

ACUSTICA APPLICATA E ILLUMINOTECNICA

PARTE I FONDAMENTI DI ACUSTICA APPLICATA

CAPITOLO 3 INTRODUZIONE ALLA STRUMENTAZIONE PER LE MISURE ACUSTICHE

APPROFONDIMENTO I.3.5.2: INTRODUZIONE ALLA VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA DI MISURA IN ACUSTICA

L'obiettivo di una misurazione è quello di determinare il valore del misurando, cioè della grandezza da misurare. Il risultato di una misurazione acustica, come più in generale di ogni misurazione, rappresenta solo una stima del valore assunto dal misurando, in quanto le misure sono affette da una incertezza che dipende da numerose componenti, le quali entrano in gioco all'interno del processo di misurazione influenzando il risultato ottenuto. Ripetendo una misurazione più volte, in condizioni di ripetibilità ma in istanti di tempo diversi, non si ottiene generalmente lo stesso risultato. Il risultato sarà compreso in un intervallo all'interno del quale sarà contenuto, con una certa probabilità, il valore del misurando; maggiore è il numero di misurazioni realizzate più accurata è la stima del valore assunto dal misurando. Il risultato di una misurazione dovrà quindi sempre contenere un'indicazione quantitativa della sua attendibilità esprimibile in termini di incertezza di misura.

Come descritto all'interno del Paragrafo I.1.3, e nell'Approfondimento I.1.5.13 ad esso collegato, nel caso in cui vengano effettuate (N) rilevazioni del Livello sonoro nello stesso punto di osservazione in tempi diversi, in condizioni di ripetibilità, per determinare la migliore stima del valore del Livello sonoro sarà necessario calcolare il valor medio come media aritmetica lineare dei singoli risultati delle misure. Il risultato della misura dovrà poi essere completato attraverso la valutazione e la dichiarazione dell'incertezza di misura.

La determinazione della incertezza di misura in acustica può essere realizzata utilizzando la procedura indicata nella norma internazionale UNI CEI ENV 13005: "Guida all'espressione dell'incertezza di misura", e seguendo le indicazioni contenute nella norma nazionale UNI/TR 11326 Acustica "Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica – Parte 1: Concetti generali".

La UNI CEI ENV 13005 definisce l'incertezza di misura come un parametro che, associato al risultato di una misurazione, caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando. L'incertezza fornisce quindi una indicazione quantitativa dell'attendibilità del risultato.

L'incertezza associata al risultato di una misura o all'applicazione di un metodo di misura può essere determinata utilizzando due diversi approcci: un approccio analitico, che prevede il calcolo dell'incertezza a partire dalla definizione di un modello matematico che permette la valutazione di tutte le componenti dell'incertezza che influenzano la misura, o un approccio di tipo sperimentale, che permette di determinare una stima dell'incertezza attraverso il confronto dei risultati di prove interne a un laboratorio e/o inter-laboratorio in termini di ripetibilità e/o riproducibilità del metodo.

Ripetibilità: concordanza tra i risultati di una serie di misure di uno stesso misurando quando le singole misurazioni sono effettuate nelle stesse condizioni di misura, come ad esempio:

- utilizzazione dello stesso metodo di misura;
- effettuazione da parte dello stesso operatore;
- utilizzazione dello stesso strumento di misura;
- effettuazione nello stesso luogo;
- effettuazione nelle stesse condizioni di utilizzo dello strumento e del misurando e in un breve periodo di tempo.

Riproducibilità: grado di concordanza tra i risultati di una serie di misure di uno stesso misurando quando le singole misurazioni sono effettuate cambiando una o più condizioni di misura. Ad esempio, misure effettuate da operatori diverse, con strumentazione diversa, in laboratori diversi eccetera.

Tornando alla determinazione della incertezza, l'approccio analitico deve essere preferito quando è possibile calcolare tutte le componenti dell'incertezza, mentre l'approccio sperimentale viene utilizzato in assenza di informazioni complete sul modello matematico.

Secondo le raccomandazioni degli organismi internazionali, le componenti dell'incertezza possono essere raggruppate, in due categorie a seconda della modalità di stima numerica delle componenti stesse:

- categoria A: alla quale appartengono le componenti che possono essere valutate mediante l'analisi statistica di serie di osservazioni;
- categoria B: alla quale appartengono le componenti valutate mediante metodi diversi dall'analisi statistica di serie di osservazioni.

Le informazioni utilizzate per stimare le componenti all'incertezza di categoria A provengono dai risultati delle misurazioni che sono state effettuate mentre quelle utilizzate per stimare le componenti all'incertezza di categoria B derivano da fonti esterne. In entrambi i casi la valutazione è però basata su distribuzioni di probabilità e le componenti risultanti, o incertezze tipo, sono quantificate mediante varianze o scarti tipo.

In generale, e in particolare per le misurazioni di rumore, le principali fonti di incertezza sul valore rilevato sono:

- incertezza legata alla ripetibilità della misura;
- incertezza legata alla ripetibilità dell'operatore;
- incertezza legata alla strumentazione.

Le prime due incertezze sono di tipo A e sono valutabili mediante metodi statistici, per esempio ripetendo la misura più volte con lo stesso operatore e con operatori diversi. Mentre l'incertezza legata alla strumentazione è di tipo B e va valutata mediante altri metodi: in generale è fornita dal produttore dello strumento.

VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA DI CATEGORIA A

La migliore stima di una variabile casuale (x_i) di cui sono state fatte (N) misurazioni ($x_{i,k}$) è la media aritmetica delle N osservazioni, che può essere calcolata con la seguente relazione:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_{i,k}$$

Le singole osservazioni ($x_{i,k}$) differiscono a causa di variazioni casuali delle grandezze d'influenza.

La varianza della distribuzione di probabilità di x_i è stimata come varianza sperimentale delle misure:

$$s^2(x_{i,k}) = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (x_{i,k} - \bar{x}_i)^2$$

La sua radice quadrata rappresenta lo scarto tipo sperimentale e coincide con la deviazione standard:

$$s(x_{i,k}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (x_{i,k} - \bar{x}_i)^2}{N-1}}$$

La migliore stima della varianza della media è invece data espressa secondo la relazione:

$$s^2(\bar{x}_i) = \frac{s^2(x_{i,k})}{N}$$

La sua radice quadrata rappresenta quindi lo scarto tipo sperimentale della media e coincide con la deviazione standard della media:

$$s(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (x_{i,k} - \bar{x}_i)^2}{N(N-1)}}$$

L'incertezza tipo (u) è definita proprio come lo scarto tipo sperimentale della media ed è pari a:

$$u(x_i) = s(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (x_{i,k} - \bar{x}_i)^2}{N(N-1)}}$$

Il risultato della misurazione, nel caso in cui sia dipendente da una sola componente di incertezza di tipo A, potrà dunque essere espresso come:

$$x_i = \bar{x}_i \pm u(x_i)$$

VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA DI CATEGORIA B

Nel caso di variabile casuale (x_i) che non è stata ottenuta da osservazioni ripetute, la varianza stimata associata ($u^2(x_i)$) o l'incertezza tipo ($u(x_i)$) viene valutata median-

te giudizio scientifico basato su tutte le informazioni disponibili connesse con la possibile variabilità di (x_i). Tra queste è possibile elencare:

- dati di precedenti misure;
- esperienza o conoscenze generali di comportamento e proprietà dei materiali e strumenti;
- specifiche del produttore;
- dati forniti in certificati di taratura o altri certificati;
- incertezze assegnate a valori di riferimento presi da manuali.

INCERTEZZA TIPO COMPOSTA (u_c)

Quando il risultato della misurazione è ottenuto mediante i valori di un certo numero di altre grandezze sarà necessario determinare l'incertezza tipo composta (u_c) che rappresenta l'incertezza tipo del risultato della misurazione. **L'incertezza tipo composta (u_c)** sarà pari alla radice quadrata della somma delle varianze delle singole grandezze, pesate, ciascuna, in base alla influenza della loro variazione sul risultato della misura.

Nel caso in cui il misurando (y) sia funzione di (M) grandezze misurate (x_i), ciascuna con incertezza tipo ($u(x_i)$), l'incertezza tipo composta (u_c), sotto l'ipotesi che le grandezze (x_i) non siano correlate tra loro, è data da:

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} u(x_1)\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_M} u(x_M)\right)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^M \frac{\partial y}{\partial x_i} u(x_i)}$$

dove le derivate parziali rappresentano i coefficienti di sensibilità, indicati spesso con (c_i), che descrivono come la stima d'uscita (y) vari al variare dei valori delle stime d'ingresso.

Se le misure in ingresso non sono tra loro indipendenti, cioè nel caso in cui alcune delle grandezze sono tra loro correlate, l'equazione precedente non può essere impiegata ma bisogna utilizzare un'equazione generale che tiene conto delle correlazioni la cui trattazione esula però dall'obiettivo del presente approfondimento. L'incertezza tipo composta è quella che va associata alla migliore stima della misurazione, costituita dal valore medio dei valori di (y):

$$y = \bar{y} \pm u_c$$

INCERTEZZA ESTESA (U)

Sebbene l'incertezza composta (u_c) possa essere universalmente utilizzata per esprimere l'incertezza del risultato di una misurazione, nelle applicazioni dove sono coinvolte la salute e la sicurezza, e quindi in cui il risultato della misurazione deve essere confrontato con un valore limite, si preferisce utilizzare **l'incertezza estesa (U)**. L'incertezza estesa (U) è una grandezza che fornisce l'intervallo, intorno al risultato della misurazione, nel quale ci si aspetta che sia compresa una gran parte della distribuzione di valori che possono essere ragionevolmente attribuiti al misurando.

L'incertezza estesa si ottiene moltiplicando l'incertezza tipo composta (u_c) per un fattore numerico di copertura (k):

$$U = k u_c$$

Il valore del fattore di copertura (k) viene determinato sulla base del livello di fiducia richiesto, sulla base della distribuzione di probabilità ipotizzata e sulla base del tipo di intervallo con il quale si esprime il risultato della misurazione, bilaterale ($\bar{y} \pm U$) o monolaterale ($\bar{y} + U$; $\bar{y} - U$).

Il livello di fiducia rappresenta la probabilità che il risultato dichiarato cada all'interno dell'intervallo $[(\bar{y} - U) \div (\bar{y} + U)]$. Idealmente sarebbe utile poter scegliere un valore specifico del fattore di copertura che generi un intervallo avente un livello di fiducia molto elevato (95% o 99%). Tuttavia, ciò non è facile in pratica in quanto richiede la conoscenza approfondita della distribuzione di probabilità caratterizzata dal risultato della misurazione (y) e dalla sua incertezza tipo composta ($u_c(y)$).

In molte situazioni sperimentali in cui la distribuzione di probabilità è approssimativamente normale si può ritenere che:

- $k = 1$ generi un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 68%;
- $k = 2$ generi un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 95%;
- $k = 3$ generi un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 99%.

Nel caso invece cui la distribuzione di probabilità sia approssimativamente uniforme o rettangolare il fattore di copertura, a parità di livello di fiducia, assume valori diversi. In questo caso lo scarto tipo, o incertezza tipo, è pari a $u(x_i) = a/\sqrt{3}$, dove (a) è la semiampiezza della distribuzione, e il fattore di copertura assume i valori:

- $k = 1$ genera un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 68%;
- $k = 1,65$ genera un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 95%;
- $k = 1,71$ genera un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 99%.

Esempio I.3.5.2.1

In una postazione di misura, in condizioni di ripetibilità, la rilevazione del livello di pressione sonora, realizzata mediante un fonometro conforme alla Classe 1, viene ripetuta sei volte ottenendo i seguenti risultati:

$$\begin{aligned} L_{p,1} &= 77,5 \text{ dB} \\ L_{p,2} &= 78,1 \text{ dB} \\ L_{p,3} &= 79,1 \text{ dB} \\ L_{p,4} &= 79,5 \text{ dB} \\ L_{p,5} &= 78,2 \text{ dB} \\ L_{p,6} &= 78,4 \text{ dB} \end{aligned}$$

Determinare la migliore stima del risultato e valutare l'incertezza di misura.

Analisi

È evidente che l'obiettivo è quello di valutare, effettuando misure ripetute in tempi diversi, la migliore stima del Livello di pressione sonora e l'incertezza di misura, nella singola postazione sotto indagine. Sarà quindi necessario applicare quanto descritto nel presente Approfondimento.

Soluzione

A fini didattici è possibile ipotizzare che il Livello di pressione sonora (L_p) misurato sia funzione di un numero ridotto di grandezze indicate nell'equazione seguente:

$$L_p = \overline{L_{lett}} + \delta_{strum} + \delta_{display}$$

dove:

- $\overline{L_{lett}}$ è il livello di pressione sonora medio con la sorgente di rumore sottoposta a prova in funzione; può essere valutato in termini della migliore stima di più misure ripetute, ovvero mediante il valore medio delle letture ripetute sul visore dello strumento. Ad esso è associata l'incertezza dovuta alla ripetibilità delle misurazioni dei livelli di pressione sonora $u(\overline{L_{lett}})$ che quantifica la concordanza tra i risultati di misurazioni successive eseguite nelle medesime condizioni;
- δ_{strum} è una grandezza in ingresso che tiene conto dell'incertezza nella strumentazione di misurazione e viene valutato in termini di incertezza $u(\delta_{strum})$, che può essere desunta dalle specifiche dello strumento;
- $\delta_{display}$ è una grandezza in ingresso che viene valutata in termini di incertezza $u(\delta_{display})$ che può essere desunta dall'arrotondamento con cui vengono visualizzate le cifre della misura sul display.

La migliore stima dei valori rilevati è costituita dal valore medio dei valori letti, calcolato come media aritmetica:

$$\overline{L_{lett}} = L_{p,medio} = \frac{\sum_{i=1}^9 L_{p,i}}{6}$$

$$L_{p,medio} = \frac{77.5 + 77.1 + 79.1 + 79.5 + 78.2 + 78.4}{6} \text{ dB} = 78,5 \text{ dB}$$

dove viene considerata una sola cifra decimale in quanto non ha senso esprimere il risultato di un calcolo con un numero di cifre significative superiore a quello delle grandezze di ingresso.

L'incertezza associata alla ripetibilità delle misurazioni dei livelli di pressione sonora $u(\overline{L_{lett}})$, che quantifica la concordanza tra i risultati di misurazioni successive eseguite nelle medesime condizioni, è una incertezza di categoria A. Può essere ricavata dal trattamento statistico delle 6 misure realizzate al fine di determinare l'incertezza tipo che corrisponde allo scarto tipo della media:

$$u(\overline{L_{lett}}) = s(\overline{L_{lett}}) = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (L_{p,k} - \overline{L_{lett}})^2}{(6-1)}}}{\sqrt{6}} \text{ dB} = 0.30 \text{ dB}$$

L'incertezza $u(\delta_{strum})$, che tiene conto dell'accuratezza dello strumento viene valutata in termini di una incertezza di categoria B. Può essere desunta dalla normativa tecnica che prescrive che un fonometro integratore di classe 1 deve avere:

- una "precisione di lettura del livello sonoro continuo equivalente" di ± 0.7 dB;
- una "massima variazione ammissibile della lettura durante un'ora di funzionamento" di 0.3 dB.

Quindi si potrebbe assumere 1 dB come campo di variabilità di (L_p) dovuto alla incertezza strumentale. Assumendo una distribuzione di probabilità uniforme si può stimare l'incertezza strumentale come:

$$u(\delta_{strum}) = \frac{1.0}{\sqrt{3}} dB = 0.58 dB$$

L'incertezza $u(\delta_{display})$ legata alla risoluzione nella lettura del risultato di misura viene valutata in termini di una incertezza di categoria B. Può essere desunta dal numero di cifre decimali con cui viene letto il risultato della misura che è, in questo caso, pari a uno. Quindi si potrebbe assumere $\pm 0.5 dB$ come campo di variabilità di (L_p) dovuto alla risoluzione del display. Assumendo una distribuzione di probabilità uniforme si può stimare l'incertezza nella lettura del display come:

$$u(\delta_{display}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} dB = 0.029 dB$$

Dopo aver determinato le incertezze tipo relative alle singole grandezze che influenzano la misura del livello di pressione sonora è necessario determinare l'incertezza composta. Nel caso in oggetto può essere calcolata mediante l'espressione sottostante che valuta l'incertezza tipo composta (u_c), sotto l'ipotesi che le grandezze non siano correlate tra loro.

$$u_c(L_p) = \sqrt{\left[\frac{\partial L_p}{\partial L_{lett}} u(L_{lett}) \right]^2 + \left[\frac{\partial L_p}{\partial \delta_{strum}} u(\delta_{strum}) \right]^2 + \left[\frac{\partial L_p}{\partial \delta_{display}} u(\delta_{display}) \right]^2}$$

dove:

$$u(L_{lett}) = 0.30 dB$$

$$u(\delta_{strum}) = 0.58 dB$$

$$u(\delta_{display}) = 0.029 dB$$

È necessario a questo punto calcolare le derivate parziali o coefficienti di sensibilità che descrivono come la stima d'uscita varia al variare dei valori delle stime d'ingresso delle grandezze in gioco. Ricordando che il livello di pressione sonora è stato ipotizzato essere pari alla somma lineare delle differenti grandezze:

$$L_p = L_{lett} + \delta_{strum} + \delta_{display}$$

i tre coefficienti di sensibilità saranno tutti pari a 1:

$$\frac{\partial L_p}{\partial L_{lett}} = 1$$

$$\frac{\partial L_p}{\partial \delta_{strum}} = 1$$

$$\frac{\partial L_p}{\partial \delta_{display}} = 1$$

Quindi l'incertezza tipo composta (u_c) sarà pari a:

$$u_c(L_p) = \sqrt{[u(L_{\text{lett}})]^2 + [u(\delta_{\text{strum}})]^2 + [u(\delta_{\text{display}})]^2} =$$

$$u_c(L_p) = \sqrt{(0.30)^2 + (0.58)^2 + (0.029)^2} = 0,65$$

Il risultato può quindi essere espresso, in relazione all'incertezza composta, come:

$$L_p = 78,4 \pm 0.7 \text{ dB}$$

Ricordando la definizione di incertezza estesa (U) è possibile osservare come, supponendo che le misure di livello di pressione rispondano con buona approssimazione a una distribuzione di probabilità normale, il risultato sopra riportato, espresso in termini di incertezza composta, coincide anche con il risultato espresso in termini di incertezza estesa per un fattore di copertura ($k = 1$) che genera un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 68%.

Se fosse richiesto un livello di fiducia più elevato, ad esempio pari al 95%, occorrerebbe utilizzare un fattore di copertura ($k = 2$), per cui l'incertezza estesa sarebbe data da:

$$U(L_p) = k \cdot u_c(L_p) = 2 \cdot 0.65 \text{ B} = 1.3 \text{ dB}$$

e il risultato, in relazione all'incertezza estesa, può essere espresso come:

$$L_p = 78,4 \pm 1.3 \text{ dB}$$

dove la scelta di un fattore di copertura ($k = 2$), per una distribuzione di probabilità normale, genera un intervallo bilaterale avente un livello di fiducia di circa il 95%.

Discussione

I risultati ottenuti mostrano che l'incertezza legata alla risoluzione nella lettura $u(\delta_{\text{display}})$ è trascurabile rispetto alle altre componenti. Si potrebbe pensare di ridurre la componente dell'incertezza associata alla ripetibilità delle misurazioni, aumentandone il numero. Ad esempio, raddoppiando il numero di misure e supponendo di ottenere i seguenti ulteriori risultati:

$$L_{p,7} = 77,3 \text{ dB}$$

$$L_{p,8} = 77,8 \text{ dB}$$

$$L_{p,9} = 79,4 \text{ dB}$$

$$L_{p,10} = 77,8 \text{ dB}$$

$$L_{p,11} = 77,4 \text{ dB}$$

$$L_{p,12} = 78,2 \text{ dB}$$

si otterrebbe $u(L_{\text{lett}}) = 0.22 \text{ dB}$, ma l'incertezza composta sarebbe $u_c(L_p) = 0,62$ e l'incertezza estesa con livello di fiducia 95% uguale a 1,2, praticamente uguale al valore ottenuto con solo sei misure. È evidente che ciò è dovuto alla prevalenza sulle altre componenti dell'incertezza connessa con l'accuratezza dello strumento, per cui si potrebbe ottenere una sostanziale riduzione dell'incertezza solo utilizzando uno strumento con accuratezza migliore.

Va comunque considerato che anche nelle condizioni sopra descritte l'aumento del numero delle misurazioni può modificare la migliore stima dei valori rivelati

che, infatti, in questo caso passa da 78,4 dB a 78,2 dB, per cui il risultato del processo di misura potrà essere espresso come

$$L_p = 78,2 \pm 1.2 \text{ dB}$$

UTILIZZO DELL'INCERTEZZA NEL CONFRONTO CON I VALORI LIMITE DI SPECIFICA

Molto spesso l'obiettivo principale di una misurazione acustica è quello di determinare i valori assunti da alcune grandezze allo scopo di valutarne la conformità con valori limite stabiliti da norme, leggi, regolamenti ecc. A tale scopo una corretta espressione del risultato, attraverso la stima del misurando e la stima dell'incertezza ad esso associata, assume un ruolo di grande importanza.

L'incertezza estesa (U), con indicato il corrispondente livello di fiducia, permette infatti di individuare un intervallo di valori associato al risultato, $[(\bar{y} - U) \div (\bar{y} + U)]$, nel quale ci si aspetta che sia compresa una gran parte della distribuzione di valori che possono essere ragionevolmente attribuiti al misurando; questo intervallo viene definito intervallo di fiducia o intervallo di copertura.

I valori limite di legge individuano, a loro volta, un intervallo di valori compreso tra un valore limite inferiore e un valore limite superiore, estremi inclusi. Questo intervallo di valori, definito intervallo di specifica, può essere bilaterale, compreso cioè tra un valore minimo e un valore massimo, oppure monolaterale, espresso cioè attraverso un valore limite superiore o inferiore.

La conformità o la non conformità del risultato di una misurazione ai valori limite di legge deve quindi essere verificata attraverso il confronto dell'intervallo di copertura con l'intervallo di specifica. La verifica restituisce un risultato univoco solo nel caso in cui l'intervallo di copertura associato al risultato, cade all'esterno o all'interno dell'intervallo di specifica. Quando il valore limite di legge, e quindi l'intervallo di specifica, cade all'interno dell'intervallo di copertura associato al risultato, la valutazione della conformità o non conformità può essere formulata solo in relazione a precise regole decisionali.

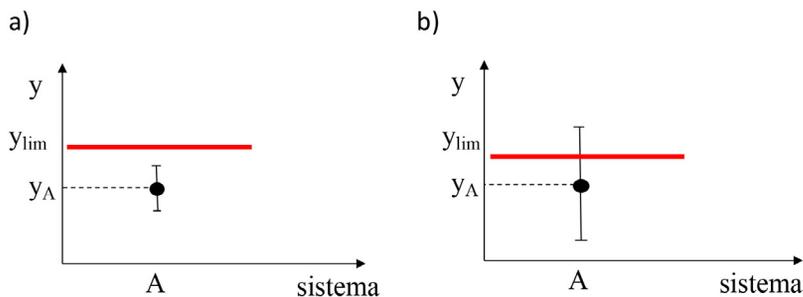


Figura I.3.5.2.1

Esempio di verifica di conformità di una proprietà (y_A) di un sistema a un intervallo di specifica monolaterale espresso attraverso un valore limite superiore (y_{lim}): a) conformità univocamente determinabile; b) conformità non univocamente determinabile

In Figura I.3.5.2.1 viene ad esempio mostrato il caso in cui siamo interessati a verificare se una proprietà (y_A) di un sistema, valutata attraverso una misurazione, è conforme a un intervallo di specifica monolaterale espresso attraverso un valore limite superiore (y_{lim}); dobbiamo cioè verificare se (y_A), tenuto conto dell'intervallo di copertura associato, è inferiore a (y_{lim}). Nel caso di Figura I.3.5.2.1a) la risposta è può essere univocamente determinata ed è affermativa in quanto l'intervallo di

copertura associato al misurando non include il valore limite di specifica. Nel caso di Figura I.3.5.2.1b) la risposta non può invece essere univocamente determinata perché l'intervallo di copertura associato al misurando e l'intervallo di specifica sono parzialmente sovrapposti.

La norma UNI/TS 11326-2:2015 Acustica "Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica -Parte 2: Confronto con valori limite di specifica" descrive le regole decisionali per determinare quando il risultato di una misurazione acustica, tenuto conto dell'incertezza di misura, è conforme o non conforme rispetto a un valore limite.

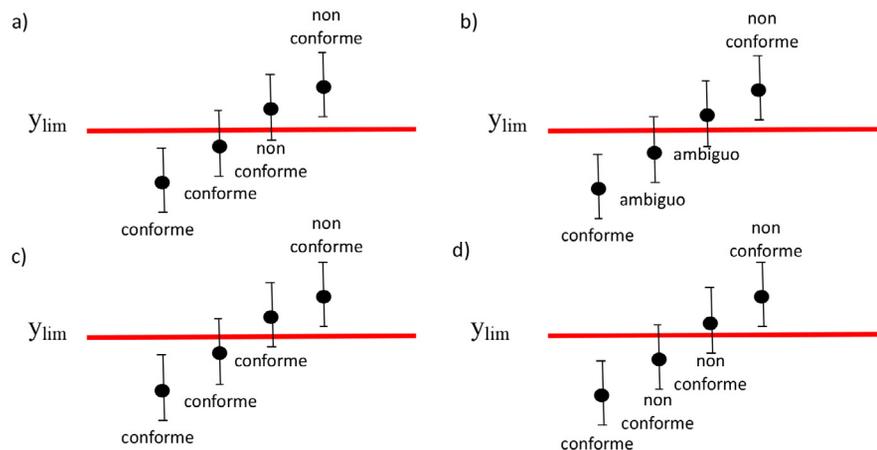
La Norma descrive dapprima le regole base per l'accettazione o il rifiuto di un valore stimato del misurando rispetto a un valore limite di specifica, per poi stabilire le regole da adottare nei casi in cui non può essere presa una decisione univoca di conformità o non conformità.

Le regole base per l'accettazione o il rifiuto di un valore stimato del misurando rispetto a un valore limite di specifica sono:

- **accettazione o rifiuto semplici** che consiste nel considerare il risultato di una misurazione come conforme, o non conforme, se la miglior stima del misurando rientra, o non rientra, nell'intervallo di specifica individuato. Questa è la regola più elementare e consiste nel considerare il risultato come privo di incertezza e il valore limite come numero esatto;
- **accettazione o rifiuto stretti** che consiste nel considerare il risultato di una misurazione come conforme, o non conforme, solo se rientra, o non rientra, nell'intervallo di specifica con tutto l'intervallo di copertura relativo al livello di fiducia individuato;
- **accettazione o rifiuto allargati** che consiste nel considerare il risultato di una misurazione come conforme, o non conforme, solo non è esterno, o non è interno, all'intervallo di specifica con tutto l'intervallo di copertura relativo al livello di fiducia individuato.

Figura I.3.5.2.2

Esempio di verifica di conformità di un intervallo di copertura con un intervallo di specifica monolaterale, individuato da un valore limite superiore (y_{lim}) utilizzando le regole base: a) accettazione o rifiuto semplici; b) accettazione o rifiuto stretti; c) accettazione allargata; d) rifiuto allargato



In Figura I.3.5.2.2 viene riportato un esempio di verifica di conformità, in relazione alle differenti regole base, di un intervallo di copertura con un intervallo di specifica monolaterale, individuato da un valore limite superiore (y_{lim}).

La regola di decisione per la valutazione della conformità in acustica applicata può essere scelta, secondo le indicazioni contenute nella Specifica Tecnica UNI/TS 11326-2, tra una delle due seguenti combinazioni:

- **accettazione stretta + rifiuto allargato**, da utilizzare quando la valutazione di conformità è finalizzata ad accertare, con un livello di fiducia prefissato, il **rispetto** di un valore limite;
- **accettazione allargata + rifiuto stretto**, da utilizzare quando la valutazione di conformità è finalizzata ad accertare, con un livello di fiducia prefissato, il **mancato rispetto** di un valore limite.

In Figura I.3.5.2.3 viene riportato un esempio di valutazione della conformità di un intervallo di copertura con un intervallo di specifica monolaterale, individuato da un valore limite superiore (y_{lim}), in funzione della scelta di una delle due combinazioni di regole.

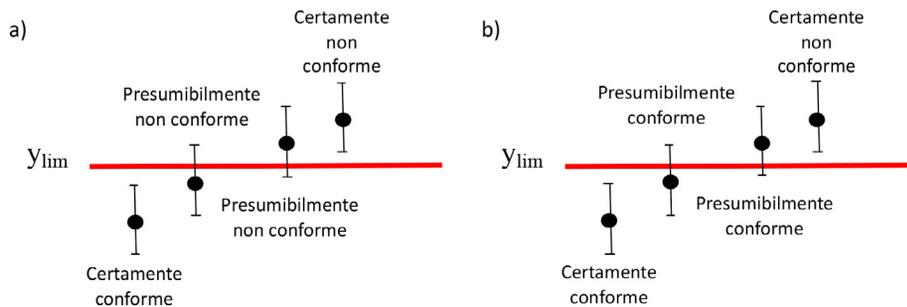


Figura I.3.5.2.3

Esempio di verifica di conformità di un intervallo di copertura con un intervallo di specifica monolaterale, individuato da un valore limite superiore (y_{lim}) utilizzando due combinazioni di regole base: a) accettazione stretta + rifiuto allargato; b) accettazione allargata + rifiuto stretto

La regola decisionale non fa parte del processo di prova ma deve essere sempre scelta ed esplicitamente dichiarata prima di eseguire una misurazione. È bene però osservare come le indicazioni in materia di incertezza e di confronto del risultato di una misurazione con i valori limite, contenute nelle leggi, regolamenti e normative cogenti nel campo dell'acustica applicata, abbiano, se presenti, la priorità sulle regole contenute nella specifica tecnica UNI/TS 11326-2.