

3 Protezione contro i rumori esterni all'edificio

I rumori aerei provenienti dall'esterno degli edifici sono essenzialmente rappresentati dai rumori provenienti dal traffico stradale, ferroviario e/o aereo; essi però possono provenire anche, e questa lista non è limitativa, dai luoghi di lavoro (fabbriche, laboratori, ecc.), dai luoghi di ricreazione (discoteche, stadi, ecc.) e da 'manifestazioni' umane o animali (strada pedonale – in questo caso si parla di rumore antropico – latrati, ecc.).

3.1 Normativa e legislazione

La legislazione di riferimento è il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 – “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”; in questo caso si fa riferimento in particolare all'isolamento di facciata degli edifici, che deve rispettare dei limiti funzione della destinazione d'uso dell'edificio:

Tab. 3.1 Valori minimi di isolamento di facciata

Categoria	Destinazione d'uso	$D_{2m,nT,w}$
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili	40
B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili	42
C	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	40
D	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	45
E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	48
F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	42
G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili	42

Tab. 3.2 Norme tecniche di riferimento

UNI EN ISO 140-5: 2000	Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate
UNI EN ISO 717-1: 2007	Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento acustico per via aerea.
UNI EN 12354-3: 2002	Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea.

3.2 Specifiche di progetto

Le specifiche acustiche di progetto possono raccomandare dei valori più elevati rispetto a quelli imposti dalla normativa. Questo può avvenire, ad esempio, quando l'edificio progettato è situato all'interno di una fascia di pertinenza di una infrastruttura (si veda a tal proposito il D.P.R. 18 Novembre 1998, n. 459). Nel qual caso, se si parla ad esempio di una ferrovia, a seconda che la velocità di progetto del convoglio sia superiore o inferiore ai 200 km/h si hanno le casistiche riassunte nelle tabelle a seguire.

Tab. 3.3 Velocità > 200 km/h, limiti (massimi) dei valori di immissione assoluti.

Edificio	Periodo diurno (dB(A))	Periodo notturno (dB(A))
Ospedali, case di cura e di riposo	50	40
Scuole	50	(non considerato)
Altri ricettori	65	55

Se sulla base dei valori rilevati nel punto dove sorge l'edificio i limiti di cui sopra non risultano conseguibili, deve essere assicurato il rispetto dei limiti riportati nella tabella 3.4.

Tab. 3.4 Velocità > 200 km/h, limiti di immissione assoluti all'interno dell'edificio.

Edificio	Periodo diurno (dB(A))	Periodo notturno (dB(A))
Ospedali, case di cura e di riposo	(non considerato)	35
Scuole	45	(non considerato)
Altri ricettori	(non considerato)	40

Tab. 3.5 Velocità < 200 km/h limiti (massimi) dei valori di immissione assoluti.

Edificio	Periodo diurno (dB(A))	Periodo notturno (dB(A))
Ospedali, case di cura e di riposo	50	40
Scuole	50	(non considerato)
Altri ricettori – fascia A	70	60
Altri ricettori – fascia B	65	55

Se sulla base dei valori rilevati nel punto dove sorge l'edificio i limiti di cui sopra non risultano conseguibili, deve essere assicurato il rispetto dei limiti riportati nella tabella 3.6

Tab. 3.6 Velocità < 200 km/h, limiti di immissione assoluti all'interno dell'edificio.

Edificio	Periodo diurno (dB(A))	Periodo notturno (dB(A))
Ospedali, case di cura e di riposo	(non considerato)	35
Scuole	45	(non considerato)
Altri ricettori – fascia A	(non considerato)	40

I valori di cui alla Tab. 3.4 e Tab. 3.6 sono misurati al centro della stanza, a finestre chiuse, con il microfono posto all'altezza di 1,5 m dal pavimento. Questo significa che in questi casi occorrerà agire sull'isolamento di facciata e in particolare sugli elementi acusticamente più deboli come, ad esempio, i serramenti.

3.2.1 Considerazioni aggiuntive

A parte i casi particolari discussi sopra, in generale il clima acustico esterno all'edificio e quindi neppure la classificazione acustica del territorio sono influenti sul livello di isolamento di facciata da raggiungere. Ciò evidentemente può costituire un limite: laddove il livello esterno è considerato particolarmente basso ($L_{eq}(A)$ fino a 45-40 dB(A)) si rischia di sovradimensionare eccessivamente i serramenti, causando inevitabilmente un aggravio in termini di costi. Ad esempio, l'isolamento di facciata da ottenere nel caso di edifici scolastici è piuttosto difficile da raggiungere; oltretutto in altre norme è richiesta una superficie degli elementi vetrati tale che sia garantita una certa illuminazione naturale. Questo comporta la scelta di serramenti che prevedono interventi molto onerosi sotto il profilo tecnico ed economico. Peraltro in genere gli edifici scolastici dovrebbero essere posizionati in zone particolarmente protette. Un approccio dinamico sembrerebbe quindi più conveniente: dimensionare l'isolamento di facciata non solo in base alla destinazione d'uso dello stesso ma anche in funzione del clima acustico reale, avendo fissato come obiettivo da garantire un certo livello di immissione limite all'interno dell'ambiente ricevente (a finestre chiuse).

Altre considerazioni dettate dall'esperienza riguardano il caso in cui il livello sonoro esterno sia estremamente debole: è consigliabile prendere delle precauzioni supplementari per l'isolamento interno anche tra locali appartenenti alla stessa unità immobiliare, in particolare per gli edifici ad uso residenziale, per gli ospedali e per gli alberghi. Infatti, gli occupanti sono tanto più sensibili ai rumori dei loro vicini quanto più debole è il livello sonoro dovuto al rumore di fondo.

3.3 Protezione contro i rumori

3.3.1 Scelta del terreno e utilizzo del sito

Nonostante la legislazione non lo preveda, quando è possibile scegliere il terreno dove viene ipotizzata la costruzione occorre, per ogni insediamento, studiare tutte le sorgenti sonore nello spazio e nel tempo.

- *Nello spazio*

La localizzazione delle sorgenti sonore è essenziale, se non altro per proteggersi contro di esse, se necessario, in seguito. Essa dipende evidentemente

dal tipo di sorgente sonora: una sorgente sonora fissa, come quella di una fabbrica, di una linea di alta tensione o di una eolica, è facilmente localizzabile, ciò che non è invece possibile nel caso di una sorgente sonora che si sposta, come gli aerei nei pressi degli aeroporti.

- *Nel tempo*

In questo caso si tratta di prendere in considerazione la durata del rumore, la sua ripetitività e i periodi, all'interno della giornata, nei quali esso si produce. Per esempio, è importante sapere se la fabbrica più vicina sia in attività durante la notte, il sabato e anche la domenica, se un luogo che pare molto silenzioso di giorno non sia vicino ad una discoteca, se dei camion frigoriferi situati in un'area di sosta non generino forti rumori improvvisi durante la notte dovuti ai gruppi refrigeranti e se il senso di decollo degli aerei vari a seconda della direzione del vento (fig. 3.1).

Occorre altresì prendere in considerazione l'evoluzione del livello sonoro nel futuro; per fare questo, si cercheranno ragguagli sugli aumenti di traffico automobilistico previsti e su tutte le ulteriori installazioni in siti che possono arrecare un disturbo acustico.

Una volta scelto il terreno, si dovrà utilizzare al meglio il sito tenendo conto del rilievo esistente al fine di installare gli edifici progettati, e in particolare i lotti residenziali, nella maniera più favorevole possibile dal punto di vista acustico.

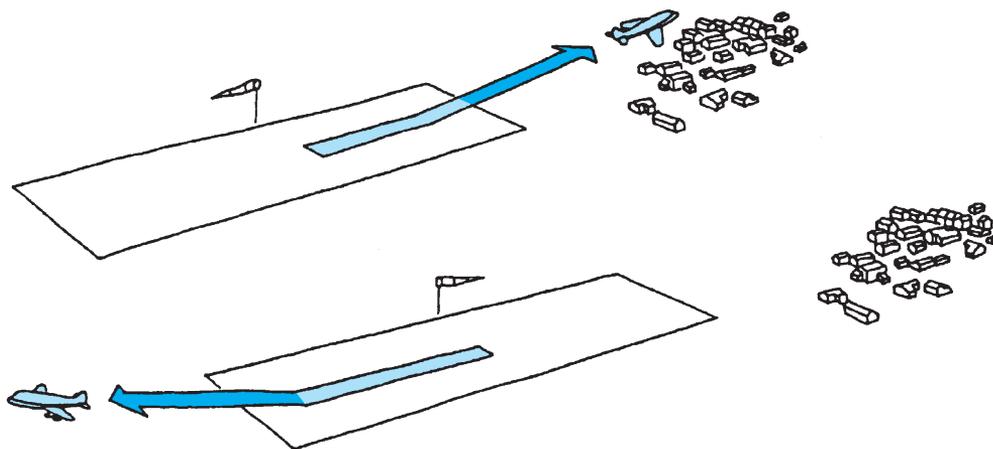


Fig. 3.1 Variazione del senso di decollo degli aerei in funzione del vento.

3.3.2 Allontanamento

Per quanto possibile, occorre allontanare gli edifici dalla sorgente che emette il rumore. Ma l'allontanamento è più o meno efficace a seconda che la sorgente di rumore sia puntuale o lineare.

- Una *sorgente sonora puntuale* si definisce tale quando la propagazione del suono si produce secondo delle onde sferiche centrate su un punto dato: per esempio, un campanile, un aerogeneratore, una fabbrica e un aereo sono delle sorgenti sonore puntuali. Una fabbrica può essere considerata come una sorgente puntuale quando il punto di osservazione è situato ad una distanza superiore di almeno quattro volte alla dimensione maggiore della fabbrica stessa.
- Al contrario, una *sorgente sonora lineare* si definisce tale quando la propagazione del suono si produce secondo delle onde cilindriche centrate su una linea data, composta da molteplici sorgenti sonore puntuali. Il traffico autostradale in flusso continuo e le linee di alta tensione sono delle sorgenti lineari.

I treni, a seconda della loro lunghezza e della distanza alla quale vengono osservati, possono essere assimilati sia ad una sorgente puntuale, sia ad una lineare. Così, un singolo treno, osservato sufficientemente da lon-

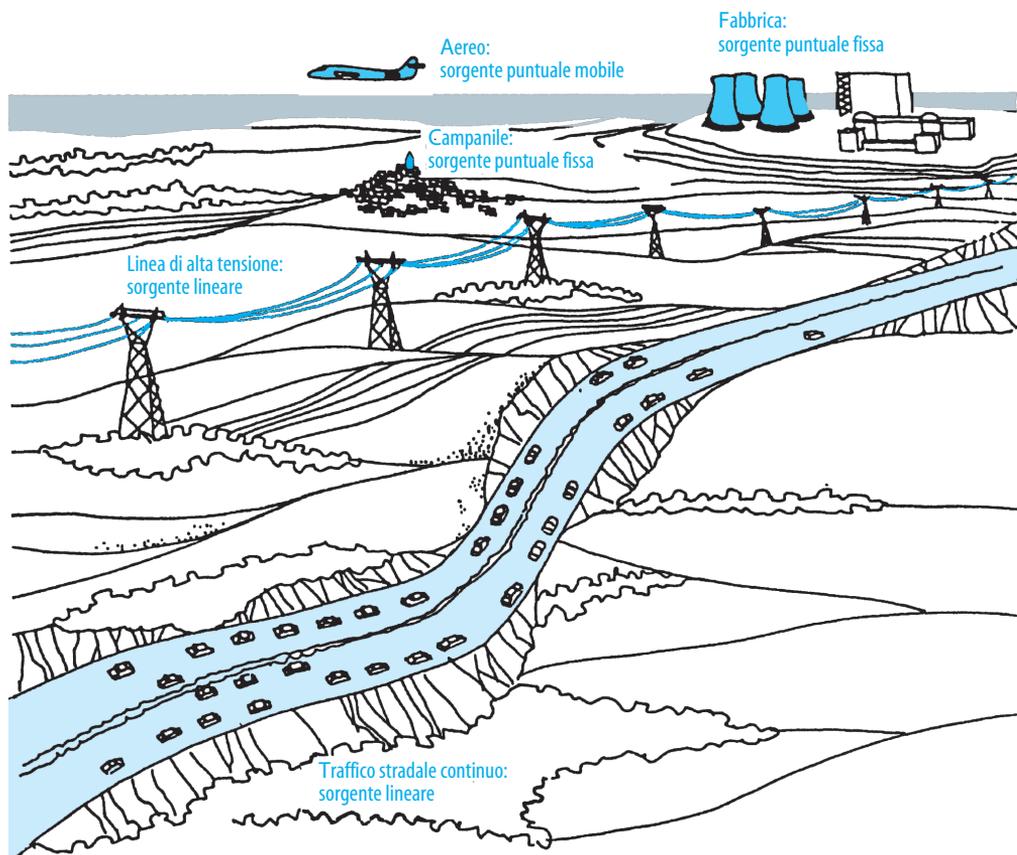


Fig. 3.2 Sorgenti puntuali e sorgenti lineari.

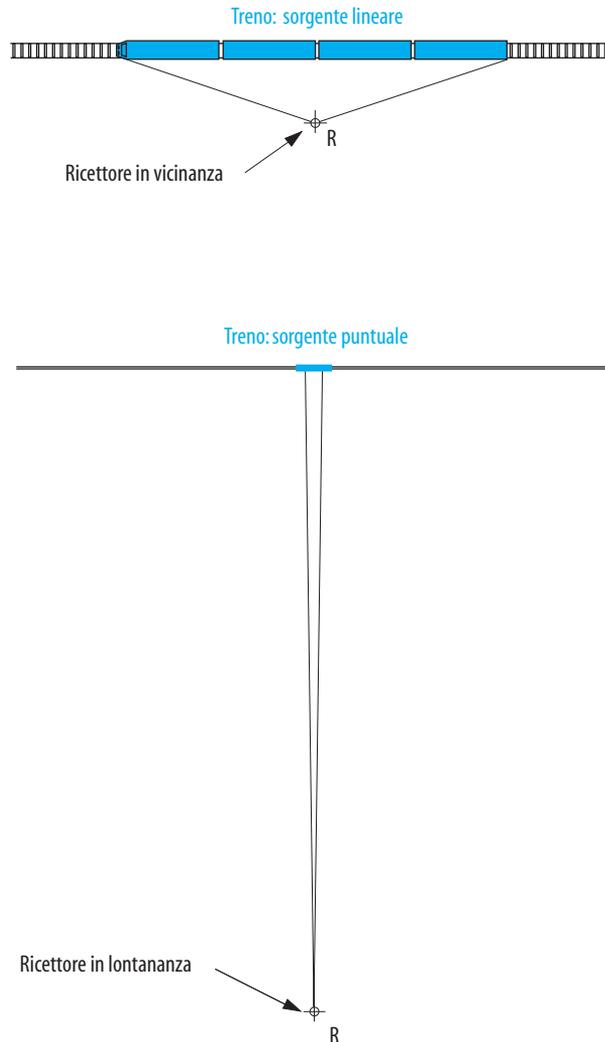


Fig. 3.3 Treno: sorgente lineare o puntuale.

tano, può essere assimilato ad una sorgente sonora puntuale mobile e un lungo treno merci, osservato sufficientemente da vicino, ad una sorgente sonora lineare (fig. 3.3).

Per una sorgente sonora *puntuale* all'aria aperta, il livello sonoro L_1 decresce di 6 dB ogni volta che la distanza che separa il punto di misurazione dalla sorgente sonora raddoppia (fig. 3.4a a pagina seguente). Per una sorgente sonora *lineare* all'aria aperta, il livello sonoro L_1 decresce di 3 dB ogni volta che la distanza che separa il punto di misurazione dalla sorgente sonora raddoppia (fig. 3.4b).

La differenza è spiegata dal fatto che, nel caso di una sorgente puntuale, le onde sono sferiche e che la variazione della superficie della sfera ($S = 4\pi r^2$) è pa-

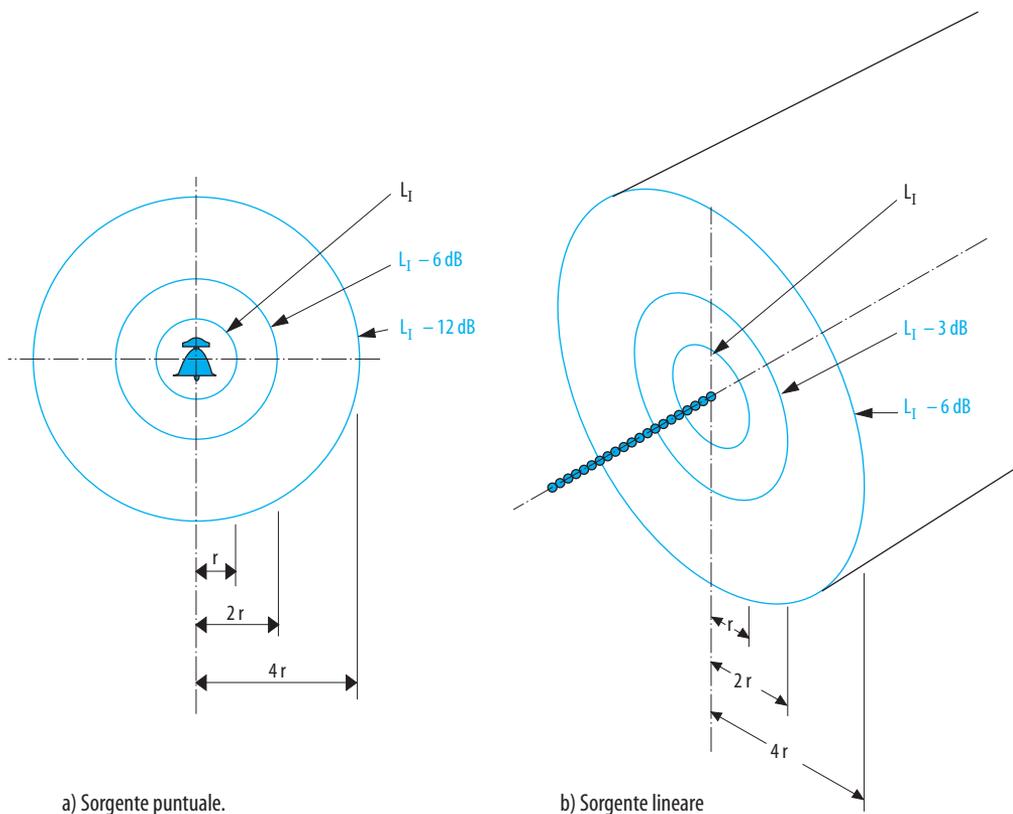


Fig. 3.4 Sorgenti sonore.

ri al quadrato del raggio; questo significa che al raddoppiare del raggio l'energia acustica si diffonde su una superficie quattro volte maggiore e dunque che l'energia che passa per ogni unità di superficie è quattro volte più piccola rispetto a quella iniziale.

Nel caso di una propagazione sferica, si ha la seguente relazione:

$$L_1 = L_w - 10 \log 4\pi r^2 \quad [7]$$

dove:

L_1 : livello di intensità acustica a una distanza r dalla sorgente sonora;

L_w : livello di potenza acustica della sorgente sonora.

Al contrario, nel caso di una sorgente lineare, le onde acustiche sono cilindriche e la superficie del cilindro ($S = 2\pi rh$) varia quanto il raggio; questo significa che al raddoppiare del raggio l'energia acustica si disperde su una superficie due volte maggiore e che l'energia che passa per ogni unità di superficie è due volte più debole di quella iniziale.

L'indebolimento acustico dovuto all'allontanamento è dunque meno efficace per le sorgenti lineari che per quelle puntuali.

3.3.3 Protezione esterna all'edificio

A volte è possibile attenuare i rumori esterni all'edificio, come quelli del traffico stradale, riducendo i rumori alla sorgente e modificando il sito, vale a dire l'ambiente circostante.

- *Riduzione dei rumori alla sorgente*

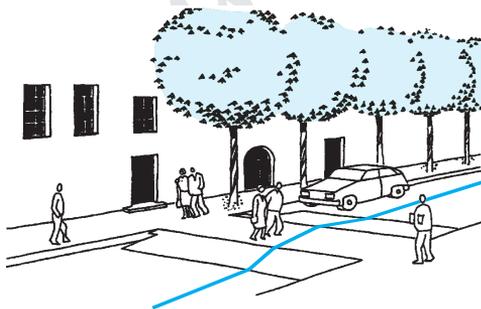
I rumori emessi dai veicoli dipendono:

- dal rumore del motore;
- dal rumore delle trasmissioni, in particolare per gli automezzi pesanti;
- dal rumore volvente.

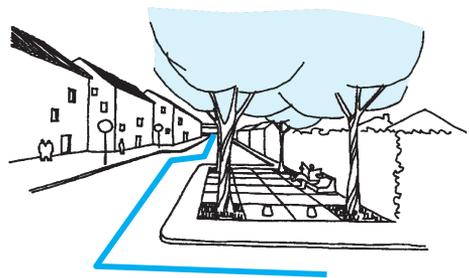
Questi rumori possono essere attenuati limitando la velocità dei veicoli: una riduzione della velocità da 60 a 40 km/h permette di abbassare il livello sonoro di 3 o 4 dB.

Nei progetti di una certa importanza, è possibile prevedere la realizzazione di vie di circolazione in modo da ridurre la velocità dei veicoli e, allo stesso tempo, assicurare una maggior sicurezza. Degli esempi di realizzazione sono illustrati nella figura 3.5. Questi ostacoli che rallentano la circolazione devono essere progettati con cautela: in effetti contrariamente alle previsioni, si può verificare un peggioramento dell'ambiente sonoro dovuto alle successioni di frenata e accelerazione. Conviene evitare i rischi di accelerazioni rumorose dopo il superamento degli ostacoli.

Nel caso in cui il rumore di contatto pneumatico-fondo stradale sia maggiore rispetto al rumore del motore, vale a dire per delle velocità elevate (si osservi che oltre una velocità di circa 80 km/h per un autoveicolo il rumore che si avverte proviene soprattutto dal contatto pneumatici-asfalto), l'utilizzo di rivestimenti stradali costituiti da coperture drenanti da quattro a sei centimetri di spessore permette delle riduzioni di 4 o 5 dB. In realtà non si conosce la durata dell'efficacia di questi rivestimenti. Si tratta di calcestruzzi bituminosi che comportano un alta percentuale di vuoti al fine di drenare le acque di scorrimento. Questi vuoti possono essere colmati abbastanza velocemente, facendo perdere una parte dell'efficacia acustica al rivestimento.



a) Passaggio a livello per pedoni.



b) Sistema a chicane.

Fig. 3.5 Esempi di realizzazioni che permettono di diminuire la velocità dei veicoli.

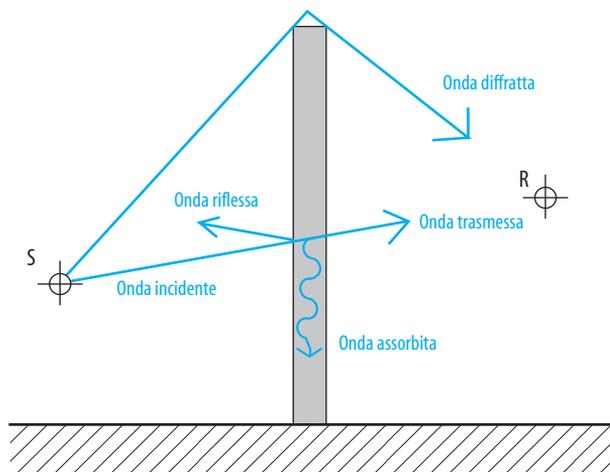


Fig. 3.6 Funzionamento di uno schermo antirumore.

- *Schermo antirumore*

Molto spesso viene realizzato uno schermo antirumore. Esso si presenta sottoforma di muro, di collinetta di terra, o perfino di copertura parziale o totale del fondo stradale o delle vie ferrate.

- *Funzionamento*

Interporre uno schermo tra una sorgente sonora e un luogo di ricezione modifica la propagazione dell'onda sonora. Una parte dell'onda viene riflessa dallo schermo, un'altra viene assorbita dallo schermo stesso, un'altra viene trasmessa attraverso lo schermo verso il luogo di ricezione, un'ultima parte infine viene diffratta (fig. 3.6). Al luogo di ricezione arrivano dunque solo le onde trasmesse e diffratte. La parte trasmessa dipende dall'indice di potere fonoisolante ponderato ($R_w + C_{tr}$) dello schermo, il quale varia in funzione della sua massa superficiale. Per esempio, l'indice di potere fonoisolante ponderato ($R_w + C_{tr}$) di uno schermo in legno di abete di 12 mm di spessore è di 18 dB; quello di una lamiera di 6 mm è di 20 dB e quello di un muro in mattoni di 11 cm è di 42 dB. Si cercherà di porre degli schermi il cui indice di potere fonoisolante ponderato ($R_w + C_{tr}$) sia superiore a 30-32 dB. La diffrazione può essere diminuita aggiungendo dei coronamenti speciali sulla sommità degli schermi (fig. 3.7). Limitando l'incidenza della dif-

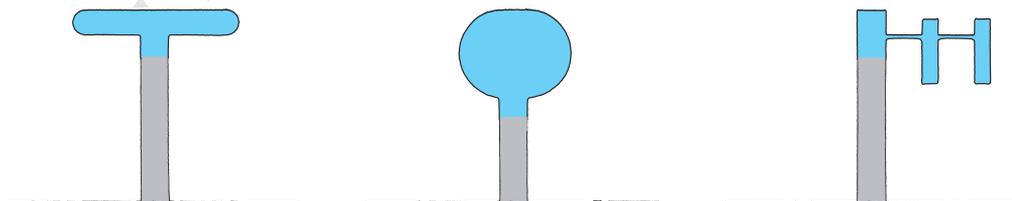


Fig. 3.7 Coronamenti di schermi.

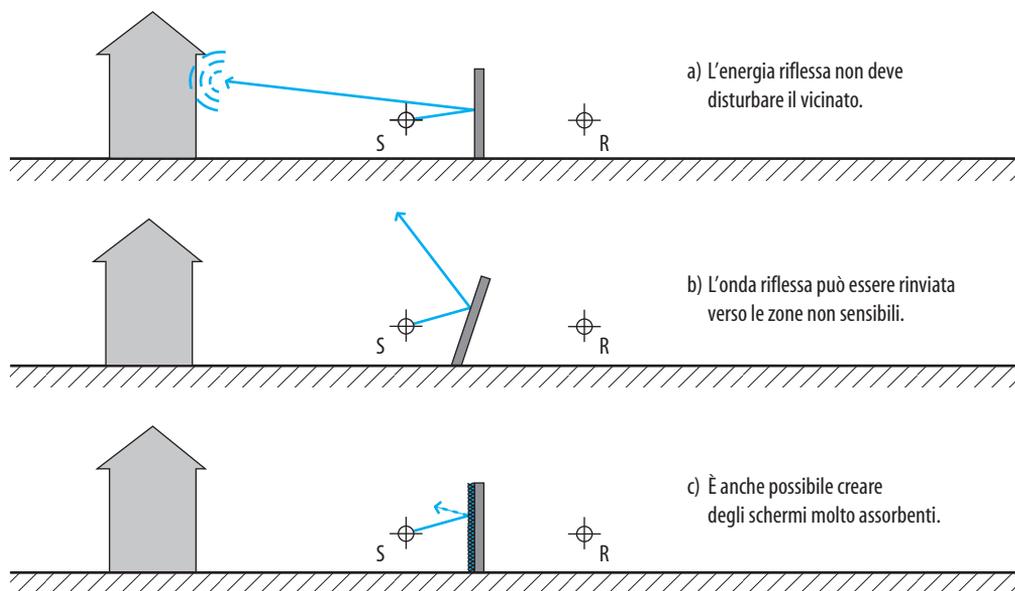


Fig. 3.8 Onde riflesse da uno schermo.

frazione, essi possono apportare un guadagno supplementare da 1 a 4 dB, ma se mal progettati, essi potrebbero aumentare la diffrazione. Uno studio di questi coronamenti è dunque indispensabile.

È necessario notare come debbano essere prese alcune precauzioni per evitare che l'energia riflessa non disturbi il vicinato. È possibile sia rinviare l'onda riflessa verso delle zone non sensibili, sia creare degli schermi molto assorbenti (fig. 3.8).

- **Efficacia**

Quando interrompono soltanto la visibilità tra tutte le sorgenti di rumore della strada e la facciata dell'immobile (fig. 3.9a a pagina seguente), gli schermi installati permettono di constatare una diminuzione del livello sonoro da 5 a 10 dB in facciata:

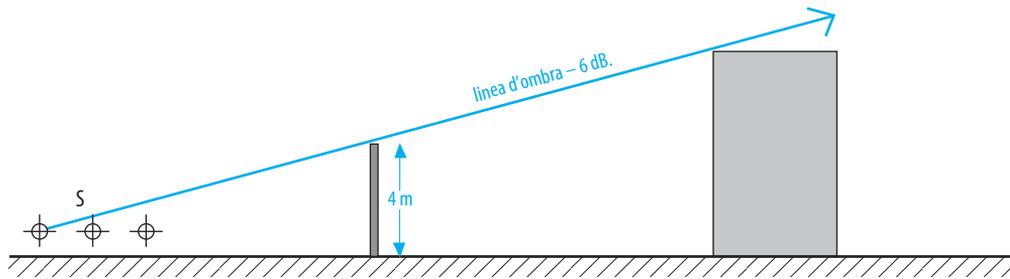
- 5 dB per uno schermo di 3 m di altezza;
- 6 dB per uno schermo di 4 m di altezza;
- 10 dB per uno schermo di 10 m di altezza.

È necessario che gli schermi interrompano la visibilità sia in sezione che in pianta (fig. 3.9b a pagina seguente).

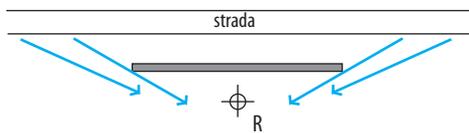
Per conoscere l'efficacia di uno schermo nel caso di traffico stradale, è possibile utilizzare l'abaco della "Guide du bruit des transports terrestres"¹ (fig. 3.10 a pag. 98).

¹ "Guide du bruit des transports terrestres. Prévisions des niveaux sonores", Cetur, Paris, 1980 (Il "Cetur" è diventato il "Certu").

a) Riduzione del livello sonoro dovuta alla presenza dello schermo.



b) Per essere realmente efficace, lo schermo deve mascherare la maggior parte della sorgente sonora.



Creare degli angoli permette di limitare la sua lunghezza.

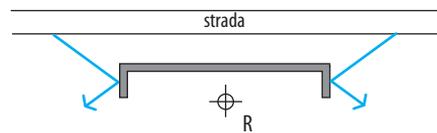


Fig. 3.9 L'efficacia di uno schermo antirumore dipende dal modo in cui esso interrompe la visibilità tra la sorgente sonora e il luogo di ricezione.

Il calcolo dell'efficacia dello schermo è stato limitato a quattro direzioni. Si consideri per esempio uno schermo di 5 m di altezza: in relazione a ciò che esisterebbe sul sito in assenza di schermo, otteniamo un guadagno di 3 dB quando è "visibile" la metà di traffico (curva C), un guadagno di 7 dB quando lo schermo interrompe esattamente la "visibilità" tra tutte le sorgenti di rumore e il punto di osservazione (curva B), un guadagno di più di 10 dB sulla parallela alla strada che passa per la sommità dello schermo (curva A) ed infine un guadagno di 14 dB sulla curva D. Questi valori presuppongono una strada interamente nascosta in pianta.

Per calcolare il livello di attenuazione si può anche utilizzare l'abaco di Mae-kawa (vedere cap. 7).

- **Tipi di schermo antirumore**

- **schermi duri:** questi schermi possono essere realizzati con diversi materiali: calcestruzzo, vetro, legno, materie plastiche, metallo, schiume d'argilla. La forma dello schermo è importante. In effetti, per la medesima protezione acustica, uno schermo può lasciare più o meno libero lo spazio visivo (fig. 3.11 a pagina 99).
- **collinette di terra:** quando è realizzabile, questo tipo di protezione acustica dall'ambiente circostante presenta, oltre al suo aspetto estetico, numerosi vantaggi. In effetti, la collinetta di terra limita i riflessi verso gli edifici situati sull'altro lato della via; inoltre, spesso essa può essere realizzata con la terra in eccesso dallo sterro e, in questo modo, permettere un considerevole risparmio, evitandone il trasporto e la messa