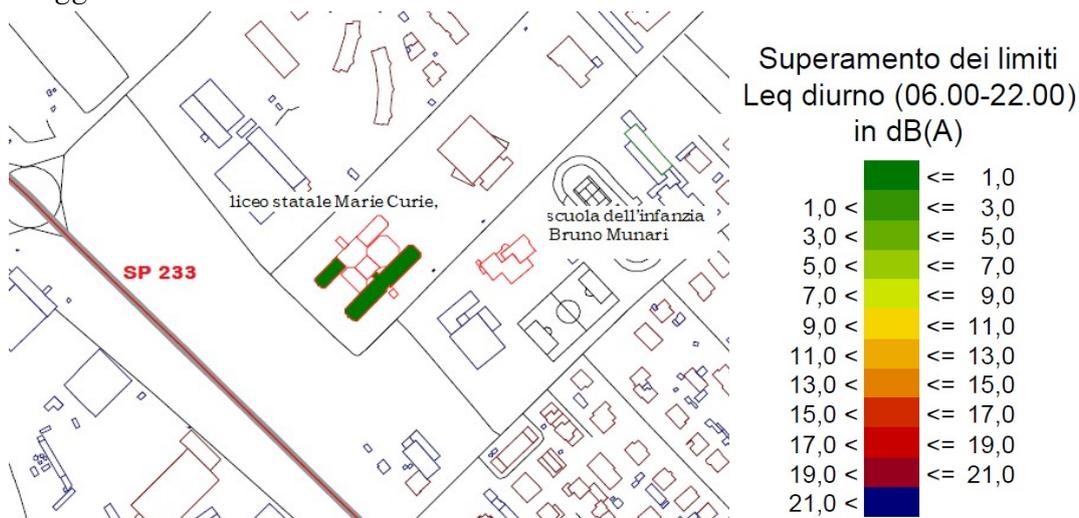
Al numero degli alunni delle scuole è applicato un coefficiente 3. Al numero degli abitanti di edifici, è applicato il coefficiente 1. Il meccanismo privilegia quindi i ricettori sensibili.

Trattandosi di una sola strada la priorità è rivolta ai ricettori sensibili che subiscono superamenti.

Dalla mappatura 2017 si è evidenziato un parziale superamento diurno nel complesso del liceo statale Marie Curie;

Nome	Denominazione	Limiti	Limiti		Livelli da simulazione					Occupanti	Superamento	
			notte	giorno	Lden	Ld	Le	Ln	Ld IT		Δ Ln	Δ Ld IT
204603	Liceo Marie Curie	Classe 1	40	50	55,5	53,3	50,7	48	53,1	400		3,1
204602	Liceo Marie Curie	Classe 1	40	50	55,3	53,1	50,5	48	52,9	110		2,9

parziale poiché il complesso è stato generato dall'insieme dei diversi volumi che lo compongono; dalla mappa dei conflitti sono stati individuati quali edifici subiscono maggior rumore:



9. AZIONI DI MITIGAZIONE

Le azioni di mitigazione scelte e programmate per i prossimi anni, riguardano una o più campagne di sensibilizzazione ed informazione sui pericoli della velocità, anche per la sicurezza, e per i danni da inquinamento acustico.

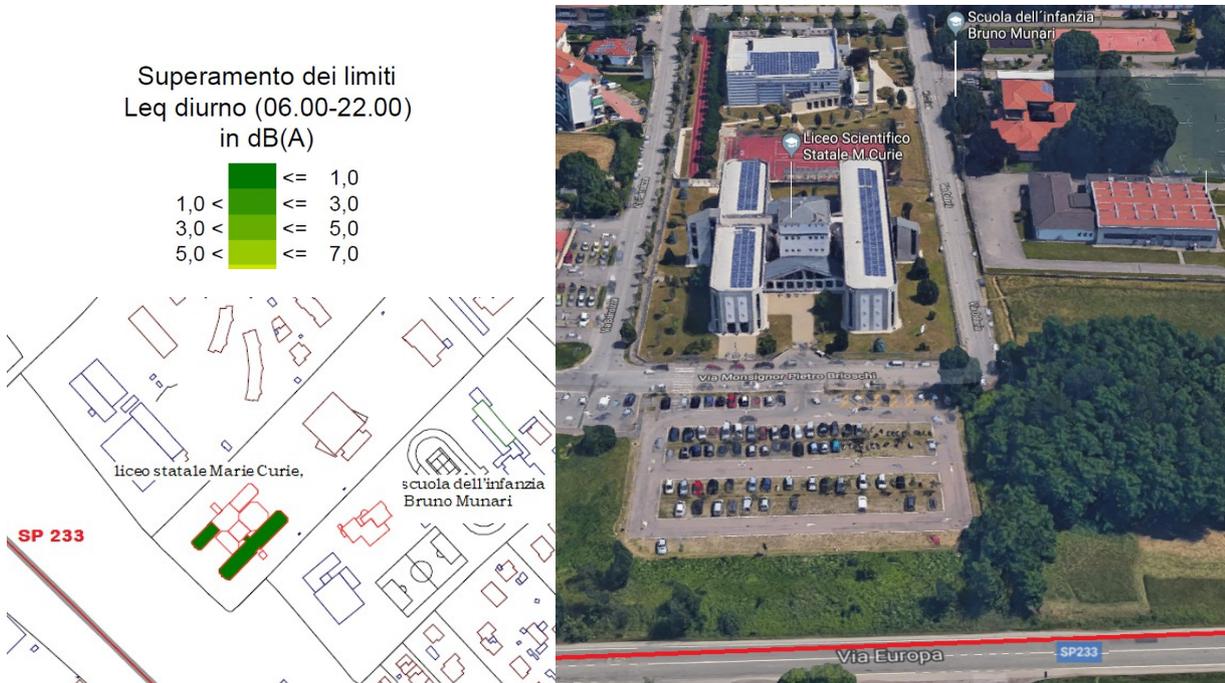
Per la campagna di educazione stradale si prevedono delle azioni di informazione; conferenze alla cittadinanza, con l'ausilio di esperti in acustica, che si porranno l'obiettivo di coinvolgere gli abitanti e di fornire informazioni sui danni prodotti dal rumore e sui possibili sistemi di protezione. Utili saranno incontri con e nelle scuole guida.

Si prevede poi la costruzione di una rotatoria, all'incrocio tra via Curiel, via Podgora e Via Europa, che si armonizza con gli interventi già in atto da parte dell'amministrazione per fronteggiare il problema del rumore stradale, com'è evidenziato dalle misure antirumore che sono state realizzate, con l'inserimento delle rotatorie e un'attenzione alla sistemazione del manto stradale.

Oltre a questi interventi sono state previste una serie di indicazioni per interventi sui ricettori, stimando il numero delle sostituzioni di serramenti, attraverso una campagna

di verifica della resistenza acustica di facciata. Vi sarà perciò una campagna di verifica dell'isolamento dei serramenti.

Criticità si registrano alla scuola. Si evidenziano qui i superamenti dei limiti.



Nel 2022 sarà eseguita una nuova mappatura, i cui risultati dovranno essere consegnati alla UE. Sarà una verifica della realizzazione dei Piani d'Azione dei prossimi anni, nella direzione della bonifica dal rumore emesso dalla ex SS.

10. ESPOSTI POST OPERAM

Per valutare gli esposti post operam si deve considerare l'efficacia degli interventi programmati. Si programmeranno misure fonometriche di controllo nel 2022, insieme alla conta dei flussi prevista dal d.lgs. 194.

Per la campagna di informazione e formazione si stima una diminuzione media di 1dB(A).

La costruzione della rotatoria, con riduzione della velocità a 40 km/h, porterà ad una diminuzione delle immissioni alle residenze. I risultati con la nuova simulazione con modello matematico si trovano nelle tabelle di variazione degli esposti.

La sostituzione degli infissi porterà entro i limiti i residenti delle case trattate. Per la scuola, per ora si attende l'esito della verifica dell'isolamento acustico di facciata, per valutarne l'effetto.

Tabella 10.1: Esposti SP233 previsione risultati adozione dei Piani d'Azione

<i>SP233</i>	Lden					Lnight					
fasce lim.	55-59	60-64	65-69	70-74	>75	45-49	50-54	54-59	60-64	65-69	>70
esposti	1000	800	600	900	0	1100	800	700	900	300	0

11. INFORMAZIONI DI CARATTERE FINANZIARIO.

Gli oneri per la messa in atto del piano d'azione saranno in gran parte sostenuti dal Comune di Tradate. Le risorse saranno stanziare a partire dal bilancio 2020. Le scelte per migliorare la situazione attuale sono ricadute su:

- campagna di educazione stradale sui rischi del rumore e della velocità costo 40.000 €
- Costruzione rotatoria: incrocio tra via Curiel, via Podgora e via Europa, costo a carico di terzi per convenzione con costruttori d'immobili.
- Verifica della resistenza acustica di facciata di una scuola e 11 residenze: 800 € X 12 = 9.600 €
- Stanziamento di 30.000 € per favorire il cambio degli infissi: solo risanamento interno e programma per il futuro. Circa € 10.000/anno
- Elaborazione del Piano Generale del Traffico per definire ulteriori provvedimenti. La parte acustica è 1/10 del costo del Piano Urbano del Traffico. Ipotesi di costo del PGTU 35.000 €, quota per ottenere mitigazioni acustiche 10%, pari ad € 3.500

L'intero piano d'azione avrà un costo di: € 83.100,00

Abitanti: 18.963

La esecuzione dei Piani, è valutabile in € 4,38 €/abitante del Comune.

Gli abitanti esposti, da 55 a 69 dB(A) secondo Lden sono 4.000

Quindi il costo sarà 20,775 €/abitante esposto

Gli abitanti con superamenti sono 1.777, dei quali 510 nella scuola.

Quindi 46,76 € / abitante con superamento dei limiti.

Non si può esporre il calcolo relativo ai dB guadagnati, poiché le condizioni saranno differenti da un luogo all'altro.

12. VALUTAZIONE DELL'ATTUAZIONE E DEI RISULTATI DEL PIANO D'AZIONE

La strada studiata in conseguenza della Direttiva europea e del decreto legislativo 194/05 e s.m.i., è principalmente interessata da un traffico di attraversamento. I guidatori sono perciò in piccola parte cittadini del Comune. Inoltre la SP porta anche percentuali importanti di traffico pesante. Storicamente la ex SP era già una tangenziale, ed il costo di una ulteriore deviazione del traffico sarebbe di gran lunga superiore alla somma di provvedimenti di mitigazione.

Per i motivi sopra descritti, sono stati scartati tutti i metodi di mitigazione tradizionali, come barriere, asfalti e simili.

Il Piano d'azione relativo alla campagna d'informazione, dovrà essere puntato sulla strada stessa, poiché sarà rivolto alla generalità dei guidatori che utilizzano questa strada, per la maggior parte provenienti da fuori comune. Sarà rivolto alla modifica dello stile di guida per gli effetti che esso ha sulla sicurezza stradale e sulle emissioni di rumore.

Il rallentamento e dei veicoli dovuto alla rotatoria combinato con la campagna di sensibilizzazione produrrà localmente una diminuzione dell'emissione in facciata.

Per gli interventi a lungo termine in previsione c'è l'aggiornamento del piano urbano del traffico, con l'armonizzazione ed integrazione del piano d'azione che