

# TECNICHE DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE APPLICATE ALLA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL RUMORE DEI LAVORATORI EX D.LGS 81/2001 E S.M.I.

ing. Sergio Scardia\*, prof. ing. Giuseppe Starace\*\*

\* Libero Professionista; Docente a contratto presso l'Università del Salento e il Politecnico di Bari  
 \*\*Dipartimento di ingegneria dell'innovazione - Università del Salento - Via per Arnesano, I-73100 LECCE

\*[sergio.scardia@alice.it](mailto:sergio.scardia@alice.it), \*\*[giuseppe.starace@unisalento.it](mailto:giuseppe.starace@unisalento.it)

## Abstract

I criteri di valutazione dell'esposizione al rumore dei lavoratori forniscono, con riferimento a ciascun lavoratore, indicazioni o prescrizioni circa la necessità di utilizzare i dispositivi di protezione individuali, ma solo poche volte risultano essere anche strumenti di controllo e pianificazione per il miglioramento del clima acustico complessivo degli ambienti lavorativi. Nel caso di layout aziendali eterogenei e/o contemporanea ed elevata presenza di personale in posizioni di lavoro non prestabilite o mutevoli, la valutazione diviene anche economicamente onerosa. La modalità in cui il d.lgs. 81/2008 e s.m.i detta le proprie prescrizioni, per classi di rischio, suggerisce, per analogia, la possibile applicazione alla micro-scala delle tecniche proprie della pianificazione territoriale: con queste è possibile legare il rischio di esposizione all'area piuttosto che alla singola persona, elevando così la valutazione al rango di strumento di pianificazione e controllo ambientale. Questo articolo descrive questo approccio innovativo e due esempi reali di applicazione del metodo.

## INTRODUZIONE

Nell'intento di salvaguardare la salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro, il decreto legislativo del 9 aprile 2008 n. 81 e le sue successive modifiche ed integrazioni stabiliscono quattro classi di rischio di esposizione al rumore, poggiate sui limiti delle grandezze acustiche di riferimento, fissando le conseguenti azioni a carico dei datori di lavoro.

Per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori al rumore la norma indica tre grandezze:

- la  $P_{peak}$  *pressione acustica di picco* ovvero il valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata C in frequenza;
- il  $L_{EX,8h}$  *livello di esposizione giornaliera al rumore [dB(A) riferito a 20 μPa]* ovvero il valore medio dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore, ponderato in funzione del tempo, definito dalla norma internazionale ISO 1999:1990 punto 3.6, e riferito a tutti i rumori sul lavoro, incluso quello impulsivo.

Il  $L_{EX,8h}$  è, poi, definito dalla [1]

$$L_{EX,8h} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T_0} \int_0^{T_d} \left[ \frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad [1]$$

dove

- $T_d$  è la *representative duration* ovvero la durata dell'esposizione personale giornaliera ai valori di pressione sonora ponderata A, presenti nei luoghi di lavoro;
- $T_0$  è pari a 8 ore ovvero a 28800 s;
- $p_A$  è la pressione acustica istantanea ponderata A;
- $p_0 = 20[\mu Pa]$  è il valore della pressione acustica di riferimento.

$L_{EX,8h}$  coincide con lo stesso parametro definito dal d.lgs. 277/91. Per questo se ne può calcolare il valore attraverso l'uso di  $L_{Aeq,T_d}$ , ovvero con rilievi fonometrici in situ, visto che, con pochi passaggi, dalla [1] si ricava che:

$$L_{EX,8h} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{T_d}{T_0} \frac{1}{T_d} \int_0^{T_d} \left[ \frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\}$$

ovvero

$$L_{EX,8h} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T_d} \int_0^{T_d} \left[ \frac{p_A(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} + 10 \log_{10} \frac{T_d}{T_0}$$

da cui risulta che

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T_d} + 10 \log_{10} \frac{T_d}{T_0} \quad [2]$$

Vi è poi da verificare anche il livello di esposizione settimanale al rumore  $L_{EX,w}$ , valutabile come valore medio ponderato in funzione del tempo dei livelli di esposizione giornaliera al rumore per una settimana nominale di cinque giornate lavorative di otto ore, definito dalla norma ISO 1999:1990 punto 3.6, nota 2.

Nell'ambito delle prescrizioni del d.lgs. 81/2008 (artt. 188 e 189) e con riferimento ai valori della pressione di picco e del livello di esposizione giornaliero, ovvero di quello medio settimanale se quello quotidiano è significativamente variabile nell'arco della settimana (art. 189, comma 2), restano individuati i valori inferiori di azione, i valori superiori di azione e i valori limite di esposizione, rispetto ai quali si distinguono le quattro classi di rischio indicate in precedenza:

**Classe 1** livello di esposizione giornaliera al rumore e pressione acustica di picco minori dei rispettivi valori inferiori di azione.

$$L_{EX,8h} < 80dB(A) \text{ e } P_{peak} > 112[Pa]$$

oppure

$$L_{EX,8h} < 80dB(A) \text{ e } L_{P_{peak}} < 135dB(C)$$

se riferito a  $p_0 = 20[\mu Pa]$

**Classe 2** livello di esposizione giornaliera al rumore o pressione acustica di picco compresi fra i rispettivi valori inferiori di azione e valori superiori di azione.

$$80dB(A) < L_{EX,8h} < 85dB(A)$$

oppure

$$112[Pa] < P_{peak} < 140[Pa]$$

In alternativa,

$$80dB(A) < L_{EX,8h} < 85dB(A)$$

oppure

$$135dB(C) < L_{P_{peak}} < 137dB(C)$$

se riferito a  $p_0 = 20[\mu Pa]$

**Classe 3** livello di esposizione giornaliera al rumore o pressione acustica di picco compresi fra i rispettivi valori superiori di azione ed i valori limite di esposizione.

$$85dB(A) < L_{EX,8h} < 87dB(A)$$

oppure

$$140[Pa] < P_{peak} < 200[Pa]$$

In alternativa,

$$85dB(A) < L_{EX,8h} < 87dB(A)$$

oppure

$$137dB(C) < L_{P_{peak}} < 140dB(C)$$

se riferito a  $p_0 = 20[\mu Pa]$

**Classe 4** livello di esposizione giornaliera al rumore o pressione acustica di picco maggiori dei rispettivi valori limite di esposizione.

$$L_{EX,8h} > 87dB(A) \text{ e } P_{peak} > 200[Pa]$$

oppure

$$L_{EX,8h} > 87dB(A) \text{ e } L_{P_{peak}} > 140dB(C)$$

se riferito a  $p_0 = 20[\mu Pa]$

Per ciascuna classe sono prescritte le azioni che il datore di lavoro deve intraprendere per garantire la sicurezza dei lavoratori e che, in questo ambito, si intendono note.

In genere, l'assegnazione di una classe di rischio a ogni lavoratore è effettuata seguendone gli spostamenti e determinando i valori di  $L_{EX,8h}$  a cui ciascuno di essi risulta esposto nell'arco della giornata lavorativa.

In alcuni casi, invece, quando si opera all'interno di ambienti chiusi (capannoni, opifici etc.), dove vi sono linee di produzione o postazioni fisse di lavoro o dove l'ambiente lavorativo è suddiviso in reparti specializzati e il clima acustico è riverberato, è possibile attribuire la classe di rischio non al lavoratore ma direttamente all'area di lavoro o al reparto, attraverso l'uso di criteri di tassonomia regionale propri delle discipline urbanistiche.

Tale approccio consente notevoli semplificazioni operative in termini di rilevazioni fonometriche e fornisce, tramite il documento di valutazione, anche uno strumento in grado di supportare il datore di lavoro nella scelta di soluzioni tecniche organizzative e strutturali finalizzate alla prevenzione delle esposizioni eccessive.

## LA VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO

Nei casi descritti in precedenza le postazioni di lavoro sono in genere fisse o, comunque, quando le mansioni sono specialistiche, le lavorazioni avvengono per la maggior parte del tempo all'interno di perimetri che definiscono i differenti reparti.

Alcune volte i reparti hanno uno spazio proprio chiuso o un capannone dedicato (ad esempio, i magazzini o reparti per l'imballaggio delle merci e anche i reparti nei quali vi sono particolari esigenze di antincendio o di emissioni in atmosfera); altre volte i reparti sono semplicemente delimitati da corridoi di transito interni a uno o più capannoni e da linee disegnate sul pavimento e/o da reticoli di sicurezza.

Gli addetti trascorrono la maggior parte del proprio tempo lavorativo all'interno di tali perimetri, muovendosi in funzione del

tipo di mansione svolta e trovandosi sia molto vicino a macchinari rumorosi, che distanti da questi.

La valutazione del clima acustico di queste zone può quindi avvenire con griglie di rilievi fonometrici, eseguiti in numero sufficiente a determinare l'intervallo di valori di  $L_{Aeq,T_d}$  ai quali un generico addetto che si trovasse ad operare in una data area risulterebbe esposto.

La griglia dei rilievi non deve necessariamente essere regolare ed è sufficiente individuare i valori massimo e minimo del  $L_{Aeq,T_d}$  di zona per conoscere anche tutti gli altri (intermedi) ai quali l'operatore risulterà certamente esposto.

## LA VALUTAZIONE DEI TEMPI DI ESPOSIZIONE

Definito il perimetro del reparto (l'equivalente delle Unità Spaziali di Base della tassonomia regionale) e associato al reparto un intervallo di valori del  $L_{Aeq,T_d}$  che ne caratterizzano il clima acustico (indicatori), resta da valutare quali siano i più verosimili tempi di esposizione del generico lavoratore a ciascun valore di  $L_{Aeq,T_d}$  dell'intervallo.

Non occorrerà più conoscere l'identità del lavoratore poiché la procedura è applicabile a chiunque stazioni all'interno del reparto per tempi prestabiliti; tempi che, essendo funzioni del carico di lavoro e della specializzazione lavorativa, è molto difficile conoscere a priori.

Si supera quest'incertezza ancora attraverso l'applicazione di tecniche proprie della valutazione dell'impatto ambientale, formulando un giudizio di suscettibilità di un reparto ad assumere una determinata classe di rischio in base ad almeno 3 possibili scenari di lavoro:

**Scenario 0** l'addetto opera sempre in condizione di  $L_{Aeq,T_d}$  minimo;

**Scenario 1** l'addetto opera esponendosi a tutti i possibili valori del  $L_{Aeq,T_d}$  di area per uguali intervalli di tempo ogni ora;

**Scenario 2** l'addetto opera sempre in condizione di  $L_{Aeq,T_d}$  massimo;

## L'ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO

L'assegnazione della classe di rischio a un reparto, inizialmente, è basata sul giudizio oggettivo derivante dalla valutazione numerica del  $L_{EX,8h}$  e dal fatto che il generico addetto svolga in tale reparto turni lavorativi di almeno 8 ore secondo gli scenari in precedenza indicati.

L'esempio che segue tratta di un capannone (sezione B) di uno stabilimento nel quale si producono reti per l'agricoltura tramite telai automatici e che risulta suddiviso in due reparti: reparto orditura e reparto tessitura (sub sezioni B1 e B2) fra le quali non vi è soluzione di continuità (Figura 1).

Eseguiti i rilievi fonometrici necessari a individuare gli intervalli di valori del  $L_{Aeq,T_d}$  di riferimento, a ogni reparto e per ogni scenario, si applica il procedimento descritto rappresentandone sinteticamente i risultati attraverso una tabella (sez B1 - Tabella 1; sez B2 - Tabella 2).

Nel caso trattato per la sezione B1 (area dei telai) i rilievi fonometrici hanno fornito valori del  $L_{Aeq}$  compresi fra 91,0 dB(A) e 96,0 dB(A), che hanno determinato i livelli di esposizione di cui alla tabella 1.



Figura 1 – Sezione B - Weaving Department

La tabella si riferisce allo scenario 1, secondo il quale il generico addetto che si muove all'interno della sezione è esposto, in un'ora, a tutti i possibili valori di  $L_{Aeq}$  dell'intervallo che si ottengono partendo dal valore più basso (91,0 dB(A)) e applicando incrementi finiti di 0,5 dB(A) fino ad arrivare al valore più alto (96,0 dB(A)).

Tabella 1

Tempi di esposizione unitari sec/ora	Leq(A)	ore							
		1	2	3	4	5	6	7	8
327	91,0	71,6	74,6	76,3	77,6	78,5	79,3	80,0	80,6
327	91,5	72,1	75,1	76,8	78,1	79,0	79,8	80,5	81,1
327	92,0	72,6	75,6	77,3	78,6	79,5	80,3	81,0	81,6
327	92,5	73,1	76,1	77,8	79,1	80,0	80,8	81,5	82,1
327	93,0	73,6	76,6	78,3	79,6	80,5	81,3	82,0	82,6
327	93,5	74,1	77,1	78,8	80,1	81,0	81,8	82,5	83,1
327	94,0	74,6	77,6	79,3	80,6	81,5	82,3	83,0	83,6
327	94,5	75,1	78,1	79,8	81,1	82,0	82,8	83,5	84,1
328	95,0	75,6	78,6	80,3	81,6	82,6	83,3	84,0	84,6
328	95,5	76,1	79,1	80,8	82,1	83,1	83,8	84,5	85,1
328	96,0	76,6	79,6	81,3	82,6	83,6	84,3	85,0	85,6
3600	Lex	84,8	87,8	89,5	90,8	91,7	92,5	93,2	93,8

Il valore degli incrementi è pari all'arrotondamento che il DM 16/03/1998 prevede debba essere applicato ai risultati dei rilievi fonometrici. Ciò determina il numero (11) e l'ampiezza degli intervalli temporali di riferimento nei quali suddividere la  $i$ -esima ora lavorativa (nell'esempio sono pari a 327 secondi cadauno (3600/11)), per il calcolo dell'esposizione parziale e del  $L_{EX}$  complessivo sia su base oraria e giornaliera (8 ore lavorative).

Dalla Tabella 1 si può osservare, ad esempio, che la permanenza nella zona dei

Tabella 2

Tempi di esposizione unitari sec/ora	Leq(A)	ore							
		1	2	3	4	5	6	7	8
327	83,0	63,6	66,6	68,3	69,6	70,5	71,3	72,0	72,6
327	83,5	64,1	67,1	68,8	70,1	71,0	71,8	72,5	73,1
327	84,0	64,6	67,6	69,3	70,6	71,5	72,3	73,0	73,6
327	84,5	65,1	68,1	69,8	71,1	72,0	72,8	73,5	74,1
327	85,0	65,6	68,6	70,3	71,6	72,5	73,3	74,0	74,6
327	85,5	66,1	69,1	70,8	72,1	73,0	73,8	74,5	75,1
327	86,0	66,6	69,6	71,3	72,6	73,5	74,3	75,0	75,6
327	86,5	67,1	70,1	71,8	73,1	74,0	74,8	75,5	76,1
328	87,0	67,6	70,6	72,3	73,6	74,6	75,3	76,0	76,6
328	87,5	68,1	71,1	72,8	74,1	75,1	75,8	76,5	77,1
328	88,0	68,6	71,6	73,3	74,6	75,6	76,3	77,0	77,6
3600	Lex	76,8	79,8	81,5	82,8	83,7	84,5	85,2	85,8

telai per un tempo superiore ad un'ora espone direttamente al rischio della classe 4.

Per la sub-sezione B2, zona dell'orditoio, i rilievi fonometrici forniscono invece valori del  $L_{Aeq}$  compresi fra 88,0 dB(A) e 83,0 dB(A), che determinano i livelli di esposizione rappresentati in Tabella 2.

In questo caso la permanenza nell'area degli orditoi per un tempo superiore alle 2 ore espone al rischio della classe 2; con permanenza superiore alle 6 ore si è esposti al rischio della classe 3. Le due aree produttive non hanno soluzione di continuità e quindi occorrerà considerare la possibilità dello spostamento di addetti da un'area all'altra per le più svariate esigenze oppure anche l'ingresso nella zona dei telai di personale che in genere opera in altre aree dello stabilimento.

Poiché la permanenza anche non consecutiva nella sub-sezione B1 determina l'esposizione al rischio della classe 3 solo dopo 1 ora e 3 minuti ed a quello della classe 4 dopo 1 ora e 40 minuti, è naturale estendere la 4° classe di rischio all'intero capannone.

## LA ZONIZZAZIONE DELLO STABILIMENTO

Vi sono casi nei quali il numero dei reparti e la complessità della distribuzione dei macchinari è tale da determinare una zonizzazione a macchia di leopardo.

Tale frammentazione è la naturale conseguenza della presenza di aree di stoccaggio temporaneo di materiali, di aree con macchinari in disuso o dall'uso discontinuo, di corridoi di transito, di aree dedicate al personale etc.

In Figura 2, ad esempio, è rappresentata la suddivisione di un reparto di spezzatura e alettatura per semilavorati in alluminio nel quale sono presenti una linea di spezzatura (zona 1), tre linee di alettatura (zona 4), alcune aree di stoccaggio temporaneo di materiali (zona 5), una postazione di rifinitura masse di uso sporadico (zona 3), un'area per la profilazione di tubi (zona 2).

Ogni area ha una propria condizione acustica, attiva o passiva a seconda che induca rumore in aree adiacenti o lo subisca, e che nel complesso determina la zonizzazione rappresentata in Figura 3.

Dall'analisi della planimetria appare evidente che l'assegnazione della classe 2 alla zona 5, pur essendo compatibile con la

rumorosità propria del reparto, non lo è con quella indotta dai due reparti adiacenti (assemblaggio vasche e troncatura, in figura posti a destra del reparto analizzato) che nel momento delle rilevazioni fonometriche non erano attivi.

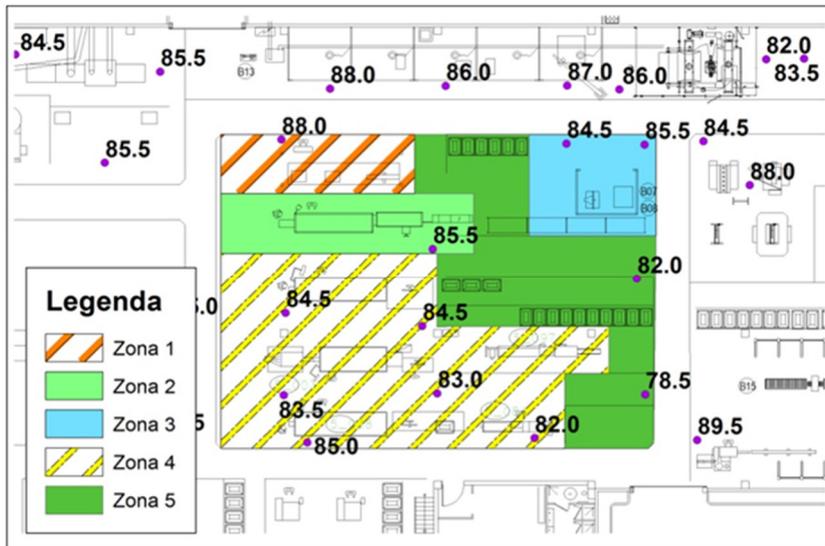


Figura 2

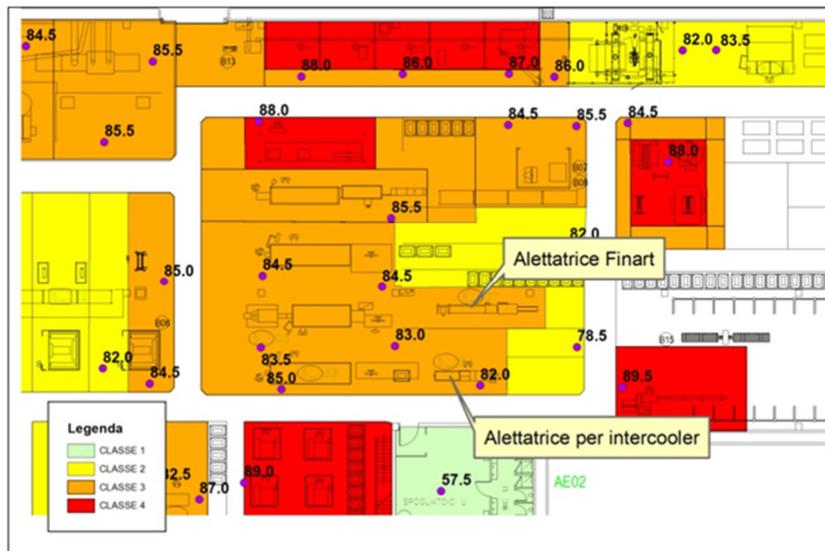


Figura 3



Figura 4

In questi casi è possibile ripetere alcuni rilievi fonometrici per ottenere un quadro più dettagliato del clima acustico oppure, più semplicemente, applicare le tecniche urbanistiche e uniformare la classe del singolo reparto (Figura 4) e/o poi dell'intero capannone (Figura 5).

Ciò richiede il giudizio del valutatore, ma tale azione diviene oggettiva quando si descrive il percorso logico che ha portato alla formulazione del giudizio.

Nell'esempio proposto i criteri guida, oltre a quello del salto di classe non giustificabile in assenza di elementi fisici di separazione fra i diversi reparti, sono quelli della maggiore tutela per il lavoratore e dell'obbligo d'uso continuo dei DPI per le classi 3 e 4 previsto da d.lgs. 81/2008.

Il risultato finale è di assegnare la terza classe all'intero capannone, con l'obbligo d'uso dei DPI per tutti coloro che vi stazionassero anche per brevi periodi.

### CONCLUSIONI

Gli elaborati tecnici occorrenti alla descrizione del processo decisionale che portano alla formulazione della valutazione del rischio di esposizione al rumore, di fatto, possono divenire validi strumenti di pianificazione e gestione della qualità ambientale dell'azienda.

Il datore di lavoro ha, quindi, a disposizione tutte le informazioni sufficienti ad individuare le cause dell'esposizione eccessiva, ad adottare strategie di riduzione dell'esposizione al rumore degli operatori, a migliorare ed adattare alla propria realtà le misure di protezione e di prevenzione, ad adottare metodi di lavoro diversi che implicino una minore esposizione al rumore e minori rischi per la salute, a indirizzare senza sprechi la scelta di attrezzature di lavoro adeguate o di sistemi di abbattimento delle emissioni delle macchine, etc, ovvero sia attuare tutte le prescrizioni del d.lgs 81/2008 e smi in modo efficiente ed economico.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] D.Lgs 81/2001 e s.m.i "
- [2] DM 16/03/1998
- [3] D.Lgs 81/2008 e s.m.i.
- [4] M. Fischer "*Tassonomia Regionale; alcune riflessioni sullo stato dell'arte*" F. Angeli 1984
- [5] Saaty, T.L., "*The Analytic Hierarchy Process*." 1980 McGraw-Hill



Figura 5

#### ESPERIENZE CORRELATE

- COG srl – Z.I. Lecce Implementazione della metodologia descritta; (anni dal 2013 al 2020).
- SACHIM srl – Z.I. Putignano (BA) Implementazione della metodologia descritta; (anni dal 2009 al 2017)
- Piano di disinquinamento acustico della città di Lecce;
- Zonizzazione acustica del Comune di Trani;
- Mappatura acustica delle aree di sviluppo industriale e portuale del Comune di Brindisi;
- Mappatura acustica dell'area naturale protetta "Le Cesine" in località Vernole.
- Mappatura acustica dell'area protetta Torre Canne – Torre S. Leonardo nei Comuni di Fasano ed Ostuni