

REGIONE TOSCANA. PROGETTO INDOOR: STUDIO SUL COMFORT E SUGLI INQUINANTI FISICI E CHIMICI NELLE SCUOLE. RISULTATI DELLE MISURE DI TIPO ACUSTICO

M. Vincentini(1); C. Delucis (1); V. Calafiore (2); F. Pignatelli (3); G. Calistri (4); Pinto (5); N. Stacchini (5); E. Balocchini (6); C. Aprea (5); F. Barghini (7); A. Benvenuti (8); V. Bianchimani (9); C.Cassinelli (3); P. Cercenà (10); R. La Vecchia (6); M.T. Maurello (11); L. Miligi (8); G. Sciarra (5); e UF ISP ASL Regione Toscana

- (1) Laboratorio Sanità Pubblica, AUSL2 Lucca;
- (2) UF Verifiche Impianti e Macchine, AUSL 10 Firenze;
- (3) Laboratorio Sanità Pubblica, AUSL10 Firenze;
- (4) UF Igiene e Sanità Pubblica AUSL3 Pistoia;
- (5) Laboratorio Sanità Pubblica, AUSL7 Siena;
- (6) Diritto alla Salute e politiche di solidarietà-Igiene Pubblica-Regione Toscana, Firenze;
- (7) UF Igiene e Sanità Pubblica, AUSL12 Viareggio;
- (8) Unità Operativa di Epidemiologia Ambientale ed Occupazionale, Centro per lo Studio e la Prevenzione Oncologica, Firenze;
- (9) UF Igiene e Sanità Pubblica, AUSL1 Massa;
- (10) UF Igiene e Sanità Pubblica, AUSL10 Firenze
- (11) UF Igiene e Sanità Pubblica, AUSL8 Arezzo

1. Introduzione

Poiché i bambini rappresentano i gruppi più vulnerabili della popolazione, la Regione Toscana, visto l'interesse che ciò può rivestire per la Sanità Pubblica, ha promosso un'indagine sugli inquinanti indoor (Rumore, Microclima, Aldeidi, BTEX e PM_{2,5}) negli ambienti scolastici. Scopo di questo progetto è stato di individuare quali sono gli inquinanti indoor a cui i minori possono essere esposti durante la normale attività scolastica e di conoscere la reale consistenza dell'inquinamento indoor negli ambienti suddetti.

E' stato inoltre somministrato, agli alunni ed agli insegnanti, un questionario volto a rilevare la percezione del comfort nelle aule.

Vengono qui presentati i risultati relativi ai rilievi di tipo acustico. La campagna di misure ha avuto luogo nel primo semestre del 2005, ed è stata suddivisa in due fasi: una campagna invernale (gennaio-febbraio) ed una primaverile (aprile-maggio-giugno). Per quanto riguarda il rumore le misure sono state effettuate in un unico periodo (marzo-maggio).

La prima fase di indagini si è conclusa e sono in fase di progettazione ulteriori approfondimenti.

Il campione esaminato è costituito da 60 scuole, elementari e medie, dislocate sull'intero territorio regionale e circa 150 aule sono state caratterizzate dal punto di vista acustico. Questa indagine ha impegnato circa 120 operatori delle 12 AUSL della Regione Toscana, raggruppate secondo le 3 differenti aree vaste: nord-ovest, centro e sud.

Solitamente i rilevamenti in campo sono stati effettuati dai Servizi di Igiene e Sanità Pubblica delle singole AUSL, con il coordinamento dei Laboratori di Sanità Pubblica di Area Vasta, ognuno all'interno del territorio di competenza. Per quanto riguarda specificatamente i rilievi di tipo acustico, per i quali era necessaria strumentazione più complessa, essi sono stati eseguiti utilizzando anche la strumentazione in dotazione ai Laboratori di Sanità Pubblica, il cui personale, laddove necessario, è stato presente in campo durante le misure.

La legislazione di riferimento è costituita dal DPCM 5.12.97 [1]; dal D.M. 18.12.1975 Ministero della Pubblica Istruzione [2], dal DPCM 14.11.1997 [3], dalla norma UNI EN ISO 3382/2001 [4] e dalla norma ISO 9921/2003 [5]

2. Materiali e metodi

La campagna di rilevamenti è stata condotta su un campione casuale di 60 scuole, composto da 5 edifici scolastici per ciascuna delle 12 AUSL toscane, scelto in modo casuale tra scuole con presenza di almeno 15 aule. Per ogni scuola sono state scelte tre aule, ripartite in 3 categorie sulla base delle distanze dagli inquinanti (piano di ubicazione e presenza/assenza di finestre sulla strada di maggior traffico).

Per quanto riguarda le misure di tipo acustico i criteri di scelta delle aule sono stati i seguenti, indicati per ordine di importanza:

- aula A, la più esposta: la meno distante dalla strada più trafficata; posta al piano terreno o (se non possibile) al primo piano; col maggior numero di finestre che si aprono sulla strada più trafficata; col maggior numero di alunni; con la maggiore età degli alunni
- aula B, la meno esposta: la più distante dalla strada più trafficata; posta allo stesso piano dell'aula A; col maggior numero di finestre che si aprono sulla strada meno trafficata; col maggior numero di alunni; con la maggiore età degli alunni
- aula C: collocata al piano superiore rispetto alle precedenti; col maggior numero di finestre che si aprono sulla strada più trafficata; col maggior numero di alunni; con la maggiore età degli alunni

Al fine di valutare l'inserimento della scuola nell'ambiente esterno ed acquisire informazioni relative all'ambiente interno (aula), il protocollo relativo al rumore prevedeva la misura dei seguenti parametri:

- ✓ Rumore di fondo ad aula vuota e scuola attiva L_{fcca} .
- ✓ Livello equivalente di facciata, L_{Aeq} .
- ✓ Sforzo vocale dell'insegnante, $L_{S,A,1m}$.
- ✓ Tempo di riverbero, T_R .

Il rumore di fondo ad aula vuota e scuola attiva è stato misurato con l'aula vuota, a finestra chiusa, mentre nelle altre aule si svolgeva la regolare attività scolastica. Il microfono è stato posto al centro dell'aula, a 1,20 m dal suolo, ad almeno 1 m dalle superfici riflettenti. La misura ha avuto durata di 15 minuti.

Il livello equivalente di facciata è stato misurato nell'aula vuota, mentre nelle altre aule si svolgeva la regolare attività scolastica. Il microfono è stato posto all'interno del vano finestra, a finestra aperta, nel centro finestra. La misura ha avuto la durata di 15 minuti.

Il rilievo finalizzato a valutare lo sforzo vocale dell'insegnante è stato eseguito mentre l'insegnante leggeva un brano, lo stesso per le diverse tipologie di classe, uno per le elementari, ed uno per le medie. La durata della lettura è stata di circa 10 minuti. Il microfono è stato posto ad 1 metro dall'insegnante, in posizione frontale, secondo quanto indicato nella norma ISO 9921/2003 [5].

I tempi di riverbero sono stati misurati in assenza di alunni all'interno dell'edificio scolastico, conformemente alla norma UNI EN ISO 3382/2001 [4]. La sorgente di rumore (sorgente omnidirezionale alimentata da rumore rosa, o pistola) è stata posta nella posizione occupata dalla cattedra; i microfoni sono stati posti in diverse posizioni all'interno dell'aula (3-4 posizioni), ad 1,20 m dal suolo, ad almeno 1 m dalle superfici riflettenti.

Durante tutte le misure sono stati esclusi eventi eccezionali che potevano influenzare le rilevazioni di rumore, ad esempio lavori stradali, attività ricreative non abituali, ecc..

3. Risultati e loro valutazione

3.1 Rumore di fondo

Le misure di rumore di fondo effettuate a finestre chiuse, ad aula vuota, in posizione di centro ambiente, mentre nel resto della scuola si svolgeva la regolare attività didattica, hanno fornito i valori riportati nella tabella 1 e nella figura 1. L'area vasta centro, che presenta il maggior numero di scuole in area urbana, ha registrato i valori più alti.

Standard normativi internazionali, quali ad esempio quello vigente in Gran Bretagna [6] o lo standard ANSI degli Stati Uniti [7], riportano un valore limite di 35 dB(A). In tali norme sono però esclusi i contributi del rumore proveniente dall'attività didattica e dall'attività svolta negli ambienti adiacenti a quello considerato, in quanto si tratta di standard che riguardano la progettazione degli edifici scolastici. Le nostre misure, come abbiamo detto, comprendono il rumore proveniente dall'attività didattica svolta negli ambienti adiacenti e non sono quindi confrontabili con tali standard.

Il valore di 35 dB(A) è suggerito anche dall'OMS [8], ma esso è inteso durante l'attività didattica, ai fini di un'ideale intelligibilità della parola, considerando un livello di parlato, ad 1 m di distanza, di 50 dB(A). Tali valori, sia in base ai risultati da noi ottenuti, sia in base ai dati riportati in letteratura, [9] non ci sembrano rappresentativi della realtà scolastica.

Tabella 1 – Rumore di fondo misurato a finestra chiusa in posizione centro ambiente

Area vasta	Rumore di fondo dB(A)
Nord-ovest	44,5
Centro	47,5
Sud	44,0
Totale	45,5

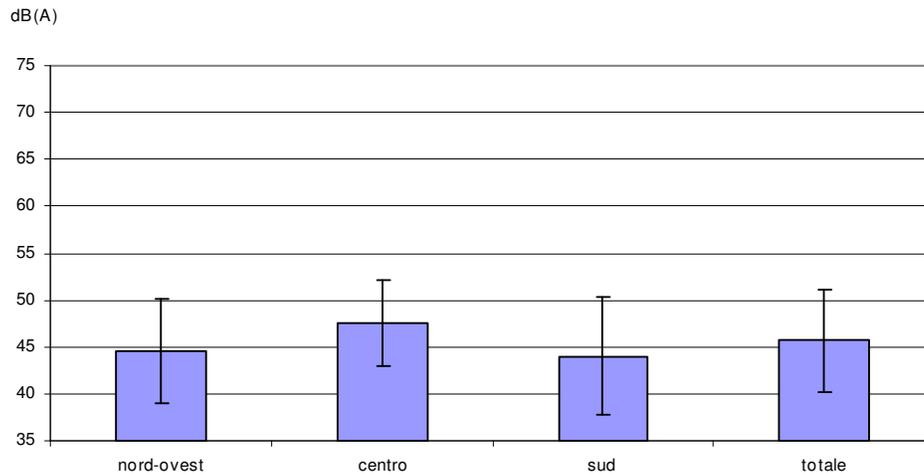


Figura 1 – Rumore di fondo misurato a finestra chiusa in posizione centro ambiente

3.2 Livello equivalente di facciata

Le misure del livello equivalente di facciata sono state effettuate all'interno del vano finestra, con la finestra aperta.

I dati relativi a questo parametro non comprendono quelli relativi all'area vasta sud in quanto i criteri di scelta delle aule adottati in tale zona sono stati leggermente diversi rispetto a quelli indicati dal protocollo di misura.

I valori ottenuti sono stati confrontati con i valori limite di immissione, stabiliti dal DPCM 14/11/97 [3], in funzione delle classi di destinazione d'uso del territorio, relativi al periodo diurno.

Nelle tabelle 2 e 3 si riportano, per le aule di tipo A, cioè quelle meno distanti dalla strada più trafficata, il numero di aule in cui si è registrato il superamento del valore limite di immissione e le relative percentuali di superamento. La tabella 2 e la figura 2 riportano i dati accorpati per le aree vaste nord e centro e la tabella 3 riporta i dati separati. Nell'area vasta centro, che presenta un maggior numero di scuole in area urbana, si è registrato una maggiore percentuale di superamenti dei valori limite di immissione rispetto all'area vasta nord-ovest.

La figura 3 riporta i dati in funzione della tipologia di aula (A, B, C). Solo per le aule che si trovano in zone con classificazione acustica del territorio di tipo IV i livelli sonori registrati rispettano l'andamento atteso dai criteri di scelta delle aule, ossia il livello sonoro ottenuto cresce al diminuire della distanza dalla strada più trafficata. Questo perché il rumore prevalente nelle zone in cui si trova la maggioranza di queste scuole è quello del traffico stradale, mentre non lo è per la maggioranza delle restanti scuole. Non si evidenziano differenze significative tra i livelli registrati dalle aule di diversa tipologia (A, B, C) per le restanti scuole.

Infine evidenziamo che si sono registrati livelli sonori superiori al relativo valore limite di immissione in circa un terzo dei casi esaminati.

Tabella 2 – Aree vaste nord-ovest e centro: numero delle aule in cui si è avuto il superamento del valore limite di immissione (DPCM 14/11/97) [3], percentuali relative e valore medio misurato per tali aule

Aree vaste Nord Ovest e Centro			
Classe acustica e valore limite diurno di immissione	n. superamenti	n. aule	% superamenti
I: aree particolarmente protette, tra cui scuole 50 dB(A)	1	1	100
II: aree prevalentemente residenziali 55	4	13	30,8
III: aree di tipo misto 60	6	17	35,3
IV: aree di intensa attività umana 65	4	14	28,6
totale	15	45	33,3

Tabella 3 – Numero delle aule in cui si è avuto il superamento del valore limite di immissione (DPCM 14/11/97), percentuali relative suddivise per area vasta

Area vasta nord ovest				Area vasta centro		
classe acustica	n. superamenti	n. aule	% superamenti	n. superamenti	n. aule	% superamenti
I				1	1	100,0
II	3	10	30	1	3	33,3
III	1	9	11,1	5	8	62,5
IV	0	5	0	4	9	55,5
totale	4	24	16,7	11	21	52,4

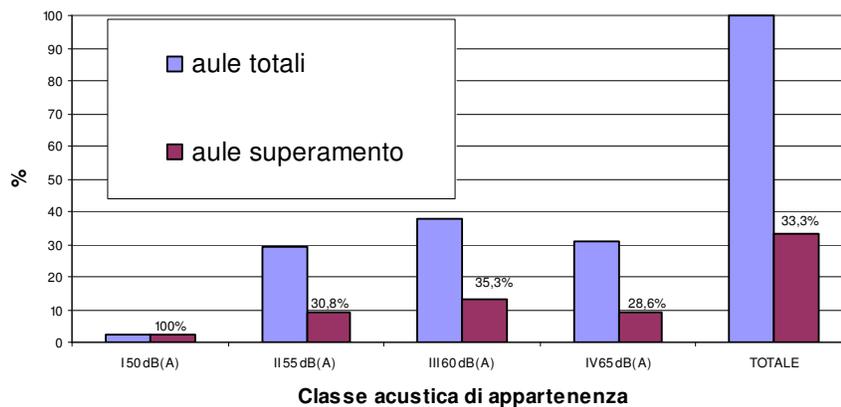


Figura 2 – Rumore di facciata delle aule di tipo "A": superamento dei limiti relativi alla classe acustica di appartenenza (nord-ovest e centro; totale 45 aule)

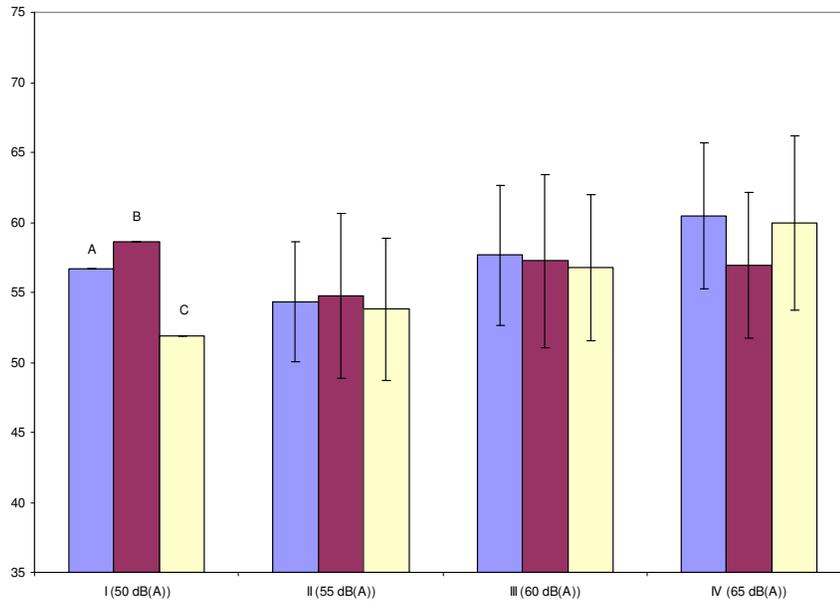


Figura 3 – Rumore di facciata per tipologia di aula (area nord-ovest e centro; totale 135 aule)

3.3 Sforzo vocale

Le misure dello sforzo vocale dell'insegnante, eseguite ad 1 m di distanza dall'oratore, durante la lettura di un brano standard, hanno fornito un valore medio di 70,5 dB(A). Tale valore è risultato essere, valutato secondo norme internazionali, elevato (raised), un gradino superiore al livello considerato normale, ma tuttavia non alto (loud). (ISO 9921/2003 [5])

Non si osservano particolari differenze tra le aree vaste, né tra uomini (15 uomini, valore medio 71,5 dB(A)) e donne (137 donne, valore medio 70,3 dB(A)). Il valore minimo registrato è stato 60,2 dB(A) ed il massimo 80,3 dB(A). I risultati ottenuti sono riportati nella figura 4, relativa ai valori medi delle 3 aree vaste, e nella tabella 4, in cui i dati sono accorpati secondo gli intervalli stabiliti dalla norma [5].

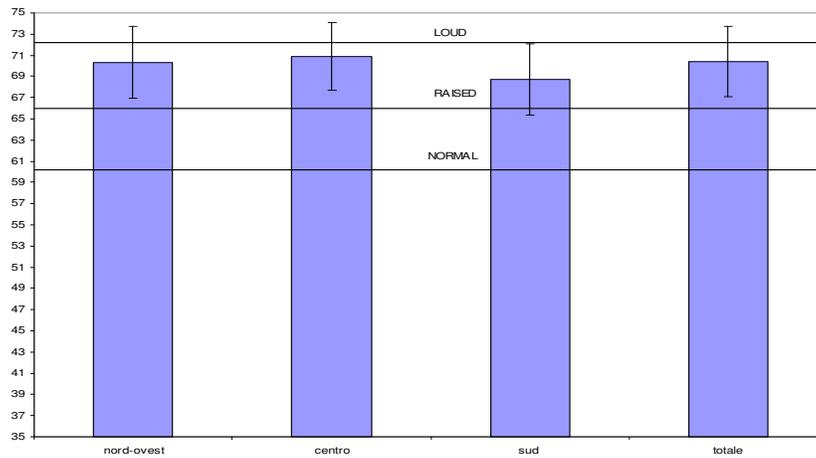


Figura 4 – Sforzo vocale misurato a 1m dall'oratore, 137donne, 15 uomini

Tabella 4 – Sforzo vocale e relativo livello sonoro in dB(A) ad 1 m dall'oratore. Numero di insegnanti e percentuale relativa, suddivisi per classi di sforzo vocale (ISO 9921/2003)

SFORZO VOCALE ISO 9921	Livello sonoro dB(A) a 1 m dall'oratore	n insegnanti	% insegnanti
Very loud	78	4	2,6%
Loud	72	37	24,3%
Raised	66	99	65,1%
Normal	60	12	7,9%
Relaxed	54	0	0

3.4 Tempi riverbero

I tempi di riverbero sono stati misurati in assenza di alunni nell'intero edificio scolastico e confrontati coi valori limite indicati dal D.M. 18.12.1975 [2], che fornisce i valori limite in funzione delle dimensioni dell'aula, per i valori misurati alla frequenze di 250, 500, 1000 e 2000 Hz. I volumi delle aule variavano da 100 a 350 m³.

Nella figura 5 sono riportati, per ognuna delle aree vaste, sia i valori medi misurati, che i valori medi di riferimento, calcolati secondo quanto indicato dal decreto.

I tempi di riverbero misurati risultano in eccesso ai valori di riferimento nella maggioranza dei casi trattati. Solo in 5 aule tutti e 4 i valori sono risultati inferiori ai valori massimi di riferimento. Nell'area vasta sud si sono misurati tempi di riverbero inferiori rispetto a quelli misurati nel resto della regione, pur essendo superiori ai valori limite.

Osserviamo infine che la normativa internazionale richiede, per le aule scolastiche, valori di tempo di riverbero inferiori a quelli richiesti dalla normativa italiana. (vedi tabella 5)

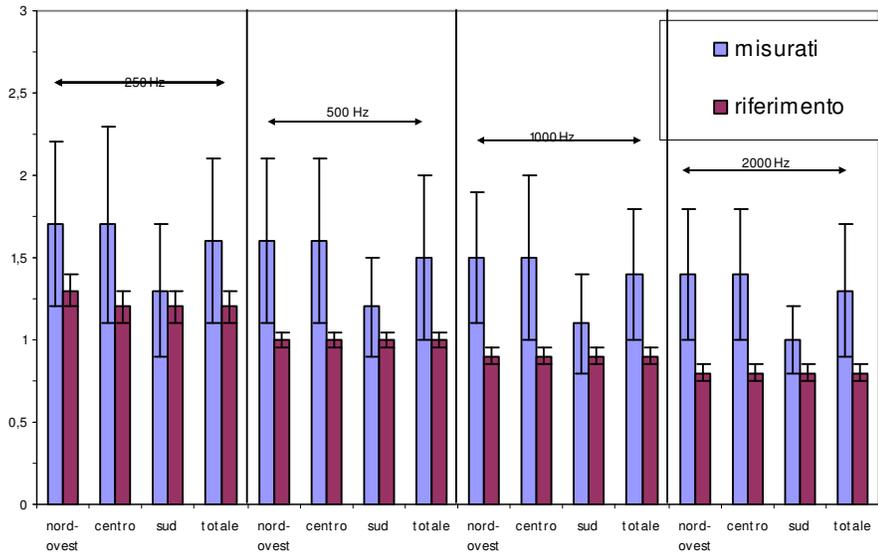


Figura5 – Tempi di riverbero misurati e di riferimento (calcolati)

Tabella 5 – Tempi di riverbero secondo le normative internazionali

	Frequenze (Hz)	TR sec	Dimensione aule/ tipo scuola
OMS	500, 1000, 2000	$\leq 0,6$	
		1	aule piccole
ANSI	500, 1000, 2000	$\leq 0,6$	< 283 m ³
		$\leq 0,7$	tra 283 e 566 m ³
Gran Bretagna	500, 1000, 2000 media	$\leq 0,6$	materna, primaria
		$\leq 0,8$	Secondaria
Francia	500, 1000, 2000 media	$0,4 < TR < 0,8$	< 250 m ³
		$0,6 < TR < 1,2$	> 250 m ³

4. Conclusioni

Osserviamo che il rapporto segnale-rumore (SNR) indicato dall'OMS [8] come quello ottimale per un'ideale intelligibilità della parola, è di 15 dB(A). Abbiamo quindi valutato l'SNR che si ottiene a partire dai nostri dati, in posizione centro ambiente. Per prima cosa abbiamo ricalcolato il valore dello sforzo vocale, considerando una distanza media di 2 metri dall'oratore. Abbiamo in seguito aumentato il livello so-

noro misurato a centro ambiente ad aula vuota di 10 dB(A), ipotizzando che tale sia il contributo al rumore di fondo dovuto alla presenza degli alunni all'interno dell'aula, in quanto tale valore di rumore di fondo ci sembra meglio rappresentativo della situazione reale rispetto a quella da noi misurata ad aula vuota. Abbiamo ottenuto in questo modo valori di rumore di fondo confrontabili con quelli che si trovano in letteratura riferiti a rumore di fondo misurato durante attività silenziose [9]. Abbiamo quindi calcolato il rapporto segnale rumore (SNR), utilizzando come rumore di fondo sia quello misurato in centro ambiente ed aula vuota che quello calcolato come indicato.

Nel primo caso abbiamo ottenuto un SNR sempre maggiore a 15 dB(A), e quindi ottimale. Con i dati ottenuti dalla simulazione abbiamo ottenuto un SNR sempre inferiore 15 dB(A). Quindi, secondo la nostra simulazione, ci sembrerebbe che i valori di rumore di fondo che potrebbero essere realisticamente misurati nelle nostre aule non rispettino le richieste dell'OMS ai fini di un'ideale intelligibilità della parola.

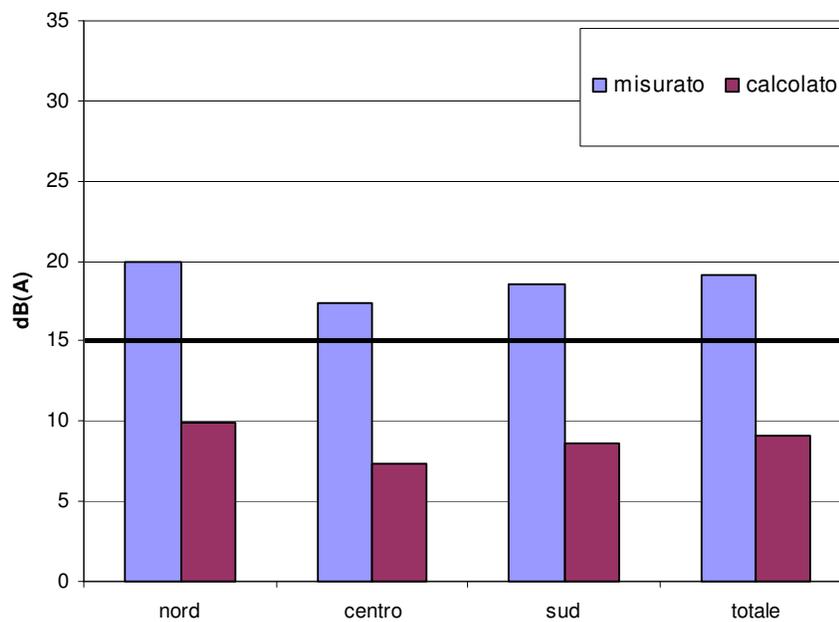


Figura 6 – Rapporto segnale rumore Background noise misurato ad aula vuota e "corretto" nella condizione di aula occupata per 10 dB(A)

Per quanto riguarda il livello equivalente di facciata si sono registrati livelli sonori superiori al relativo valore limite di immissione in circa un terzo dei casi esaminati.

Lo sforzo vocale degli insegnanti, è risultato elevato (raised), un gradino superiore al livello considerato normale, ma tuttavia non alto (loud). Osserviamo però che il livello di conversazione considerato normale è stato registrato solo per l'8% degli insegnanti.

Infine i tempi di riverbero rappresentano il dato più problematico tra quelli analizzati in quanto sono superati nella quasi totalità dei casi.

Sono in corso elaborazioni relative allo STI.

Bibliografia

- [1] DPCM 5.12.97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”,
- [2] D.M. 18.12.1975 Ministero della Pubblica Istruzione (di concerto col Ministero dei Lavori Pubblici) “Norme tecniche aggiornate relative all’edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nelle esecuzioni di opere di edilizia scolastica”
- [3] DPCM 14.11.1997 “ Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”
- [4] UNI EN ISO 3382 (2001) “Acustica – Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici.”
- [5] ISO 9921/2003 Ergonomics- Assessment of speech communication.
- [6] Acoustic design of school. Building bulletin 93, 2003
- [7] Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools, ANSI 2002
- [8] Guidelines for community noise 1999, World Health Organization, Geneva
- [9] B. M. Shield, J. E. Dockrell La necessità di una buona acustica nelle aule scolastiche. AIA 2004 Acustica in ambienti scolastici