

CONFRONTO TRA DIFFERENTI TECNICHE DI MISURA DEI TEMPI DI RIVERBERAZIONE RT60

Dino Abate (1)

1) Libero professionista, Pordenone

1. Introduzione

Si presentano i risultati di misurazioni dei tempi di riverberazione RT60, effettuate in sei ambienti di piccole e medie dimensioni: in particolare, tre con volume inferiore a 100 m^3 , tre con volume maggiore di 200 m^3 .

Le misure dei tempi di riverberazione consistono nella rilevazione cronometrica dei decadimenti sonori in ognuna delle bande in terzi d'ottava con frequenze centrali da 100 Hz a 5 kHz, per le sale di maggiore volumetria, oppure, per le stanze di minore volume, da 100 Hz a 3,15 kHz, ovvero dei tempi necessari affinché il segnale, di intensità tale da saturare gli ambienti in esame, decada, dall'istante della sua interruzione, di 60 decibel.

Le misurazioni sono state effettuate utilizzando due distinte tecniche:

- metodo del rumore stazionario interrotto, impiegando una sorgente sonora dodecaedrica emittente rumore rosa, di potenza tale da generare negli ambienti di prova un campo sonoro diffuso (sequenza di 4 emissioni interrotte);
- metodo impulsivo, che prevede lo scoppio di palloncini del diametro di circa 40 centimetri.

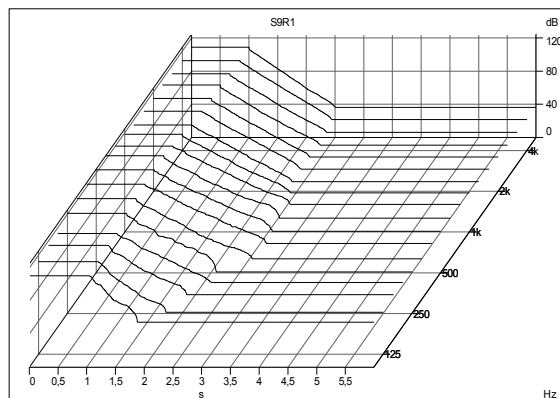


Figura 1 – Decadimenti in bande di 3.i ottava (segnale impulsivo)

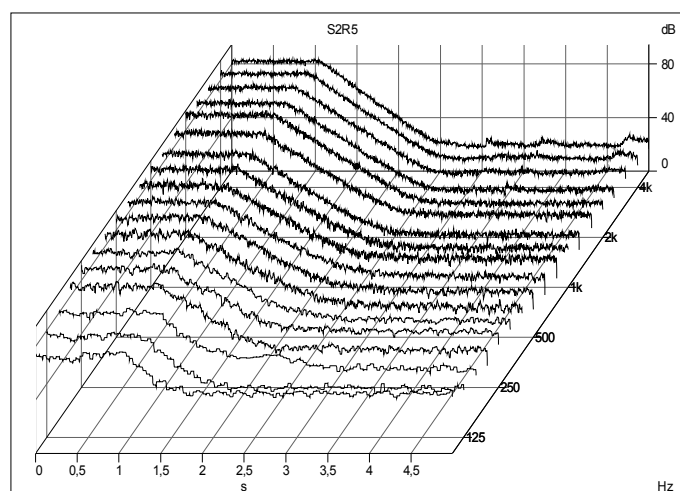


Figura 2 – Decadimenti in bande di 3.i ottava (segnale stazionario interrotto)

Gli ambienti ove si sono effettuate le misurazioni di RT60 sono schematizzati nella seguente tabella riassuntiva.

Tabella 1 – Elenco ambienti oggetto di misurazioni di RT60

#	Locale	Volume [m ³]	A. metodo rum. stazion. interr. numero decadimenti	B. met. impulsivo	Stato del locale al momento delle misure
1	sala ristorante S. Vendemiano	500	n. 10x4 = 40	7	arredato / 92 coperti
2	appartamento Lignano soggiorno	45	n. 3x4 = 12	3	non arredato
3	appartamento Lignano camera	35	n. 3x4 = 12	4	non arredato
4	appartamento Trieste soggiorno	70	n. 3x4 = 12	3	non arredato
5	abitazione Azzano X soggiorno	240	n. 12x4 = 48	8	arredato
6	sala colazione hotel Aviano	350	n. 11x4 = 44	6	arredato / 40 coperti

Si noti come i singoli decadimenti con il metodo del rumore stazionario interrotto siano numericamente molto superiori rispetto a quelli effettuati con il metodo impulsivo, a causa della maggiore difficoltà pratica nel preparare i palloncini da far scoppiare. Altro svantaggio riscontrato usando quest'ultimo metodo consiste nel rilascio nell'ambiente di prova di frammenti dei palloncini esplosi, particolarmente fastidioso nel caso di ambienti arredati. Al contrario, il metodo impulsivo, non obbligando ad utilizzare pesanti sorgenti sonore amplificate, comporta un'indubbia semplificazione nell'allestimento del *setup* di misura.

2. Risultati delle misurazioni di RT60.

Si riportano i dati di misura, suddivisi per i vari ambienti, tenendo conto della seguente distinzione:

A	Tempi di riverbero RT60 misurati con il metodo del rumore (rosa) stazionario interrotto
B	Tempi di riverbero RT60 misurati con il metodo impulsivo (scoppio palloncini)

Tabella 2 – Sala ristorante S. Vendemiano (TV)

[Hz]	RT60 A [s]	StdDev. [s]	RT60 B [s]	StdDev. [s]	RT60 medio A/B [s]
100	1,59	0,26	1,29	0,29	1,44
125	1,37	0,14	1,19	0,11	1,28
160	1,67	0,37	1,44	0,17	1,56
200	1,72	0,13	1,65	0,07	1,69
250	1,81	0,10	1,75	0,08	1,78
315	1,64	0,04	1,68	0,04	1,66
400	1,89	0,09	1,82	0,04	1,86
500	1,84	0,08	1,84	0,05	1,84
630	1,79	0,07	1,75	0,03	1,77
800	1,74	0,04	1,73	0,06	1,74
1 k	1,69	0,06	1,66	0,04	1,68
1,25 k	1,61	0,05	1,58	0,04	1,60
1,6 k	1,64	0,02	1,59	0,02	1,62
2 k	1,56	0,02	1,55	0,02	1,56
2,5 k	1,55	0,02	1,51	0,03	1,53
3,15 k	1,51	0,02	1,5	0,03	1,51
4 k	1,46	0,03	1,44	0,04	1,45
5 k	1,34	0,02	1,31	0,01	1,33
Medie StdDev [s]		0,09		0,07	

Tabella 3 – Appartamento Lignano Sabbiadoro (UD) - Soggiorno

[Hz]	RT60 A [s]	StdDev.[s]	RT60 B [s]	StdDev.[s]	RT60medio A/B [s]
100	2,00	0,37	0,87	0,19	1,44
125	1,10	0,04	0,74	0,01	0,92
160	1,55	0,27	1,05	0,08	1,30
200	1,37	0,07	0,95	0,09	1,16
250	1,47	0,09	1,13	0,06	1,30
315	1,18	0,12	0,98	0,08	1,08
400	1,45	0,06	1,09	0,05	1,27
500	1,39	0,08	1,16	0,06	1,28
630	1,26	0,10	1,28	0,06	1,27
800	1,31	0,01	1,26	0,03	1,29
1 k	1,25	0,03	1,24	0,06	1,25
1,25 k	1,31	0,07	1,22	0,02	1,27
1,6 k	1,30	0,05	1,18	0,02	1,24
2 k	1,25	0,01	1,16	0,01	1,21
2,5 k	1,26	0,04	1,19	0,02	1,23
3,15 k	1,19	0,02	1,19	0,02	1,19
Medie StdDev [s]		0,09		0,05	

Tabella 4 – Appartamento Lignano Sabbiadoro (UD) - Camera

[Hz]	RT60 <i>A</i> [s]	StdDev. [s]	RT60 <i>B</i> [s]	StdDev. [s]	RT60medio <i>A/B</i> [s]
100	0,44	0,02	0,41	0,07	0,43
125	0,44	0,05	0,42	0,08	0,43
160	0,50	0,06	0,49	0,07	0,50
200	0,54	0,06	0,61	0,03	0,58
250	0,77	0,03	0,63	0,14	0,70
315	0,61	0,01	0,63	0,05	0,62
400	0,60	0,06	0,81	0,09	0,71
500	0,72	0,11	0,77	0,07	0,75
630	0,75	0,10	0,66	0,06	0,71
800	0,67	0,03	0,76	0,01	0,72
1 k	0,61	0,04	0,68	0,01	0,65
1,25 k	0,61	0,06	0,69	0,06	0,65
1,6 k	0,60	0,06	0,65	0,04	0,63
2 k	0,57	0,03	0,61	0,05	0,59
2,5 k	0,59	0,02	0,64	0,02	0,62
3,15 k	0,61	0,02	0,64	0,02	0,63
Medie StdDev [s]		0,05		0,05	

Tabella 5 – Appartamento Trieste – Barcola - Soggiorno

[Hz]	RT60 <i>A</i> [s]	StdDev. [s]	RT60 <i>B</i> [s]	StdDev. [s]	RT60medio <i>A/B</i> [s]
100	0,82	0,10	0,74	0,04	0,78
125	1,25	0,21	1,13	0,04	1,19
160	1,08	0,04	1,18	0,09	1,13
200	1,37	0,31	1,39	0,31	1,38
250	2,06	0,37	1,54	0,14	1,80
315	1,94	0,27	1,55	0,08	1,75
400	1,91	0,10	1,52	0,13	1,72
500	1,81	0,09	1,57	0,12	1,69
630	1,87	0,06	1,68	0,19	1,78
800	1,83	0,03	1,60	0,00	1,72
1 k	1,81	0,03	1,55	0,08	1,68
1,25 k	1,69	0,03	1,48	0,16	1,59
1,6 k	1,53	0,05	1,50	0,17	1,52
2 k	1,41	0,04	1,39	0,12	1,40
2,5 k	1,29	0,00	1,19	0,10	1,24
3,15 k	1,24	0,03	1,18	0,12	1,21
Medie StdDev [s]		0,11		0,12	

Tabella 6 – Abitazione Azzano X (PN) - Soggiorno

[Hz]	RT60 A [s]	StdDev. [s]	RT60 B [s]	StdDev. [s]	RT60medio A/B [s]
100	0,56	0,11	0,46	0,06	0,51
125	0,54	0,07	0,52	0,08	0,53
160	0,53	0,05	0,49	0,03	0,51
200	0,53	0,04	0,47	0,04	0,50
250	0,49	0,05	0,52	0,02	0,51
315	0,51	0,03	0,52	0,05	0,52
400	0,56	0,05	0,53	0,03	0,55
500	0,55	0,03	0,54	0,01	0,55
630	0,57	0,03	0,54	0,02	0,56
800	0,56	0,02	0,56	0,03	0,56
1 k	0,59	0,03	0,57	0,02	0,58
1,25 k	0,60	0,02	0,59	0,02	0,60
1,6 k	0,61	0,02	0,62	0,01	0,62
2 k	0,60	0,02	0,59	0,01	0,60
2,5 k	0,57	0,01	0,57	0,01	0,57
3,15 k	0,57	0,01	0,56	0,00	0,57
4 k	0,56	0,01	0,54	0,00	0,55
5 k	0,53	0,01	0,53	0,00	0,53
Medie StdDev [s]		0,03		0,02	

Tabella 7 – Hotel ad Aviano (PN) - Sala colazioni

[Hz]	RT60 A [s]	StdDev.[s]	RT60 B [s]	StdDev.[s]	RT60medio A/B [s]
100	1,06	0,17	0,96	0,10	1,01
125	1,06	0,06	0,90	0,06	0,98
160	1,16	0,08	1,07	0,03	1,12
200	1,32	0,08	1,20	0,03	1,26
250	1,28	0,07	1,23	0,04	1,26
315	1,30	0,08	1,28	0,08	1,29
400	1,47	0,05	1,45	0,05	1,46
500	1,43	0,05	1,44	0,07	1,44
630	1,39	0,04	1,38	0,04	1,39
800	1,34	0,06	1,28	0,03	1,31
1 k	1,28	0,03	1,25	0,03	1,27
1,25 k	1,29	0,03	1,24	0,03	1,27
1,6 k	1,31	0,04	1,24	0,02	1,28
2 k	1,30	0,02	1,23	0,02	1,27
2,5 k	1,24	0,02	1,20	0,00	1,22
3,15 k	1,28	0,03	1,22	0,00	1,25
4 k	1,27	0,03	1,20	0,01	1,24
5 k	1,16	0,02	1,11	0,01	1,14
Medie StdDev [s]		0,05		0,04	

Le colonne intitolate “StdDev.” riportano le deviazioni standard dei tempi di riverberazione in frequenza ottenuti con i due metodi di misura, che sono il risultato della media fra i valori di RT60 ottenuti con le singole misurazioni.

Nell’ultima riga di ciascuna delle Tabelle 2, 3, 4, 5, 6, 7 sono riportati i valori delle medie aritmetiche delle deviazioni standard relative ai tempi di riverberazione medi per le varie bande in terzi d’ottava.

Si definisce deviazione standard σ (o scarto tipo, o scarto quadratico medio) l’indice di dispersione statistico, ovvero la stima della variabilità di una popolazione di dati o di una variabile casuale. È uno dei modi per esprimere la dispersione dei dati attorno ad un indice di posizione, quale, ad esempio, la media aritmetica. La deviazione standard ha pertanto la medesima unità di misura dei valori osservati.

La deviazione standard σ di un carattere rilevato su una popolazione di unità statistiche si definisce esplicitamente come:

$$(1) \quad \sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}, \quad [s]$$

dove

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

è la media aritmetica della popolazione X.

Dall’esame delle sei tabelle delle pagine precedenti, si può desumere, in termini generali, quanto segue:

- I valori di RT60 determinati con la tecnica del rumore stazionario interrotto risultano, nelle 16 e 18 bande in terzi d’ottava considerate, sistematicamente più elevati di quelli determinati con la tecnica impulsiva;
- I valori di RT60 determinati con i due metodi convergono, e spesso coincidono, alle medie ed alte frequenze, a partire cioè dalle bande in terzi d’ottava con $f_c = 500$ Hz, mentre a bassa frequenza risultano tra loro più distanziati;
- I valori medi di σ degli RT60 determinati col metodo impulsivo nelle varie bande in terzi d’ottava, risultano sensibilmente inferiori a quelli determinati col metodo del rumore stazionario interrotto, in quattro casi sui sei analizzati (cfr. Tabella 8), anche se occorre considerare che le popolazioni di dati sperimentali (decadimenti temporali) ottenuti con i due metodi, differiscono sensibilmente tra loro dal punto di vista delle quantità, come evidenziato nella Tabella 1.

Tabella 8 – Andamento delle deviazioni standard mediate nei 6 casi analizzati

#	Locale	A. metodo rumore stazion. interrotto media aritm.di σ	B. metodo impuls. media aritm.di σ	differenza %
1	sala ristorante S.Vendemiano	0,0867	0,0650	33,3 %
2	appartamento Lignano soggiorno	0,0894	0,0538	66,3 %
3	appartamento Lignano camera	0,0475	0,0544	-12,6 %
4	appartamento Trieste soggiorno	0,1100	0,1181	-6,9 %
5	abitazione Azzano X soggiorno	0,0339	0,0244	38,6 %
6	sala colazioni hotel Aviano	0,0533	0,0361	47,7 %

3. Conclusioni

In base ai risultati delle misure dei tempi di riverberazione RT60 effettuate con i due metodi descritti, essi hanno determinato valori quantitativamente molto simili tra loro, soprattutto alle medie ed alte frequenze (si vedano le figure 3, 4, 5 riguardanti rispettivamente i casi 1, 5 e 6), per cui essi possono considerarsi sostanzialmente equivalenti.

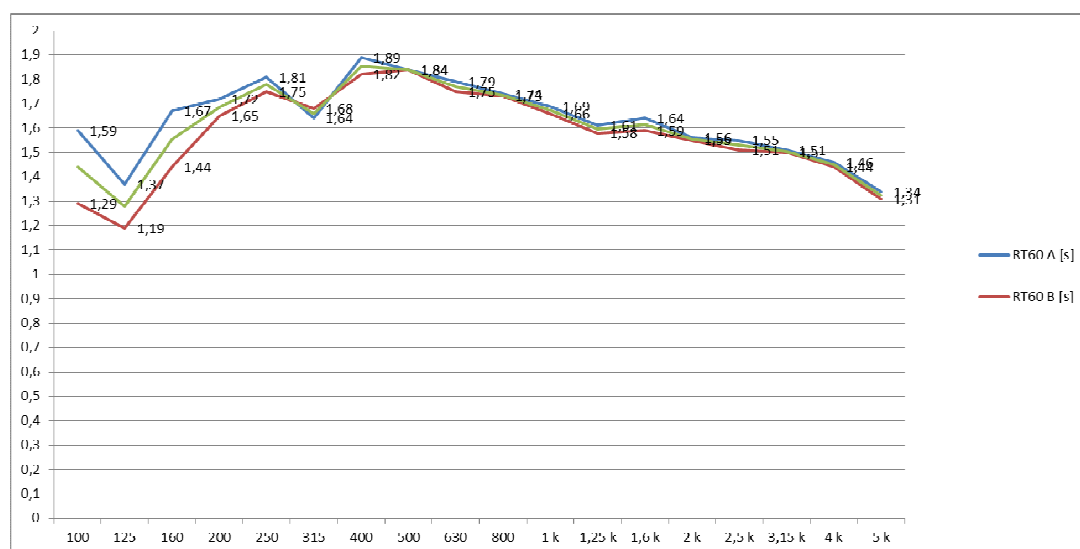


Figura 3 – Comparazione di RT60 ottenuti con i due diversi metodi di misura (caso 1)

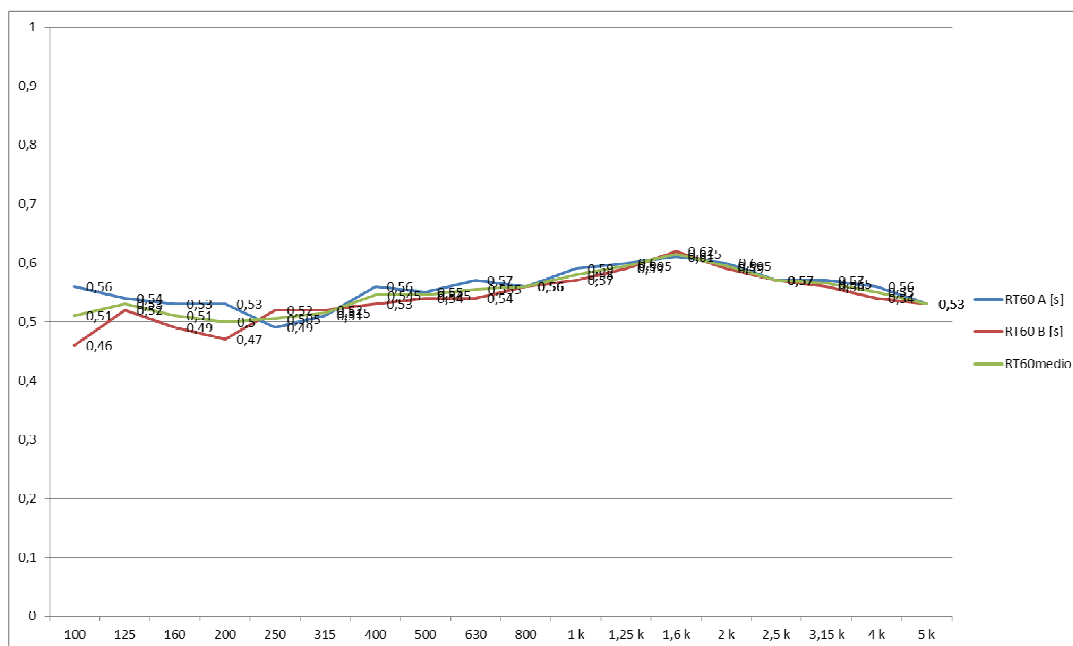


Figura 4 – Comparazione di RT60 ottenuti con i due diversi metodi di misura (caso 5)

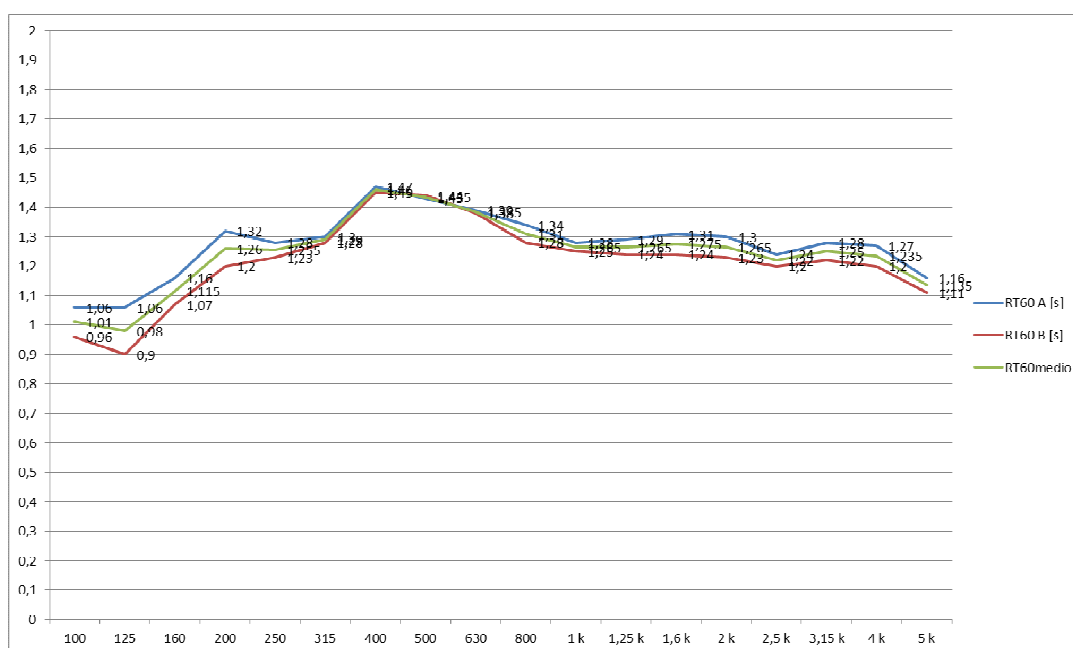


Figura 5 – Comparazione di RT60 ottenuti con i due diversi metodi di misura (caso 6)

4. Bibliografia

- [1] UNI EN ISO 3382:2001, *Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici.*
- [2] https://it.wikipedia.org/wiki/Scarto_tipo