



HtCAM+

**CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE E STI
VERIFICA COMFORT ACUSTICO DEI CAM**

MC4SOFTWARE ITALIA SRL

NOVEMBRE 2021

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE GENERALE	1
2. DESCRIZIONE GENERALE.....	1
3. IL TEMPO DI RIVERBERAZIONE E LO STI NEL COMFORT ACUSTICO PER I CAM	2
3.1 Introduzione al calcolo previsionale del tempo di riverberazione UNI EN 12354-6:2006.....	2
3.2 Introduzione al calcolo previsionale dello STI e C_{50} UNI 11532-1:2018 / UNI 11532-2:2020.....	4
3.3 Valori di riferimento normativi	5
3.3.1 Categorizzazione degli ambienti scolastici.....	5
3.3.2 Valori di riferimento del tempo di riverberazione.....	5
3.3.3 Valori di riferimento dello STI	7
4. IMPOSTAZIONI INPUT	9
4.1 Input per il calcolo del tempo tempo di riverberazione.....	9
4.1.1 Dati estesi dell'ambiente [introdotte novità]	9
4.1.2 Maschera Elenco delle superfici, arredi e persone dell'ambiente [novità]	11
4.1.3 Maschera Archivio assorbimenti acustici [novità].....	13
4.1.4 Maschera archivio materiali [modificata, aggiunte novità].....	15
4.2 Input per il calcolo dello STI	17
4.2.1 Dati estesi dell'ambiente [introdotte novità]	17
4.2.2 Inserimento in input grafico di sorgente e posizione di rilevamento [introdotte novità].....	19
5. ESECUZIONE DEL CALCOLO	21
5.1.1 Maschera Valutazioni delle prestazioni acustiche degli edifici [introdotte novità]	21
6. VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI	23
6.1 Visualizzazione risultati NoiseCad.....	23
6.1.1 Albero risultati Unità Immobiliari	23
6.1.2 Pagina risultati tempo di riverberazione e STI	24
6.1.3 Risultati di calcolo – dati generali	24
6.1.4 Risultati di calcolo – dettagli.....	26
6.2 Visualizzazione risultati verifiche CAM	27

1 INTRODUZIONE GENERALE

Il Decreto 11 ottobre 2017 riguardante i criteri ambientali minimi dispone al punto “2.3.5.6 Comfort Acustico” che gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati dalla norma UNI 11532 per almeno il tempo di riverberazione e lo STI. La norma di riferimento UNI 11532-2:2020 in cui sono indicati i valori di riferimento riguarda esclusivamente il settore scolastico.

L'intervento e i nuovi metodi di calcolo acustico hanno coinvolto i moduli NoiseCad, CAM, gli archivi e la relazione di stampa dei CAM.

2 DESCRIZIONE GENERALE

I calcoli del tempo di riverberazione e Speech Transmission Index (STI) sono eseguiti ed attivabili dall'utente per un singolo ambiente. I risultati descrivono l'andamento del tempo di riverberazione T60 (ovvero dopo quanto tempo vi è un decadimento di 60dB della potenza sonora all'interno dell'ambiente in esame) in bande di frequenza (125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz) e l'indice di trasmissione del parlato (STI) in varie posizioni di misurazione rispetto alla sorgente di emissione del parlato.

Il calcolo dello STI necessita dei risultati del tempo di riverberazione, per cui si è deciso di calcolare in una sola routine entrambi.

Il calcolo può essere attivato per ogni tipologia di ambiente che non sia escluso dal calcolo acustico, sebbene al momento vengono verificati esclusivamente i valori limite specificati per la destinazione d'uso scolastico dalla normativa UNI 11532-2:2020, funzionali alla verifica di comfort acustico per i CAM.

Le nuove funzionalità hanno introdotto modifiche ai seguenti componenti e maschere del programma:

- **Maschera selezione tipo di calcolo acustico**
- **Archivio materiali**
- **Archivio assorbimenti acustici (nuovo archivio)**
- **Dati acustici dell'ambiente**
- **Maschera risultati calcolo acustico**
- **Input grafico**
- **Maschera risultati calcolo CAM (sezione comfort acustico 2.3.5.6)**
- **Stampa relazione CAM (DM 2017)**

3 IL TEMPO DI RIVERBERAZIONE E LO STI NEL COMFORT ACUSTICO PER I CAM

Il DM 11 ottobre 2017 indica al punto 2.3.5.6 Comfort acustico:

“Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532. I descrittori acustici da utilizzare sono:

- *quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari;*
- *almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l'acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.”*

Le due norme UNI 11532-1:2018 e UNI 11532-2:2020 definiscono rispettivamente i metodi previsionali di calcolo e i limiti da rispettare per il settore scolastico.

La UNI 11532-1:2018 raccomanda per il tempo di riverberazione il metodo presente nella UNI EN 12354-6 (§4.2.2) e descrive dettagliatamente il modello di calcolo per lo STI (Appendice A)

La UNI 11532-2:2020 illustra quali siano i valori di riferimento esclusivamente per il settore scolastico, sia per il tempo di riverberazione sia per lo STI.

3.1 Introduzione al calcolo previsionale del tempo di riverberazione UNI EN 12354-6:2006

Il programma implementa il calcolo previsionale del tempo di riverberazione T_{60} , per 6 bande di frequenza e in secondi, secondo la norma UNI EN 12354-6:2006, basato principalmente su dati misurati che caratterizzano assorbimento acustico di materiali e oggetti. Il risultato è calcolato per queste 6 bande in quanto generalmente sono le bande per cui sono disponibili i vari coefficienti e dati che vengono introdotti nel modello.

Il modello di calcolo della norma è applicabile ad ambienti regolari e di non grandi dimensioni, quindi adatto per l'uso al momento specifico della verifica di ambienti e aule scolastiche. Ad esempio non è applicabile a sale di concerti, teatri e fabbriche.

I dati richiesti dal modello di calcolo sono:

- **Superfici / oggetti presenti dell'ambiente**
- **Coefficiente di assorbimento α :** Area di assorbimento equivalente di una superficie o di un insieme di oggetti
- **Area di assorbimento equivalente di un oggetto A_{obj} :** Differenza tra area assorbimento acustico in presenza o meno dell'oggetto
- **Volume dell'ambiente V**
- **Parte di elementi Ψ (opzionale):** rapporto tra il volume dell'ambiente e il volume degli oggetti presenti
- **Coefficiente di attenuazione della potenza in aria m (opzionale):** coefficiente utilizzato nel calcolo dell'assorbimento dell'aria

Il tempo di riverberazione T per la banda di frequenza f è calcolato come (v. §4.4 norma):

$$T_{60,f} = 0.16 \frac{V(1 - \psi)}{A_f}$$

Dove A_f è l'area totale di assorbimento equivalente. Questa si calcola come la somma degli assorbimenti presenti nell'ambiente, ovvero (vedi §4.3 norma)

$A_f =$ Somma assorbimenti superfici (= area superficie * α_{sup}) + Somma assorbimenti oggetti (= numero di oggetti * α_{obj}) + Somma assorbimenti insieme di oggetti (= area occupata dall'insieme di oggetti * α_{setobj}) + Assorbimento dell'aria ($A_{air} = 4 m (1 - \Psi)$)

Il parametri Ψ e m sono **opzionali**, ovvero l'utente può decidere di utilizzarli o meno inserendoli come input (v. §4.5 norma – interpretazioni). Il modello è applicabile per ambienti regolari con distribuzione ragionevole di materiali e elementi interni, come normali abitazioni e uffici. In questo caso:

- L'assorbimento dell'aria **può essere ignorato**, ovvero: $A_{air} = 0$ (l'utente può scegliere di non utilizzare il coefficiente m)
- La parte di elementi Ψ è **solitamente** ≤ 0.05 per gli ambienti vuoti e ≤ 0.2 per gli ambienti ammobiliati.

Per semplicità il valore è messo di default = 0. In questo caso il calcolo del tempo di riverberazione si effettua tramite la **formula semplificata di Sabine**:

$$T_{60,f} = 0.16 \frac{V}{A_f}$$

Le **limitazioni** principali del modello di calcolo sono (v. §4.6 norma)

- Ambiente deve avere volume regolare: ogni dimensione dell'ambiente deve essere inferiore a 5x ogni altra dimensione
- Assorbimento deve essere uniforme: il coefficiente di assorbimento non può variare più di 3x tra coppie di superfici opposte (a meno che non ci siano elementi disperdenti sonori)
- Numero di elementi non elevato: la parte di elementi deve essere $\Psi \leq 0.2$

3.2 Introduzione al calcolo previsionale dello STI e C_{50} UNI 11532-1:2018 / UNI 11532-2:2020

Il programma implementa il calcolo previsionale dello Speech Transmission Index STI (indice di trasmissione del parlato) e della chiarezza C_{50} secondo la norma UNI 11532-1:2018. Lo STI è un descrittore dell'intelligibilità del parlato all'interno di un ambiente, riferito a varie **posizioni di rilevamento** rispetto a una **sorgente di emissione** e complessivamente, come media aritmetica dei risultati per ogni posizione, all'ambiente.

I dettagli del metodo di calcolo vengono specificati nell'appendice A della norma UNI 11532-1:2018. Il calcolo viene eseguito per 7 bande di ottava, corrispondenti a quelle del tempo di riverberazione, di cui necessita i risultati, più la banda di 8Khz. Essendo il tempo di riverberazione calcolato solo fino ai 4KHz si sfrutta l'indicazione della UNI 11532-2:2020 §5.1 e si estende il risultato della banda dei 4KHz a quella degli 8KHz.

In particolare il calcolo dipende dalla tipologia di parlatore, il rumore ambientale di fondo, se c'è o meno un impianto di amplificazione e la distanza tra sorgente e rilevamento, che implica due metodi di calcolo differenti (metodo B o metodo C, §A.2.2 e A.2.3) se questa è maggiore di 5 volte di una soglia, la distanza critica $r_{c,f}$, che dipende dal rapporto tra volume e tempo di riverbero per quella banda di frequenza f . In un caso (entro la distanza critica) verranno calcolati gli apporti sia del contributo del suono diretto dalla sorgente sia del campo riverberato diffuso. Oltre questa distanza verrà calcolato solo il contributo del campo riverberato, che sarà preponderante rispetto a quello diretto. I dati richiesti dal modello di calcolo sono:

- **Posizione della sorgente e posizioni di rilevamento:** vengono inserite tramite input grafico all'interno dell'ambiente
- **Tempo di riverberazione T_{60}** in bande di frequenza (v. la sezione Calcolo previsionale del tempo di riverberazione per i dati necessari)
- **Livello di rumore di fondo $L_{n,f}$** in bande di frequenza
- **Livello di emissione a 1 metro dalla bocca del parlatore $L_{s,A,1m}$** (valore utilizzato senza impianto di amplificazione)
- **Sesso del parlatore (maschio / femmina)**
- **Presenza di eventuale impianto di amplificazione**
- **Potenza dell'impianto di amplificazione**
- **Fattore di direttività della sorgente**

3.3 Valori di riferimento normativi

3.3.1 Categorizzazione degli ambienti scolastici

I valori di riferimento dei calcoli previsionali sono relativi all'attività scolastica a cui l'ambiente è destinato (Tabella 1 e Tabella 2). Le categorie sono descritte nella UNI 11532-2:2020 (prospetti 1, 2 e 3 capitolo 4).

Categoria	Attività in ambiente
A1	Musica
A2	Parlato /conferenza
A3	Lezione/comunicazione come parlato/ conferenza (aule grandi) interazione insegnante studente
A4	Lezione/comunicazione, incluse aule speciali
A5	Sport
A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche

Tabella 1

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Esempi
A6.1	Spazi senza permanenza.	Vani scala.
A6.2	Spazi con permanenza ridotta.	Spogliatoi palestre e similari.
A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento.	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni, ecc). Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative, in scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, Biblioteche.
A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente.	Reception / area desk (bidelleria) con postazione di lavoro fissa. Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Area distribuzione nelle mense.
A6.5	Ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente	Sale da pranzo. Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido.

Tabella 2

3.3.2 Valori di riferimento del tempo di riverberazione

Ogni categoria scolastica ha i propri valori di riferimento. In particolare variano la percentuale di occupazione di persone nell'ambiente con la quale effettuare il calcolo previsionale e il tipo di grandezza da verificare (tempo di riverbero o rapporto tra superficie assorbente totale e volume ambiente) (v. §4.5)

- **Categorie A1, A2, A3, A4, A5: Calcolo del tempo di riverberazione**

Il risultato di calcolo (in frequenza) deve essere compreso tra un limite inferiore e uno superiore di una percentuale del tempo di riverberazione ottimale T_{ott} (che dipende dal volume dell'ambiente) (Tabella 3 e Figura 1)

- **A1, A2, A3, A4: ambiente occupato all'80%, verifica di 6 bande da 125 Hz a 4 KHz**
- **A5: ambiente non occupato, verifica di 4 bande da 250 Hz a 2 KHz**

Categoria	Ambiente occupato all'80%	
A1	$T_{ott,A1} = (0,45\log V + 0,07)$	$30\text{ m}^3 \leq V < 1000\text{ m}^3$
A2	$T_{ott,A2} = (0,37\log V - 0,14)$	$50\text{ m}^3 \leq V < 5000\text{ m}^3$
A3	$T_{ott,A3} = (0,32\log V - 0,17)$	$30\text{ m}^3 \leq V < 5000\text{ m}^3$
A4	$T_{ott,A4} = (0,26\log V - 0,14)$	$30\text{ m}^3 \leq V < 500\text{ m}^3$
Categoria	Ambiente non occupato	
A5	$T_{ott,A5} = (0,75\log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200\text{ m}^3 \leq V < 10000\text{ m}^3$ $V \geq 10000\text{ m}^3$

Tabella 3

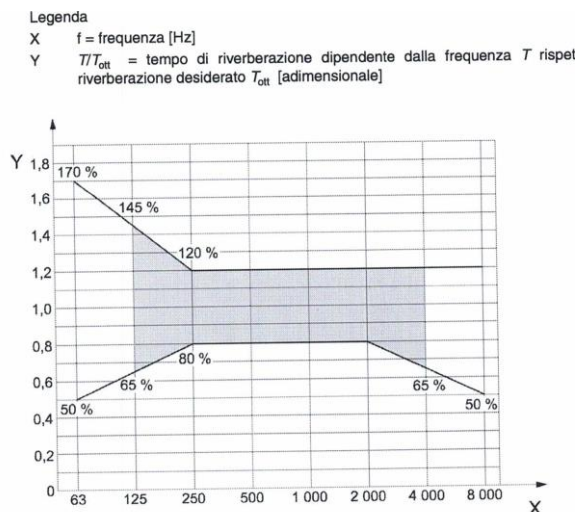


Figura 1

- **Categorie A6.1, A6.2, A6.3, A6.4, A6.5: Calcolo del rapporto A/V**

Il risultato di calcolo (in frequenza) deve essere superiore al limite numerico dipendente dall'altezza dell'ambiente e dalla categoria stessa (**Tabella 4**)

- **A6.1: nessuna richiesta**

	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5$ m Rapporto A/V, in m^2/m^3	Per altezza dell'ambiente $h > 2,5$ m Rapporto A/V, in m^2/m^3
A6.1	Nessuna richiesta	
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
Legenda A = Area di assorbimento equivalente, in metri quadrati V = volume dell'ambiente, in metri cubi h = altezza dell'ambiente, in metri		

Tabella 4

- **A6.2, A6.3, A6.4, A6.5: ambiente non occupato, verifica 4 bande da 250 Hz a 2 KHz**

3.3.3 Valori di riferimento dello STI

La verifica dello STI prevede il rispetto dei valori di riferimento per il metodo previsionale (a fronte poi dei valori misurati).

	< 250 m ³	≥ 250 m ³
Senza impianto di amplificazione o con impianto spento	≥ 0,55 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A).	≥ 0,50 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dB(A).
Con impianto di amplificazione	≥ 0,60 con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione	

Tabella 5

- **Categorie A1, A2, A3, A4: Calcolo dello STI**

Il risultato di calcolo deve esser superiore al limite numerico e dipende dal volume della stanza e la presenza o meno dell'impianto di amplificazione (Tabella 5)

Il risultato singolo complessivo è la media aritmetica dei singoli risultati per posizione di rilevamento rispetto alla sorgente di emissione (capitolo 6). Il calcolo e le rispettive misure per la verifica dello STI prevedono una serie di rilevamenti in diverse posizioni, la cui disposizione è descritta in dettaglio nel capitolo 6, prospetto 11, 12 e figura 3. (Tabella 6, Tabella 7 e Figura 2)

Posizioni di misurazione di collaudo per l'intelligibilità del parlato		
< 250 m ³	≥ 250 m ³	
STI - C ₅₀	STI	
senza sistema di amplificazione	senza sistema di amplificazione	con sistema di amplificazione
Sorgente: Livello pari a 60 dB(A) ad 1 m	Sorgente: Livello pari a 70 dB(A) ad 1 m	Sorgente: come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione, da dichiarare nel rapporto di prova
Posizione 1: posizione occupabile più prossima alla sorgente d'interesse in asse con la stessa (parlato)	Posizione 1: posizione occupabile più prossima alla sorgente d'interesse in asse con la stessa (parlato)	Posizione 1: posizione occupabile più prossima alla sorgente primaria in asse con la stessa
Posizione 2: posizione al centro dell'area di ascolto occupata in asse con la sorgente d'interesse (parlato)	Posizione 2: posizione al centro dell'area di ascolto occupata in asse con la sorgente d'interesse (parlato)	Posizione 2: posizione al centro dell'area di ascolto occupata in asse con la sorgente primaria
Posizione 3: posizione più lontana in asse con la stessa	Posizione 3: posizione più lontana in asse con la stessa	Posizione 3: posizione più lontana in asse con la sorgente primaria
Posizione 4: posizione occupabile più svantaggiata. Per esempio posizione più lontana dalla sorgente d'interesse (parlato) e più prossima alla sorgente di rumore	Posizione 4: posizione occupabile più svantaggiata. Per esempio posizione più lontana dalla sorgente d'interesse (parlato) e più prossima alla sorgente di rumore	Posizione 4: posizione occupabile più svantaggiata. Per esempio posizione più lontana dalla sorgente d'interesse (parlato) e più prossima alla sorgente di rumore
NOTA nel caso fosse previsto impianto di amplificazione seguire la procedura evidenziata per ambienti analoghi di dimensioni ≥250 m ³		Posizione 5: posizione allineata con la posizione 2, in posizione baricentrica con la parete laterale

Tabella 6

Posizioni	Posizioni di misurazione di collaudo per l'intelligibilità del parlato			
	< 250 m ³		≥ 250 m ³	
	STI - C ₅₀		STI	
	senza sistema di amplificazione		senza sistema di amplificazione	con sistema di amplificazione
	obbligatorie	facoltative	obbligatorie	obbligatorie
1		x	x	x
2	x		x	x
3		x	x	x
4	x		x	x
5				x

Tabella 7

figura 3 **Identificazione posizioni utente - misura in relazione alla sorgente primaria del segnale parlato**

Legenda

- Sorgente primaria del segnale parlato
- ▲ Posizione di misura
- Sorgente di disturbo
- Area occupata

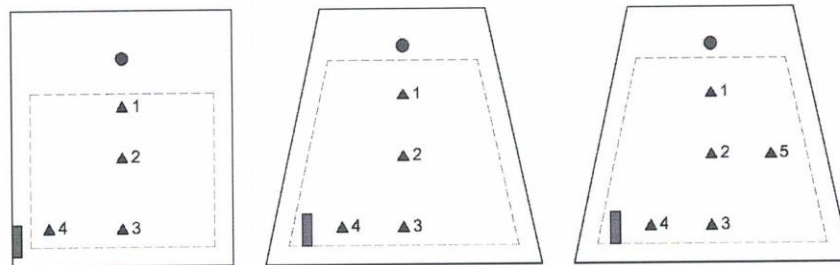


Figura 2

4 IMPOSTAZIONI INPUT

Di seguito verranno elencate le modifiche e le novità apportate al programma, nelle maschere e nella modalità di calcolo. La sequenza con cui sono presentate è da considerarsi una guida pratica su come impostare un calcolo del tempo di riverbero e dello STI dall'inizio alla fine.

4.1 Input per il calcolo del tempo tempo di riverberazione

A livello logico e procedurale verrà calcolato per primo il tempo di riverberazione, di seguito le impostazioni per impostare i valori necessari

4.1.1 Dati estesi dell'ambiente [introdotta novità]

Selezionando i dati estesi dell'ambiente nella scheda Acustica è stata introdotta una nuova categoria "Tempo di riverbero e STI" sotto la quale sono stati inseriti i campi di input necessari al calcolo (Figura 3)

Proprietà	Valore
Generalità	
Escludi come ricevente	<input type="checkbox"/>
Categoria ambiente scolastico	A1 - Musica
Tempo di riverbero e STI	
Calcola tempo di riverbero e STI	<input checked="" type="checkbox"/>
Psi	0.00
Classe temperatura e umidità aria	Non attivo
Elementi	...
Impianto di amplificazione	<input type="checkbox"/>
Potenza di amplificazione [dB(A)]	0.0
Parlatore	Maschio
Livello emissione L _{s,A,1m} [dB(A)]	70.0
Livello del rumore di fondo [dB]	
125 Hz	30.0
250 Hz	30.0
500 Hz	30.0
1000 Hz	30.0
2000 Hz	30.0
4000 Hz	30.0
8000 Hz	30.0
Fattore di direttività della sorgente Q	
125 Hz	2.0
250 Hz	2.0
500 Hz	2.0
1000 Hz	2.0
2000 Hz	3.5
4000 Hz	3.5
8000 Hz	3.5

Figura 3

- **Categoria ambiente scolastico (menu a tendina, visibile solo per la destinazione d'uso E7 – Settore scolastico):** specifica la categoria ad uso scolastico (A1, A2, A3 ecc.) come da norma UNI 11532-2:2020 Capitolo 4, prospetti 1, 2 e 3) .
- **Calcola tempo di riverbero e STI (checkbox):** attiva il calcolo sull'ambiente selezionato. E' necessario, successivamente, selezionare l'apposito checkbox nella maschera della selezione delle tipologie di calcolo di isolamento acustico.

- **Psi (parte di elementi) (campo numerico):** specifica il rapporto tra volume elementi e volume ambiente. Se impostato a 0 non viene considerato nel calcolo. Valore limite: 0.2
- **Classe temperatura e umidità aria (menu a tendina):** specifica la classe da cui dipende il valore di m , il coefficiente di attenuazione della potenza in aria, in Prospetto 1 della UNI EN 12354-6:2006. Se selezionato “Non attivo” non verrà considerato l’apporto. Il primo valore nel menu (20°C, 50%-70% di umidità) è il valore raccomandato dalla UNI EN 12354-6:2006
- **Elementi (pulsante):** Mostra la maschera “Elenco delle superfici, arredi e persone dell’ambiente” per specificare quali sono gli elementi aggiuntivi presenti nell’ambiente (arredi e persone) e quelli presenti sulle strutture dei pavimenti, soffitti e pareti dell’ambiente (superfici).

4.1.2 Maschera Elenco delle superfici, arredi e persone dell'ambiente [novità]

La maschera può essere visualizzata esclusivamente tramite il pulsante "Elementi" dei dati estesi dell'ambiente selezionato. Permette di inserire gli arredi e le persone presenti nell'ambiente e le superfici aggiuntive presenti sulle strutture all'interno dell'ambiente. (Figura 4 e Figura 5)

Descrizione	Area complessiva [m²]	Numero totale
UNI 11532-2 C.3 Armadio 4 ante 1	5	6
UNI 11532-2 C.1 Persona seduta 1	0	20
UNI 11532-2 C.3 Armadio 5 ante	0	1
UNI EV 12354-6 C.2 File sedia 1	10	0

Figura 4

Descrizione	Orientamento verso ambiente	Area complessiva struttura [m²]
9 Elemento esterno da 36.5 cm	Esterno lato ambiente	10 11 28.56

Descrizione	Area complessiva [m²]
UNI 11532-2 C.2 35 Pannello forato	5 22

Descrizione	Esterno lato ambiente	Area complessiva [m²]
Pavimento da 28.4 cm	Esterno lato ambiente	116.85
Tetto da 28.4 cm	Esterno lato ambiente	116.85
Elemento interno da 12.4 cm	Esterno lato ambiente	82.6
Elemento interno da 12.4 cm	Descrittore del tempo di riverbero e STI	10.08

Figura 5

- **Scheda Arredi e persone:** Visualizza l'elenco degli elementi (persone, insieme di persone, arredi e insieme di arredi) presenti nell'ambiente, e per ciascuno la loro area complessiva o numero totale
- **Scheda Strutture e superfici:** Visualizza, per ogni tipologia di struttura e orientamento di questa (lato interno o lato esterno) rispetto all'ambiente selezionato, l'elenco delle superfici aggiuntive presenti e per ciascuna l'area complessiva.
- **Inserisci (1):** Consente di inserire un nuovo elemento che verrà inserito come una nuova riga dell'elenco.
 - Arredi e persone: Inserisce direttamente un nuovo elemento
 - Strutture e superfici: è prima necessario selezionare su quale struttura inserire il nuovo elemento premendo sul simbolo del + (8) per aprire l'elenco di superfici aggiuntive e quindi premere Inserisci
- **Cancello (2):** Consente di cancellare l'elemento selezionato
- **Menu a tendina (3):** Consente di mostrare il menu a tendina per scegliere l'elemento da archivio progetto. Gli elementi vengono automaticamente filtrati per categoria e mostrati coerentemente al tipo di inserimento che si sta operando, se in arredi e persone o superfici. In caso non ci fossero ancora elementi in archivio progetto, verrà mostrata la maschera **Archivio assorbimenti acustici** (v. dopo)
- **Archivio assorbimenti acustici (4):** Consente di mostrare la maschera dell'Archivio assorbimenti acustici (v. dopo) visualizzando l'archivio progetto come prima scelta

- **Area complessiva (5):** Campo di testo in cui inserire l'area complessiva dell'elemento (esclusivamente considerato per insieme di arredi, insieme di persone e superfici).
- **Numero totale (6):** Campo di testo in cui inserire il numero complessivo dell'elemento (esclusivamente considerato per arredi e persone)
- **Salva ed esci (7):** Consente di salvare i dati attualmente in maschera sull'ambiente e chiude la maschera
- **Esci (8):** Consente di chiudere la maschera senza salvare i dati modificati o immessi nelle ultime modifiche effettuate nella maschera una volta aperta.
- **Descrizione / apertura e chiusura dettaglio struttura (9):** I simboli "+" e "-" permettono rispettivamente di visualizzare e nascondere l'elenco di superfici aggiuntive presenti nella struttura selezionata. Il campo è attivo anche se in grigio, mentre sarà in nero se vi sono superfici aggiuntive (elenco non vuoto) per quella struttura.
- **Orientamento verso ambiente (10 – sola lettura):** Indica per ogni struttura dell'ambiente quale sia l'orientamento di questa rispetto all'ambiente stesso. Questo è necessario in quanto verrà considerato lo strato più interno (od esterno) della struttura e l'assorbimento acustico del materiale di questo strato ai fini del calcolo del tempo di riverberazione. Vi possono quindi essere due strutture uguali ma con 2 diversi orientamenti.
- **Area complessiva struttura (11 – sola lettura):** Indica la superficie complessiva per quella struttura, e per quell'orientamento, presente nell'ambiente.

N.B.: L'utente dovrà inserire sempre il numero di persone / insiemi di persone con l'occupazione massima prevista dell'ambiente. Il programma in automatico provvederà a tener conto e compensare in automatico l'occupazione definita diversamente in caso di normative e calcolo dello STI (che prevede la misurazione con sole 2 persone presenti nell'ambiente).

4.1.3 Maschera Archivio assorbimenti acustici [novità]

E' stata creata una maschera per gestire l'archivio degli elementi inseribili negli ambienti (persone, arredi, superfici) ai fini del calcolo del tempo di riverberazione (e dello STI). La maschera viene richiamata selezionando nel ribbon il tab NoiseCad, menu Archivi, l'apposita voce "Assorbimenti Acustici" (Figura 6)

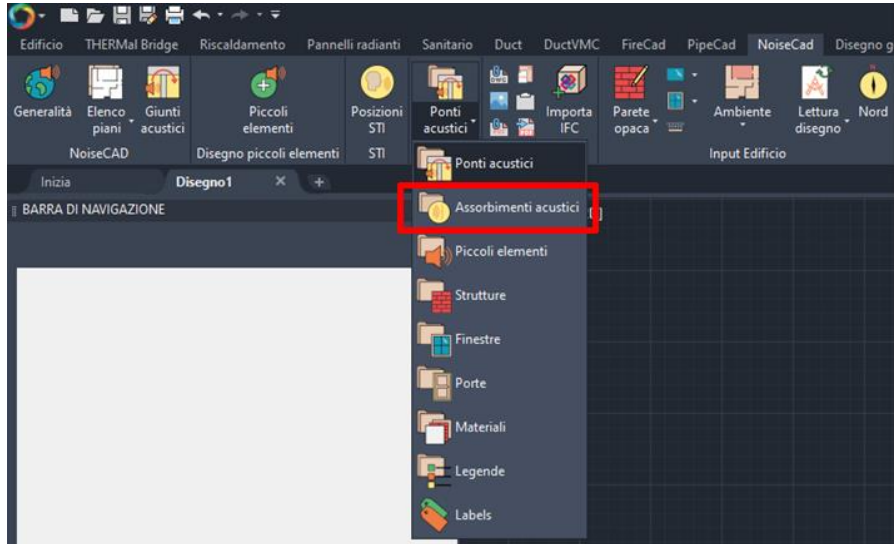


Figura 6

La maschera viene richiamata in automatico al momento di inserire un nuovo elemento nella maschera "Elenco delle superfici, arredi e persone dell'ambiente" se non vi sono ancora elementi adatti in archivio progetto (Figura 7)

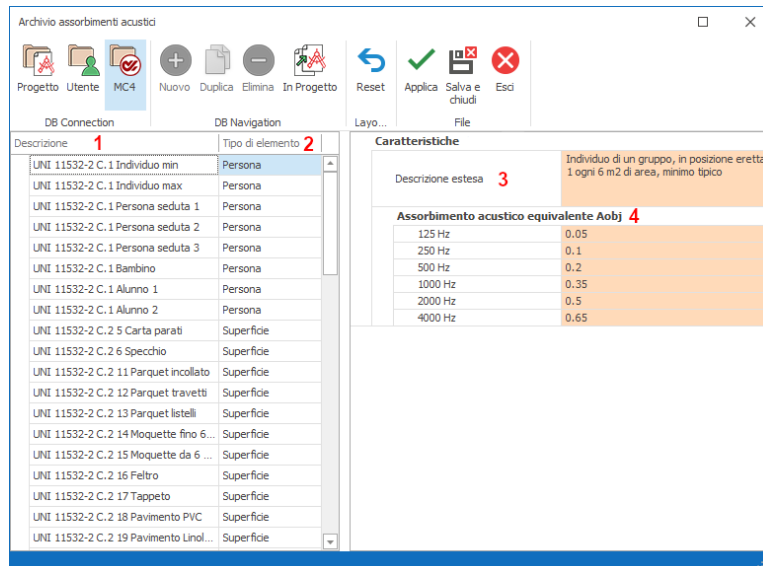


Figura 7

- **Descrizione (1):** Campo di testo con la descrizione sintetica dell'elemento.

- **Tipo di elemento (2):** Menu a tendina, ordinabile in maschera, che descrive il tipo di elemento. I possibili valori sono Persona, Insieme di persone, Arredo, Insieme di arredi, Superficie. Il tipo di elemento specifica come poi esso verrà usato all'interno dell'ambiente.
- **Descrizione estesa (3):** Campo di testo con la descrizione estesa dell'elemento
- **Assorbimento acustico equivalente A_{obj} / Coefficienti di assorbimento acustico α (4):** Campi di testo con i valori in frequenza degli assorbimenti acustici o coefficienti di assorbimento. Le due grandezze sono associate al tipo di elemento e verrà visualizzata la dicitura corretta come categoria. A_{obj} viene utilizzato per Persone e Arredi (oggetti singoli), mentre α per gli insiemi di arredi e persone e le superfici (insieme di oggetti e superfici con un'area)

4.1.4 Maschera archivio materiali [modificata, aggiunte novità]

- E' stata modificata la gestione delle taglie, che ora possono essere create, modificate e cancellate sempre cliccando sul campo "Taglie" nella scheda "Termiche" del dettaglio del materiale e utilizzando il popup che verrà mostrato. Non viene più visualizzata la rigidità dinamica nel popup.

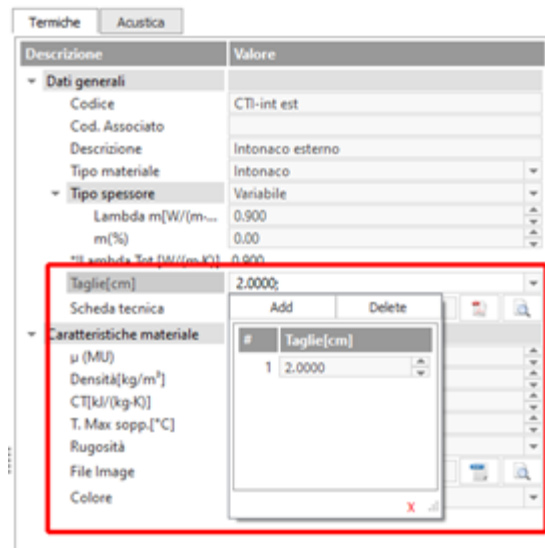


Figura 8

Una volta terminata la modifica delle taglie, sarà necessario premere il tasto "Applica" per rendere valide le modifiche. (Figura 8)

- Sono stati introdotti 6 nuovi dati nell'archivio materiali, corrispondenti al coefficiente di assorbimento α in funzione della frequenza. Se un materiale presenta taglie i nuovi campi di assorbimento α e la rigidità dinamica e possono essere gestiti cliccando sugli appositi campi nella scheda "Acustica" del dettaglio del materiale e utilizzando i popup corrispondenti. Le taglie, visualizzate solo come riferimento nella prima colonna, non saranno modificabili, ma solo i dati relativi al campo del quale è stata richiesta la modifica. (Figura 9)

Terminche Acustica	
Descrizione	Valore
Modulo di Young [GPa]	8.00
Freq. di coincidenza f_c [Hz]	0.00
Fattore di perdita interna η	0.03
Rapporto di Poisson ν	0.00
Rigidità dinamica s' [(MN/m ²)]	0.00
Resistenza specifica al flusso R_s ...	0.00
os 125Hz	0.00
os 250Hz	0.00
os 500Hz	0.00
os 1KHz	0.00
os 2KHz	0.00
os 4KHz	0.00

Terminche Acustica	
Descrizione	Valore
Modulo di Young [GPa]	8.00
Freq. di coincidenza f_c [Hz]	0.00
Fattore di perdita interna η	0.03
Rapporto di Poisson ν	0.00
Rigidità dinamica s' [(MN/m ²)]	0.00
Resistenza specifica al flusso R_s ...	0.00
os 125Hz	0.00
os 250Hz	0.00
os 500Hz	0.00
os 1KHz	0.00
os 2KHz	0.00
os 4KHz	0.00

#	Taglie[cm]	os
1	2.0000	0.00

Figura 9

4.2 Input per il calcolo dello STI

Di seguito verranno elencati i dati di input specifici necessari alla configurazione di un calcolo per lo STI in un ambiente. Il calcolo dello STI dipende dal risultato di calcolo del tempo di riverberazione, ed essendo effettuato insieme a quest'ultimo, è necessario aver già configurato l'ambiente per il calcolo previsionale del tempo di riverberazione.

4.2.1 Dati estesi dell'ambiente [introdotta novità]

Selezionando i dati estesi dell'ambiente per cui si vuol calcolare il tempo di riverberazione nella scheda Acustica è stata introdotta una nuova categoria "Tempo di riverbero e STI" sotto la quale sono stati inseriti i campi di input necessari al calcolo (Figura 10)

Proprietà	Valore
▼ Generalità	
Escludi come ricevente	<input type="checkbox"/>
Categoria ambiente scolastico	A1 - Musica
▼ Tempo di riverbero e STI	
Calcola tempo di riverbero e STI	<input checked="" type="checkbox"/>
Psi	0,00
Classe temperatura e umidità aria	Non attivo
Elementi	
Impianto di amplificazione	<input type="checkbox"/>
Potenza di amplificazione [db(A)]	0,0
Parlatore	Maschio
Livello emissione L _{s,A,1m} [dB(A)]	70,0
▼ Livello del rumore di fondo [dB]	
125 Hz	30,0
250 Hz	30,0
500 Hz	30,0
1000 Hz	30,0
2000 Hz	30,0
4000 Hz	30,0
8000 Hz	30,0
▼ Fattore di direttività della sorgente Q	
125 Hz	2,0
250 Hz	2,0
500 Hz	2,0
1000 Hz	2,0
2000 Hz	3,5
4000 Hz	3,5
8000 Hz	3,5

Figura 10

- **Impianto di amplificazione (checkbox):** specifica se l'emissione del parlato avviene tramite impianto di amplificazione
- **Potenza di amplificazione (db(A)) (campo numerico):** specifica la potenza dell'impianto di amplificazione in normali condizioni d'uso
- **Parlatore (menu a tendina):** specifica se il parlatore è maschio o femmina. La distinzione serve ad applicare specifiche modifiche e coefficienti al calcolo tenendo conto delle caratteristiche diverse della voce
- **Livello di emissione L_{s,A,1m} (db(A)) (campo numerico):** specifica il livello di emissione della voce a un metro dalla bocca del parlatore.

- **N.B.: Per alcune categorie di ambiente scolastico il calcolo avverrà, in modo trasparente all'utente, con i valori fissati da normativa UNI 11532-2:2020, capitolo 6 prospetto 11** (Figura 11)

Posizioni di misurazione di collaudo per l'intelligibilità del parlato		
< 250 m ³	≥ 250 m ³	
STI - C ₅₀	STI	
senza sistema di amplificazione	senza sistema di amplificazione	con sistema di amplificazione
Sorgente: Livello pari a 60 dB(A) ad 1 m	Sorgente: Livello pari a 70 dB(A) ad 1 m	Sorgente: come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione, da dichiarare nel rapporto di prova

Figura 11

- **Livello del rumore di fondo (dB) (7 campi numerici):** specifica il livello del rumore di fondo in bande di frequenza da 125 Hz a 8 KHz
- **Fattore di direttività della sorgente Q (7 campi numerici):** specifica il fattore di direttività della sorgente Q. Identifica quanto è diretto il suono dalla sorgente, un valore basso Q = 1 corrisponde a una diffusione sferica e quindi uniforme, per arrivare a valori più alti come Q = 2, Q = 4 corrispondenti a sorgenti sempre più dirette. Esempio per sorgente sferica (Figura 12)

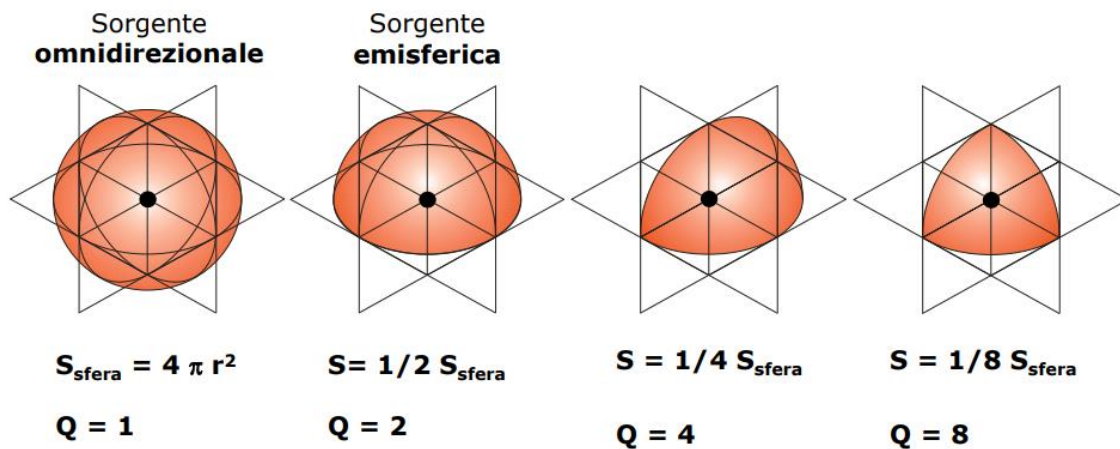


Figura 12

4.2.2 Inserimento in input grafico di sorgente e posizione di rilevamento [introdotta novità]

Per effettuare il calcolo dello STI è necessario introdurre le posizioni della sorgente di emissione e quelle di rilevamento all'interno dell'ambiente. Fare riferimento alla sezione Valori di riferimento dello STI per individuare dove posizionare i punti di rilevamento.

Per inserire le posizioni è necessario cliccare sull'apposito tasto della ribbon, nel tab NoiseCad, menu STI, "Posizioni STI" (Figura 13)

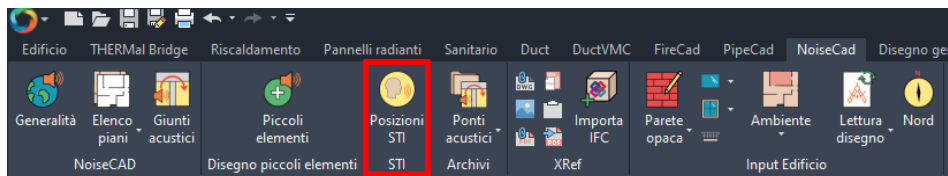


Figura 13

L'input consiste di 2 stati consecutivi:

- **Inserimento sorgente/i:** il comando farà inserire la sorgente, che può essere una e una sola all'interno di un singolo ambiente. Ogni volta che si cliccherà all'interno un ambiente, se questo ancora non ha una sorgente, verrà inserita. In caso nell'ambiente ci fosse già una sorgente questo verrà segnalato all'utente (Figura 14).

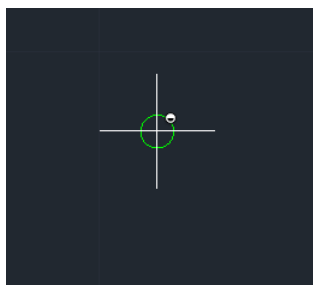


Figura 14

Il simbolo della sorgente è un cerchio verde (per rimando al simbolo utilizzato nella normativa 11532-2:2020, capitolo 6, figura 3)

- **Inserimento posizioni di rilevamento:** per inserire le posizioni di rilevamento è necessario premere il tasto destro per terminare l'inserimento delle sorgenti e passare all'inserimento delle posizioni di rilevamento. Ogni volta che si clicca all'interno dell'ambiente dove è già stata inserita una sorgente verrà creata la posizione di rilevamento (Figura 15).
E' possibile inserire fino a un massimo di 5 posizioni per ambiente.
Il simbolo della posizione è un triangolo con all'interno il numero della posizione (per rimando al simbolo utilizzato nella normativa 11532-2:2020, capitolo 6, figura 3)

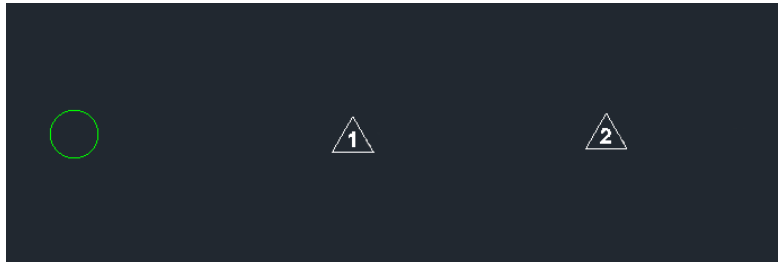


Figura 15

Per terminare l'input, premere il pulsante destro del mouse o Esc.

La sorgente e le posizioni di un ambiente vengono create come un unico blocco, per cui l'unico modo di reinserirle sarà cancellare l'intero blocco.

5 ESECUZIONE DEL CALCOLO

5.1.1 Maschera Valutazioni delle prestazioni acustiche degli edifici [introdotta novità]

All'interno della maschera per la selezione e l'esecuzione del calcolo per l'isolamento acustico degli edifici è stata inserita una sezione apposita con una checkbox da selezionare con la dicitura "Calcolo del tempo di riverbero (UNI EN 12354-6) e STI (UNI 11532-1:2018)". Il calcolo è indipendente dagli altri già presenti di isolamento per via aerea, da esterno e al calpestio (Figura 16).

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici

Tipo di calcolo

Isolamento acustico

- Aereo tra ambienti (UNI EN 12354-1:2017)
- Calpestio (UNI EN 12354-2:2017)
- Aereo da esterno (UNI EN 12354-3:2017)
- Calcolo tempo di riverbero (UNI EN 12354-6) e STI (UNI 11532-1:2018)

Modello di calcolo

- Semplificato (indice unico)
- Semplificato (frequenza)

Calcola Annulla

Figura 16

N.B.: Il calcolo del tempo di riverberazione e dello STI verrà effettuato negli ambienti desiderati solo se verrà selezionato l'apposito checkbox nei dati estesi degli ambienti stessi (Figura 17)

Proprietà	Valore
Generalità	
Escludi come ricevente	<input type="checkbox"/>
Categoria ambiente scolastico	A1 - Musica
Tempo di riverbero e STI	
Calcola tempo di riverbero e STI	<input checked="" type="checkbox"/>
Psi	0.00
Classe temperatura e umidità aria	Non attivo
Elementi	...
Impianto di amplificazione	<input type="checkbox"/>
Potenza di amplificazione [dB(A)]	0.0
Parlatore	Maschio
Livello emissione Ls,A,1m [dB(A)]	70.0
Livello del rumore di fondo [dB]	
125 Hz	30.0
250 Hz	30.0
500 Hz	30.0
1000 Hz	30.0
2000 Hz	30.0
4000 Hz	30.0
8000 Hz	30.0
Fattore di direttività della sorgente Q	
125 Hz	2.0
250 Hz	2.0
500 Hz	2.0
1000 Hz	2.0
2000 Hz	3.5
4000 Hz	3.5

Figura 17

Il calcolo per il tempo di riverberazione e STI avviene sempre, se questo è stato attivato, ma verrà verificato solo al momento per la destinazione d'uso di ambiente scolastico e le categorie di ambiente scolastico che lo prevedono

6 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI

I risultati di calcolo verranno visualizzati al termine del calcolo di NoiseCad nella maschera “Valutazioni delle prestazioni acustiche degli edifici” nella pagina Verifiche, tab 2.3.6.5 della maschera del CAM

6.1 Visualizzazione risultati NoiseCad

6.1.1 Albero risultati Unità Immobiliari

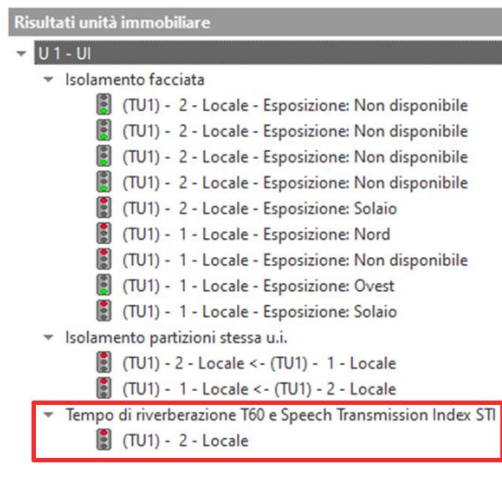


Figura 18

E' stato aggiunto un nuovo nodo, “**Tempo di riverbero T60 e Speech Transmission Index STI**”, uno per ciascun ambiente per cui è stato effettuato il calcolo. Il nodo riporterà, come per le altre verifiche, il simbolo del semaforo, che indicherà (Figura 18):

- **Semaforo rosso:** verifica normativa NON superata
- **Semaforo verde:** verifica normativa superata
- **Nessun semaforo:** verifica normativa non richiesta. Questa condizione si manifesta al momento della stesura del documento quando l’ambiente non ha la destinazione d’uso o la categoria prevista dalla normativa UNI 11532-2:2020 (ambienti scolastici)

Cliccando sul nodo verrà mostrato a fianco la scheda dei risultati corrispondenti.

6.1.2 Pagina risultati tempo di riverberazione e STI

Nella pagina dei risultati sono presenti 2 tab principali (Figura 19):

Ambiente ricevente: Piano Terra (TU1) - 2 - Locale

Risultati di calcolo Lista errori

Dati generali Dettaglio

***Risultati di calcolo del tempo di riverberazione T60**

UNI 11532-2:2020 - Tempo di riverberazione **NON VERIFICATO**

Frequenza [Hz]	125	250	500	1K	2K	4K
T60 [s]	1.14	1.59	2.29	1.95	1.52	1.29
TOtt [s]	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
TOttInf [s]	0.74	0.91	0.91	0.91	0.91	0.74
TOttSup [s]	1.65	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36

Figura 19

- **Risultati di calcolo:** contiene altri 2 tab che riportano i dati generali di calcolo sia del tempo di riverberazione sia dello STI e C50 e il dettaglio dei risultati dello STI
- **Lista errori:** visualizza se presenti (il tab conterrà un punto esclamativo “!”) errori e warning generati dal calcolo

6.1.3 Risultati di calcolo – dati generali

La pagina dei dati generali riporta, in quest’ordine, i risultati del tempo di riverberazione, dell’indice di chiarezza C_{50} e dello STI (se è stato possibile calcolarlo) (Figura 20 e Figura 21)

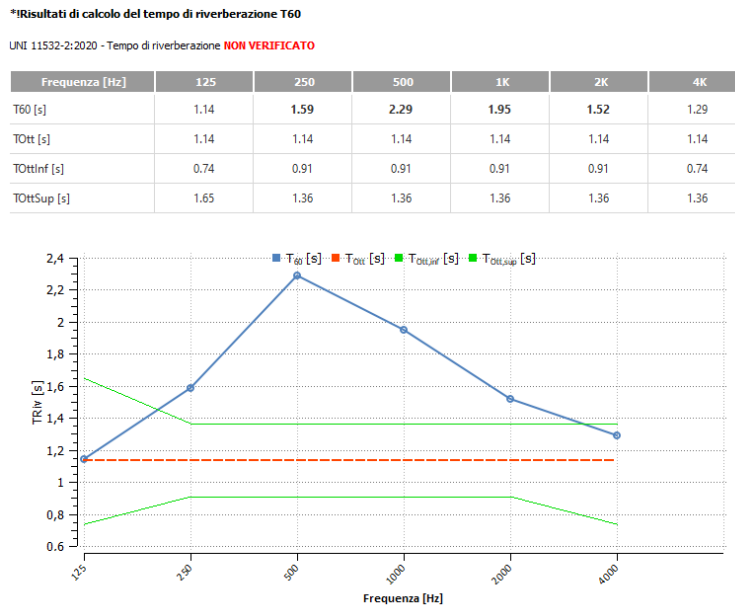


Figura 20

*!Risultati di calcolo della chiarezza C50

C50: -4.7 dB

UNI 11532-2:2020 - Chiarezza C50 **NON VERIFICATO** (requisito: 2 dB)

frequenza	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
C50 ...	-0.9	-2.9	-5.3	-5.0	-3.9	-3.4	-3.4

*!Risultati di calcolo dello Speech Transmission Index STI

STI: 0.53 dB

UNI 11532-2:2020 - STI **NON VERIFICATO** (requisito: 0.55)

Posizione	STI	Limite	r [m]	rc,f 125Hz [m]	rc,f 250Hz [m]	rc,f 500Hz [m]	rc,t
1	1.00	0.6	2.23	0.80	0.67	0.53	
2	0.41	0.6	6.68	0.80	0.67	0.53	
3	0.41	0.6	4.58	0.80	0.67	0.53	
4	0.41	0.6	7.96	0.80	0.67	0.53	
5	0.41	0.6	8.19	0.80	0.67	0.53	

Figura 21

E' riportato l'esempio di un calcolo per un ambiente con destinazione d'uso scolastico, categoria A1 – Musica per cui è richiesta la verifica della normativa 11532-2:2020

I risultati visualizzati cambiano se l'ambiente è sottoposto a verifica normativa o meno:

- **Ambiente è oggetto di verifica normativa:** saranno presenti risultati globali e andamento in frequenza in forma tabellare. Sarà presente l'andamento del tempo di riverberazione in forma di grafico dove richiesto per la categoria di ambiente scolastico. Sarà riportato se il risultato globale è verificato o meno (in rosso in tal caso). Inoltre in tabella verranno visualizzati i limiti e in **grassetto** i valori non verificati corrispondenti.
- **Ambiente non oggetto di verifica normativa:** saranno presenti risultati globali e andamento in frequenza in forma tabellare.

6.1.4 Risultati di calcolo – dettagli

La pagina dei dettagli conterrà i risultati intermedi (indice di trasmissione T_{f,F} e Indice di trasferimento della modulazione MTI) del calcolo dello STI per ogni posizione di rilevamento (Figura 22).

Dettagli risultati di calcolo dello Speech Transmission Index STI - Posizione di misurazione 1

Indice di trasmissione T_{f,F}

Frequenza [Hz]	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
0.63Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77
0.80Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
1Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.25Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.6Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.5Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.15Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.3Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
12.5Hz	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Indice di trasferimento della modulazione MTI

	Frequenza [Hz]	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz	8KHz
1	MT _f	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98

Figura 22

6.2 Visualizzazione risultati verifiche CAM

I risultati delle verifiche per il tempo di riverberazione e lo STI sono stati inseriti nella maschera del CAM, scheda Verifiche. Selezionando una unità immobiliare nell'albero degli edifici nella scheda 2.3.5.6 Comfort Acustico comparirà l'elenco degli ambienti per cui sono stati eseguiti i calcoli e per cui almeno una verifica è necessaria, a seconda della tipologia di ambiente e categoria scolastica ([Figura 23](#)).

Verifiche Criteri Ambientali Minimi DM 11.10.2017

Tipologia d'intervento
Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione

2.3.2 2.3.3 2.3.5.1 2.3.5.2 2.3.5.3 2.3.5.6 2.3.5.7 2.4.1.1 2.4.1.2

Comfort acustico

Descrizione	UI
Destinazione d'uso	E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche a ...
Categoria	E

Classi acustiche per fonte

Isolamento acustico normalizzato di facciata: $D_{2m,nT,w}$	NP
Potere fonosolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di diff...	NP
Calpesto normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari	NP
Impianti a funzionamento continuo: Lic	NP
Impianti a funzionamento discontinuo: Lid	NP
isolamento acustico partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità im...	NP
Calpesto normalizzato fra ambienti tra la stessa unità immobiliare: L'rw	NP
Classe calcolata	NC
Verifica Classe Calcolata >= II	Non verificata

Ambiente	Categoria scolastica	Verifica tempo riverberazione	Verifica STI
(TU1) - 2 - Locale	A1 - Musica	Non verificata	Non verificata
(TU1) - 1 - Locale	A1 - Musica	Non verificata	Non verificata

Figura 23