



Università degli studi di
Padova



IL CONTROLLO DEL RUMORE NELL'INDUSTRIA

Corso di Acustica applicata

Renato Lazzarin

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei
Sistemi industriali

Fasi di intervento

Il controllo del rumore nell'industria si può codificare secondo le seguenti fasi:

1) **misura della sorgente del rumore**

La misura deve consentire l'individuazione delle sorgenti del rumore: essa deve essere almeno in banda di ottava o meglio di terzo di ottava. Solo in tal modo si possono scoprire effetti di risonanza, ovvero rumori prodotti da urti di parti metalliche o da getti d'aria ad alta pressione (elevate frequenze).

2) **scelta di un livello di rumore di progetto**

Può derivare

- da regolamenti o leggi;
- dalle esigenze delle persone confinanti;
- da uno standard qualitativo industriale;
- dall'acquirente;
- da esigenze di comfort per l'operatore.

Fasi di intervento

3) Scelta della necessaria riduzione di rumore

È la differenza fra il livello esistente e quello di progetto. È necessario conoscere in che campo di frequenze è chiesta la riduzione.

Basse frequenze sono più difficili da controllare rispetto le alte.

Per raggiungere un certo obiettivo può essere più conveniente un intervento su certe frequenze più che non su altre.

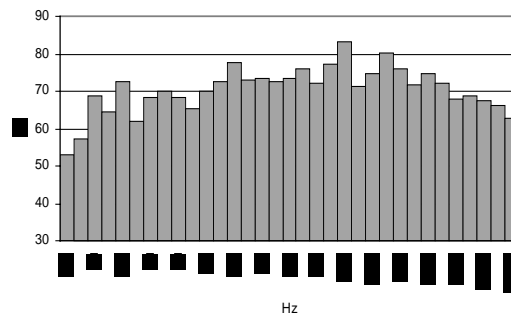
4) Scelta di un trattamento appropriato che limiti la generazione, la trasmissione o la radiazione del rumore.

La casistica è ampia e non si può trattare in maniera sistematica: conviene piuttosto trattare esempi di applicazione.

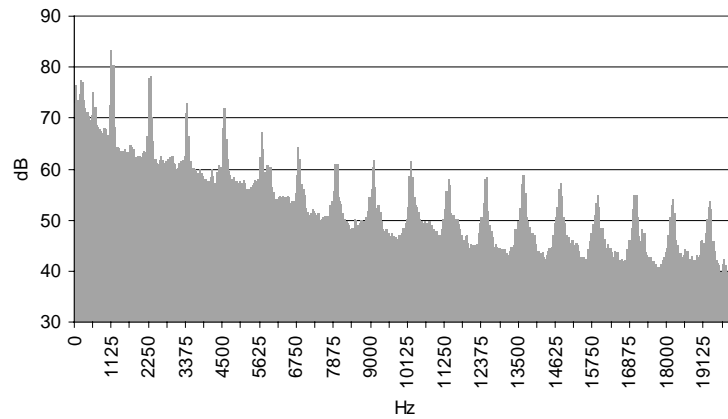
L'eventuale rumore propagato all'esterno avrà una trattazione separata. Gli altri problemi che si incontrano riguardano da un lato il rumore prodotto da un'apparecchiatura realizzata dall'azienda in questione che può andare da un compressore ad un asciugacapelli, ovvero un reparto lavorazione dello stabilimento.

Nel primo caso risulta indispensabile una misurazione accurata dello spettro del rumore che permette di identificare la causa più importante della rumorosità.

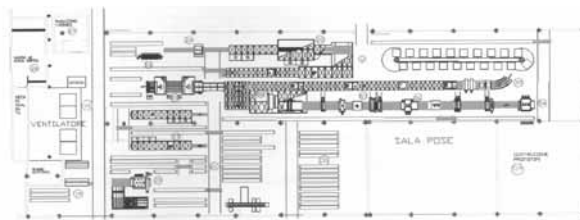
Spesso non risulta sufficiente nemmeno il rilievo in terzo di ottava e di deve ricorrere al rilievo in banda stretta (*narrow band*). Qui viene riportato lo spettro relativo ad una macchina per foratura.



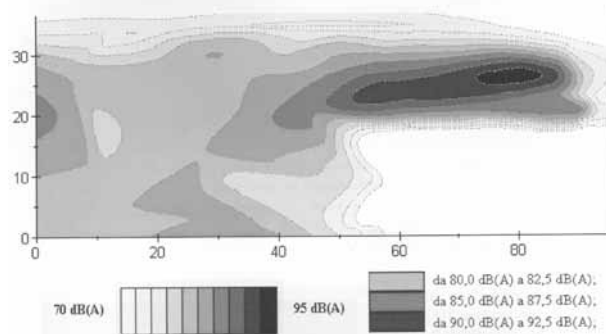
Lo spettro non evidenzia dei picchi particolari se non a 1250 Hz. La rappresentazione in narrow band mostra invece chiaramente il disturbo concentrato a 1125 Hz e alle diverse armoniche superiori correlabile ad un componente in rotazione.



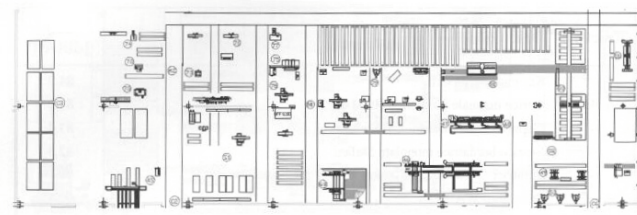
Nel caso invece si voglia valutare il rumore di reparto è importante riuscire a realizzare delle mappature acustiche che identificano le zone critiche nel reparto stesso. Ad esempio il reparto rappresentato ha una sola macchina particolarmente problematica.



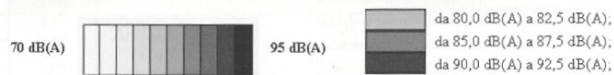
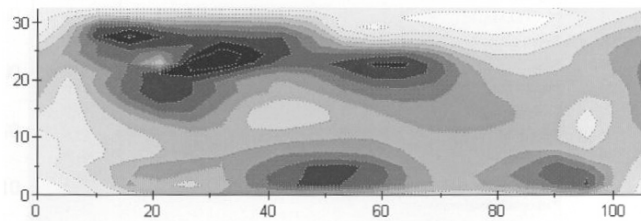
Layout del reparto di verniciatura.



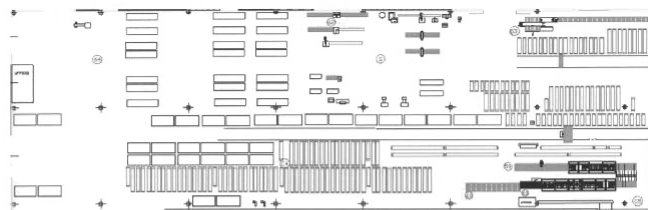
Questo reparto presenta 4-5 punti problematici che possono suggerire di concentrare in una sola zona le macchine rumorose se non si possono attuare altri provvedimenti.



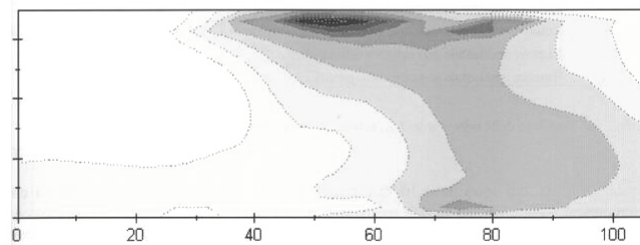
Layout del reparto speciali e massiccio



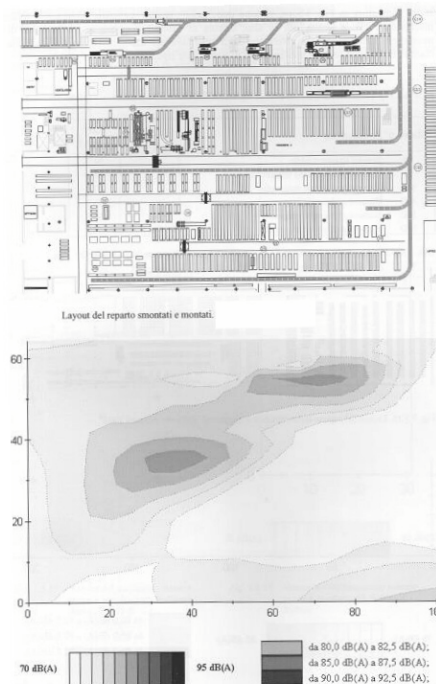
Questo reparto ha una sola macchina rumorosa dove si attua la foratura delle lamiere. Risulta evidente la necessità di realizzare un'adatta barriera acustica.



Layout del reparto di foratura e lavorazioni metalliche



Infine questo reparto non presenta particolari problemi



Barriere acustiche

La riduzione consentita da una barriera è funzione dello spettro del rumore, delle dimensioni della barriera, della geometria e della natura (fonoassorbimento) degli elementi vicini (ostacoli od altre superfici).

Una barriera riflettente non assorbe energia sonora, ma la ridistribuisce, anche se meno energia sonora arriva dall'altra parte. Se invece si attua un rivestimento con materiale fonoassorbente con barriera sufficientemente lunga in modo che il suono non possa aggirarla, l'incremento di riduzione può essere di 10-15 dB per una distanza sorgente-ricevitore di 2-3 m, di 5-8 dB per una distanza di 10-12 m.

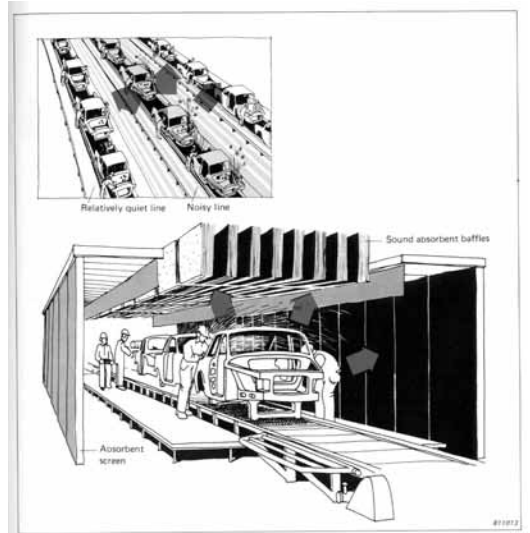
La barriera dovrebbe essere solida con un fonoisolamento maggiore di almeno 10 dB di quanto ci si aspetti dalla barriera, dovrebbe essere la più alta e lunga possibile e dovrebbe intercettare tutto il suono diretto.

Barriere acustiche

Si considerino linee di montaggio parallele delle quali una risulti più rumorosa delle altre. Si può utilizzare una barriera da ambo i lati che separi la linea rumorosa dalle altre.

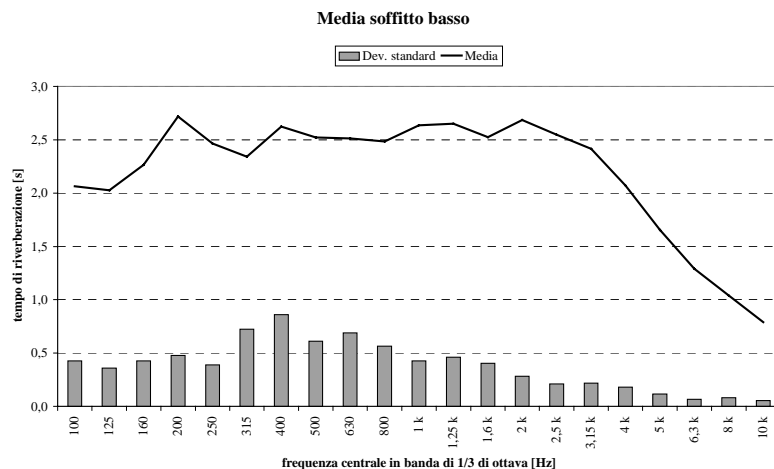
In questo caso però la riverberazione produce livelli più alti lungo la linea rumorosa.

La soluzione è il ricorso a setti di separazione fonoassorbenti sospesi nella parte alta della linea rumorosa.



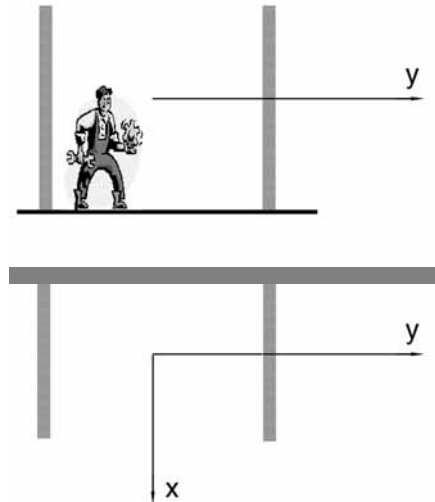
Barriere acustiche: esempio

Si voglia contenere il disturbo prodotto da una lavorazione particolarmente rumorosa in un ambiente industriale (capannone di volume $40 \times 104 \times 7 \text{ m}^3$ e superficie dell'involucro di 10.000 m^2). Il tempo di riverberazione dell'ambiente è particolarmente elevato.



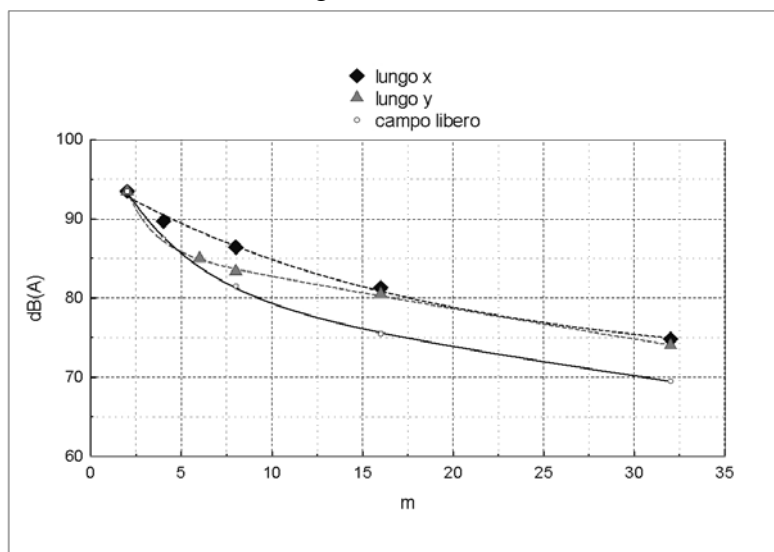
Barriere acustiche: esempio

Vengono installate due barriere acustiche verticali ai lati della postazione di lavoro: un lato è costituito dalla parete e un lato è lasciato aperto.



Barriere acustiche: esempio

Il risultato è stato valutato posizionando una sorgente sonora tra le 2 barriere e andando a misurare il livello di pressione lungo la direzione parallela alle barriere (x) e lungo la direzione normale alle barriere (y).



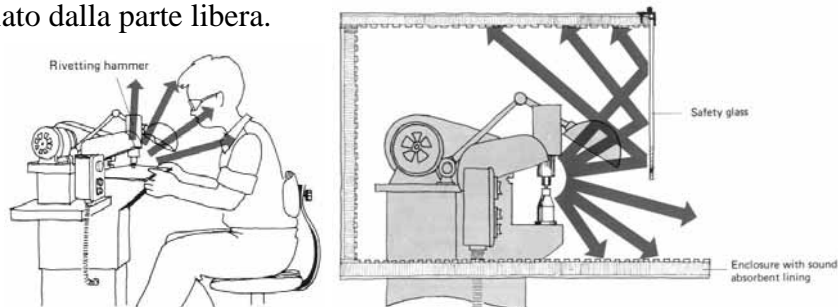
Barriere acustiche: esempio

Si osserva che:

- verso il lato aperto (lungo x) la riverberazione dell'ambiente determina un rinforzo rispetto la propagazione in campo libero;
- subito al di là della barriera (lungo y) il rumore è attenuato in virtù della riduzione della componente diretta introdotta dalla barriera;
- la presenza della componente riflessa che scavalca la barriera determina, comunque, un livello sonoro all'incirca pari a quello che si avrebbe in una propagazione in campo libero;
- a distanze elevate l'intervento è ininfluenza proprio per l'elevata riverberazione dell'ambiente.

Cabine di chiusura parziale

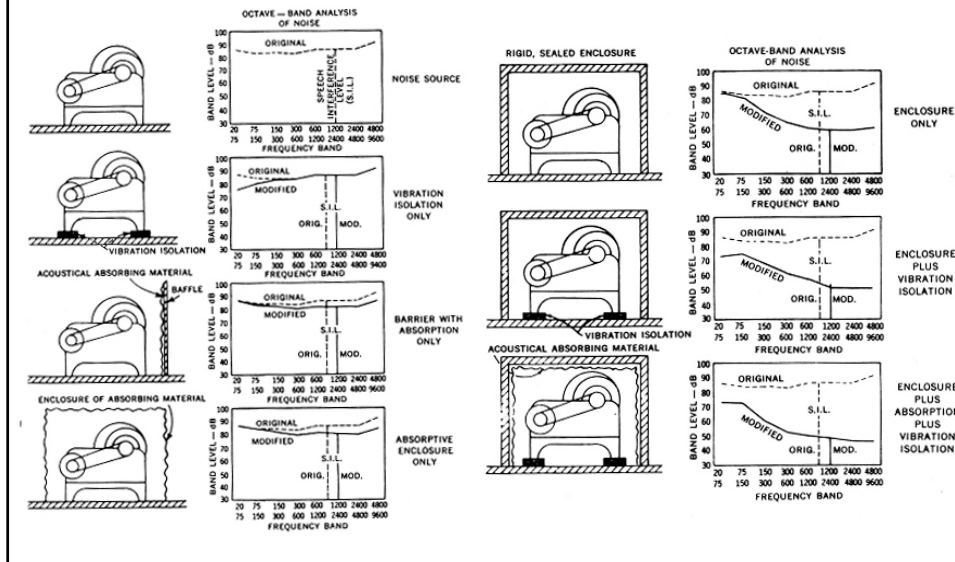
Viene racchiusa la sorgente di rumore da una cabina di contenimento che lasci spazi di manovra per l'operatore. Un'analisi semplificata fa dipendere la riduzione operata dalla cabina dall'angolo che viene coperto. Se dei 360° metà viene coperta ed il suono vi è assorbito, si ha una riduzione di 3 dB, se di $3/4$ di 6 dB e così via. In linea di massima si può stare fra 6 e 10 dB, qualcosa di più per l'operatore che si trovi fra cabina e sorgente. È indispensabile il trattamento fonoassorbente (2,5÷5 cm per le alte frequenze), 10÷20 cm per le basse: altrimenti non vi è nessun effetto perché aumenta il suono irradiato dalla parte libera.



Cabine di chiusura totale

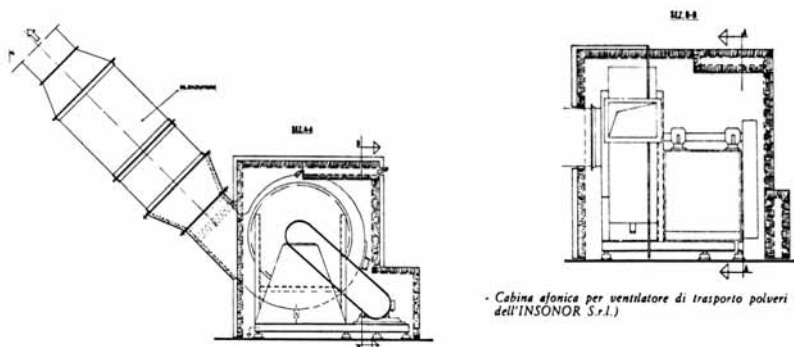
Si utilizzano se si vogliono più di 15-20 dB di riduzione.

Esse devono isolare in maniera adeguata ed assorbire il suono.



Cabine di chiusura totale

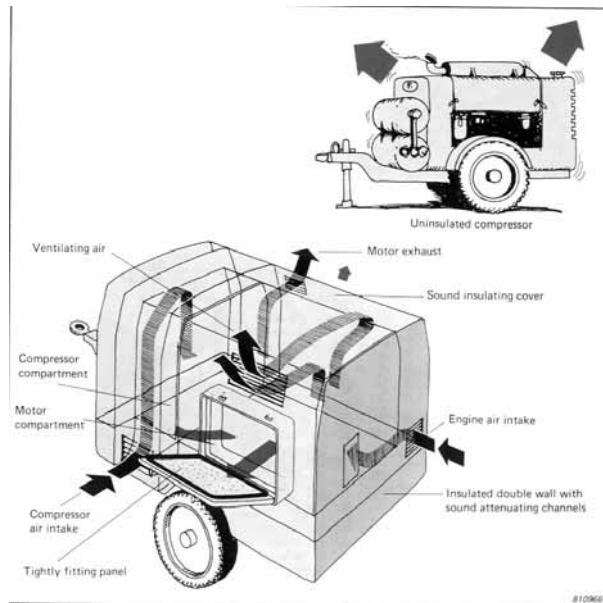
Le cabine di chiusura devono comunicare con l'esterno attraverso canali trattati acusticamente. Devono essere attrezzate con illuminazione, ventilazione, controllo a distanza, facile accessibilità. Il fonoisolamento della cabina deve essere ben più alto di quello relativo alla riduzione desiderata, dato che nel piccolo ambiente chiuso il livello sonoro è assai più alto. In presenza di forte fonoassorbimento si possono avere 10 dB in più e 20 dB per scarso assorbimento.



- Cabina fonica per ventilatore di trasporto polveri (per gentile concessione dell'INSONOR S.r.l.)

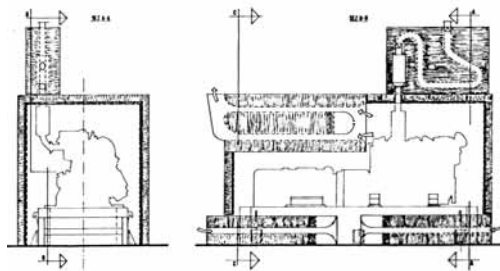
Cabine di chiusura totale

In caso di presenza di porte o di altre aperture, esse devono essere ben sigillate ed agevoli da chiudere. Nel caso trattato di aria di raffreddamento e per compressione di un compressore a motore, questa deve entrare ed uscire attraverso condotti trattati acusticamente e di adeguata lunghezza.

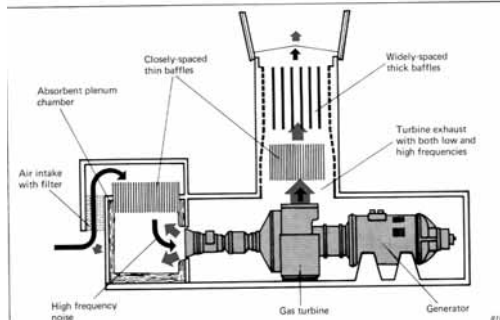


Cabine di chiusura totale

Una situazione tipica di aperture verso l'esterno è quella dei motori a c.i. sia alternativi che turbogas. Infatti, deve esserci ampio spazio per il passaggio dell'aria di combustione, di quella di raffreddamento e per i fumi di scarico.



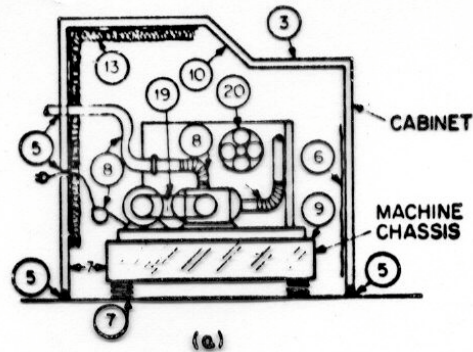
Cabina acustica per gruppo elettrico (per gentile concessione dell'INSONOR 5+1)



Cabine di chiusura totale

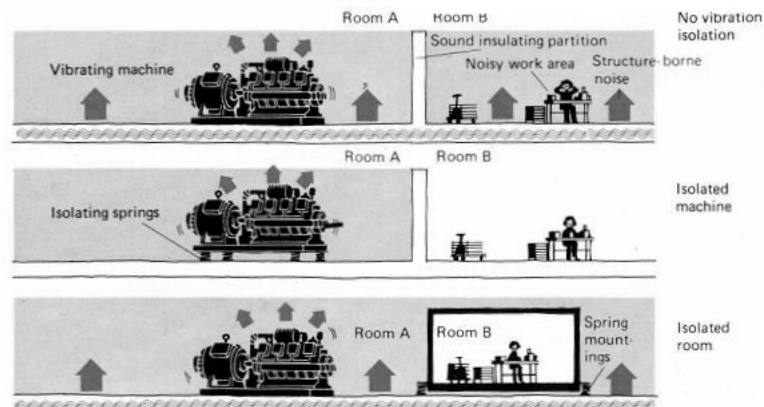
La figura riassume vari interventi necessari:

- 3: cabina di chiusura
- 5: sigillatura percorsi di uscita dalla cabina
- 6: materiale smorzante per ridurre le vibrazioni di pannelli leggeri
- 7: supporti isolanti
- 8: connessioni flessibili
- 9: blocco di inerzia
- 10: riduzione di aree radianti
- 13: rivestimenti fonoassorbenti
- 19: sistema di trazione a cinghia anziché ad ingranaggi
- 20: eliminazione rumore aerodinamico



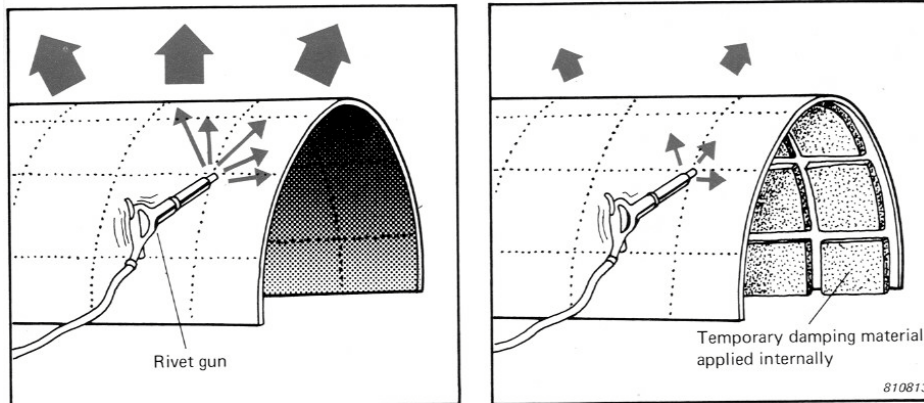
Zone insonorizzate

Talvolta non è possibile silenziare una macchina industriale di grandi dimensioni. Allora si racchiude l'operatore in una cabina insonorizzata dalla quale egli opera il controllo a distanza. Questa cabina deve essere adeguatamente fonoisolata. L'interno va rivestito con materiale fonoassorbente con NRC almeno 0,65 e la ventilazione va realizzata tramite canali rivestiti.



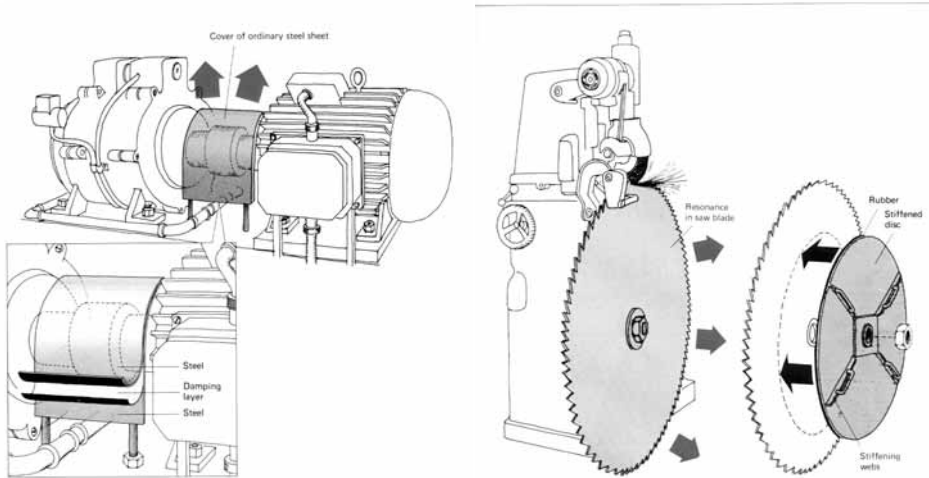
Materiali smorzanti

Le vibrazioni possono essere smorzate con fogli e nastri appropriati sulle superfici vibranti con riduzione del rumore trasmesso od irradiato da 2 a 20 dB. Risultano assai adatte a macchine che presentano impatti, soprattutto metallo su metallo.



Materiali smorzanti

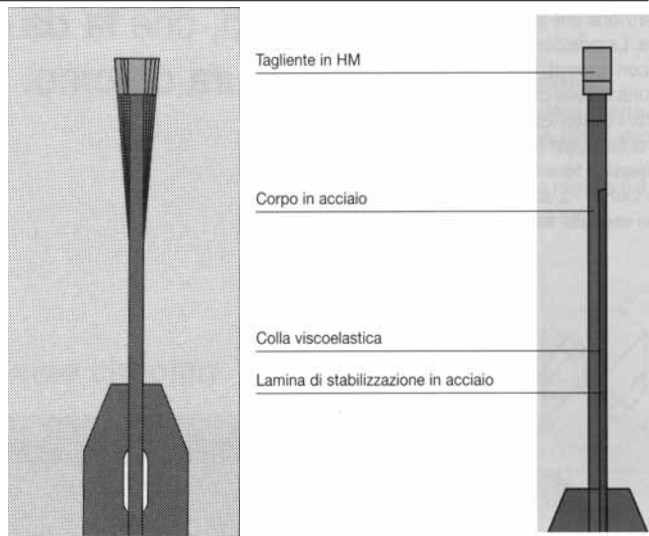
L'area del rivestimento deve essere superiore a metà della superficie da smorzare: è indifferente su quale faccia vada posto il materiale, conviene quindi quella meno soggetta ad usura.



Lame smorzate

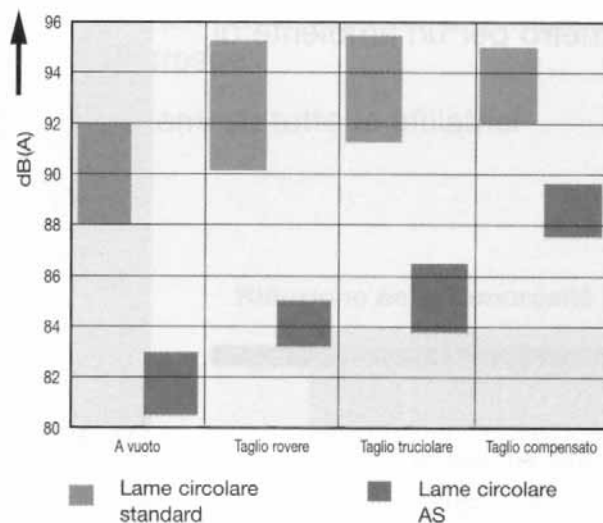
Le oscillazioni assiali del corpo della lama creano una diffusione del rumore.

Anche i vortici d'aria sugli spigoli del taglio creano emissioni sonore a specifiche frequenze.



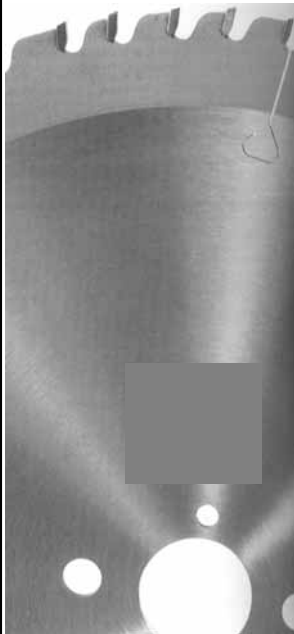
La colla viscoelastica e la lamina di stabilizzazione riducono la vibrazione della lamina e quindi l'emissione sonora in corrispondenza delle armoniche generate dalla vibrazione.

Lame smorzate

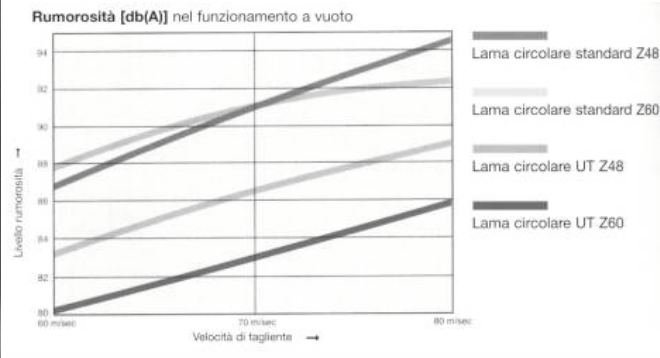


La riduzione della rumorosità può arrivare fino a 10 dB(A). Ne giova anche la qualità del taglio e la durata della lama.

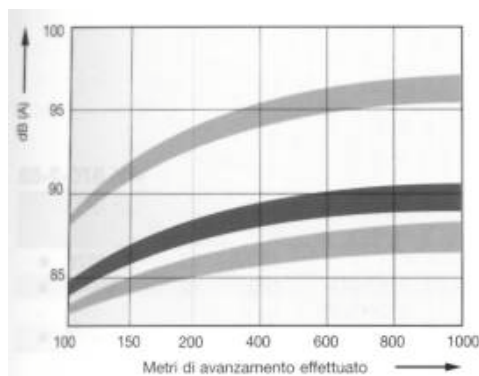
Lame asimmetriche



La riduzione della rumorosità è ottenuta grazie ad una disposizione asimmetrica e irregolare dei taglienti. Si può ottenere una diminuzione di 4÷8 dB(A) nel funzionamento a vuoto.



Lame silenziate

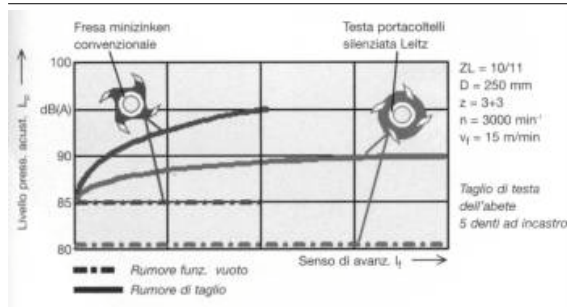


Confronto fra diverse esecuzioni di lame sulla efficacia della riduzione del rumore

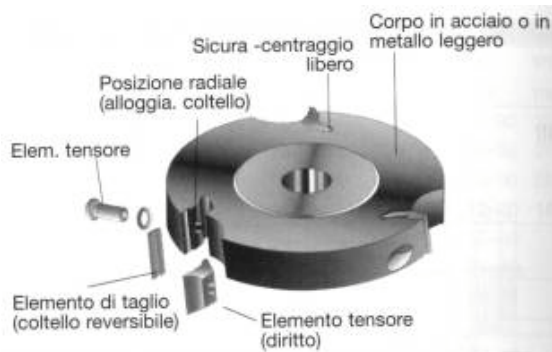
Standard AS-OptiCut UT
 Anti-Schall

Rispetto una lama tradizionale, il costo di una lama asimmetrica può essere il 20÷30% superiore, mentre il costo di una lama smorzata può essere il 50÷60% superiore.

Frese silenziate



Oltre alla riduzione della rumorosità durante la lavorazione, si ottiene una maggiore silenziosità e protezione del motore in virtù della minore forza centrifuga.



Pialle silenziate



Gli alberi a piallare tradizionali montano i coltelli orizzontalmente. La disposizione dei coltelli in maniera elicoidale permette di ridurre notevolmente la rumorosità generata sia durante il funzionamento a vuoto che durante la lavorazione.

Isolamento dalle vibrazioni

Si distinguono vibrazioni di bassa frequenza imputabili si solito al sistema di traino a velocità di rotazione da 300 a 3600 rpm (5÷60 Hz). È necessario isolarlo al meglio dal resto della macchina. Vanno verificati allineamenti, giochi, ecc. Possono essere utilizzate molle metalliche o supporti di isolamento in neoprene.

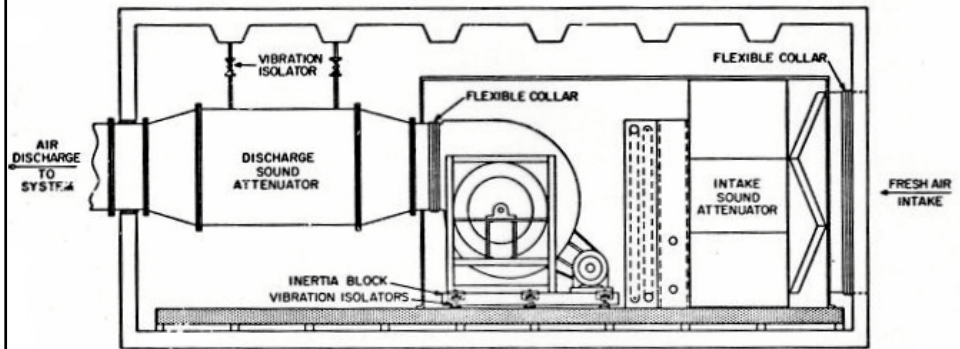
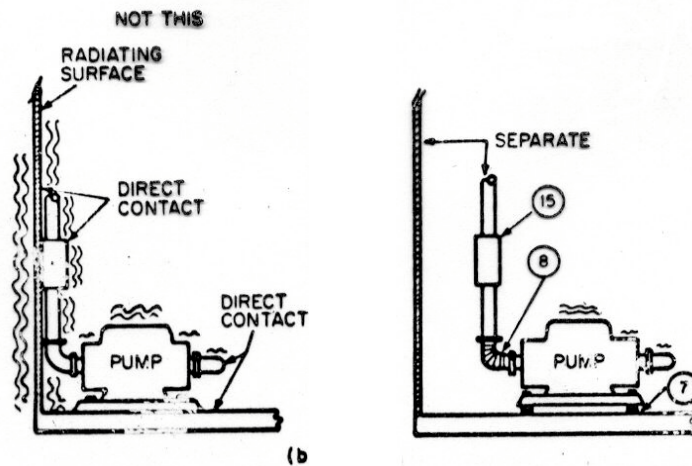


Fig. 27.14 Sound attenuation system for a centrifugal fan installation.

Isolamento dalle vibrazioni

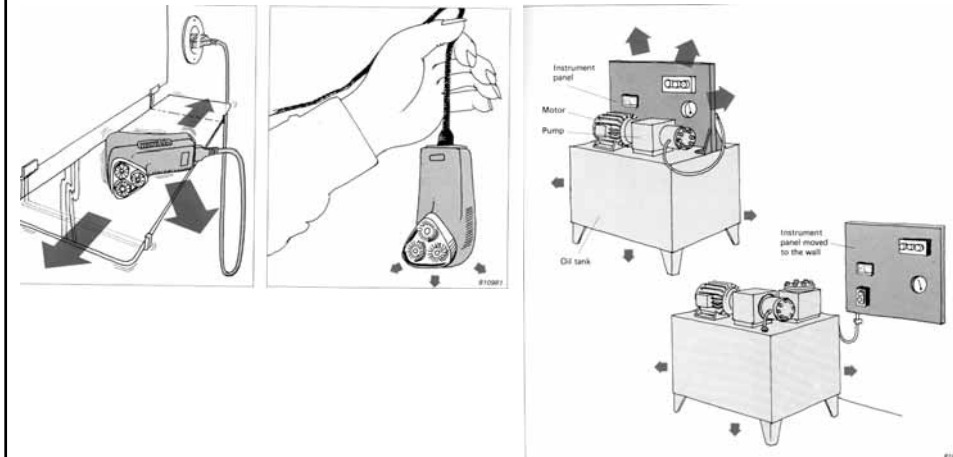
Si hanno poi vibrazioni di alta frequenza oltre i 250 Hz dovuti a vibrazioni della struttura o di elementi della macchina. Vanno ridotte con ampio ricorso a materiale resiliente con collegamenti alla struttura senza cortocircuiti.



Riduzione dell'area radiante

Superfici di grande area, anche se vibrano con scarsa ampiezza, possono irradiare forti quantità di energia sonora.

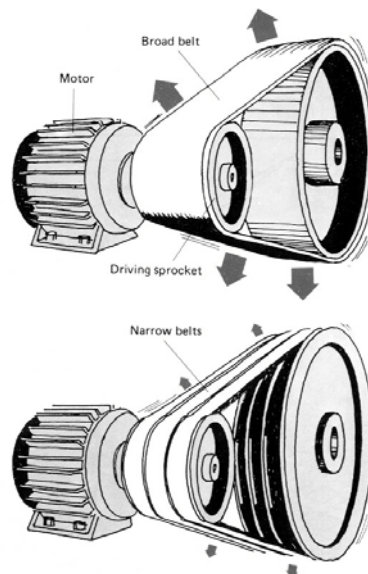
Andrebbero evitate grandi superfici rigidamente collegate ad una macchina. Gli interventi possono essere quelli di sostituire le grandi superfici con più numerose piccole superfici.



Riduzione dell'area radiante

Un esempio tipico è la vibrazione prodotta da cinghie di grande larghezza per trazione industriale che possono produrre livelli elevati di rumore a bassa frequenza.

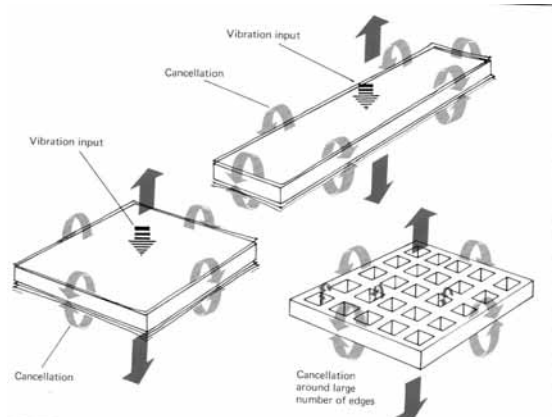
Se si sostituisce la singola cinghia trapezoidale con un numero sufficiente di elementi più stretti si può avere interferenza distruttiva e riduzione del rumore oltre che minore irradiazione.



Riduzione dell'area radiante

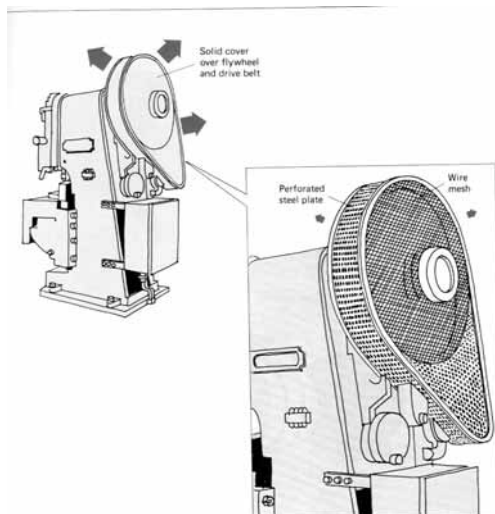
Lastre metalliche perforate irradiano energia meno efficacemente e con frequenza naturale diversa che superfici continue.

Un pannello piano irradia rumore da tutta la superficie ed esistono solo quattro lati in cui la pressione sonora può essere parzialmente cancellata da interferenza distruttiva. Se il pannello è perforato non solo si irradia meno energia sonora ma si moltiplicano le possibilità di interferenza distruttiva.



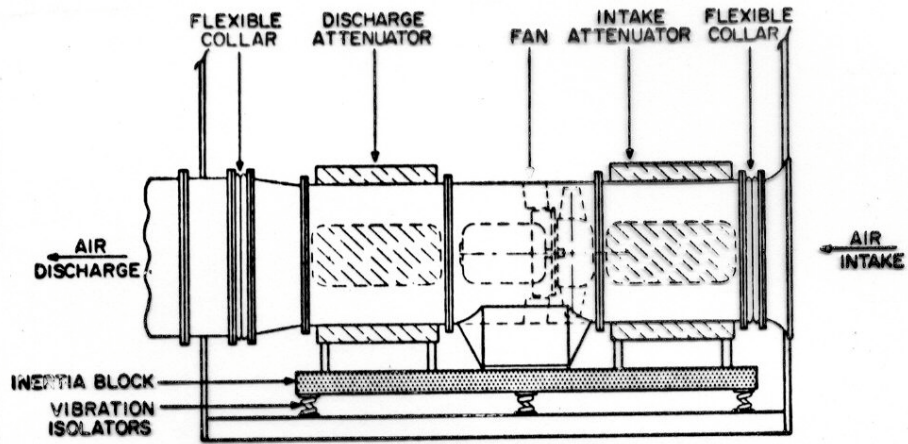
Riduzione dell'area radiante

Un'applicazione tipica è il pannello protettivo di un sistema di trazione che può essere realizzato, anziché con lamiera continua, con una maglia metallica che riduce notevolmente l'irradiazione potenziale di rumore.



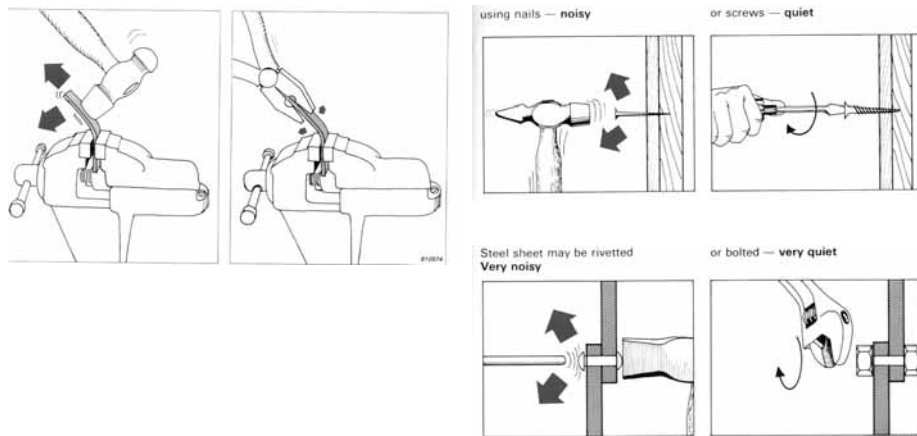
Condotti rivestiti e silenziatori

Va inserito rivestimento fonoassorbente nei canali di ventilazione di una cabina per la macchina o per il personale. I silenziatori possono essere dissipativi o reattivi.



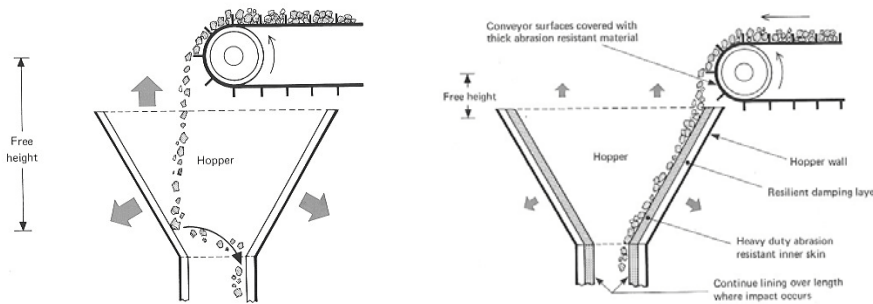
Modifica di una lavorazione

Il rumore viene provocato da un cambiamento nella forza, nella pressione o nella velocità. Cambiamenti importanti producono molto rumore, piccoli cambiamenti assai meno. Può essere preferibile applicare una forza più piccola per un tempo maggiore.



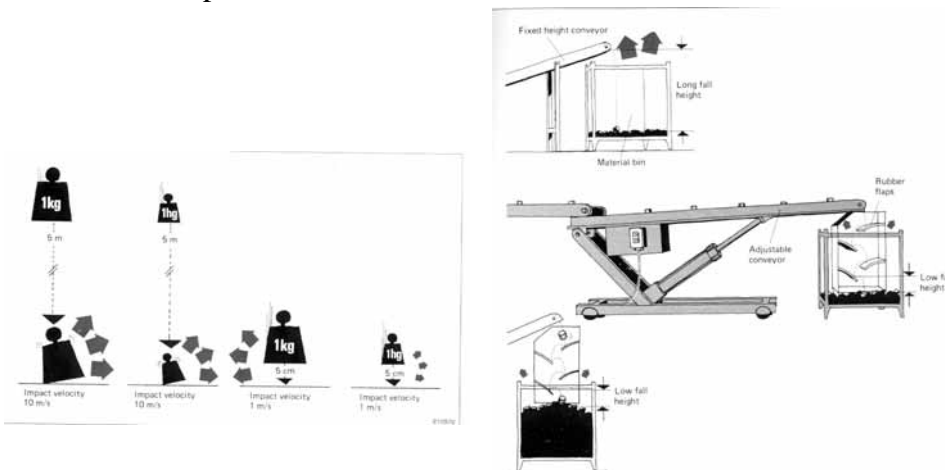
Modifica delle superfici di impatto

Rumore di impatto risulta da elevate accelerazioni/decelerazioni di una parte in movimento. Esempio tipico è quello di una camma. Se l'asta non segue sempre il profilo della camma si ha un urto, evitabile ad esempio con un maggior carico della molla dell'asta, o ridisegnando la camma. Oppure si possono sostituire le superfici di impatto con materiale resiliente anziché rigido.



Modifica dell'impatto

Si può anche modificare l'energia dell'impatto, ad esempio riducendo lo spazio di caduta.



Riduzione di rumore derivante da aria in pressione

Lo scarico di aria ad alta pressione è un rumore tipico negli impianti industriali per pulire parti e superfici, raffreddare materiali caldi, per muovere dispositivi meccanici.

Lo scarico di aria in pressione in atmosfera provoca rumore nel campo 2.000÷8.000 Hz con valori che possono essere di 105÷115 dB(A) in prossimità del getto. La riduzione di rumore si può ottenere:

- (a) con una più bassa pressione;
- (b) spegnendo il getto quando non è richiesto;
- (c) cambiando la direzione del getto nel caso sia diretto verso uno spigolo o un foro dove il rumore provocato può essere più intenso.
- (d) usando ugelli di disegno appropriato;
- (e) inserendo un silenziatore attorno al getto in modo da assorbire rumore nella regione di mescolamento dove il getto ad alta velocità si mescola in modo turbolento con l'aria ambiente.

Riduzione di rumore derivante da aria in pressione

Dimezzando la velocità di uscita si può ridurre il livello di rumore di 20 dB. Questo può essere ottenuto da un getto ausiliario a più bassa velocità che riduce l'impatto con l'aria ambiente.

Con questo criterio si possono realizzare ugelli speciali molto più silenziosi.

