



Lezioni del corso di *Gestione e Manutenzione delle Pavimentazioni Stradali*  
***Rumore da Traffico Veicolare***

**Prof. Ing. Francesco Canestrari**

# **Rumore da Traffico Veicolare**

Dipartimento ISAC – Sezione Strade – Università Politecnica delle Marche



## EFFETTI DEL RUMORE SULL'UOMO

**DANNI  
FISIOLOGICI**

### NON GENERABILI DAL LIVELLO SONORO DEL TRAFFICO VEICOLARE

Danni specifici a carico dell'udito: esposizione prolungata a rumori di elevato livello sonoro con **frequenze medio-alte** (attività industriali).

**DANNI  
PSICOFISICI**

### GENERABILI DAL LIVELLO SONORO DEL TRAFFICO VEICOLARE

- Danni non specifici a carico di altri organi (influenzano in genere la psiche)
- Disturbo del sonno e del riposo
- Interferenza sulla comprensione di parole e segnali acustici
- Interferenza sull'attenzione, efficienza e rendimento
- **ANNOYANCE**: reazioni psicologiche o comportamentali di vario grado che vanno dalla noia, al fastidio, a ipersensibilità, e irritabilità. Dipendono dal tipo di rumore (intensità, intermittenza, imprevedibilità) e dalle caratteristiche dell'individuo.

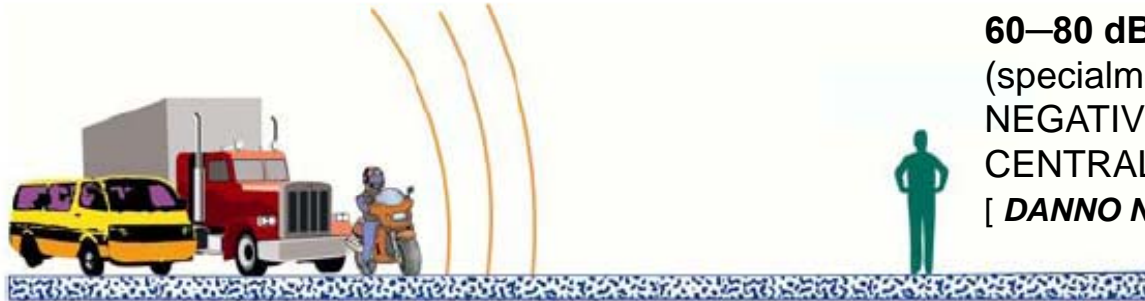
CONFLITTO TRA SVILUPPO ECONOMICO E QUALITA' DELLA VITA



Sviluppo di **strategie di riduzione del rumore** in ambito stradale



## INQUINAMENTO ACUSTICO DA TRAFFICO URBANO



**RUMORI ALEATORI CON LIVELLI DI 60–80 dBA** che possono provocare (specialmente su soggetti ansiosi) **EFFETTI NEGATIVI SUL SISTEMA NERVOSO CENTRALE**  
[ **DANNO NON SPECIFICO—classificazione CEE** ]

### OSSERVAZIONI :

1. RUMORE 

}	CONTINUO ( 80 ÷ 110 dBA )	⇒	Stati di angoscia e disturbi cardiocircolatori
	DISCONTINUO	⇒	Tachicardia e innalzamento della pressione arteriosa
2. CAUSE DEI DANNI : rumore generato dal traffico e da attività industriali e produttive
3. 

}	▪ SORGENTI DI RUMORE <b>MOBILI</b>		}	<b>AUMENTO DEL DISTURBO</b>
	▪ INTENSITA' SONORE E CARATTERISTICHE SPETTRALI <b>VARIABILI</b>			
4. **RUMORI NOTTURNI** : In alcuni casi il rumore veicolare NON cessa durante le ore notturne ⇒ Di notte **NON** si esercita l'**effetto schermante** che di giorno viene prodotto dai **rumori di fondo.** ⇒ Gravi **RIPERCUSSIONI SUL SONNO**



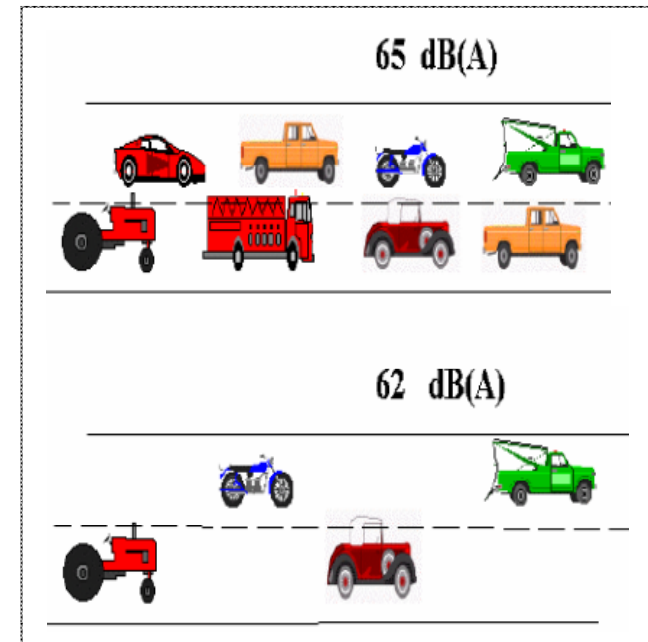
## EFFETTI DELL'ORGANIZZAZIONE DEI TRASPORTI SULL' INQUINAMENTO ACUSTICO

STRATEGIE DI RIDUZIONE DEL RUMORE VEICOLARE

### 1. LIMITAZIONE DEI FLUSSI VEICOLARI

Apparentemente sembra il provvedimento più efficace, tuttavia:

- a. Riduzione flusso veicolare → **AUMENTO VELOCITA' MEDIA** → **AUMENTO RUMOROSITA' emessa dal singolo veicolo**
- b. Sperimentalmente si è visto che, a parità di condizioni, **dimezzare il flusso significa ridurre il livello equivalente di 3 dB(A)**, con variazioni poco apprezzabili sui picchi



### 2. ADOZIONE LIMITI DI VELOCITA'

Rispetto ad altri interventi ( regolamentazione intersezioni, istituzione sensi unici, ecc...) è la strategia più efficace:

- Tale provvedimento risulta efficace specialmente in **ASSENZA di traffico pesante**
- Per essere efficace l'adozione dei limiti di velocità deve essere **DIFFERENZIATA**



**MODELLI MATEMATICI PER LA PREVISIONE DEI LIVELLI DI RUMORE DOVUTI AL TRAFFICO:  
CSTB (Centre Scientifique et Technique des Batiments)**

RUMORE DA TRAFFICO =  $f$  ( Flusso veicolare,  $V_{media}$ , %veicoli pesanti, Largh.carreggiata)

$$L_{eq} = 0.65L_{50} + 28 \quad \text{dB}_A$$

$L_{50}$  = **LIVELLO SONORO MEDIO ORARIO** a 3,5 m dal bordo stradale con flusso di SOLI VEICOLI LEGGERI e  $v$ -costante

• **ZONE NON EDIFICATE:**

$$L_{50} = 10\text{Log}Q + 41 \quad \text{dB}_A \quad (Q > 3000 \text{ veic/h})$$

$$L_{50} = 10\text{Log}Q + 23,5 \quad \text{dB}_A \quad (1000 < Q < 3000 \text{ veic/h})$$

• **ZONE URBANE:**

$$L_{50} = 11,9\text{Log}Q + 31,4 \quad \text{dB}_A \quad (\text{flussi veicolari pi\`u bassi})$$

Sono previste correzioni al variare della  $V_{media}$  e della % dei veicoli pesanti



**MODELLI MATEMATICI PER LA PREVISIONE DEI LIVELLI DI RUMORE DOVUTI AL TRAFFICO:  
CNR**

$$L_{eq} = \alpha + 10 \text{Log}(N_L + \beta N_W) + 10 \text{Log} \frac{d_0}{d} + \Delta L_V + \Delta L_F + \Delta L_B + \Delta L_S + \Delta L_G + \Delta L_{VB} \quad [\text{dB}_A]$$

$L_{eq}$  = **Livello energetico medio** in  $\text{dB}_A$  del rumore prodotto dal flusso di traffico ipotizzato concentrato nella mezzzeria della strada.  
E' calcolato sul piano stradale, in corrispondenza della facciata degli edifici; in assenza di edifici esso è calcolato alla distanza di riferimento  $d_0=25$  m.

$N_L$  = Flusso di **veicoli leggeri** (privati, commerciali di peso < 4.8 t, motoveicoli)  
[veic/h]

$N_W$  = Flusso di **veicoli pesanti** (commerciali di peso > 4.8 t, per trasporto pubblico, motoveicoli di rumorosità comparabile a quella dei veicoli pesanti)  
[veic/h]

$d$  = **Distanza del punto di stima** dalla mezzzeria stradale

$\Delta L_V$  = Correzione dipendente dalla **velocità media del flusso**

$\Delta L_S$  = Correzione dipendente dal **tipo di manto stradale**

$\Delta L_F, \Delta L_B$  = Correzioni dipendenti dalla presenza di **superfici riflettenti** (facciate degli edifici); si assumono pari a 2,5  $\text{dB}_A$  se queste sono presenti

$\Delta L_G$  = Correzione dipendente dalla **pendenza media della strada**

$\Delta L_{VB}$  = Correzione che tiene conto di **casi limite di traffico**

$\alpha$  = Coefficiente relativo al livello di rumore medio prodotto dal **singolo veicolo isolato**. In Italia:  $\alpha=35.1$   $\text{dB}_A$

$\beta$  = Coefficiente di ponderazione che tiene conto del maggiore livello di **rumore dei veicoli pesanti**. In Italia:  $\beta=8$ )



**MODELLI MATEMATICI PER LA PREVISIONE DEI LIVELLI DI RUMORE DOVUTI AL TRAFFICO:  
CNR**

<b>VELOCITÀ MEDIA DEL FLUSSO Km/h</b>	<b><math>\Delta L_V</math> dB<sub>A</sub></b>
30–50	0
50–60	+1.0
60–70	+2.0
70–80	+3.0
80–100	+4.0

<b>PENDENZA MEDIA DELLA STRADA %</b>	<b><math>\Delta L_V</math> dB<sub>A</sub></b>
5	0.0
6	+0.6
7	+1.2
8	+1.8
9	+2.4
10	+3.0

<b>TIPO DI MANTO STRADALE</b>	<b><math>\Delta L_s</math> dB<sub>A</sub></b>
Asfalto liscio	-0.5
Asfalto ruvido	+0.1
Cemento	+1.5
Manto lastricato scabro	+4.0

<b>SITUAZIONI DI TRAFFICO</b>	<b><math>\Delta L_{VB}</math> dB<sub>A</sub></b>
In prossimità di semafori	+1.5
Velocità del flusso < 30 Km/h	-1.5



## MINIMIZZAZIONE INQUINAMENTO ACUSTICO DA TRAFFICO VEICOLARE URBANO

### TERMINOLOGIA

### STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE

**AZIONE:** flusso veicolare

**IMPATTO:** se una certa azione produce “effetti” che possono modificare l’ambiente circostante, questi diventano “IMPATTO” nel momento in cui è presente, nell’ambito del dominio dell’effetto, una **COMPONENTE AMBIENTALE SENSIBILE ALLE MODIFICHE PRODOTTE DALL’AZIONE**

$$\text{IMPATTO} = f \left[ \begin{array}{l} \text{LIVELLO DI GRAVITA' DELL'EFFETTO} \\ \text{LIVELLO DI SENSIBILITA' DELLA COMPONENTE AMBIENTALE RICETRICE} \end{array} \right]$$

### DUE PROBLEMI

1. LIVELLI QUASI MAI UNIVOCAMENTE DETERMINABILI
2. NOTEVOLE GRADO DI SOGGETTIVITA' DI TALI PARAMETRI

Nel caso in esame la GRAVITA' DEL RUMORE dipende da:

- a. Quantità dell’energia emessa nell’unità di tempo
- b. Frequenze di emissione
- c. Durata di emissione
- d. Differenza tra livello sonoro raggiunto e quello di fondo
- e. Distanza fra sorgente e soggetto ricevente
- f. Caratteristiche diffusive o assorbenti delle superfici al contorno
- g. Direzione prevalente del vento

La sensibilità del ricevente è correlata al tipo di attività che viene svolta, ove esista **attività umana nella fascia di propagazione dell’emissione.**

**ES.** Le normative esistenti recepiscono il criterio secondo cui i **LIMITI di ACCETTABILITA' POSSONO e DEVONO** essere diversi per una casa di cura, una scuola, una residenza, etc...





## MINIMIZZAZIONE INQUINAMENTO ACUSTICO DA TRAFFICO VEICOLARE URBANO: LINEE DI INTERVENTO

L'intervento in **AMBITO URBANO** presenta **problematiche** differenti dall'analoga situazione **EXTRAURBANA**

- a. Maggiore complessità
- b. **Ridotta disponibilità finanziaria** delle Amministrazioni comunali, rispetto a quelle **AUTOSTRADALI** e **FERROVIARIE** che ha impedito:
  - Completa campagna di indagini e ricerche
  - Formulazione di precise metodologie e tecniche d'intervento
- c. Erroneo affidamento sull'**IPOTETICA CAPACITÀ di assuefazione** dell'organismo umano al rumore



### PRINCIPALI LINEE DI TENDENZA

1. **RIDUZIONE DELLE EMISSIONI**
2. **CONTROLLO DELLA PROPAGAZIONE**
3. **TRASFORMAZIONE DELLE EMISSIONI**



## 1- RIDUZIONE DELLE EMISSIONI (INTERVENTI ATTIVI)

### PROBLEMA

#### PROBLEMA di tipo essenzialmente POLITICO:

Le case automobilistiche hanno da anni elaborato progetti di **veicoli in grado di produrre minore inquinamento ACUSTICO ed ATMOSFERICO**



#### LEGGE DOMANDA/OFFERTA:

Fino a quando il **“non inquinare”** non diventerà un **“optional”** richiestissimo, ovvero il poter politico imporrà **nuovi e più adeguati standards di emissione**, si dovrà convivere con un livello di inquinamento analogo a quello attuale!!

**RUMORE = f** (Flusso di traffico, % veicoli pesanti, tipologia pavimentazione, velocità, pendenza longit. strada, etc...)

### SOLUZIONE

- **INTERVENTI COSTRUTTIVI**
- **INTERVENTI INGEGNERIA DEI TRASPORTI**

#### SITUAZIONE IDEALE:

Corsia unica  
Traffico scorrevole  
Bassa velocità

#### LINEA DI TENDENZA:

- Privilegiare i sensi unici
- Abolizione semafori
- Abolizione svolte dirette a sinistra



### 3- TRASFORMAZIONE DELLE EMISSIONI

#### PRINCIPIO ISPIRATORE

Trasformare il rumore in  
**SUONO PIACEVOLE**, piuttosto  
che attenuarlo



#### SOLUZIONE

- a. Analogamente alle BARRIERE STRADALI, tramite **MODELLI MATEMATICI**, si studia la **PROPAGAZIONE DEL RUMORE** al contorno dell'infrastruttura stradale.
  
- b. Noto lo **SCENARIO ACUSTICO**, si interviene posizionando opportunamente degli **EMETTITORI DI ONDE SONORE** che creano un nuovo scenario acustico improntato al suono degli agenti atmosferici quali vento e pioggia.




## 2- CONTROLLO DELLA PROPAGAZIONE

**FATTORI AGENTI SUL RUMORE  
VEICOLARE**

- ASSORBIMENTO** dell' **ENERGIA ACUSTICA** da parte dell'aria.
- DIVERGENZA GEOMETRICA** per incidenza su superfici riflettenti o assorbenti
- Attenuazione per **INTERPOSIZIONE DI OSTACOLI** fra sorgente e ricevente

### **INTERVENTI FAVOREVOLI:**

 **Aumento della distanza dei riceventi dalla sede stradale** (un raddoppio di "d" corrisponde ad un abbattimento di circa **3 dB<sub>A</sub>** del livello sonoro)

 **Interventi di ingegneria stradale:** la prima superficie su cui incide l'energia sonora emessa dal veicolo è la **PAVIMENTAZIONE**.

 **Barriere artificiali e vegetali**

### **APPLICABILITA' IN AMBITO URBANO**



## INTERVENTI SULLA PAVIMENTAZIONE

PAVIMENTAZIONE



DUPLICE  
RUOLO

1. **Superficie riflettente/assorbente** del rumore veicolare
2. **Sorgente** acustica del RUMORE DI ROTOLAMENTO

### AUTOSTRADA

LA COMPONENTE PREPONDERANTE DEL RUMORE È QUELLA DOVUTA AL ROTOLAMENTO



CONGLOMERATI BITUMINOSI POROSI

$$\Delta L_{\text{equ}} = 3\div 6 \text{ dBA}$$

- Raddoppio distanza d'ascolto
- Dimezzamento del traffico
- Riduzione 25 % velocità

ALTE VELOCITA'

### AMBITO URBANO

SCARSA ATTENZIONE ALLA RIDUZIONE DEL RUMORE DI ROTOLAMENTO



AUMENTO DEL COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO " $\alpha$ " della pavimentazione

TUBO DI KUNDT

BASSE VELOCITA'

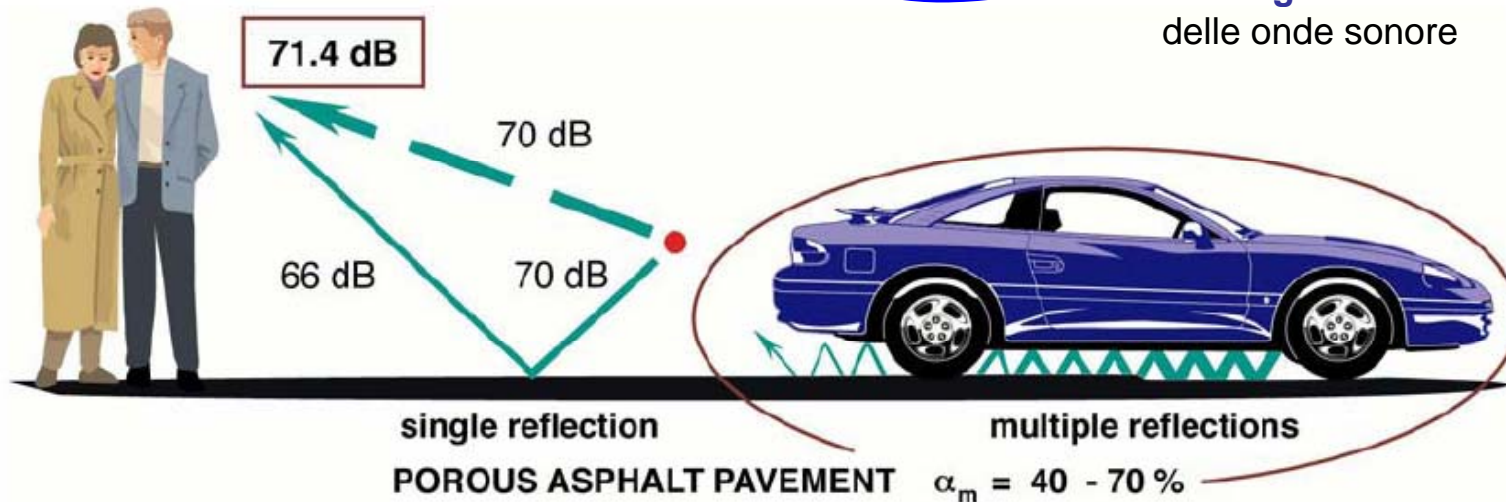


## ASSORBIMENTO DELLE PAVIMENTAZIONI

All'interno dei pori del materiale,  
l'**energia sonora** si trasforma in **calore**

**ASSORBIMENTO**  
 $\alpha_m$

Il **COEFFICIENTE D'ASSORBIMENTO**  $\alpha_m$  dipende dalla **frequenza** e dall'**angolo d'incidenza** delle onde sonore



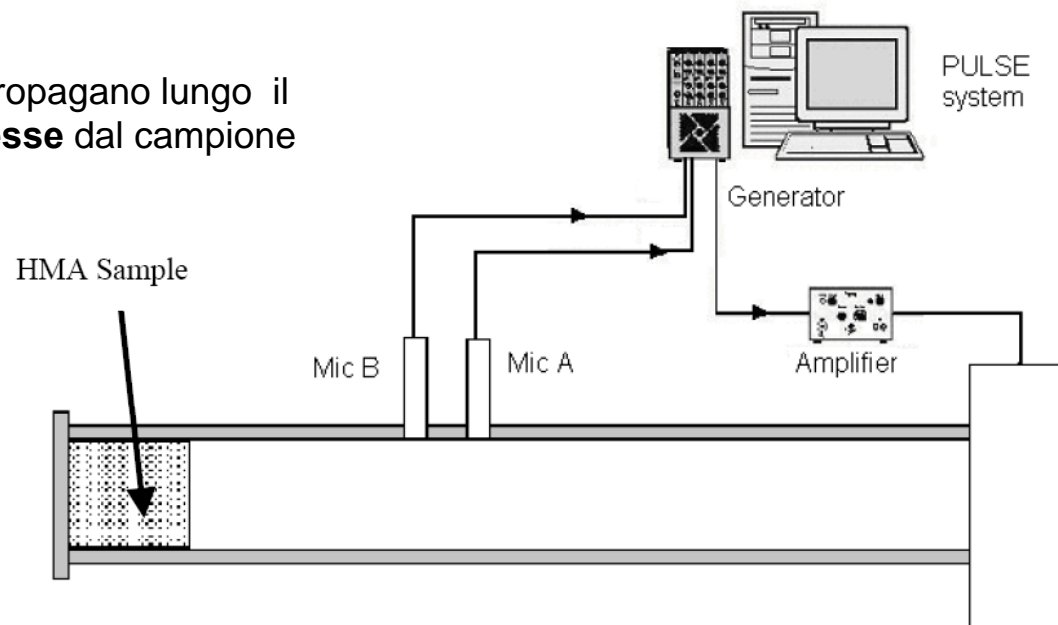
L'assorbimento di **pavimentazioni porose** dipende da:

- Spessore degli strati
- Volume dei vuoti
- Connessione tra i vuoti



## ASSORBIMENTO DELLE PAVIMENTAZIONI: TUBO DI IMPEDENZA (ASTM E-1050)

- Al termine di un tubo appositamente progettato, viene posto una **carota estratta** dalla pavimentazione da testare.
- All'altra estremità del tubo viene montato un altoparlante che emette rumore bianco
- Le onde sonore prodotte si propagano lungo il tubo e sono **assorbite o riflesse** dal campione





- Due **microfoni**, montati sulla parete del tubo, ne registrano il campo sonoro risultante all'interno..
- Il segnale viene processato e tradotto nel **COEFFICIENTE D'ASSORBIMENTO**..



**BARRIERE ARTIFICIALI E VEGETALI**

**PRINCIPALI IMPIEGHI IN AMBITO URBANO**

<p><b>Tronchi AUTOSTRADALI e FERROVIARI di penetrazione urbana</b>                      (Interessano più le periferie e meno i centri storici, permettendo <b>riduzioni fino a 15 dBA</b> dell'inquinamento prodotto dai veicoli che vi transitano)</p>		
<p><b>BARRIERE ARTIFICIALI FONOISOLANTI</b></p>	<p>Corpi opachi al suono che <b>riflettono</b> gran parte dell'energia incidente (materiali: cls e muratura).</p>	<p><b>Si dimensionano</b> tramite appositi programmi per l'ottimizzazione dei costi <b>in funzione dei dBA da abbattere</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ caso particolare: <b>uscita dai sottovia urbani</b></li> </ul>
<p><b>BARRIERE ARTIFICIALI FONOASSORBENTI</b></p>	<p>Di norma costituite da apposite <b>scatole metalliche</b> con superficie esposta al suono opportunamente forata all'interno delle quali vengono posti dei setti di <b>materiale fonoassorbente</b></p>	<p>Livelli di inquinamento superiori rispetto a situazioni "a cielo aperto" (a parità di traffico): concentrazione fenomeno riflessioni multiple</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>rivestimento piedritti, volta e muri di imbocco con materiale fonoassorbente:  <b>-6 dBA</b></p>
<p><b>BARRIERE VEGETALI</b></p>	<p>L'attenuazione del rumore, da parte della vegetazione avviene mediante <b>ASSORBIMENTO</b> e successiva <b>TRASFORMAZIONE dell'energia sonora in energia termica</b>, in seguito alle molteplici riflessioni delle onde sonore sulle superfici delle foglie, dei rami e dei tronchi.</p>	<p><b>EFFETTO SCHERMO EFFICACE</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piante ravvicinate</li> <li>• Chiome senza spazi</li> <li>• Sempreverdi</li> </ul> <p><b><math>\Delta Lequ = 5 \text{ dBA}</math></b></p>