



Co.Me.T.A. Group

**Convegni
Meeting
Tecniche
Ambientali**

**MITIGAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO MEDIANTE UNA
CORRETTA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI**

**VALERIO MANZONI, FRANCESCO FERRARI, MASSIMO DONZELLINI
SAMANTHA NOVO, MARIO NOVO**

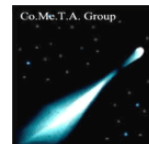
Ed. Luglio 2005



EdilioEdit – Strumenti editoriali per l'edilizia

Co.Me.T.A. Group

divisione del LAB. DI ACUSTICA APPLICATA di NOVO MARIO - 20051 LIMBIATE - Via 2 Giugno 13
Tel. 02.99054495 - Fax 02.99482199 - WEBSITE: www.acustica.it - E-mail: cometa@acustica.it
P.IVA 00806860128 - C.F. NVO MRA 45E13 L727U - REA n. 0940413



MITIGAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO MEDIANTE UNA CORRETTA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI

**Valerio Manzoni, Francesco Ferrari, Massimo Donzellini
Samantha Novo, Mario Novo**

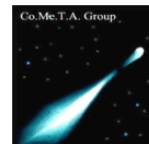
1. INTRODUZIONE

I concetti di clima e impatto acustico, insieme a quello dei requisiti acustici passivi degli edifici, si stanno lentamente ma inesorabilmente affermando nel contesto di una società occidentale sempre più vincolata alla necessità di soddisfare le esigenze legate al benessere individuale. Il “comfort acustico” degli ambienti di vita, sia all'esterno sia all'interno degli edifici nei quali l'uomo svolge la propria attività quotidiana, può essere garantito solo grazie ad una corretta progettazione dello spazio e degli elementi che ne fanno parte.

In prospettiva dell'adeguamento alla normativa europea, di cui è in corso il recepimento a livello nazionale, il puntualizzare oggi determinati concetti può sembrare tardivo, ma vanno considerati i tempi di adeguamento che il ns. ordinamento riserva a certe tematiche, per cui è realistico ritenere che la normativa oggi vigente a livello nazionale resterà tale per almeno altri 5 anni prima che si attui l'effettivo adeguamento alla normativa europea.

L'obiettivo di questo contributo è la comprensione dei modi in cui l'ambiente di vita può essere strutturato per consentire la realizzazione delle diverse attività antropiche limitandone al massimo le conseguenze derivanti dall'inquinamento da rumore. A tale proposito s'indagherà il significato dei termini di clima ed impatto acustico, con particolare attenzione ai riferimenti normativi della legislazione italiana. Verrà poi introdotto il concetto di requisiti acustici passivi degli edifici, spostando l'attenzione dall'analisi delle sorgenti di rumore all'isolamento acustico dei fabbricati. La parte finale verterà sullo studio delle misure più idonee allo scopo di mitigare il rumore immesso dalle sorgenti o l'inquinamento acustico subito dai recettori, mediante opere di protezione attiva o passiva partendo da un'adeguata progettazione acustica che comprenda:

- a. l'analisi delle caratteristiche acustiche del sito
- b. la disposizione dei locali interni all'edificio in ragione del rumore esterno
- c. lo studio degli elementi di involucro dell'edificio schermi o barriere



2. DEFINIZIONE DEI TERMINI

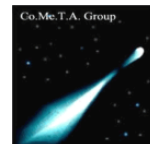
La normativa italiana è in genere affetta da un'anomalia piuttosto fastidiosa dal punto di vista di chi deve faticosamente cercare di interpretare la volontà del legislatore. Da un lato è spesso estremamente dettagliata e capziosa nei particolari di minore interesse, mentre si presenta ambigua od omissiva quando si tratta di delineare i tratti fondamentali e l'ambito applicativo della disciplina.

Le principali disposizioni in materia d'inquinamento acustico, purtroppo, non sfuggono a questa regola generale, creando ancora oggi, a distanza di quasi dieci anni dall'emanazione del principale testo di legge in materia, un po' di confusione e perplessità fra gli operatori del settore. Fra le carenze principali va sicuramente annoverata l'assenza di qualsiasi definizione di alcuni fra i tre concetti più importanti sui quali si basa tutto l'impianto normativo: quelli di clima acustico, impatto acustico e requisiti acustici passivi degli edifici. Si tratta di una mancanza piuttosto grave, poiché tutto lo scibile che concerne la materia della prevenzione dall'inquinamento da rumore non può prescindere da una rigorosa puntualizzazione dei concetti sopra enunciati.

In questa trattazione si cercherà di fornire un piccolo contributo volto a colmare le lacune presenti nel quadro normativo italiano, proponendo un approccio più sistematico all'analisi della problematica.

L'impatto acustico potrebbe essere definito come “*l'effetto causato dall'introduzione, in un determinato contesto ambientale caratterizzato dalla presenza di recettori sensibili, di una o più sorgenti di rumore*”. Questa semplice definizione ha il pregio di sintetizzare immediatamente i tre elementi fondamentali necessari per delineare una situazione di inquinamento acustico:

- un ben determinato contesto ambientale, strettamente connesso alla caratteristiche territoriali, fisiche, urbanistiche e di altra natura antropica del luogo;
- una o più fonti di rumore che, introdotte in un contesto ambientale già di per se caratterizzato da un certo livello di inquinamento acustico, siano in grado di peggiorarne ulteriormente la situazione;
- la presenza di almeno un potenziale recettore sensibile nelle vicinanze delle fonti di rumore immesse nel contesto ambientale, in grado di

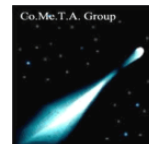


percepire la differenza fra la situazione precedente e successiva l'introduzione del nuovo elemento dell'insieme.

Da queste considerazioni legate agli elementi sufficienti ed imprescindibili per la sussistenza di un fenomeno d'inquinamento acustico ne consegue almeno un'altra piuttosto interessante: si può parlare di impatto acustico solo allorché le emissioni di rumore provenienti dalle sorgenti introdotte nel contesto ambientale siano percepibili da recettori posti nelle loro vicinanze. Un locale notturno ubicato in aperta campagna, a distanza di 1 km da abitazioni o fondi agricoli di proprietà altrui, non produce alcun tipo d'impatto acustico significativo, indipendentemente dal ragionevole livello di amplificazione degli impianti di diffusione musicale.

Viene spontaneo chiedersi, a questo punto, che cosa è esattamente l'*inquinamento acustico*. In questo caso, il quadro normativo italiano fornisce una risposta: s'intende *“l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi”*. Si noti l'estrema varietà dei fenomeni fisici e psicofisici contemplati da questa definizione quasi onnicomprensiva: si passa da rumori di lieve entità in termini assoluti, ma purtroppo sufficienti a disturbare il sonno all'interno di una camera da letto normalmente silenziosissima, ad emissioni addirittura in grado di causare danni strutturali agli edifici ed alle opere d'arte. L'intenzione del legislatore sembra piuttosto evidente: si propone di garantire pienamente un interesse legittimo, quello della tutela del territorio dall'inquinamento acustico nell'ottica di una sua fruizione da parte della comunità di persone. Rimane escluso da questa definizione, ovviamente, il diritto soggettivo del singolo individuo. Egli viene protetto dall'inquinamento acustico solo incidentalmente, nel momento in cui il suo diritto individuale alla quiete coincide con l'interesse pubblico della tutela più generale dell'ambiente di vita circostante. Nel caso in cui il disturbo da rumore non implichi una situazione di inquinamento acustico, al privato cittadino non resta altro che invocare le procedure previste dal contenzioso civile.

L'inquinamento acustico concerne gli aspetti negativi legati alle emissioni di rumore sia all'interno sia all'esterno degli ambienti abitativi. Anche per quest'ultimo concetto la definizione proposta dalla legge italiana è piuttosto estesa, comprendendo nell'alveo degli ambienti abitativi anche luoghi che, intuitivamente, non si tenderebbe a considerare tali. Si intende per *ambiente abitativo* *“ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta*

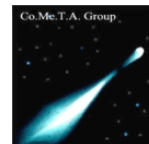


eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al decreto legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive". Le più immediate considerazioni che induce una simile precisazione sono le seguenti:

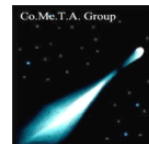
- l'ambiente abitativo non è solo la casa in senso stretto ma, bensì, anche tutto l'insieme di pertinenze dell'edificio ove le persone svolgono le proprie attività. Si potrebbero ritenere tali, per fare un esempio, le aree comuni di un condominio;
- sono ambienti abitativi non solo gli edifici adibiti ad uso residenziale ma anche le scuole, gli ospedali, le sale di aspetto delle stazioni ferroviarie, le chiese, etc;
- i luoghi di lavoro sono tutelati dalle immissioni di rumore quando queste provengono dall'esterno degli stessi: un ufficio, ad esempio, viene trattato allo stesso modo di un ambiente abitativo allorché il vicino opificio vi "immetta" livelli di inquinamento acustico inaccettabili;
- il concetto di *ambiente esterno* si può ricavare per esclusione da quello enunciato precedentemente: si tratta di tutti i luoghi che non sono definibili come ambiente abitativo.

La "carrellata" compiuta attraverso i diversi concetti d'impatto acustico, inquinamento acustico ed ambiente abitativo sposta sempre più l'attenzione dalle fonti di rumore ai soggetti che ne subiscono gli effetti di tipo fisico e psicofisico: i *recettori sensibili*. Come si evince dalla precedente analisi del concetto d'inquinamento acustico, i recettori sensibili non sono esclusivamente gli esseri umani ma anche gli animali, e gli ambienti abitativi sono anche gli spazi aperti, gli edifici destinati alle diverse attività antropiche: in breve, tutto l'ambiente che ci circonda. E' proprio in questo contesto ambientale che si innesta il concetto di *clima acustico*, che si potrebbe definire come la "*caratterizzazione qualitativa e quantitativa dell'inquinamento acustico cui devono sottostare i recettori ivi esistenti o previsti*". La valutazione previsionale del clima acustico di una determinata porzione di territorio, quindi, dovrebbe essere in grado di discernere la possibilità che l'insediamento di uno o più recettori sensibili sia compatibile, o meno, con i livelli di inquinamento da rumore ivi presenti, nel caso in cui si ritenga il contesto sostanzialmente invariabile, o previsti, nell'ipotesi in cui ci si trovi di fronte ad un quadro in evoluzione.

Fino a questo punto si è concentrata l'attenzione sui fenomeni che comportano l'emissione di determinati livelli di rumore da parte di un



insieme di sorgenti, causando un impatto acustico sui recettori inserito in un certo contesto ambientale. Si analizza ora un altro aspetto legato alla trasmissione del rumore ed, in modo particolare, alle caratteristiche fisiche dei materiali: l'isolamento acustico delle strutture edilizie interposte fra sorgenti e recettori. Gli ambienti abitativi devono garantire ai loro fruitori delle prestazioni di un certo livello; potremmo quindi definire i *requisiti acustici passivi degli edifici* come “*i minimi standard qualitativi che un ambiente abitativo deve garantire al fine di soddisfare il benessere acustico di coloro che ne fruiscono*”.

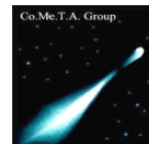


3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il testo fondamentale in materia di inquinamento acustico è la Legge Quadro n°447 del 26/10/1995. Questa norma, entrata in vigore il 30/12/1995, prevede una serie di competenze a carico dei Comuni, per le quali si rimanda al testo della legge stessa ed, in particolare, agli artt. 6, 7, 8, 9, 13 e 14. Con particolare riferimento alle disposizioni in materia di impatto acustico (art. 8 della Legge Quadro), aventi lo scopo di garantire in via preventiva che la costruzione o l'installazione di nuove strutture o attività avvenga nel rispetto della tutela dall'inquinamento acustico delle popolazioni interessate, si sottolinea che in alcuni casi sono previste specifiche inderogabili procedure.

I numerosi decreti attuativi previsti dalla legge cominciano a essere sufficientemente definiti, anche se alcuni non sono ancora stati pubblicati. Le prescrizioni della Legge Quadro, unitamente a quelle previste dai decreti collegati, sono attualmente in vigore anche durante il regime transitorio definito nell'art. 15, comma 1, della Legge Quadro che testualmente recita: *"Nelle materie oggetto dei provvedimenti di competenza statale e dei regolamenti di esecuzione previsti dalla presente legge, fino all'adozione dei provvedimenti e dei regolamenti medesimi si applicano, per quanto non in contrasto con la presente legge, le disposizioni contenute nel decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 1 marzo 1991, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 57 dell'8 marzo 1991, fatta eccezione per le infrastrutture dei trasporti, limitatamente al disposto di cui agli articoli 2, comma 2, e 6 comma 2"*. Ciò significa tra l'altro che, al momento attuale, anche se in assenza di disposizioni amministrative locali:

- restano in vigore i limiti di zona previsti dal D.P.C.M. 01/03/1991, art. 6 comma 1, solo per quei Comuni che ancora non hanno provveduto alla classificazione acustica del territorio;
- resta attiva anche la zonizzazione acustica eseguita in relazione al D.P.C.M. 01/03/1991, in attesa di adeguamento della stessa al nuovo D.P.C.M. 14/11/1997 ed alle specifiche disposizioni regionali in materia;
- in relazione al combinato disposto del D.P.C.M. 14/11/1997 (*"Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"*) e del D.M. 16/03/1998 (*"Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"*), sono in vigore i valori limite differenziali di immissione previsti nel primo dei due decreti;

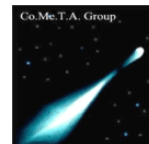


- in base a quanto previsto dal D.M. 11/12/1996, per gli impianti produttivi a ciclo continuo esistenti il limite differenziale si applica solo se viene superato il limite assoluto di immissione di zona, mentre per i nuovi impianti a ciclo continuo il rispetto del limite differenziale è condizione necessaria per il rilascio della relativa concessione ed è, quindi, presupposto per la documentazione di inizio attività o notifica di nuovo impianto;
- in base a quanto previsto dal D.P.C.M. 05/12/1997 ("*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*"), i progetti e le concessioni edilizie relative ai nuovi edifici ed alle ristrutturazioni devono riportare idonea documentazione di valutazione dei requisiti acustici richiesti per la destinazione d'uso del fabbricato.

Con riferimento ai disposti dell'art. 8 della Legge Quadro 447/1995, e cioè all'obbligo di presentazione da parte dei soggetti interessati di idonea documentazione di previsione di impatto acustico, si evidenzia che le disposizioni in materia di impatto acustico riportate nel citato articolo prevedono quanto segue:

a) i progetti sottoposti a valutazione di impatto ambientale in base alle vigenti norme di legge devono essere redatti in conformità alle esigenze di tutela dall'inquinamento acustico delle popolazioni interessate. In base alla Legge n°349 del 08/07/1986 ed al D.P.C.M. 10/08/1988 n°377 e successive modificazioni, i progetti da sottoporre a valutazione di impatto ambientale secondo le procedure riportate nei decreti citati sono, tra gli altri:

- raffinerie di petrolio greggio (escluse le imprese che producono soltanto lubrificanti dal petrolio greggio);
- impianti di gassificazione e di liquefazione di almeno 500 t al giorno di carbone o di scisti bituminosi;
- centrali termiche ed altri impianti di combustione con potenza termica di almeno 300 MW;
- centrali nucleari e altri reattori nucleari;
- impianti destinati esclusivamente allo stoccaggio definitivo o all'eliminazione definitiva dei residui radioattivi;
- acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio;
- impianti chimici integrati;
- autostrade e vie di rapida comunicazione definite ai sensi dell'accordo europeo sulle grandi strade di traffico internazionale del 15/11/1975;
- tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza;
- aeroporti con piste di decollo e di atterraggio lunghe almeno 2100 m;



- vie navigabili e porti per la navigazione interna accessibili a battelli con stazza superiore a 1350 t;
- impianti di eliminazione dei rifiuti tossici e nocivi mediante incenerimento, trattamento chimico o stoccaggio a terra;
- dighe ed altri impianti destinati a trattenere regolare o accumulare le acque in modo durevole, di altezza superiore a 10 m e/o di capacità superiore a 100.000 mc.

b) nel caso di realizzazione, modifica o potenziamento di alcune opere, con riferimento alle procedure di valutazione di impatto ambientale di cui sopra o su richiesta dei comuni, i soggetti titolari dei progetti o delle opere devono predisporre una documentazione di impatto acustico. Tale documentazione deve essere redatta in particolare per le seguenti opere:

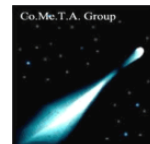
- aeroporti, aviosuperfici, eliporti;
- strade di tipo A (autostrade), B (strade extraurbane principali), C (strade extraurbane secondarie), D (strade urbane di scorrimento), E (strade urbane di quartiere) e F (strade locali), secondo la classificazione di cui al D.Lgs 30/04/92 e successive modificazioni;
- discoteche;
- circoli privati e pubblici esercizi dove sono installati macchinari o impianti rumorosi;
- impianti sportivi e ricreativi;
- ferrovie ed altri sistemi di trasporto collettivo su rotaia.

c) In caso di realizzazione di alcune tipologie di insediamenti deve essere prodotta una valutazione previsionale del clima acustico. Si tratta di:

- scuole e asili nido;
- ospedali;
- case di cura e di riposo;
- parchi pubblici urbani ed extraurbani;
- nuovi insediamenti residenziali prossimi alle opere di cui all'art 8 comma 2 L.Q.447/1995.

d) E' obbligatoria (ex art 8 - comma 4 L.Q.447/1995) la produzione di documentazione previsionale di impatto acustico con riferimento a:

- domande di rilascio di concessione edilizia per:
 - o nuovi impianti ed infrastrutture adibiti ad attività produttive (di beni e servizi);
 - o nuovi impianti ed infrastrutture adibiti ad attività sportive e ricreative;
 - o nuovi impianti ed infrastrutture adibiti a servizi commerciali e polifunzionali;

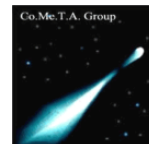


- domande per il rilascio dei provvedimenti comunali che abilitino all'utilizzazione degli immobili e delle infrastrutture di cui sopra;
- domande di autorizzazione all'esercizio di attività produttive.

Con riferimento alle domande ed autorizzazioni riferibili all'esercizio di impianti e di infrastrutture di cui sopra, quando si prevede la produzione di livelli di emissione di rumore superiori ai limiti, la documentazione deve contenere anche le indicazioni delle misure previste per ridurre o eliminare l'impatto causato dall'attività o dagli impianti.

Su questo punto, dovendosi eseguire il confronto con i limiti delle sorgenti previsti dai decreti, ed essendo questi legati ai contenuti del D.P.C.M. 05/12/1997 (*"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"*), in relazione alla rumorosità degli impianti ed all'abbattimento alla propagazione dell'inquinamento da rumore che le strutture orizzontali e verticali offrono, si deve ritenere che le documentazioni inerenti nuovi ambienti abitativi (tab. A allegato A D.P.C.M. 05/12/1997), debbano contenere una valutazione predittiva dei requisiti acustici passivi degli edifici.

Il D.P.C.M. 05/12/1997, emanato in ottemperanza a quanto disposto dalla Legge Quadro n°447, fissa "...(*omissis*)... i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore." (art. 1, comma 1). Trattandosi di disposizione regolamentare vigente in ambito amministrativo, gli effetti del D.P.C.M. 05/12/1997 non hanno applicazione retroattiva; pertanto, ogni edificio soggetto ad intervento edile od a variazione della destinazione d'uso, con o senza opere, realizzato con autorizzazione edilizia, concessione edilizia od asseverazione di tecnico abilitato, cronologicamente successiva all'entrata in vigore di tale norma (e cioè dal 20 febbraio 1998), deve rispettare i valori limite prescritti nell'allegato A. Per quanto riguarda gli ambienti abitativi la cui richiesta di concessione edilizia è antecedente al 20 febbraio 1998, invece, valgono ancora i limiti prescritti dai Regolamenti di Igiene Tipo, approvati dai vari Comuni nell'ambito del territorio di loro competenza.



4. CLASSIFICAZIONE ACUSTICA E REQUISITI DEGLI EDIFICI

La classificazione acustica del territorio comunale è un atto di pianificazione che i Comuni devono attuare in base alla Legge n. 447/95 “Legge Quadro sull’inquinamento acustico” seguendo le modalità indicate dalla normativa regionale in materia.

La classificazione acustica, ancorché atto dovuto dalla normativa vigente, rappresenta un’opportunità per le amministrazioni locali di regolamentare l’uso del territorio, oltre che in base agli strumenti urbanistici, anche sulla base dell’impatto acustico o della tutela di cui ciascun insediamento sia civile che produttivo o di servizi, deve godere in una determinata area.

La zonizzazione acustica fornisce il quadro di riferimento per valutare i livelli di rumore presenti o previsti nel territorio comunale e, quindi, la base per programmare interventi e misure di controllo e riduzione dell’inquinamento acustico. Obiettivi fondamentali sono quelli di prevenire il deterioramento di aree non inquinate e di risanare quelle dove attualmente sono riscontrabili livelli di rumorosità ambientale superiori ai limiti. La zonizzazione è inoltre uno strumento di prevenzione per una corretta pianificazione, ai fini della tutela dall’inquinamento acustico, delle nuove aree di sviluppo urbanistico o per la verifica di compatibilità dei nuovi insediamenti o infrastruttura già urbanizzate.

La classificazione acustica è quindi uno strumento in grado di incidere sulla destinazione d’uso del territorio distinguendolo in aree a maggiore o minore livello di rumorosità consentita.

L’emanazione della Legge n. 447/95 “Legge Quadro sull’inquinamento acustico” ha sostituito gradualmente il D.P.C.M. 01/03/91 “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”; in tale norma sono individuate le competenze delle Regioni, delle Province e dei Comuni. In base all’art. 6 della Legge n. 447/95, la redazione del piano di classificazione acustica spetta ai Comuni.

Tale piano deve essere effettuato suddividendo il territorio comunale in zone acusticamente omogenee in applicazione dell’art.1, comma 2 del D.P.C.M. 14/11/97 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”, tenendo conto delle preesistenti destinazioni d’uso così come individuati dagli strumenti urbanistici in vigore.

Di seguito si riportano le classi acustiche previste ed i valori limite di cui al già citato D.P.C.M. 14/11/97.

CLASSE I - aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.



CLASSE II - aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali



CLASSE III - aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici



CLASSE IV - aree ad intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie

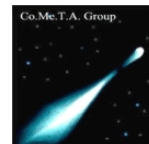


CLASSE V - aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;



CLASSE VI - aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi





Le classi sopra indicate sono contraddistinte inoltre dai seguenti limiti di immissione assoluta, di emissione assoluta e di qualità.

Tabella B (D.P.C.M. 14/11/97): valori limite di emissione - Leq in dB(A) (art. 2)

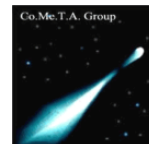
classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella C (D.P.C.M. 14/11/97): valori limite assoluti di immissione - Leq in dB (A) (art.3)

classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Tabella D (D.P.C.M. 14/11/97): valori di qualità - Leq in dB (A) (art.7)

classi di destinazione d'uso del territorio	tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	notturno (22.00-06.00)
I aree particolarmente protette	47	37
II aree prevalentemente residenziali	52	42
III aree di tipo misto	57	47
IV aree di intensa attività umana	62	52
V aree prevalentemente industriali	67	57
VI aree esclusivamente industriali	70	70



Il D.P.C.M. 05/12/97 “Requisiti acustici passivi degli edifici”, classifica gli ambienti abitativi in sette categorie; tali categorie risultano del tutto indipendenti e non corrispondenti alle classi imposte dal piano di classificazione acustica del territorio comunale.

TABELLA A (D.P.C.M. 05/12/97) - CLASSIFICAZIONI DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

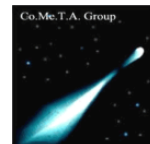
- categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
- categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
- categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
- categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

TABELLA B (D.P.C.M. 05/12/97) - REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

Un’osservazione che viene spontanea, è quella che i requisiti acustici passivi degli edifici (i cui limiti sono illustrati nella precedente tabella), contrariamente a quello che accade in altri paesi europei, non sono quindi legati ai limiti di zona. Ciò significa, ad esempio, che un’abitazione può essere collocata in classe dalla I alla V, con limiti di zona che vanno da 50 dB a 70 dB, ed avere lo stesso isolamento acustico di facciata in presenza di un clima acustico silenziosissimo o rumorosissimo.

Di conseguenza il comfort acustico dell’abitazione dell’esempio al punto precedente cambia completamente a seconda della zona e del clima acustico esterno.



Indipendentemente dal contesto urbanistico ed acustico nel quale è inserito l'insediamento, quindi, risulta necessario intervenire sull'isolamento degli elementi deboli, al fine di migliorare sensibilmente le prestazioni dell'intera facciata. Gli infissi e le finestre ma, soprattutto, le porte e le prese d'aria, nonché i cassonetti degli avvolgibili, sono gli elementi di facciata che solitamente determinano il comfort acustico all'interno della casa, poiché il loro grado di isolamento acustico, normalmente più basso rispetto alla parte in muratura cieca, condiziona notevolmente i valori dell'isolamento complessivo di facciata.

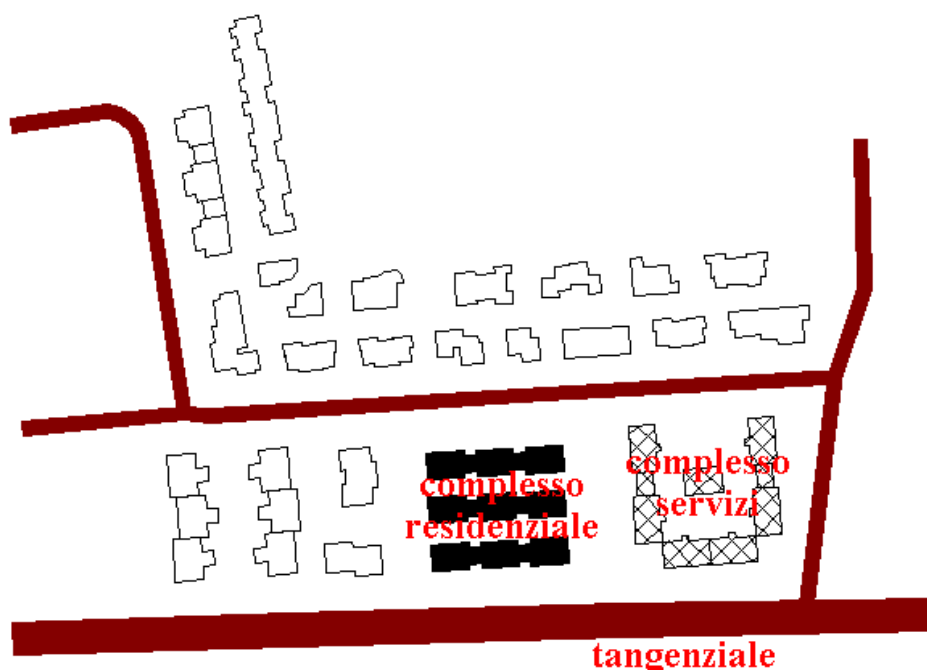
Un'altra considerazione importante da effettuare riguarda il fatto che, ovviamente, i livelli di isolamento acustico determinati secondo le norme tecniche previste dalla legge sono determinati, indipendentemente dalla stagione, con gli infissi chiusi. Questa situazione penalizza il comfort acustico estivo, periodo nel quale la conduzione degli ambienti abitativi avviene normalmente a finestre aperte.

5. ANALISI ACUSTICA DEL SITO: ESEMPI DI UTILIZZO DI UN MODELLO MATEMATICO

Abbiamo delineato quanto sia importante, per quanto concerne il contemperamento dell'insediamento con il clima acustico, progettare correttamente un edificio sia dal punto di vista dei requisiti acustici passivi sia sotto il profilo architettonico ed urbanistico. Verifichiamo ora, mediante la proposizione di qualche esempio, la veridicità di alcune assunzioni teoriche.

Il caso in esame riguarda la realizzazione di un ipotetico piano di lottizzazione misto di tipo residenziale e commerciale, ubicato all'interno di un contesto urbanistico già caratterizzato dalla presenza di altri edifici, di carattere prettamente abitativo, ed alcune infrastrutture stradali fra cui una tangenziale. In figura 1 viene illustrata la mappa bidimensionale della zona, con l'indicazione dei nuovi fabbricati previsti con la realizzazione del progetto.

Fig. 1: planimetria bidimensionale della zona



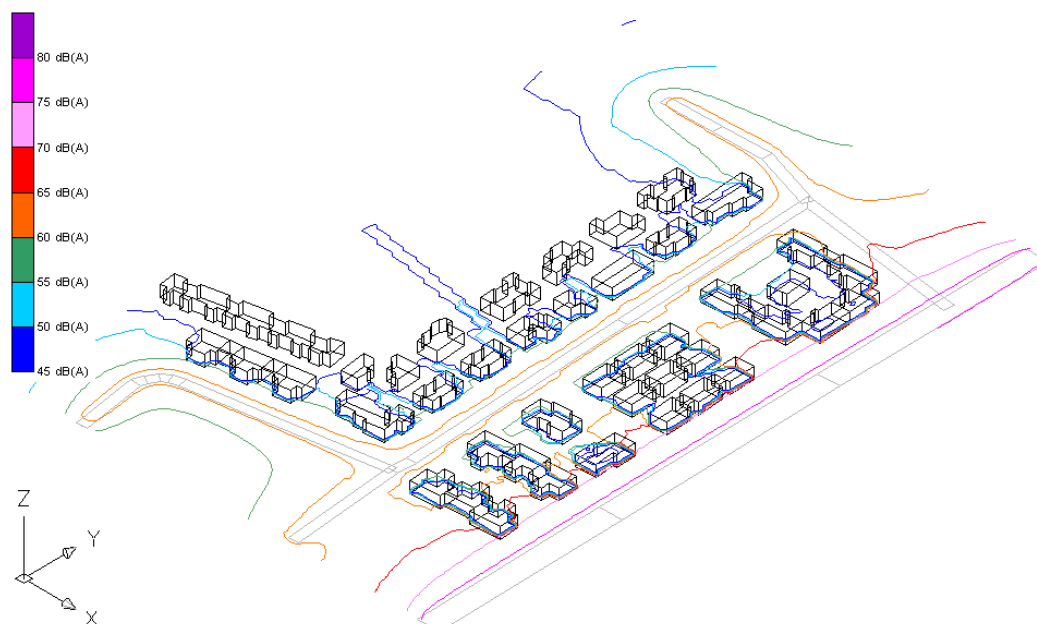
Allo scopo di configurare diverse ipotesi inerenti l'urbanizzazione dell'area si è deciso di modellizzarla mediante un adeguato software previsionale, digitalizzando gli elementi strutturali e le sorgenti di rumore stradale nel

modo più opportuno. A questo proposito si è inizialmente ipotizzato un traffico stradale giornaliero pari a 20000 veicoli leggeri e 3000 veicoli pesanti per la tangenziale, mentre per le strade di servizio al quartiere si è considerato un volume pari a 1500 veicoli leggeri e 100 veicoli pesanti.

I livelli di rumore provocati dalle sorgenti inserite all'interno del modello matematico (in questo caso le infrastrutture stradali anzidette) possono essere spazialmente rappresentati mediante isolinee, ovverosia una serie ordinata di curve che uniscono tutti i punti contraddistinti dagli stessi valori. Queste curve di isolivello (da non confondere con le curve isofoniche che hanno tutt'altro significato) possono essere graduate in funzione della risoluzione che si vuole ottenere; negli esempi considerati di seguito è sufficiente prendere in esame delle isolinee degradanti con un passo di 5 dB, giacenti su di un piano parallelo a quello del terreno ed ubicato ad 1.5 m di altezza.

In figura 2 si riporta la modellizzazione ricavata sulla base delle ipotesi iniziali del progetto. Si può agevolmente verificare che i livelli di rumore previsti in facciata agli edifici di prima schiera del complesso residenziale, in fregio alla trafficatissima tangenziale, sono pari a circa 70 dB(A), valori troppo elevati per garantire un grado di sufficiente comfort acustico.

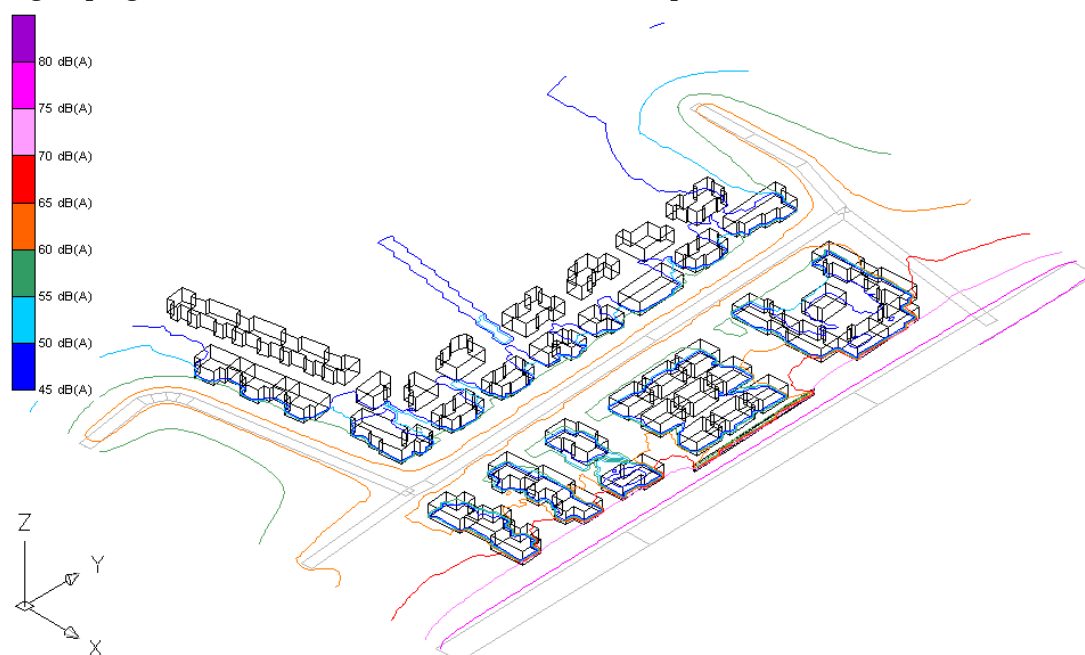
Fig. 2: progetto iniziale



Trattandosi della fase iniziale del progetto, l'assenza di rilevanti vincoli urbanistici consente l'adozione di alcune misure di mitigazione del rumore

prodotto dall'infrastruttura stradale. Allo scopo di proteggere più efficacemente gli edifici abitativi di prima schiera si è ipotizzata l'installazione di una barriera fonoschermante di lunghezza pari a 75 m ed altezza di 1.5 m, ottenendo in tal modo lo scenario illustrato in figura 3.

Fig. 3: progetto di una barriera di fronte alle abitazioni di prima schiera



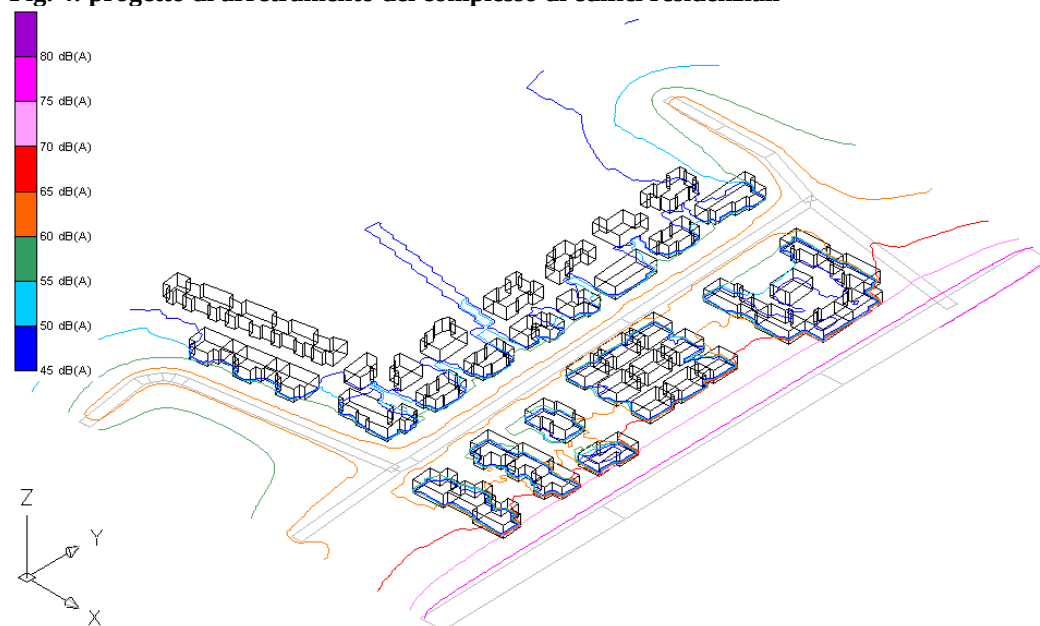
L'installazione della barriera contribuisce notevolmente alla diminuzione del livello di pressione sonora in facciata agli edifici posti direttamente di fronte alla tangenziale, nell'ordine di circa 12-13 dB, ma comporta alcuni notevoli svantaggi:

- il costo non indifferente di questa soluzione, sia dal punto di vista dei materiali sia sotto il profilo della mano d'opera per l'installazione e l'eventuale successiva manutenzione dell'opera;
- il vantaggio si avverte solo al piano terra degli edifici, mentre dal primo piano in poi una barriera di quest'altezza, posizionata in prossimità dei recettori, non sortisce alcun effetto;
- la diminuzione della visibilità da parte delle aperture nelle facciate prospicienti il manufatto.

Scartata l'ipotesi di cui sopra, si è successivamente pensato di adottare un'altra soluzione: l'arretramento del complesso di edifici verso la parte interna della lottizzazione, più lontana dalla tangenziale. Gli esiti sono abbastanza confortanti, anche se quantitativamente esigui (vedi figura 4): la diminuzione dei livelli in facciata di circa 3 dB, essendosi pressappoco

raddoppiata la distanza fra sorgente lineare e recettori, garantisce quantomeno il rispetto di alcuni limiti previsti dalla normativa. Per quanto concerne gli edifici abitativi collocati verso le strade di servizio al quartiere, invece, si riscontra un leggero aumento dei livelli previsti, pari a circa 57 dB(A): tale compromesso sembra pienamente accettabile, nell'ottica di garantire uno standard qualitativo il più possibile omogeneo fra gli stabili di prima ed ultima schiera.

Fig. 4: progetto di arretramento del complesso di edifici residenziali



Si esaminerà, come ultima soluzione, l'ipotesi di ridurre il traffico sulla tangenziale mediante redistribuzione dello stesso su arterie più lontane dal centro abitato. Una simile soluzione, **difficilmente realizzabile nella realtà**, ma estremamente efficace dal punto di vista dell'impatto acustico, permetterebbe di risolvere il problema in esame in modo definitivo.

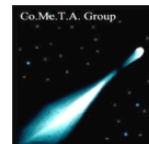
Si supponga di riuscire a contenere il volume del traffico sulla strada prospiciente gli edifici di prima schiera nei limiti giornalieri di 5000 veicoli leggeri e 200 veicoli pesanti. Questa declassificazione dell'infrastruttura da tangenziale a semplice strada di collegamento interquartiere comporterebbe una diminuzione del rumore in facciata agli edifici di prima schiera a livelli pari a circa 60 dB(A), come mostrato in seguito in figura 5.

Fig. 5: progetto di riduzione del traffico sulla tangenziale



Per concludere in tema, la mitigazione dell'impatto acustico va vissuta come sinergia interdisciplinare che, sfruttando i possibili risultati ottenibili con l'applicazione di varie soluzioni, non esclude aprioristicamente l'intervento anche in termini di organizzazione del territorio e dello sfruttamento dello stesso.

La consuetudine d'approccio sistematico, forse condizionata da altre valutazioni di carattere ambientale giudicate primarie (inquinamento aria), porta invece a considerare primaria la soluzione della concentrazione del traffico su vie di scorrimento preferenziali che poi di fatto condizionano il territorio con la propria fascia di pertinenza che ha penetrazione molto profonda.



6. LA PROGETTAZIONE ACUSTICA DEGLI EDIFICI

Abbiamo visto come il problema dell'isolamento acustico nelle abitazioni sia da considerarsi come una delle variabili da valutare in sede progettuale. Questo approccio permette di ottenere sicuramente buoni risultati senza richiedere interventi a posteriori per “correggere” le condizioni acustiche all'interno dell'abitazione.

In linea generale, quello che deve essere cercato è un inquadramento globale dal punto di vista del “disegno”, dove entrano in gioco le variabili acustiche dal momento del progetto al momento della realizzazione per arrivare infine alla verifica finale. Questa concezione edilizia, che propone una politica di tipo “preventivo”, è considerata più efficace ed economicamente meno costosa rispetto alle politiche di “risanamento”, dove l'intervento del tecnico a posteriori non arriva mai a coprire le necessità e le aspettative dell'utente.

6.1 Il rumore esterno

Il rumore presente all'interno delle abitazioni può provenire da fonti esterne e da fonti interne. Nella presente trattazione ci si limiterà a parlare del rumore proveniente dall'esterno. Il rumore esterno immesso all'interno dell'unità abitativa utilizza l'aria come mezzo di propagazione.

Di norma la fonte esterna è composta da rumori prodotti da:

- traffico veicolare
- traffico stradale
- traffico aereo
- attività produttive, artigianali, commerciali professionali e di servizio
- attività ricreative
- ecc.

Il rumore penetra nelle abitazioni attraverso le facciate e la via principale d'ingresso sono le aperture.

Le facciate devono essere studiate con molta cura, fondamentalmente cercando di trovare ed identificare gli elementi che possono compromettere quantitativamente e qualitativamente l'isolamento risultante.

Tali elementi, che rappresentano variabili da studiare e valutare, possono essere classificate come segue:

- vincoli urbanistici e architettonici
- variabili tecnologiche
- variabili dipendenti dalle proprietà acustiche dei materiali che compongono le strutture dell'edificio
- vincoli dettati dalle norme vigenti
- risorse economiche

6.2 La propagazione del rumore

In genere i fenomeni che intervengono nella propagazione del suono emesso da sorgenti sonore esterne verso le facciate sono di natura complessa. Questo è dovuto principalmente a fenomeni di diffrazione, all'influenza del vento, alla variazione di temperatura in funzione dell'altezza, all'impedenza del mezzo e da altri fattori che intervengono e modificano la propagazione del suono.

L'allontanamento della fonte di rumore è sicuramente un aspetto molto importante su cui lavorare ma occorre considerare che:

- la riduzione del rumore per effetto dell'aumento della distanza sorgente – ricevente è molto lenta
- la riduzione del rumore è consistente in corrispondenza di spazi extraurbani mentre lo è molto meno in spazi urbani

Il rumore da una sorgente esterna decade con una rapidità che dipende dalla natura della sorgente e dalle sue caratteristiche di emissione, dalla natura degli ostacoli e delle superfici circostanti e dalle condizioni atmosferiche.

Lavori del Building Research Establishment (1968) hanno dimostrato che l'attenuazione del rumore da traffico in funzione della distanza assume l'andamento che si illustra nella figura 6 che segue.

Guardando la figura 6 si può vedere che il livello di picco, costituito da componenti discrete in frequenza, segue la legge dell'inverso del quadrato della distanza e tende a comportarsi come un suono emesso da una sorgente puntiforme mentre il livello del rumore di fondo, composto da molti e diversi contributi, ha un andamento decisamente diverso.

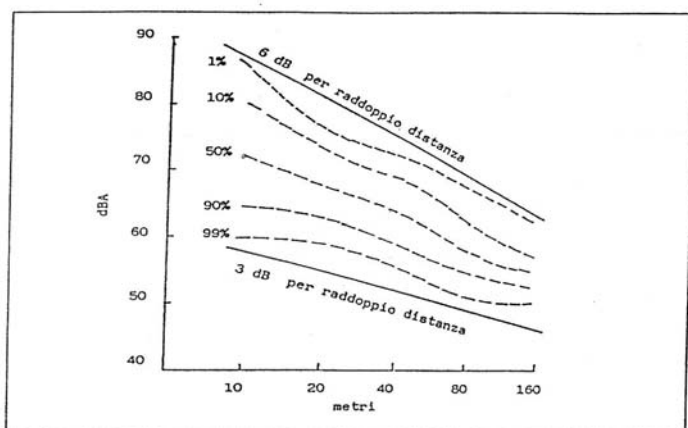


Fig. 6: attenuazione del rumore da traffico in funzione della distanza

E' opportuno rilevare che, in linea generale, non sempre la soluzione dell'allontanamento, oltre a non essere sempre percorribile, porta a soluzioni efficaci. Ad esempio, per una strada ad elevato flusso veicolare (2000 veicoli/ora con il 20% di mezzi pesanti), occorre allontanarsi di almeno 200 metri per ottenere un valore di L_{eq} in facciata inferiore a 60 dB(A).

6.3 Disposizione degli edifici ai lati di una strada

In sede progettuale è molto importante considerare anche la disposizione dell'edificio.

6.3.1 Edifici paralleli alla fonte

Nella figura 7 che segue è riportata la classica disposizione di edifici paralleli alla fonte di rumore

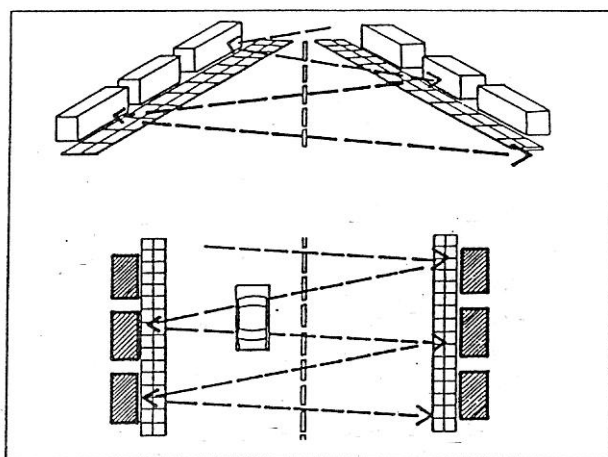


Fig. 7: disposizione degli edifici in modo parallelo alla sorgente

Questo orientamento è conveniente in quanto è possibile disporre lungo la facciata lato strada tutti i locali a giorno che non necessariamente richiedono bassi livelli di rumore (bagni, cucine, ripostigli, uffici, ecc.).

Di conseguenza i locali che al contrario devono beneficiare della massima protezione possono essere collocati sul lato opposto e quindi utilizzare l'edificio stesso come schermo acustico. In questa tipologia progettuale rientrano i casi di edifici realizzati su entrambe i lati della strada (tipologia cosiddetta a "canyon") oppure i casi di edifici realizzati solo su un lato. Nel primo caso le condizioni acustiche saranno sicuramente peggiori rispetto al

secondo caso per effetto delle riflessioni del rumore lungo le pareti verticali degli edifici

6.3.2 Edifici perpendicolari alla fonte

Nell'orientamento perpendicolare (Fig. 8) tutti e due i lati maggiori sono esposti al rumore e pertanto l'edificio risulta scarsamente protetto. Occorre inoltre considerare fenomeni di multiriflessione che possono aggravare le condizioni acustiche in facciata agli edifici

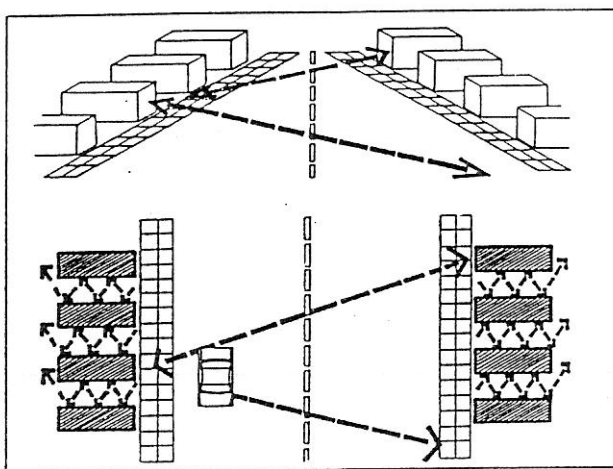


Fig. 8: disposizione degli edifici perpendicolari alla sorgente

Si consideri inoltre che quando si progetta la realizzazione di un gruppo di edifici ai lati di una strada sono possibili due tipologie progettuali diverse che chiaramente incidono sul clima acustico rilevabile ad opere realizzate. E' il caso, vedi figura 9, della situazione cosiddetta a "canyon" con file di edifici su entrambi i lati della strada o della situazione con edifici su un solo lato della strada.

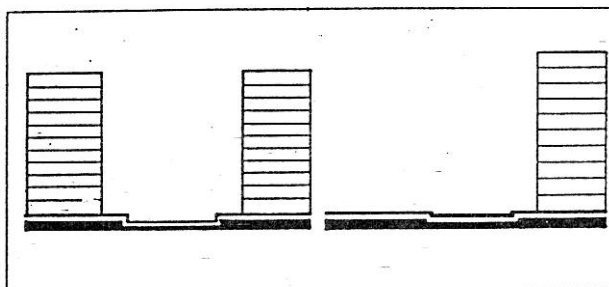


Fig. 9: tipologia costruttiva a "canyon" a sinistra o su un solo lato della strada a destra

6.3.3 Edifici affacciati su una strada curva

In figura 10 si vedono due modalità diverse di prevedere la disposizione di edifici che si affacciano su una strada curva.

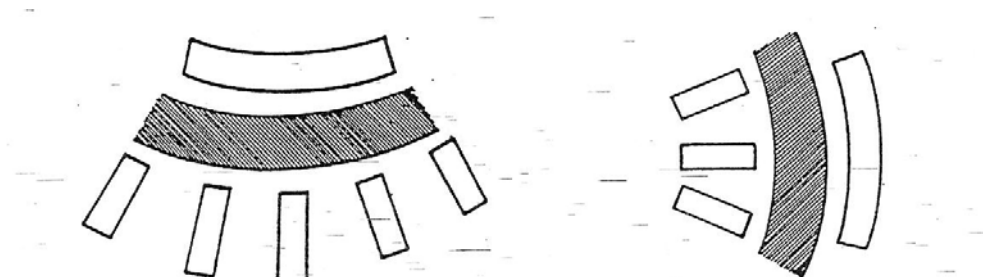


Fig. 10: collocazione degli edifici in prossimità di una strada curva

La prima condizione è sicuramente quella più svantaggiosa per la concentrazione del campo sonoro, il secondo caso (a destra) è sicuramente più favorevole in quanto si favorisce la migliore diffusione dell'energia sonora.

6.4 L'altezza dell'edificio

Quando si decide la costruzione di un complesso edile a pochi metri da una strada è consigliabile, ovviamente sotto il profilo acustico, realizzare edifici bassi piuttosto che alti.

La presenza di edifici di elevata altezza ai lati della strada un edificio infatti determinano una sorta di camp riverberante che incrementa i livelli di rumorosità in funzione dell'altezza

Nelle tabelle 1 e 2 sono riportati alcuni dati sull'incremento della rumorosità con aumento dell'altezza

Tab. 1: livelli sonori in funzione della distanza e dell'altezza

Distanza tra facciata edificio e bordo strada (m)	Valore di LAF 50	
	Piano terra	Piano superiore
25	68	68
50	64	65
100	59	61
200	53	58
400	45	54

Tab. 2: incremento della rumorosità in funzione dell'altezza

Distanza tra facciata edificio e bordo strada (m)	Altezza edificio (m)			
	7	10	16	22
	Valori da aggiungere al livello al p. terra			
50	+3	+4	+4	+4
100	+2	+3	+6	+7

6.5 L'edificio come schermo

Si definisce schermo o barriera quell'oggetto o massa (artificiale o naturale) che si trova sul cammino di propagazione dell'onda sonora tra la sorgente di emissione ed il ricettore.

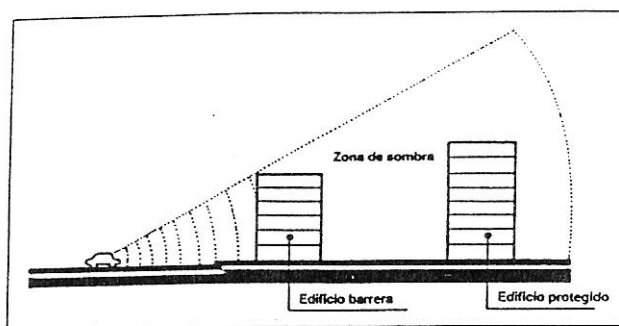


Fig. 11: edificio che funge da schermo all'edificio posteriore rispetto la fonte

La figura 11 rappresenta l'effetto barriera di un edificio a protezione di un secondo edificio posto alle spalle del primo. L'effetto consiste nella generazione di una zona d'ombra nell'ipotesi teorica che la barriera sia assolutamente impermeabile al rumore e che il suono si propaghi in linea retta. Nella pratica tali condizioni si verificano solo in casi particolari.

Nella Tabella 3 sono indicate le distanze oltre le quali è possibile costruire dietro ad un edificio schermante. In genere come edifici schermanti possono utilizzati edifici a destinazione d'uso di uffici, negozi, attività di servizio.

Tab. 3: distanze consigliate dietro ad edificio schermante

Caratteristiche edificio schermante e del flusso veicolare	Altezza edificio da costruire	Veicoli/24 ore		
		2500	10000	40000
V = 90 Km/h	1 piano	==	110	280
H = 3 m	3 piani	80	150	300
D = 40 m	6 piani	100	200	300
V = 90 Km/h	1 piano	==	==	==
H = 12 m	3 piani	==	==	==
D = 40 m	6 piani	60	60	60
V = 50 Km/h	1 piano	==	==	110
H = 3 m	3 piani	==	70	150
D = 40 m	6 piani	==	80	200
V = 50 Km/h	1 piano	==	==	==
H = 12 m	3 piani	==	==	==
D = 40 m	6 piani	==	==	==

dove:

V = velocità media di scorrimento del traffico veicolare

H = altezza dell'edificio schermante

D = distanza dell'edificio schermante dal centro della strada

Se non è possibile formare una linea ininterrotta di edifici parallela alla strada, occorre considerare con attenzione gli spazi tra un edificio e quello a fianco: tali spazi devono essere inferiori alla larghezza degli edifici.

6.6 La vegetazione come schermo

La figura 12 permette di vedere l'attenuazione di un'onda sonora su una superficie assorbente in funzione della distanza. Come si può vedere l'attenuazione varia in funzione della pendenza e della distanza: a maggiore altezza corrisponde una diminuzione dell'attenuazione.

Supponiamo, ad esempio, che una sorgente con un livello sonoro di 80 dB(A) immetta rumore presso un recettore posto ad un'altezza minore di 15 m e a 150 metri di distanza dalla fonte. In tali condizioni il recettore risulterebbe esposto ad un livello sonoro calcolato pari a 64 dB(A). Nel caso in cui il recettore si trovi ad un'altezza pari a 60 metri il livello sonoro calcolato sarebbe pari a 68 dB(A). Questa differenza tende ad aumentare quanto più la superficie del terreno è assorbente.

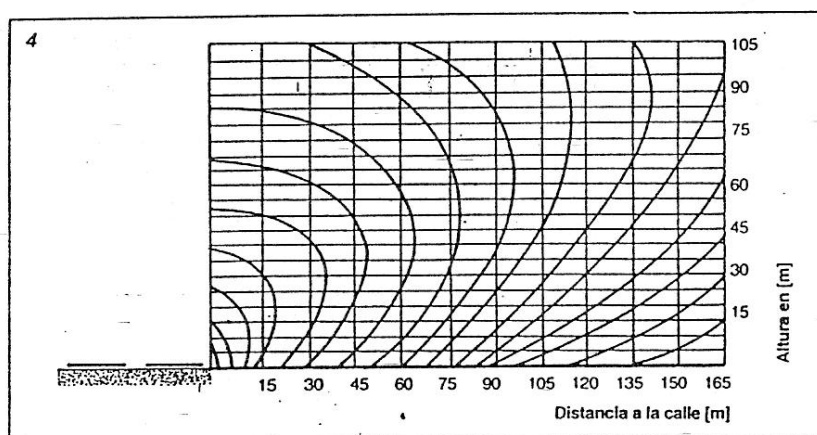


Fig. 12: attenuazione del rumore per effetto di una superficie assorbente

D'altra parte anche se un semplice filare di alberi non ha nessuna efficacia fisica in termini di attenuazione del suono, il suo effetto psicologico diminuisce l'impatto acustico della fonte di rumore e i recettori dimostrano una reazione favorevole per il solo fatto che la sorgente responsabile delle immissioni intrusive non è più visibile.

Se la vegetazione è molto densa ed elevata, allora produce un'attenuazione abbastanza consistente.

Nella figura 13 si può vedere l'attenuazione in dB in funzione della frequenza per una barriera vegetale larga 1 metro.

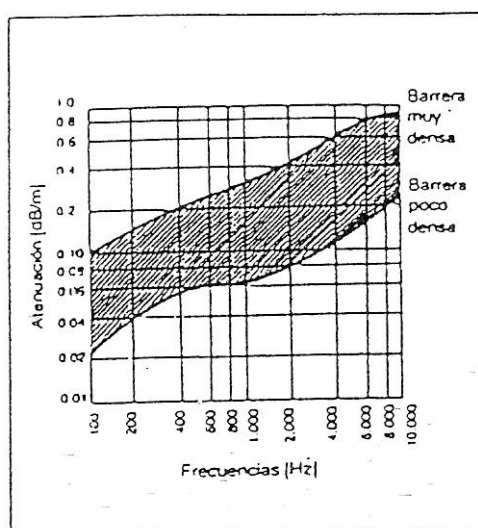


Fig. 13: attenuazione in funzione dell'altezza di una barriera vegetale naturale

La curva superiore rappresenta una barriera vegetale ad elevata densità (bosco molto fitto di arbusti a foglia larga), mentre la curva inferiore una barriera vegetale a bassa densità. La fascia delimitata da queste due curve rappresenta i casi con barriera di media densità.

Guardando il grafico si può osservare che l'attenuazione offerta da barriere vegetali è maggiore alle alte frequenze.

Un'altra soluzione analoga è costituita dalla realizzazione di un terrapieno o muro posto tra la sorgente e l'edificio da proteggere (Fig. 14)

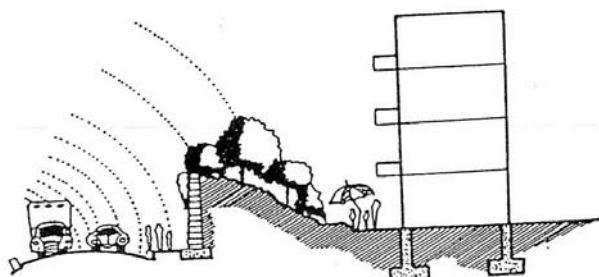


Fig. 14: terrapieno o muro di sostegno come barriera

Questo tipo di barriera può dare buoni risultati in funzione della sua altezza e lunghezza. E' opportuno ricordare che nel calcolo delle dimensioni di uno schermo è molto importante tenere conto delle perdite di attenuazione per effetto delle diffrazioni laterali che molto spesso portano a riduzione dell'attenuazione complessiva molto consistenti.

6.7 Protezione dell'edificio dai rumori esterni

Se l'edificio non è ancora stato costruito o se il luogo dove si costruirà non è già stato deciso, allora è possibile progettare soluzioni che permettono un effettivo ed economico controllo del rumore.

Il primo passo per realizzare ciò è scegliere il sito adeguato per il posizionamento dell'edificio tenuto conto del piano di zonizzazione acustica per arrivare ad elaborare il piano complessivo analizzando l'orientamento più conveniente e l'altezza dell'edificio.

Molto importante è la conoscenza dei livelli sonori presenti sul sito oggetto di indagine e la loro distribuzione nell'arco delle 24 ore. In questo senso è

necessario effettuare campagne di misura per conoscere il rumore presente e adeguare di conseguenza il requisito acustico di isolamento dell'edificio. In questo senso è opportuno ricordare che il quadro normativo nazionale comprende il DPCM 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" il quale fissa valori minimi di isolamento da conseguire indipendentemente dal livello sonoro presente in esterno.

6.8 Disposizione dei locali all'interno dell'edificio

Tenendo conto che all'interno dell'abitazione si svolgono diverse attività umane, ognuna delle quali richiede un diverso grado di comfort acustico, è quanto mai importante individuare la corretta collocazione, dal punto di vista acustico, dei locali per evitare futuri ed eventuali interventi di risanamento.

Sebbene in questa sede non possano essere date regole assolute si può tuttavia indicare di disporre verso sulle facciate più esposte al rumore i locali di servizio (ripostigli, bagni, lavanderie) o i locali a giorno (soggiorno e cucina) in modo tale che si crei uno schermo naturale verso quei locali (camere da letto) dove è necessario avere bassi livelli di rumorosità.

Dal punto di vista della disposizione architettonica, all'interno della stessa unità abitativa, ci si può riferire alla figura 15 che segue.

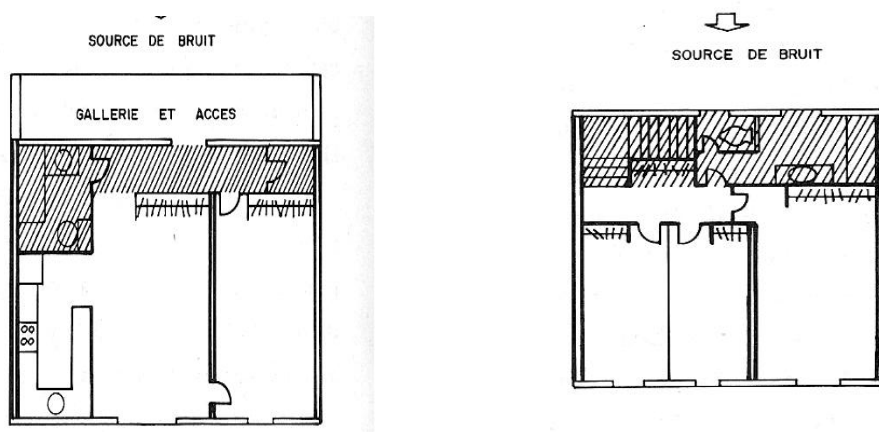
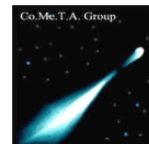


Fig. 15: esempio di distribuzione dei locali

Sulla facciata esposta al rumore sono collocati vani tecnici, scale e bagni in cui la presenza del soggetto è occasionale.

La differenza di rumore tra i locali posti sulla facciata direttamente esposta al rumore e i locali posti all'interno può raggiungere valori anche di 20



dB(A). E'importante a questo punto la scelta dei materiali per quanto riguarda le porte, la loro collocazione, l'impiego di elementi fonoassorbenti, al fine di ridurre al minimo la propagazione del rumore verso i locali protetti più interni.

In fase di progetto è utile inoltre raggruppare locali rumorosi e locali tranquilli sia orizzontalmente sia verticalmente al fine di evitare il più possibile il contatto tra attività domestiche rumorose e attività domestiche in cui il silenzio è parte rilevante e imprescindibile.

In particolare, si sconsiglia:

- confinare o incolonnare cucina, lavanderia e bagno di un'abitazione con le camere da letto dell'abitazione adiacente;
- posizionare le tubazioni di distribuzione e scarico dell'acqua e dei rifiuti organici sui muri che delimitano camera da letto e soggiorni;
- fissare le tubazioni dell'acqua e i sanitari sopra il muro di una camera a meno che le tubature siano dotate di sistemi antivibranti ed il muro abbia massa superficiale di almeno 350 Kg/m^2 ;
- porre a diretto contatto locali giorno e locali notte;
- posizionare le camere in adiacenza a vani tecnici (scale, ascensore, ecc.);
- posizionare le camere in adiacenza ai locali adibiti a centrale termica o di condizionamento.

Si consiglia:

- nel caso di gruppi di abitazioni, prevedere per ogni appartamento un ingresso indipendente e chiuso in modo che ogni abitazione rimanga lontana dalle zone di passaggio comuni;
- non posizionare mai le camere sulle facciate più rumorose;
- usare tecniche costruttive adeguate, con giunti elastici di interruzione per assicurare il corretto isolamento tra le varie unità abitative.

Per quanto riguarda eventuali riflessioni sui muri esterni, con riferimento particolare ai centri urbani in cui gli edifici sono collocati a filo strada, è da rilevare l'importanza del coefficiente medio di assorbimento alfa.

Per gli edifici che si sviluppano in altezza all'interno di quartieri ad alta densità è importante rilevare due tipologie di facciate:

- facciate cosiddette "ad attico"
- facciate cosiddette "a loggia".

Gli effetti combinati di schermo e di assorbimento sono riportati nelle figure 16 e 17 che seguono.

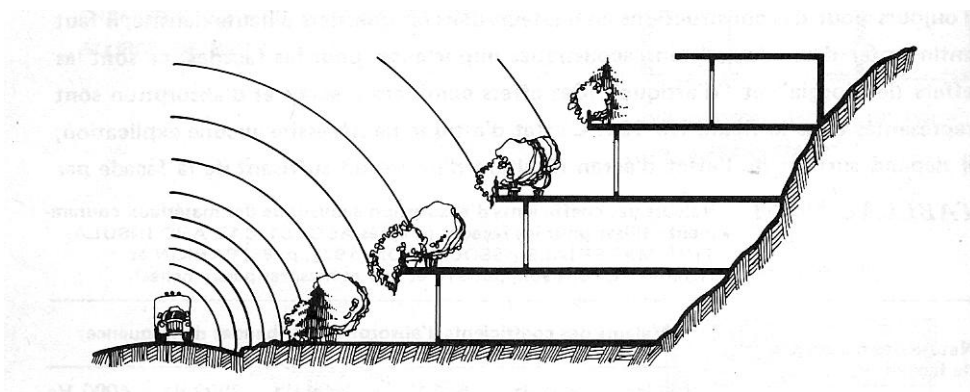


Figura 16: esempio di effetto attico

L'effetto "attico" non necessita di alcuna spiegazione particolare in quanto l'effetto di schermo dipende soprattutto dall'arretramento della facciata rispetto la fonte di rumore in funzione dell'altezza.

Al contrario l'effetto "loggia" merita qualche attenzione: data la presenza di balconi sulla facciata tale effetto può essere molto importante per il controllo del rumore: la riduzione ottenuta diviene interessante nel momento in cui il corpo del balcone è costituito da muro pieno e il soffitto del balcone soprastante è oggetto di un trattamento fonoassorbente.

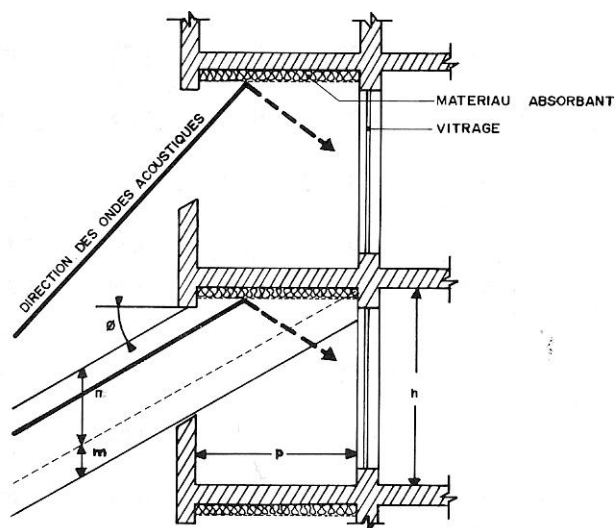
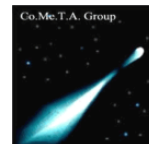


Figura 17: esempio di effetto loggia



Alcuni autori hanno proposto una formula per calcolare la riduzione di livello sonoro davanti la finestra di un balcone in rapporto al rumore presente davanti la facciata, quando il balcone è costituito da un elemento cieco.

$$\text{Riduzione} = 10 \log \frac{hl}{ml_1 + n(1 - \alpha)l_2}$$

dove:

l = lunghezza della porzione di facciata considerata

l_1, l_2 = lunghezze delle aperture che costituiscono la finestra dell'abitazione

h = altezza del piano

α = coefficiente di assorbimento del solaio all'intradosso

m, n = sono le altezze della parte libera di balcone secondo l'angolo di incidenza delle onde acustiche

Tale effetto di riduzione può variare tra 1 e 5 dB.

7. ISOLAMENTO DELLE FACCIATE

E' necessario evidenziare che tra gli elementi che compongono la facciata, le aperture, dal punto di vista dell'isolamento acustico, occupano un ruolo preponderante giacché nella maggiore parte dei casi rappresentano i punti più critici.

Chiarito questo, e tenendo conto di tutti gli elementi che compongono una facciata, si può conoscere l'isolamento acustico globale dell'elemento nel suo complesso.

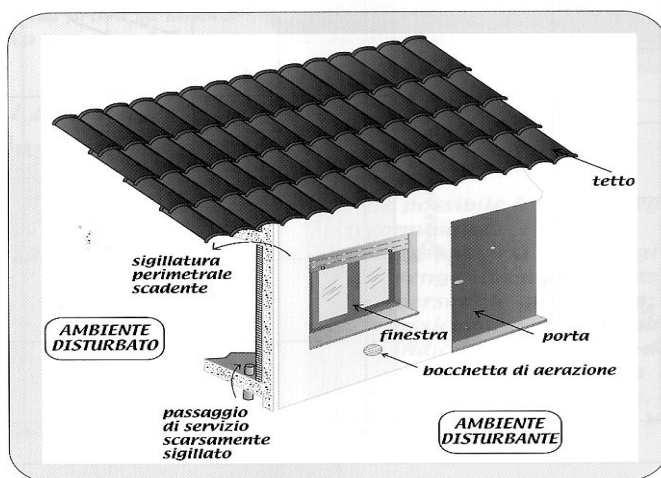


Fig. 18: esempio di facciata complessa

L'Indice di valutazione dell'isolamento acustico complessivo di una facciata come quella riportata nella figura 18 è dato dalla formula seguente:

$$R_w \text{ (dB)} = -10 \log 1/S \sum_i S_i 10^{(-R_{w,i}/10)}$$

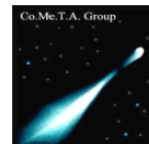
dove

S è la superficie globale della facciata

S_i rappresenta la superficie di ogni elemento costruttivo (m^2) e

$R_{w,i}$ rappresenta l'isolamento specifico dell'elemento costruttivo S_i .

Dall'esame della relazione sopra riportata si deduce che la presenza della parte trasparente rende acusticamente "debole" la facciata, in quanto il potere fonoisolante complessivo si riduce ad essere all'incirca pari a quello dell'elemento più debole, quando questo è caratterizzato da un potere fonoisolante di almeno 10 dB inferiore a quello degli altri elementi.



Ulteriori considerazioni derivano dal fatto che gli elementi trasparenti sono solitamente costituiti da una parte vetrata e da un telaio.

Le vetrate, per la loro struttura fisica e gli spessori normalmente utilizzati, sono elementi per i quali la frequenza critica si trova quasi sempre nella gamma medio-alta (100 – 5000 Hz), e pertanto l'andamento in frequenza del potere fonoisolante è solitamente piuttosto complesso e difficile da prevedere.

I vetri stratificati migliorano il comportamento in quanto aumentano di molto lo smorzamento interno del materiale, e consentono quindi di ridurre notevolmente le perdite di isolamento dovute alla estrema rigidità del materiale.

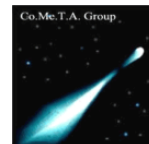
Per quanto riguarda i telai occorre prestare attenzione ai seguenti aspetti critici:

- superficie esposta del telaio rispetto a quella della parte vetrata;
- massa superficiale del telaio

Entrambi questi aspetti possono incidere sulla trasmissione sonora da parte della finestra: se la massa superficiale del telaio è superiore al 70% della massa superficiale della vetrata e se la superficie è inferiore al 25% della superficie complessiva del serramento, si può prevedere che il potere fonoisolante del serramento sia sostanzialmente assimilabile a quello della sola vetrata. In caso contrario occorre conoscere la prestazione relativa al serramento nella sua completezza.

Le perdite di isolamento di una facciata sono dovute anche all'eventuale presenza di cassonetti per avvolgibili, alla parete cieca sottostante la finestre (di solito di minore spessore) e alla presenza di eventuali prese d'aria.

Nella tabella 4 che segue sono riassunte le problematiche acustiche associate alle diverse tipologie di finestre.



Tab. 4: prestazioni acustiche e problematiche associate alle diverse tipologie di finestre

Tipo di finestre	Vantaggi/svantaggi	R _w dB
Con lastra di vetro semplice	Basso potere fonoisolante	10 - 30
Con lastra di vetro stratificata	Rispetto alla lastra semplice migliora il comportamento per riduzione delle perdite per risonanza e coincidenza	
Con vetrocamera	Potere fonoisolante più elevato ma perdita di isolamento in corrispondenza delle frequenze importanti per il traffico veicolare	25 - 48
Vetrocamera con lastre stratificate	Comportamento molto buono. Si riducono al minimo le perdite di isolamento	
Finestra doppia	Elevato potere fonoisolante. Necessità di ventilazione interna per questioni di condensa	35 - 50
Facciate continue	Difficoltà nel raggiungere una capacità prestazionale elevata. Costo elevato	

Per ultimo non si deve dimenticare che nella pratica l'isolamento effettivo delle facciate dipende molto dalle proprietà fisiche che ogni elemento che compone le facciate, dalla relazione strutturale tra gli elementi ed in certi casi, dalle fughe sonore e dalla trasmissione del rumore esterno per via solida.

7.1 Le finestre come punto critico

Il ridotto isolamento delle finestre è dovuto alla massa relativa delle superfici vetrate e delle cornici che lo compongono, rispetto alla massa del muro in cui sono inserite.

Non si deve dimenticare tuttavia, che la leggerezza è legata alla necessità di manovrabilità delle ante delle finestre, anche se molte volte questo comporta una difficoltà nell'ottenere una perfetta ermeticità nel perimetro di contatto delle ante e del vetro con la cornice (infisso).

Per migliorare l'Indice di isolamento acustico ci sono diverse possibilità: si può aumentare lo spessore del vetro, migliorare l'ermeticità del sistema per ridurre al minimo i punti di passaggio del rumore.

E' possibile pertanto progettare e costruire facciate che garantiscano un alto livello d'isolamento acustico tenendo conto di quanto precedentemente detto.

Per avere un'indicazione delle prestazioni di alcune tipologie di componenti trasparenti disponibili in commercio, si riportano in tabella 5 alcuni dati relativi a prove effettuate in laboratorio.

Tab. 5: dati di laboratorio relativi ad alcuni elementi trasparenti

Tipo di elemento trasparente	Potere fonoisolante $R_w (C, C_{tr})$ dB
Finestra con telaio in alluminio, isolata termicamente, mm 1230 x 1480, vetrocamera 4/16/4	33 (-2; -5)
Finestra come sopra ma con vetrocamera 6/16/4	39 (-3;-6)
Finestra con telaio in alluminio, mm 1230 x 1480, vetro stratificato 8/20/4	43 (-2;-5)
Finestra con telaio in alluminio, mm 2400 x 2570, doppia specchiatura fissa e due ante sottostanti a battente, vetro stratificato 4+4/12/6+6	47 (-2;-5)
Modulo di facciata continua in alluminio (struttura a sormonto con taglio termico e barrette in poliammide rinforzato), vetro stratificato 8/15/3+3, mm 3300 x 2990	41 (-1;-3)

Si noti come la prestazione di isolamento venga molto ridotta (in media - 5 dB) qualora si applichi il termine correttivo C_{tr} che esprime un modo per valutare il peggioramento del potere fonoisolante a fronte del rumore da traffico (classificato a seconda della sua generazione ferroviario, stradale, aeronautico), caratterizzato da una presenza importante di componenti in bassa frequenza.

Le prestazioni acustiche delle vetrazioni giocano un ruolo particolarmente importante ai fini degli interventi d'insonorizzazione nel loro complesso. La scelta della vetratura va effettuata congiuntamente alla scelta del serramento sul quale verrà installata, in modo da raggiungere una migliore ottimizzazione delle prestazioni dell'insieme finestra. Seguendo una prima differenziazione di base, è possibile schematicamente differenziare le lastre di vetro in tre categorie generali (vedi figura 16).

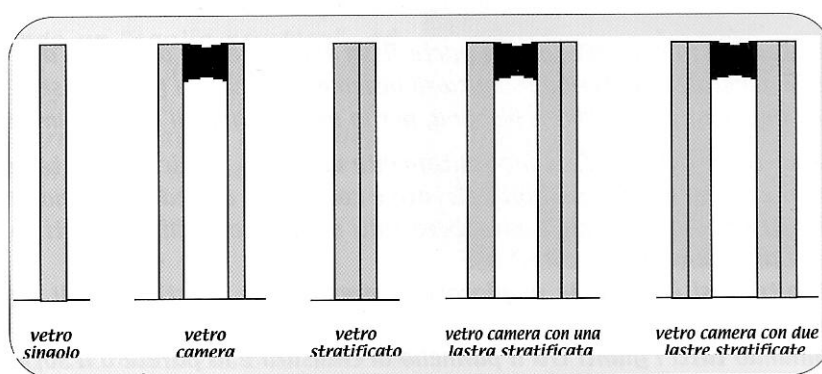
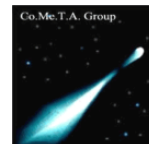


Fig. 19: tipologie diverse di vetrazioni



La lastra semplice non è in generale sufficiente in un intervento di insonorizzazione che necessiti di una prestazione elevata.

I vetri stratificati sono ottenuti tramite incollaggio di più lastre semplici grazie a film plastici trasparenti, mentre i vetrocamera presentano una struttura costituita da lastre separate tra loro da un'intercapedine, eventualmente riempita di aria o gas diversi.

Nella tabella 6 che segue sono riportati i valori di potere fonoisolante alcuni tipi di vetrazioni.

Tab. 6: esempi di potere fonoisolante di vetrate

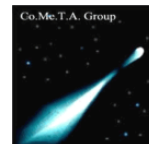
	Tipo di vetrata (mm)	R_w (C;C _{tr})
Vetro singolo	3	28 (-1;-4)
	4	29 (-2;-3)
	5	30 (-1;-2)
	6	31 (-2;-3)
	8	32 (-2;-3)
	10	33 (-2;-3)
	12	34 (0;-2)
Vetro stratificato con laminato plastico da 0,5 a 1 mm	6+	32 (-1;-3)
	8+	33 (-1;-3)
	10+	34 (-1;-3)
Vetrocamera con intercapedine da 6 – 16 mm, riempita di aria	4/6-16/4	29 (-1;-4)
	6/6-16/4	32 (-2;-4)
	6/6-16/6	31 (-1;-4)
	8/6-16/4	33 (-1;-4)
	8/6-16/6	35 (-2;-6)
	10/6-16/4	35 (-2;-5)
	10/6-16/6	35 (-1;-3)
	6/6-16/6+	33 (-2;-5)
	6/6-16/10+	37 (-1;-5)

E' chiaro che, nota la stretta correlazione tra la massa superficiale di una struttura e il potere fonoisolante della stessa, la parte vetrata (con massa inferiore) presenta valori di isolamento più bassi rispetto alla struttura cieca e costituisce quindi la parte più debole.

Per grosse perdite di isolamento acustico delle facciate occorre perciò cercare di adottare per le finestre tecniche costruttive e materiali idonei.

Una finestra ad elevate prestazioni acustiche deve avere un potere fonoisolante di almeno 35 dB. Nelle situazioni di maggiore protezione è necessario un potere fonoisolante di almeno 40 dB

Per quanto riguarda i telai occorre dire che la tipologia che prevede ante scorrevoli presenta notevoli svantaggi dal punto di vista acustico. Prestazioni molto migliori sono riscontrabili, al contrario, nella tipologia che



combina apertura con anta a battente e a ribalta, soluzione che risulta affidabile anche per altri requisiti.

La scelta dell'elemento telaio all'interno del sistema finestra è particolarmente importante al fine della contribuzione del livello di comfort abitativo, specialmente in relazione alla tenuta all'aria dell'infisso.

La classe di tenuta all'aria di un serramento è la capacità di impedire il passaggio dell'aria: un suo elevato valore è un presupposto per garantire un buon isolamento acustico.

La qualità dei singoli elementi e delle singole soluzioni tecniche non basta da sola al raggiungimento delle prestazioni globali dell'insieme, in quanto risultano decisive l'interazione delle soluzioni e soprattutto la bontà della realizzazione in opera (soprattutto per il collegamento infisso-parete).

Attualmente il mercato offre infissi in legno, in alluminio, in ferro, in PVC, e materiali compositi (es. legno-alluminio, PVC-acciaio). Per la rispondenza ai requisiti acustici è consigliabile l'uso di profili metallici con taglio termico.

Per il calcolo corretto del potere fonoisolante di una finestra occorre tenere presente le perdite dovute alle caratteristiche di tenuta all'aria dell'infisso calcolate secondo norma UNI 7170/1993 come da tabella 7 che segue.

Tab. 7: classi di permeabilità all'aria

Classe di tenuta all'aria dell'infisso	Perdita di isolamento rispetto al vetro ΔR_w dB
A1 Infiltrazione compresa tra 20 e 50 m ³ /hm ²	> 8
A2 Infiltrazione compresa tra 7 e 20 m ³ /hm ²	Compresa tra 2 e 5
A3 Infiltrazione inferiore a 7 m ³ /hm ²	< 2

L'esigenza imposta per acquistare l'ermeticità del sistema ed evitare di avere via di fuga del rumore, permette anche di assicurare il necessario comfort termico ma influisce sul ricambio d'aria, che diviene raggiungibile in modo soddisfacente soltanto attraverso l'installazione di dispositivi di ventilazione meccanica ed eventualmente sistemi di refrigerazione.

La ventilazione meccanica nell'abitazione deve essere ottenuta facendo entrare aria fresca in tutti i locali principali (di norma locali d'abitazione) ed espellendo quell'esausta all'esterno mediante aperture situate preferibilmente nei locali di servizio.

Per questo è importante ricorrere alla realizzazione d'aperture cosiddette "silenziate" da collocare nelle posizioni ritenute più opportune come nella figura 20 che segue.

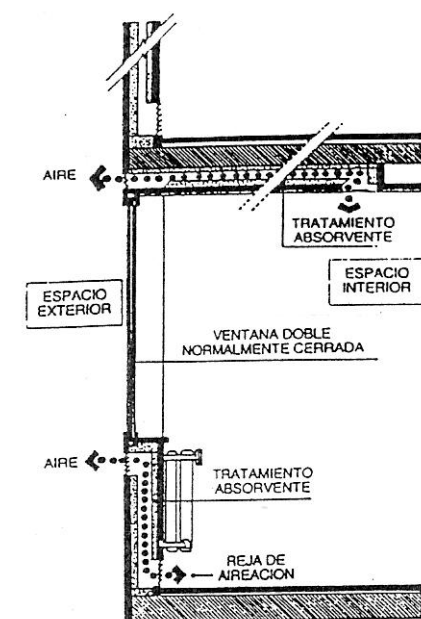
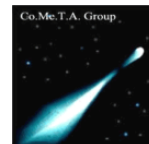


Fig. 20: esempio di collocazione delle bocchette per il ricambio dell'aria

Infine è opportuno ricordare altri piccoli elementi che possono indebolire l'isolamento acustico di una facciata quali, ad esempio, i cassonetti per tapparella.

Sono solitamente un punto molto dolente. Nei casi estremi di rumore molto elevato e comunque quando vengono installate finestre con oltre 40 dB di isolamento acustico, gli avvolgibili andrebbero eliminati e sostituiti con altro tipo di oscurante (scuretti).

Negli altri casi è possibile migliorare la prestazione acustica sigillando tutti i giunti tra il pannello di chiusura e la parete o il soffitto, appesantendo il pannello di chiusura, foderando l'interno del cassonetto con materiale fonoassorbente.

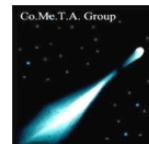


8. CONCLUSIONI

Al termine della presente trattazione emerge chiaramente come l'aspetto del comfort acustico di un edificio a destinazione d'uso residenziale non può più rivestire un'importanza di secondo piano rispetto ad altri requisiti dell'immobile.

Per realizzare ambienti abitativi in grado di assicurare una buona funzionalità per lo svolgimento delle normali attività quotidiane è necessario:

- analizzare attentamente il sito oggetto di futura realizzazione del manufatto e individuare le sorgenti di rumore che determinano il clima acustico del luogo;
- individuare le modalità progettuali del futuro insediamento, al fine di collocare le abitazioni nella posizione più protetta rispetto alle fonti di rumore;
- prestare molta attenzione alla distribuzione dei locali, in quanto gli ambienti che necessitano di maggiore silenziosità, in modo particolare le camere da letto, devono essere necessariamente collocate nelle posizioni in cui il rumore proveniente dall'esterno è minore;
- scegliere i materiali non solo per quanto concerne le specifiche architettoniche ma anche in relazione al loro grado di isolamento acustico;
- curare attentamente la messa in opera dei materiali e la realizzazione degli idonei accorgimenti costruttivi;
- introdurre nella gestione quotidiana del bene residenziale il concetto di qualità acustica dell'edificio e il riconoscimento di tale qualità attraverso la certificazione dei prodotti e dei componenti dell'edificio nel suo complesso (label thermique, label acoustique, ecolabel ecc.) e attraverso un collaudo finale che ne certifichi le prestazioni in termini di isolamento acustico;
- l'acquirente, al momento della stipula dell'atto preliminare di acquisto, deve pretendere da parte del venditore l'esibizione di un certificato che documenti la qualità acustica del bene oggetto di compravendita. Solo così sarà possibile evitare, a posteriori, l'insorgere di contenziosi civili che molto spesso poi si risolvono con l'insoddisfazione dei soggetti e svalutazioni di tipo economico piuttosto rilevanti.



Bibliografia

- Legge n° 447/1995 – “Legge quadro sull’inquinamento acustico”
- AAVV, Incontro sul tema “Inquinamento da rumore: documentazione di impatto acustico e requisiti acustici passivi degli edifici”, 29 settembre 2001, Mantova
- Arch. Ana Maria Rizzo – dispense fornite al corso per Tecnico in acustica – Scuola di Acustica – Università di Ferrara
- J. G. Migneron “Acoustique Urbane”