

Le componenti “Rumore e Vibrazioni” negli Studi di Impatto Ambientale

AGRIGENTO 23 Novembre – 3 Dicembre 2004





Hanno collaborato:

Settore “Sviluppo criteri e strumenti di valutazioni integrate”

- Dott.ssa Luciana Sinisi
- Dott.ssa Anna Cinzia Bartoccioni
- Ing. Stefano Pranzo
- Dott.ssa Valentina Sini
- Dott.ssa Jessica Tuscano

Settore “Metodologie di analisi e valutazioni dell’impatto ambientale”

- Ing. Vincenzo Cammarata
- Arch. Giampiero Baccaro
- Dott.ssa Anna Cacciuni
- Dott.ssa Caterina D’Anna
- Ing. Enrico Mazzocchi
- Dott. Giorgio Occhipinti
- Ing. Stefano Saffioti
- Dott. Paolo Sciacca
- Sig.ra Rossella Sisti





COMPONENTE RUMORE

- La normativa di riferimento sull'inquinamento acustico
- Caratterizzazione dell'area di intervento e del clima acustico ante operam
- Analisi previsionale dello scenario acustico post operam
- Interventi di insonorizzazione, mitigazione e abbattimento del rumore





La normativa di riferimento sull'inquinamento acustico

- **DPCM 1 marzo 1991** sui “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”
- **L. 447 del 26 ottobre 1995**: Legge quadro sull’inquinamento acustico
- **DPCM del 14 novembre 1997** sulla “Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore”
- **DM del 16 marzo 1998** su “Tecniche di rilevamento e misurazione dell’inquinamento acustico”
- **D.Leg. 262 del 4 settembre 2002** su “Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l’emissione acustica ambientale delle macchine ed apparecchiature destinate a lavorare all’aperto”
- **Leggi Regionali** in attuazione alle prescrizioni contenute nella L. 447/95 e nel DPCM 14/11/1997
- **DM del 29 novembre 2000** sui “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”
- **DM del 1 aprile 2004** su “Linee guida per l’utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale”
- **Circolare del 6 settembre 2004** del Ministero dell’Ambiente su “Criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziale.





DPCM 1 marzo 1991

- Stabilisce i limiti di accettabilità dei livelli di rumore, validi su tutto il territorio nazionale, quali misure di salvaguardia della qualità ambientale, in attesa dell'approvazione dei decreti attuativi della Legge Quadro.
- Individua **6 classi** di aree in cui suddividere il territorio dal punto di vista acustico, fissando per ciascuna i **limiti massimi di accettabilità** nei due periodi temporali di riferimento (**diurno 6-22; notturno 22-6**); tali limiti entreranno in vigore solo al completamento della classificazione acustica del territorio da parte dei Comuni sulla base di indicatori di natura urbanistica e territoriale.
- Fissa i **limiti di accettabilità transitori** di immediata applicabilità, in attesa della zonizzazione acustica, suddivisi in **4 zone**:
 - Tutto il territorio nazionale: limiti 70/60 dB(A)
 - Zona A: limiti 65/55 dB(A) (agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale e zone circostanti)
 - Zona B: limiti 60/50 dB(A) (parti del territorio totalmente o parzialmente edificate ma diverse da A)
 - Zona esclusivamente industriale: limiti 70/70 dB(A)
- Stabilisce il “criterio differenziale” per zone non esclusivamente industriali che valuta il disturbo rispetto l'incremento generato sul rumore di fondo.





CLASSE I - Aree particolarmente protette 50/40 dB(A)

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 e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.

CLASSE II - Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale 55/45 dB(A)

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 ed artigianali.

CLASSE III - Aree di tipo misto 60/50 dB(A)

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e 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 di intensa attività umana 65/55 dB(A)

Rientrano in 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 70/60 dB(A)

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

CLASSE VI - Aree esclusivamente industriali 70/70 dB(A)

Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi





L. 447 del 26 ottobre 1995 – “Legge quadro”

E' una **legge di principi** che rimanda a successivi strumenti attuativi la definizione puntuale delle norme tecniche e dei parametri di riferimento.

- Art.2 vengono introdotti le definizioni di sorgenti sonore fisse e mobili, valore di emissione, di immissione, di attenzione, i valori di qualità e i valori limiti di immissione riferiti al rumore ambientale ed al rumore differenziale.
- Art.4-6 **si richiamano i Comuni** a procedere alla redazione delle **zonizzazioni acustiche** nel loro territorio secondo i criteri del DPCM 1/3/91.
- Art.7 **si prescrive ai Comuni l'obbligo di adozione del piano di risanamento acustico**, nei casi di superamento dei valori di attenzione o di contatto tra aree caratterizzate da livelli di rumorosità eccedenti i 5 dB(A). Tali piani devono contenere:
 - l'individuazione della tipologia ed entità dei rumori presenti, incluse le sorgenti mobili, nelle zone da risanare individuate ai sensi della classificazione del territorio comunale (art.6 comma 1 lettera a).
 - l'individuazione dei soggetti a cui compete l'intervento (RFI, ANAS, etc.);
 - l'indicazione delle priorità, delle modalità e dei tempi di risanamento;
 - la stima degli oneri finanziari e dei mezzi necessari;
 - le eventuali misure cautelari a carattere d'urgenza per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica.





DPCM del 14 novembre 1997

Contiene i valori limiti di emissione e di immissione mantenendo identica la classificazione del territorio prevista nel DPCM 1/3/1991

L'entrata in vigore dei nuovi limiti è però condizionata all'adempimento da parte dei Comuni di quanto previsto nell'art. 6, comma 1, lettera a) della L.447/95 (classificazione ai fini acustici del territorio comunale)

Destinazione d'uso territoriale	Valori limite di emissione in dB(A)		Valori limiti assoluti di immissione in dB(A)	
	Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
I - Aree protette	45	35	50	40
II- Aree residenziali	50	40	55	45
III – Aree miste	55	45	60	50
IV – Aree di intensa attività umana	60	50	65	55
V- Aree prevalentemente industriali	65	55	70	60
VI- Aree esclusivamente industriali	65	65	70	70





DM del 16 marzo 1998

- **Specifica le metodologie di misura del rumore ferroviario e di quello stradale.** Per ciò che riguarda il rumore ferroviario, viene indicata una quota di misura da terra pari a 4 m e una distanza dalle facciate degli edifici di 1 m. Viene inoltre specificata la procedura di calcolo del livello di esposizione, indicando un tempo di misura minimo pari a 24 h. Per ciò che riguarda il rumore stradale, sulla base dell'ipotesi che il traffico è un fenomeno di casualità o pseudocasualità, viene indicato un tempo di misura minimo pari a una settimana, con scansione della misura pari a 1 h su tutto l'arco delle 24 h.
- Indica la tipologia di fonometro con cui devono essere effettuate le misure del livello equivalente (classe 1 conforme alle norme EN 6065/1994 e EN 60804/1994), le modalità e i tempi di calibrazione e di taratura.
- Specifica le definizioni relative ai tempi e intervalli di misura, ai livelli di rumore; indica i fattori correttivi da applicare in presenza di rumore con componenti impulsive, tonali o in bassa frequenza (tali fattori non sono applicabili alle infrastrutture dei trasporti).
- Indica le procedure per l'esecuzione delle misure e riconferma quanto già presente nelle normative antecedenti in merito alla localizzazione del microfono per le misure in esterno e all'interno di ambienti abitativi e in merito alle condizioni meteorologiche compatibili alla misura stessa.
- Viene inoltre specificato che l'operatore deve porsi alla distanza non inferiore a 3 m dal microfono stesso durante la misura.
- Descrive la metodologia di presentazione dei risultati, indicando i dati da trascrivere nel rapporto finale, tra i quali i nominativi degli osservatori che hanno presenziato alla misurazione e l'identificativo del tecnico competente.





D.Leg. 262 del 4 settembre 2002

Per quanto concerne la **fase di costruzione**, risulta applicabile il D.L. 262/02, mentre per quanto riguarda il D.P.C.M. 1-3-91 valgono le disposizioni in esso contenute all'art. 1 comma 4, vale a dire: "Le attività temporanee, quali cantieri edili, le manifestazioni in luogo pubblico o aperto al pubblico, qualora comportino l'impiego di macchinari ed impianti rumorosi, debbono essere autorizzate anche in deroga ai limiti del presente decreto (D.P.C.M. 1/3/91) dal Sindaco il quale stabilisce opportune prescrizioni per limitare l'inquinamento acustico sentita la competente ASL".

Il D.L. 262/02 disciplina i valori di emissione acustica, le procedure di valutazione della conformità, la marcatura, la documentazione tecnica e la rilevazione dei dati sull'emissione sonora **relativi alle macchine ed alle attrezzature destinate a funzionare all'aperto**, al fine di tutelare sia la salute ed il benessere delle persone che dell'ambiente. Si applica alle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto individuate e definite all'articolo 2 e all'allegato I che, a decorrere dalla data di entrata in vigore del presente decreto (gennaio 2003), sono immesse in commercio o messe in servizio come unità complete per l'uso previsto.

Il D.L. 262/02 stabilisce i seguenti limiti di potenza sonora dB(A) del rumore prodotto, all'aperto, dai macchinari di cantiere, dipendentemente dalla potenza netta installata (kW), come riassunto nella tabella seguente per alcuni macchinari significativi:

Tipo di macchina	Potenza netta installata (P) in KW Potenza elettrica (Pel) in KW. Massa dell'apparecchio (m) in Kg	Livello ammesso di potenza sonora LwA in dB(A)	
		Fase I a partire dal 3 gennaio 2003	Fase II a partire dal 3 gennaio 2006
Escavatori, montacarichi per materiale da cantiere, argani	$P \leq 15$	96	93
Martelli demolitori tenuti a mano	$15 < m < 30$	$94 + 11 \lg m$	$92 + 11 \lg m$
Gruppo elettrogeni e gruppi elettrogeni di saldatura	$P_{el} > 10$	$97 + \lg P_{el}$	$95 + \lg P_{el}$



Leggi Regionali

Nell'ambito degli scenari amministrativi regionali l'attuazione delle **prescrizioni contenute nella L. 447/95 e nel successivo D.P.C.M 14/11/1997** (per quanto concerne i limiti di rumore) **avvengono con l'entrata in vigore della specifiche L.R.** che stabiliscono le disposizioni per la determinazione della qualità acustica del territorio, per il risanamento ambientale e per la tutela della popolazione dall'inquinamento acustico.

L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte, in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale e, altresì, costituisce il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, autorizzatorie, ordinatorie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore indicate dalla Legge Quadro.

Allo stato attuale sullo scenario nazionale **le seguenti Regioni hanno provveduto ad emanare le disposizioni attuative della Legge Quadro 447/95: Piemonte, Lombardia, Veneto, Provincia di Trento, Liguria, Toscana, Emilia Romagna, Umbria, Marche, Lazio e Puglia.**





DM del 29 novembre 2000

- ✓ **Stabilisce i criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture stesse.**
- ✓ Fissa le modalità e i termini di presentazione dei piani ai Comuni interessati, alle Regioni e al Ministero dell'Ambiente:
 - ✓ individuazione degli interventi;
 - ✓ relative modalità di realizzazione (si elencano anche i criteri di progettazione)
 - ✓ indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi
 - ✓ grado di priorità di ciascuno
- Indica gli obiettivi dell'attività di risanamento facendo riferimento al raggiungimento, attraverso gli interventi previsti, ai valori limite di immissione lungo le fasce di pertinenza acustica delle singole infrastrutture, contenuti nei corrispondenti Decreti attuativi (ove esistenti, ad esempio il DPR459/98 per le infrastrutture ferroviarie).

DM del 1 aprile 2004

- Individua le linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi per l'abbattimento e la mitigazione dell'inquinamento ambientale a cui il proponente deve attenersi nella redazione dei progetti





Caratterizzazione dell'area di intervento e del clima acustico ante operam

➤ **Descrizione dell'area interessata dall'intervento:**

- tipologia, morfologia e dati meteo del territorio (foto, carte, AM)
- destinazione d'uso del territorio (rif. ai PRG comunali)
- censimento dei ricettori (qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate nei PRG) def. da DPR 459/98
- individuazione di ricettori “particolarmente sensibili”: scuole, ospedali, case di cura, case di riposo

➤ **Definizione dello stato acustico dei luoghi dell'intervento:**

- riferimento alla Zonizzazione acustica comunale
- individuazione delle sorgenti sonore attualmente presenti nell'area
- campagna di misurazioni fonometriche presso i ricettori sensibili (in conformità con quanto indicato nel DM 16/3/98)





Analisi previsionale dello scenario acustico post operam

- **Individuazione e descrizione delle sorgenti sonore** previste nella *fase di realizzazione e di esercizio* dell'impianto o dell'infrastruttura
 - localizzazione, tipologia, numero, tempi di funzionamento (continuo, discontinuo, diurno, notturno).
- **Caratterizzazione acustica delle sorgenti (emissioni prodotte)**
 - dati di letteratura (potenza sonora), misure dirette su macchinari similari in contesto analogo.
- **Valutazione dei livelli sonori indotti** sul territorio dall'opera in fase di realizzazione e di esercizio **negli scenari diurno e notturno**
 - Modelli di simulazione acustica.
 - Mappe acustiche dell'area di intervento (curve isofoniche).





Modelli di simulazione acustica

Consentono in linea anche con le norme ISO 2631:

- **di determinare la propagazione del rumore** di sorgenti multiple e di diverse tipologie (puntuali, lineari, areali, industriali, stradali, ferroviari e aeroportuali);
- **di inserire la morfologia tridimensionale del terreno** (curve di livello, dune), **gli elementi** su di esso presenti (edifici, muri, vegetazione) e **i dati relativi alle sorgenti** (potenza sonora, direttività e variazione temporale delle emissioni);
- **di calcolare il livello continuo equivalente** (sulla base dei periodi di riferimento temporali orario, diurno, notturno) in ogni punto indicato e di visualizzare graficamente i risultati in forma di isofoniche sovrapposte alla topografia dell'area, sia in due che in tre dimensioni, oppure in modo analitico sui singoli ricettori;
- **di tenere conto dell'assorbimento dell'aria e del terreno**, della riflessione degli ostacoli e dell'attenuazione di oggetti schermanti, degli effetti meteorologici (direzione e velocità del vento);
- **di dimensionare gli interventi di mitigazione** (barriere) in base ai limiti di legge: zonizzazione acustica del territorio, DPR 459/98 (ferrovie), DPR 142/04 (strade), DM 31/10/97 – DM 20/05/99 – DM 03/12/99 (aeroporti).
- Attualmente i modelli più avanzati ed utilizzati nell'ambito dello studio della componente rumore sono Mithra e SoundPlan, che consentono di eseguire simulazioni di propagazione del rumore in base a tutti i parametri sopra elencati.





Interventi di contenimento e abbattimento del rumore

➤ In fase di realizzazione (cantiere):

- scelta dei macchinari e dell'attrezzatura conforme alla direttiva macchine nazionale e comunitaria;
- schermature insonorizzanti;
- regolare e opportuna manutenzione dei mezzi e delle attrezzature;
- corretta modalità di lavorazione e predisposizione del cantiere;
- posizionamento di barriere provvisorie sul perimetro del cantiere e lungo i percorsi dei mezzi d'opera.

➤ In fase di esercizio (infrastrutture stradali, ferroviarie e impianti industriali):

- asfalto fonoassorbente, barriere e schermature, giunti silenziosi, macchinari a bassa emissione, serramenti fonoisolanti sui ricettori.





CARATTERIZZAZIONE E INDICE DEI COSTI DI INTERVENTI DI BONIFICA ACUSTICA (dal DM 29/11/00)

Tipo di intervento	Campo di impiego	Efficacia	Costo unitario
Pavimentazione antirumore tradizionali	Impiego in situazioni non particolarmente critiche o ad integrazione di altri interventi	3 dB per tutti i ricettori a prescindere dalla quota relativa alla infrastruttura	15.000 L./mq di superficie stradale trattata
Barriere antirumore artificiali (metalliche, in legno, calcestruzzo, argilla espansa, trasparenti, biomuri)	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità della infrastruttura	14 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 7 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;	400.000 L./mq
Barriere antirumore artificiali integrate con elemento antidiffrattivo superiore	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità della infrastruttura; con elevata densità di ricettori nella zona d'ombra	15 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 7,5 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;	450.000 L./mq
Barriere antirumore formate da muro cellulare (alveolare) rinverdito in calcestruzzo o legno	Impiego tipico in presenza di ricettori di altezza media posti in prossimità della infrastruttura	19 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 10 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;	580.000 L./mq per interventi su linee ferroviarie in normale esercizio; 490.000 L./mq per interventi su nuove ferrovie, strade/autostrade o tracciati esistenti con possibilità di deviazione del traffico
Barriere vegetali antirumore	Impiego per situazioni non particolarmente critiche con ampie fasce di territorio non edificato tra i ricettori e la sede stradale	1 dB ogni 3 m di spessore della fascia piantumata	150.000 L./mq di terreno piantumato, escluso il costo del terreno





Tipo di intervento	Campo di impiego	Efficacia	Costo unitario
Rilevato antirumore	Richiede una fascia di territorio non edificato tra i ricettori e l'infrastruttura, pari ad almeno 2,1 volte l'altezza del rilevato. Intervento integrabile con barriere vegetali	13 dB per i ricettori posti nella zona A dell'ombra; 6 dB per i ricettori posti nella zona B dell'ombra; 0 dB per i ricettori posti fuori dalla zona d'ombra;	300.000 L./ml per altezze minori o eguali a 3 m dal piano della infrastruttura, senza piantumazioni ed escluso il costo del terreno; 500.000 L./ml per altezze superiori a 3 m e fino a 6 m dal piano stradale, senza piantumazioni ed escluso il costo del terreno
Copertura totale	Aree molto popolate con edifici alti rispetto alla infrastruttura e livello di rumore elevato	superiore a 25 dB	850.000 L./mq di sede stradale coperta
Giunti silenziosi	Ricettori vicini a ponti o viadotti; intervento ad integrazione di altri, per ridurre i rumori impulsivi	3 dB di L_{max}	1.200.000 L./ml per escursioni dei giunti di + 15 mm; 20.000.000 L./ml per escursioni dei giunti di + 50 mm
Finestre antirumore autoventilanti	Situazioni particolarmente gravose non completamente risanabili con interventi passivi sulla infrastruttura; si adottano anche insieme al altri tipi di interventi	34 dB	3.000.000 L./mq per finestre con ventilazione naturale; 3.500.000 L./mq per finestre con ventilazione forzata
Rivestimenti fonoassorbenti delle facciate degli edifici	Contesti densamente urbanizzati per migliorare il clima acustico di zona	3 dB	100.000 L./mq
Trattamento antirumore imbocchi di gallerie	Zone con edifici in prossimità di gallerie: l'intervento consiste in un rivestimento interno della galleria	2 dB fino a 30 m dall'imbocco	50.000.000 per imbocco





Esempi di barriere acustiche artificiali su infrastrutture ferroviarie

<p>Modalità di Realizzazione</p> <p>BA40A08</p> <p>Barriera antirumore H=4,0 metri sul piano del ferro</p> <p><u>Situazione standard:</u></p> <ul style="list-style-type: none">■ Pannelli inferiori in CLS■ Pannelli intermedi trasparenti■ Pannelli superiori in materiale assorbente ad alte prestazioni	<p>Sezione</p>
<p>Prospetto</p>	

<p>Modalità di Realizzazione</p> <p>BA75ACT (Copertura totale)</p> <p>Barriera antirumore H=7,5 metri sul piano del ferro</p> <p><u>Situazione più critica:</u></p> <ul style="list-style-type: none">■ Pannelli inferiori in CLS■ Pannelli intermedi trasparenti■ Pannelli di copertura in materiale assorbente ad alte prestazioni	<p>Prospetto</p>
<p>Sezione</p>	

RFI: Piani di Risanamento Acustico - 2002





COMPONENTE VIBRAZIONI

- La normativa di riferimento sull'inquinamento da vibrazioni
- Caratterizzazione dell'area di intervento e dello stato vibrazionale ante operam
- Analisi previsionale dell'impatto da vibrazioni post operam
- Interventi di mitigazione e abbattimento delle vibrazioni





La normativa di riferimento sull'inquinamento da vibrazioni

A livello nazionale non esiste al momento una norma nazionale che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni. **Esistono delle norme tecniche**, nazionali ed internazionali, che costituiscono un utile **riferimento per la valutazione del disturbo** in edifici interessati da fenomeni di vibrazione.

✓ **ISO 2631-2**: Valutazione dell'esposizione umana alla vibrazione del corpo intero – Vibrazione negli edifici

✓ **UNI 9614**: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo

✓ **UNI 9916**: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici





ISO 2631-2: Valutazione dell'esposizione umana alla vibrazione del corpo intero – Vibrazione negli edifici

- ✓ Si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z in un campo di frequenza compreso tra 1 e 80 Hz per persone in piedi, sedute o coricate.
- ✓ Indica i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base al fine di definire le curve limite di accelerazione massima accettabile, al variare del periodo di riferimento (diurno e notturno), del tipo di vibrazione (continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie).





UNI 9614: Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo

- ✓ Sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2 ma più restrittiva.
- ✓ **Definisce i valori limite delle accelerazioni per i 3 assi al di sopra dei quali le vibrazioni possono essere oggettivamente disturbanti.**

Destinazione d'uso	Asse Z (m/s ²)	L(dB)	Asse X e Y (m/s ²)	L(dB)
Aree critiche	5.0*10 ⁻³	74	3.6*10 ⁻³	71
Abitazione (notte/giorno)	7.0*10 ⁻³ /10*10 ⁻³	77/80	5.0*10 ⁻³ /7.2*10 ⁻³	74/77
Uffici	20*10 ⁻³	86	14.4*10 ⁻³	83
Fabbriche	40*10 ⁻³	92	28.4*10 ⁻³	89





UNI 9916: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici

- Fornisce una guida per la scelta dei metodi di misura, di trattamento dati e di valutazione degli effetti dei fenomeni vibratorii sugli edifici con riferimento alla loro risposta strutturale e alla integrità architettonica, considerando una gamma di frequenza del fenomeno tra 0.1 e 150 Hz.
- Comprende edifici residenziali e per attività professionali, edifici pubblici, edifici vecchi e antichi con valore architettonico, archeologico e storico, strutture industriali più leggere.
- Indica i fattori dai quali dipende la reazione di una struttura agli effetti delle vibrazioni:
 - **categoria della struttura**: due classi (edifici vecchi o costruiti con criteri tradizionali; edifici e strutture moderne);
 - **fondazioni**: 3 classi (A- pali e platee rigide in CA; B- pali non legati in CA; C- muri leggeri, in pietra, assenza di fondazioni);
 - **natura del terreno**: 6 classi da rocce non fessurate e molto solide a materiali di riporto.





Caratterizzazione dell'area di intervento e dello stato vibrazionale ante operam

- **Natura del terreno**: carta geologica, relazione geologica, sondaggi.
- **Tipologia dei ricettori**: stato, criteri di costruzione e fondazioni.
- **Presenza di sorgenti vibrazionali significative**: impianti industriali, strade, ferrovie, cave e cantieri.
- **Valutazione delle vibrazioni** esistenti attraverso la misura dei parametri di accelerazione e di velocità di riferimento relativamente ai tre assi cartesiani.





Analisi dell'impatto da vibrazioni in fase di realizzazione e di esercizio

- Tipologia delle lavorazioni previste.
- Macchinari utilizzati nelle varie fasi di lavorazione.
- Punti di impiego delle attrezzature fisse e percorso dei mezzi pesanti.
- Durata e cicli delle lavorazioni a maggiore impatto.
- Previsione degli effetti vibrazionali sulla base degli effetti e delle valutazioni effettuate in situazioni similari e in presenza di macchinari e lavorazioni analoghe.





Interventi di mitigazione e abbattimento delle vibrazioni

- Cuscinetti, piastre e ammortizzatori alla base di apparecchiature e macchinari fissi che durante il funzionamento producono un notevole moto vibratorio.
- Diaframmi interrati, di materiale viscoelastico, frapposti tra sorgente/attività e ricettore in grado di assorbire e/o smorzare gli effetti vibratorii trasmessi nel terreno
- Criteri di scelta dei macchinari: in situazioni favorevoli di trasmissione delle vibrazioni (natura terreno) ed in vicinanza (entro i 50 metri) di ricettori sensibili: macchine per pali a rotazione e non a percussione, mezzi per movimento terra gommati e non cingolati, non uso di esplosivo.



Interventi per la riduzione delle vibrazioni alle connessioni

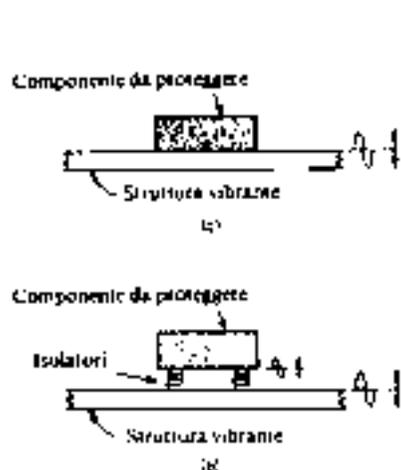


Fig. 20.1 - Rappresentazione schematica di un componente connesso a una struttura che vibra:
(a) senza isolatori
(b) con isolatori

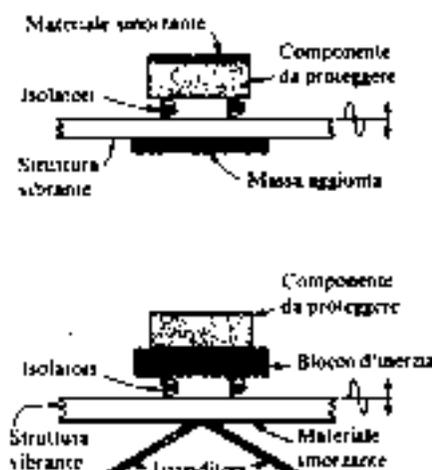


Fig. 20.2 - Rappresentazione schematica dei mezzi per ridurre le vibrazioni di un componente connesso a una struttura vibrante (si paragoni alla fig. 20.1).

Metodi per ridurre le vibrazioni

Per ridurre la vibrazione di un elemento agganciato a una struttura che vibra, si può impiegare uno o più dei seguenti mezzi:

1. *Riduzione della vibrazione della struttura nel punto di connessione.* In funzione della struttura e delle frequenze relative, si può ottenere tale riduzione aggiungendo elementi elastici, masse o smorzatori, come mostrato in fig. 20.2. Ad esempio, la riduzione delle vibrazioni di una struttura a lastra (a frequenze superiori a circa 30 Hz) può essere ottenuta in modo molto semplice aggiungendo delle masse (in genere almeno doppie della massa della struttura locale in vibrazione).
2. *Inserimento di connettori suffici (isolatori di vibrazione),* come schematizzato nelle figure 20.1 e 20.2. Tali connettori dovrebbero essere il più possibile soffici, coerentemente con i limiti pratici dovuti alla flessione prodotta da carichi statici e da urti. Gli isolatori di vibrazione devono essere abbastanza soffici in modo che la fre-

quenza naturale f , dell'elemento da proteggere, agganciato agli isolatori, sia inferiore di almeno un fattore 2 rispetto alla frequenza d'eccitazione più bassa (gli isolatori di vibrazione sono trattati in modo più dettagliato in seguito, nel presente capitolo).

3. *Aumento della rigidità dell'elemento da proteggere,* o almeno della base su cui è montato, in modo che esso si deformi meno a causa delle vibrazioni. L'aumento della rigidità può richiedere un nuovo progetto della struttura dell'elemento, l'aggiunta di rinforzi e/o l'aumento dello smorzamento (fig. 20.2).

4. *Aumento della massa dell'elemento da proteggere* ottenuto montando l'elemento su una piattaforma rigida o entro un'incastellatura rigida (fig. 20.2). La massa aggiunta, definita «blocco d'inerzia», produce un abbassamento della frequenza naturale f , dell'elemento che deve essere protetto, come esso fosse montato su degli isolanti di vibrazione. L'aumento della massa di un dato fattore ha il medesimo effetto della riduzione della rigidità degli isolanti dello stesso fattore comunque, di solito, senza introdurre i problemi che derivano dalle grandi frecce dovute alle forze di transitorio o d'urto.

5. *Uso di due stadi di isolatori di vibrazione* per mezzo del sistema a doppio isolamento con massa interposta, come illustrato in fig. 20.3. L'isolamento a due stadi può essere di estrema efficacia per ridurre le vibrazioni alle alte frequenze, ma può aumentare le vibrazioni alle basse frequenze(*).

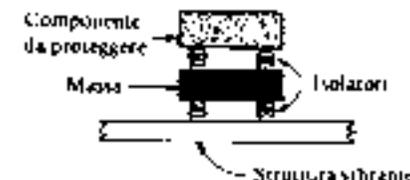


Fig. 20.3 - Rappresentazione di un isolamento a doppio stadio. I due sistemi d'isolamento dalle vibrazioni hanno la medesima rigidezza.

Fonte: MANUALE DEL CONTROLLO DEL RUMORE - Harris



FINE PRESENTAZIONE

