



# **Il Progetto De.C.I.So.**

**Death Children Improvement Sound Quality**

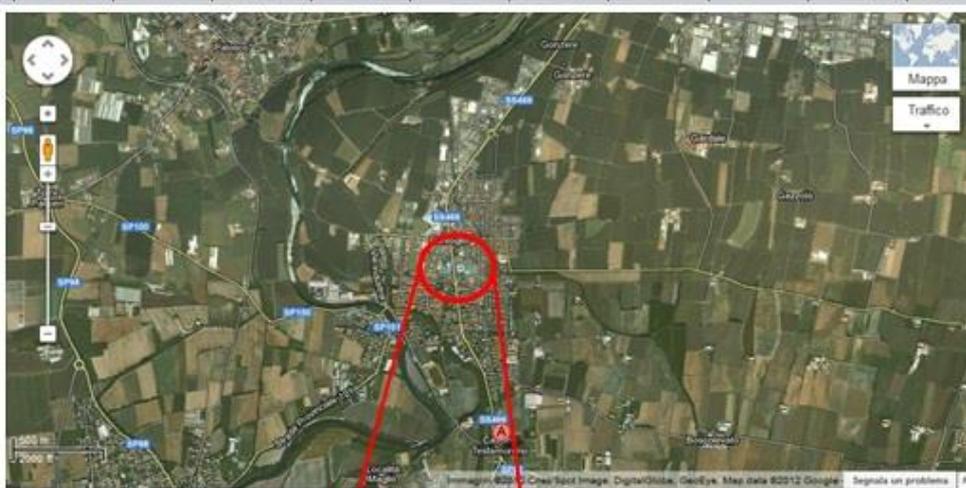
**Premessa sui riferimenti legislativi e normativi**



**DALL'ESTERNO**



**ALL'INTERNO**



**COMPATIBILITA'  
AMBIENTALE DEL  
SITO IN RAPPORTO  
AL PROGETTO  
CLIMA ACUSTICO**



**COMPATIBILITA'  
AMBIENTALE DEL  
PROGETTO IN  
RAPPORTO AL SITO  
IMPATTO ACUSTICO**



## CLASSE I – Aree particolarmente protette

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, **scolastiche**, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.

## CLASSE II – Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.

## CLASSE III – Aree di tipo misto

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.

## CLASSE IV – Aree di intensa attività umana

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali; le aree con limitata presenza di piccole industrie.

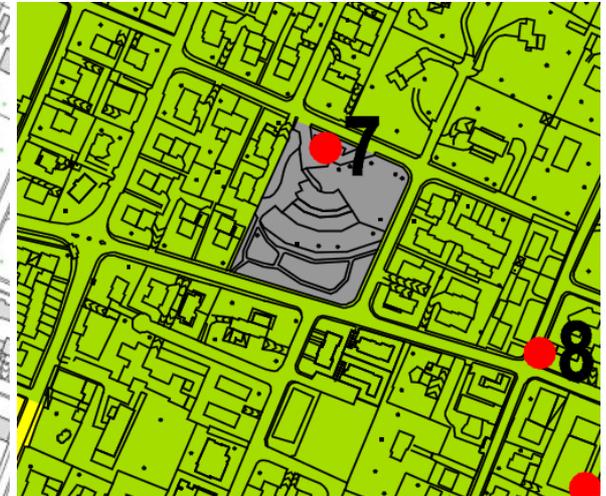
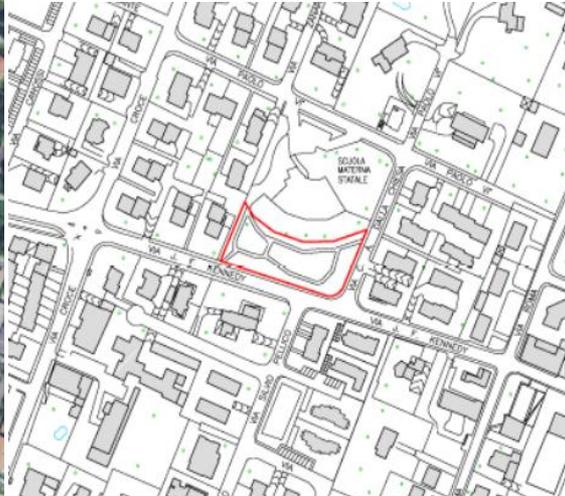
## CLASSE V – Aree prevalentemente industriali

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

## CLASSE VI – Aree esclusivamente industriali

Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

# IL CLIMA ACUSTICO



CLASSE		dB(A)eq		dB(A)eq		dB(A)eq	
		DIURNO	NOTTURNO	DIURNO	NOTTURNO	DIURNO	NOTTURNO
I	AREE PARTICOLARMENTE PROTETTE	45	35	50	40	5	3
II	AREE DESTINATE AD USO PREVALENTEMENTE RESIDENZIALE	50	40	55	45	5	3
III	AREE DI TIPO MISTO	55	45	60	50	5	3
IV	AREE DI INTENSA ATTIVITA' UMANA	60	50	65	55	5	3
V	AREE PREVALENTEMENTE INDUSTRIALI	65	55	70	60	5	3
VI	AREE ESCLUSIVAMENTE INDUSTRIALI	65	65	70	70	n.a.	n.a.



In Italia le disposizioni legislative riguardanti il controllo del rumore sono raccolte a partire dalla **Legge n. 447 del 26/10/1995** «**Legge quadro sull'inquinamento acustico**» e i successivi decreti attuativi.

**D.P.C.M. 14/11/1997** «**Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore**»

In Lombardia: **L.R. n. 13 del 10/08/2001** «**Norme in materia di inquinamento acustico**».

**SE IL CLIMA ACUSTICO NON FOSSE CONFORME ALLA CLASSE I ?  
(AZIENDE RUMOROSE, INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO, ECC.)**

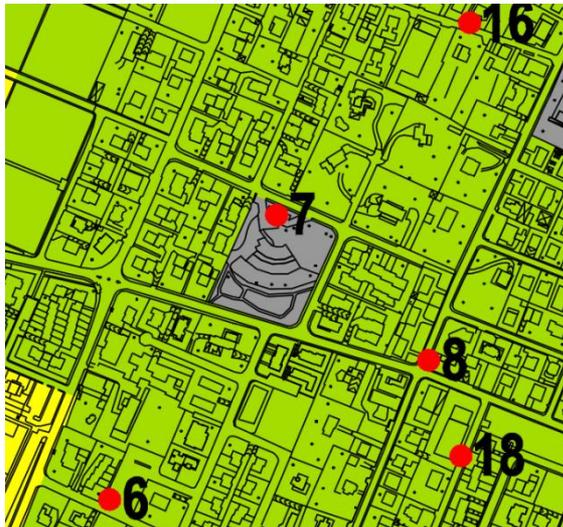
**Allegato alla Delibera R.L. n. VII/9776/2002** «**Criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale**»:

«Sono da includere in classe 1: I complessi ospedalieri, i complessi scolastici o poli universitari, i parchi pubblici di scala urbana privi di infrastrutture per le attività sportive. I singoli edifici destinati ad attrezzature sanitarie, **a scuole**, le aree verdi di quartiere vanno classificati in relazione al contesto di appartenenza: se tale **contesto è facilmente risanabile** dal punto di vista acustico la presenza di tali edifici o aree verdi può determinare la scelta della classe I, **altrimenti** si dovrà classificare in base al contesto e **la protezione acustica potrà essere ottenuta attraverso interventi passivi sulle strutture degli edifici**».



# IL PROGETTO – dal contesto all'edificio

- PROGETTAZIONE DELLA COLLOCAZIONE E DISTRIBUZIONE DEGLI AMBIENTI,
- REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI -  $D_{2m,nT,w}$



**IN CHE FASE DEL PROGETTO E' NECESSARIA LA CONSULENZA ACUSTICA?**

# Le prestazioni acustiche passive dell'edificio



Possiamo individuare **tre tipologie di sorgenti** importanti:

- 1) esterne all'edificio (traffico, rumori da stabili vicini, attività produttive, ecc.);
- 2) interne allo stesso stabile (voci, passi, suoni, ecc.)
- 3) impianti tecnici a funzionamento continuo o discontinuo



## **Circolare Ministeriale n. 3150 del 22/05/1967**

### ***Criteria di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici***

Fa riferimento alla C.M. n. 1769 del 30/04/1966 parte 1

Al punto 1.2 si legge:

*«Le misure in opera devono essere eseguite su tutti i tipi di aula presentanti caratteristiche diverse. Le determinazioni di isolamento acustico dovranno essere eseguite tra aula e aula. [...] Le determinazioni devono essere eseguite in aule complete di rivestimento assorbente, col normale arredamento scolastico; non oltre due persone debbono essere presenti nelle aule durante l'esecuzione delle misure.»*

<b>REQUISITO</b>	<b>Valore limite</b>
Isolamento acustico fra due aule adiacenti sullo stesso piano	$\geq 40$ dB
Isolamento acustico fra due aule sovrapposte	$\geq 42$ dB
Livello di rumore di calpestio fra due aule sovrapposte	$\leq 68$ dB
Rumorosità di servizi a funzionamento discontinuo	$\leq 50$ dB(A)
Rumorosità di servizi a funzionamento continuo	$\leq 40$ dB(A)



# R.A.P. – IL D.M. 18/12/1975

## **Decreto Ministeriale 18/12/1975** «*Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica* [...]»

Fa riferimento ancora alla C.M. n. 1769 del 30/04/1966 parte 1.

Al punto 1.0.2 si afferma:

«Allo scopo di garantire, per qualunque tipo di scuola, indipendentemente dalla localizzazione e dimensione, un massimo di relazioni che permettano a tutti gli allievi, senza distinzione di provenienza e di ceto, di istruirsi, nelle migliori condizioni ambientali ed educative, ogni edificio scolastico va considerato parte di un "*continuum*" educativo, inserito in un contesto urbanistico e sociale, e non come entità autonoma.[...]

### Al punto 5.1 si affrontano le «**CONDIZIONI ACUSTICHE**»

- tutto confermato;
- collaudi in opera;
- estensione dell'intervallo di frequenze da 125 a 4000 Hz;
- introduzione della verifica del potere fonoisolante anche rispetto all'esterno ( $\geq 25$  dB se presente l'infisso,  $\geq 35$  dB se solo parte opaca)



# R.A.P. - D.P.C.M. 5/12/97

## Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 05/12/1997

Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili

Categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili

Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili

Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili

**Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili**

Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili

Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Categorie	Parametri				
	$R_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
<b>3. E</b>	<b><math>\geq 50</math> (40-42)</b>	<b><math>\geq 48</math> (25-35)</b>	<b><math>\leq 58</math> (68)</b>	<b><math>\leq 35</math> (50)</b>	<b><math>\leq 25</math> (40)</b>
4. B, F, G	50	42	55	35	35



**UNI 11367/2010** «Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera»;

Le scuole (a tutti i livelli) non sono soggette a classificazione. I RAP sono comunque da valutare

## APPENDICE A

[...] *esistendo analoghe o più rigorose esigenze di protezione dal rumore, si forniscono specifici valori [...]*

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, $R'_w$ [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L_{nw}$ [dB]	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, $L_{ic}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni $i$ fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $L_{nw}$ [dB]	63	53



## RELAZIONE TRA CLASSIFICAZIONE ACUSTICA E QUALITA' ACUSTICA ATTESA ALL'INTERNO DEGLI EDIFICI

### RUMORI INTERNI ALL'EDIFICIO

Classe acustica	Prestazioni acustiche attese
I	Molto buone
II	Buone
III	Di base
IV	Modeste

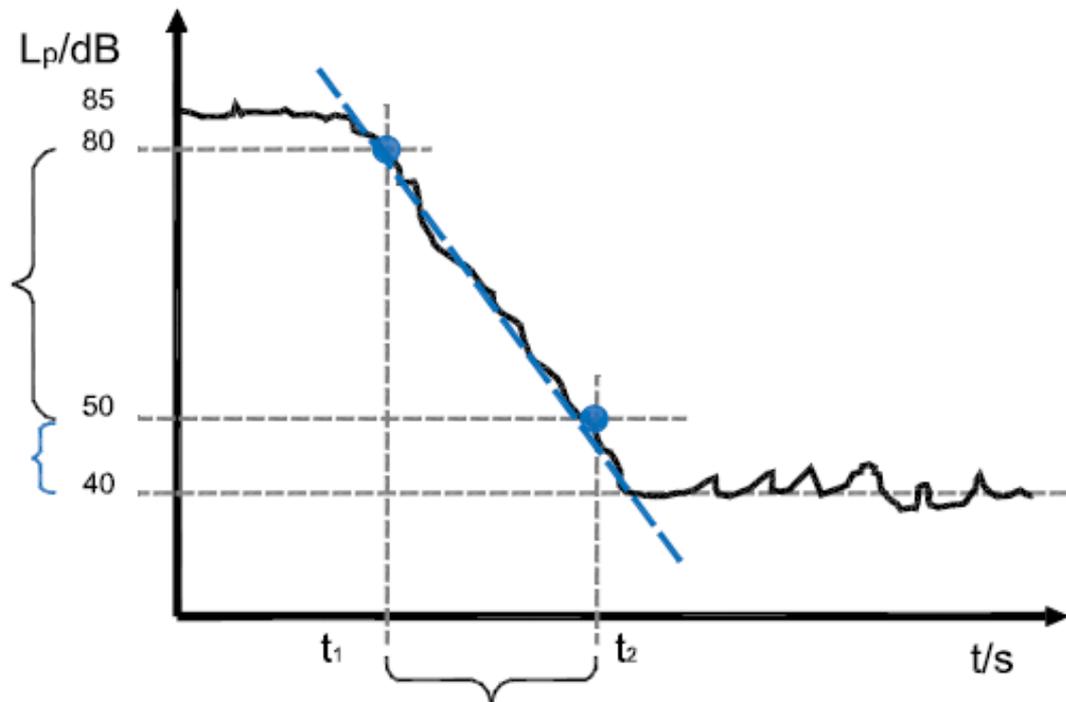
### RUMORI ESTERNI ALL'EDIFICIO

Tipologia area	Classe acustica di isolamento acustico di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ )			
	IV	III	II	I
Aree molto silenziose	di base	buone	molto buone	molto buone
Aree abbastanza silenziose	modeste	di base	buone	molto buone
Aree mediamente rumorose	modeste	modeste	di base	buone
Aree molto rumorose	modeste	modeste	modeste	di base

# Il Tempo di Riverberazione



DURATA IN SECONDI CORRISPONDENTE AL DECADIMENTO DI 60 dB IN UN AMBIENTE OVE VIENE SPENTA UNA SORGENTE DI RUMORE, CHE PRIMA GENERAVA CONDIZIONI DI SATURAZIONE E STAZIONARIETA' SONORA





## Circolare ministeriale n. 3150 del 22/05/1967

*Criteria di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici*

Fa riferimento alla C.M. n. 1769 del 30/04/1966 parte 1.

Al punto 1.6 si afferma che :

«Il **tempo di riverberazione** nelle aule arredate e con la presenza di due persone al massimo, non deve superare i prescritti limiti. [...]»

Al punto 3.2 inoltre viene dichiarato che :

«La media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250 – 500 – 1000 – 2000 Hz, non deve superare **1.2 s** ad aula arredata con la presenza di due persone al massimo. [...]»

Nelle **palestre** la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare 2.2 s.

Eventuali **aule per musica** e spettacolo devono adeguarsi, per quanto riguarda il trattamento acustico, alle norme generali per le sale di spettacolo.»

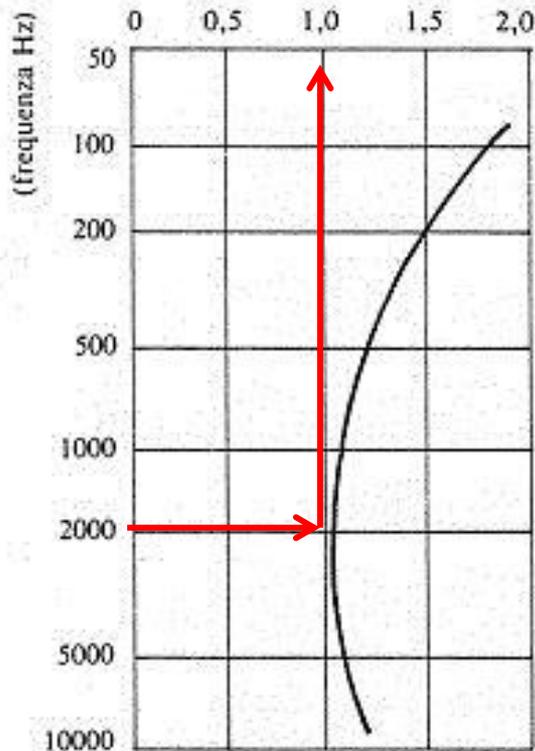
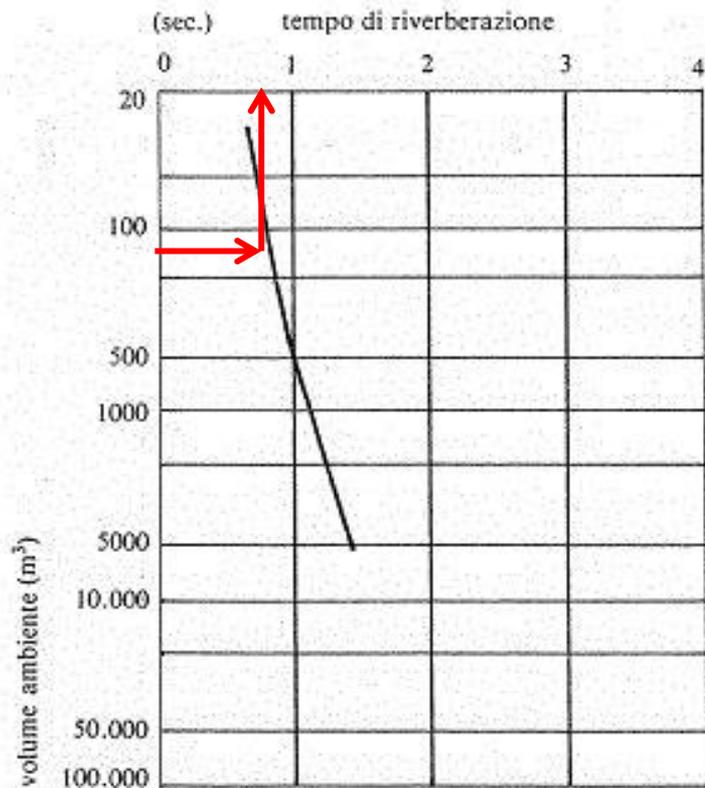
Non viene fatto però esplicito riferimento a mense e refettori.



## Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica

Fa riferimento ancora alla C.M. n. 1769 del 30/04/1966 parte 1. Considera anche le mense e i refettori.

### II TEMPO DI RIVERBERAZIONE DIPENDENTE DAL VOLUME



Ipotizzando un'aula  
con  $V = 150 \text{ m}^3$

Freq. [Hz]	TR [s]	K [-]
125	1.30	1.70
250	1.07	1.40
500	0.92	1.20
1000	0.84	1.10
<b>2000</b>	<b>0.76</b>	<b>1.00</b>



## Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 05/12/1997

*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili

Categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili

Categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili

Categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili

**Categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili**

Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili

Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Categorie	Parametri				
	$R_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
<b>3. E</b>	<b><math>\geq 50</math> (40-42)</b>	<b><math>\geq 48</math> (25-35)</b>	<b><math>\leq 58</math> (68)</b>	<b><math>\leq 35</math> (50)</b>	<b><math>\leq 25</math> (40)</b>
4. B, F, G	50	42	55	35	35

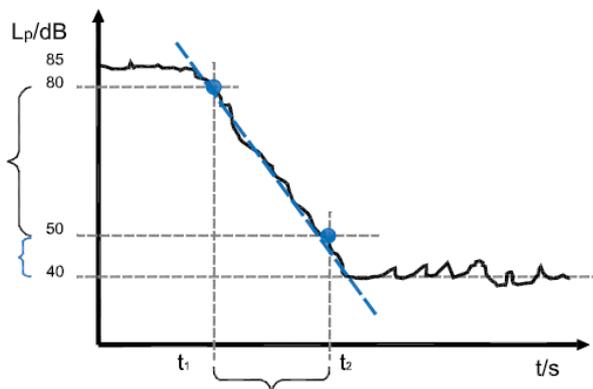
**NOTA: con riferimento all'edilizia scolastica, i limiti per il TR sono quelli riportati nella C.M. n. 3150 del 1967**



## APPENDICE C

« All'interno di ambienti dove il comfort e in specifico l'intelligibilità del parlato, rivestono un'importanza fondamentale (**aule scolastiche**, ambienti espositivi, sale da conferenza, **mense**, ecc.) e/o dove il controllo dell'assorbimento acustico risulta essere critico (**palestre**, piscine, ambienti per lo sport in genere), la valutazione acustica richiede la determinazione di **alcuni specifici parametri**.»

### Il tempo di riverberazione



	$TR_{ott}$ [s]
Ambienti adibiti al parlato	$\leq 0.32 \cdot \log(V) + 0.03$
Ambienti adibiti ad attività sportive	$\leq 1.27 \cdot \log(V) - 2.49$

Ipotizzando un'aula con un  $V = 150 \text{ m}^3$

$TR_{ott} = 0.73 \text{ s}$

$TR \leq 120\% TR_{ott} = 0.87 \text{ s}$  - In tutte le bande tra 250 e 4000 Hz

NOTA: Per quanto la determinazione del tempo di riverberazione consenta di valutare un ambiente dedicato al parlato, tuttavia per una completa caratterizzazione acustica di un ambiente avente tale utilizzo è **consigliabile** la rilevazione di altri parametri acustici (come il **C50** e lo **STI**). A maggior ragione il tempo di riverberazione non è adeguato per valutare ambienti utilizzati per l'ascolto della musica (teatri, cinema, ecc).



## UNI 11532 «Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati»

«[...] per alcune destinazioni d'uso, quali per esempio le scuole di ogni ordine e grado, [...] l'intelligibilità del parlato è un'esigenza di primaria importanza.»

Destinazione ambiente	Descrittore <sup>a)</sup>	Valore di riferimento <sup>b)</sup>	Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo <sup>c)</sup>	Note <sup>d)</sup>
<b>AULE DIDATTICHE e affini</b>					
Aule didattiche di ogni ordine e grado	T	≤0,6 s a 0,8 s	<sup>1)</sup>	Da 500 a 2 000	UK <sup>8) 9)</sup>
	T	≤1,2 s	-	Da 500 a 2 000	IT <sup>8) 9)</sup>
	T	≤0,6 s	<sup>3)</sup> 40% - 125 Hz	Da 125 a 2 000	NO <sup>5)</sup> <sup>8) 9)</sup>
	T	≤0,6 s a 0,7 s	<sup>2)</sup>	Da 500 a 2 000	USA <sup>8) 9)</sup>
	T	≤0,6 s a 0,8 s	<sup>3)</sup> 50% - 125 Hz <sup>5)</sup>	Da 125 a 4 000	FI <sup>6)</sup> <sup>6)</sup>
	T	≤0,5 s	<sup>3)</sup> 20% - 125 Hz <sup>5)</sup>	Da 125 a 4 000	SE <sup>6)</sup> <sup>8) 9)</sup>
	T	≤0,4 s a 0,8 s	<sup>1)</sup>	Da 500 a 2 000	FR <sup>7) 8) 9)</sup>

Kleiner, Dalenback, Svensson «**Auralization**: an overview» - AES Journal vol. 41 – n.11 novembre 1993  
 « ... processo di rendere udibile, per mezzo di modelli fisici o matematici, il campo acustico generato da una sorgente in uno spazio in modo tale da simulare l'esperienza di ascolto binaurale in una definita posizione dello spazio oggetto della modellazione ..»

SEGNALE ANECOICO



MEDIA PROGETTO De.C.I.So.





## RISPOSTA ALL'IMPULSO



### Chiarezza

$$C_{50} = 10 \cdot \log \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(t) dt} \quad [\text{dB}]$$

### Definizione

$$D = \frac{\int_0^{50ms} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt} \quad [\%]$$



## INTELLIGIBILITA'

Intelligibilità (del parlato): la percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità della parole o frasi pronunciate da un parlatore

Fattori che la condizionano:

1. Riverberazione,
2. Rumore di Fondo,
3. Caratteristiche della sorgente (voce – emissione, composizione in frequenza, andamento temporale e della direttività)
4. Fattori linguistici (struttura grammaticale, semantica, composizione alfabetica delle parole).

## Valutazione dell'intelligibilità

1. Test di intelligibilità con gruppi di parlatori e ascoltatori – MOLTO COMPLESSO E DISPENDIOSO
2. Metodi alternativi più semplici con riferimento a indici legati a parametri oggettivi (misurabili e prevedibili).

## SPEECH TRANSMISSION INDEX [dB]

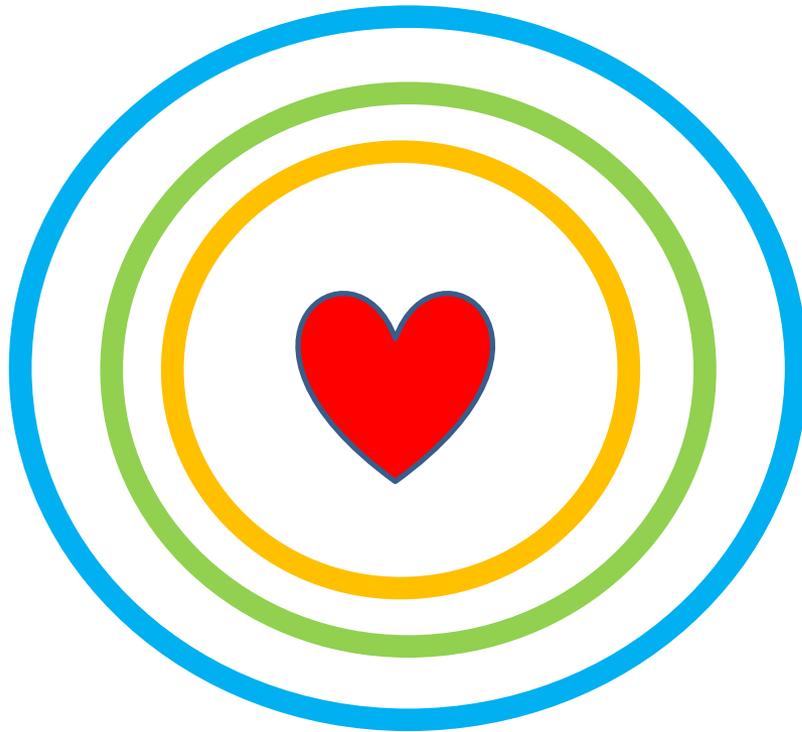
**Pessimo < 0,2**

**Scadente 0,2 - 0,4**

**Discreta 0,4 – 0,5**

**Buona 0,6 – 0,8**

**Eccellente > 0,8**



**ACUSTICA AMBIENTALE**  
**LQ 447/95 – DPCM 14/11/97**

**REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**  
**DM '75 – DPCM 5/12/97**

**ACUSTICA D'INTERNI**  
**DPCM 5/12/97 – UNI11367/2010**

**PROGETTO DE.C.I.SO.**