



Università degli Studi di Trieste

DIPARTIMENTO UNIVERSITARIO CLINICO DI SCIENZE MEDICHE
CHIRURGICHE E DELLA SALUTE

Corso di Studi
TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E NEI LUOGHI DI LAVORO

VALUTAZIONE DEL RISCHIO RUMORE: STUDIO IN UN CANTIERE EDILE

Tesi di laurea triennale

Relatore:

Dott. Federico Ronchese

Laureando:

Basso Andrea

Correlatore:

Dott. Casuccia Enrico

Anno Accademico 2023-2024

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	1
2. IL RUMORE.....	2
2.1 Fenomeno sonoro	2
2.2 Il decibel.....	3
2.3 Strumenti per la misurazione del rumore	4
2.4 Curve di ponderazione	6
2.5 Apparato uditivo	7
2.6 Il danno da rumore	8
3. QUADRO NORMATIVO	9
4. MATERIALI E METODI	11
4.1 Rilievi fonometrici	15
5. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE	17
5.1 Criteri per la selezione del dispositivo di protezione.....	17
5.2 Efficienza ed efficacia dei DPI uditivi	19
6. SCHEDA DI ESPOSIZIONE DEGLI ADDETTI.....	24
7. PROGRAMMA DI MIGLIORAMENTO	26
8. OBBLIGHI E ADEMPIMENTI	29
8.1 Obblighi e adempimenti del datore di lavoro.....	29
8.2 Obblighi dei lavoratori.....	42
9. DISCUSSIONE	43
10. CONCLUSIONE	45
11. BIBLIOGRAFIA	46
12. SITOGRAFIA	47
13. RINGRAZIAMENTI	48

1. INTRODUZIONE

Il presente studio ha lo scopo di valutare i livelli di esposizione al rumore a cui i lavoratori sono esposti durante lo svolgimento delle attività lavorative ai sensi dell'art. 190 del D.Lgs. 81/08.

La valutazione soddisfa le richieste del Titolo VIII capo II “Protezione dei lavoratori contro i rischi di esposizione al rumore durante il lavoro”.

I livelli di esposizione personale sono stati calcolati secondo quanto previsto dall'art. 189 del D. Lgs. 81/08, effettuando i necessari rilevamenti relativi alle postazioni di lavoro e definendo i tempi di esposizione dei lavoratori in accordo con il datore di lavoro dopo la consultazione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e del medico competente.

Il rumore è uno dei rischi più comuni e sottovalutati nei luoghi di lavoro. Si definisce rumore come un suono indesiderato che, se presente in modo continuo o a livelli elevati, può avere effetti negativi sulla salute dei lavoratori. L'esposizione prolungata al rumore può causare danni irreversibili all'apparato uditivo, come la perdita dell'udito (ipoacusia), e influire anche sul benessere generale, causando stress, affaticamento e difficoltà di concentrazione.

L'obiettivo di questa tesi è chiarire cosa si intende complessivamente per rischio rumore, identificare le parti del corpo umano che ne sono coinvolte e descrivere come tale rischio possa essere affrontato attraverso la sensibilizzazione e l'adozione di efficaci metodi di prevenzione e protezione.

2. IL RUMORE

2.1 Fenomeno sonoro

Per rumore si intende un suono che provoca una sensazione sgradevole, fastidiosa o intollerabile. Il suono può essere definito come una sensazione percepita dall'udito, generata da uno stimolo esterno che attiva l'organo uditivo. Questo fenomeno ha origine dal movimento di un corpo dotato di proprietà elastiche e si trasmette attraverso un mezzo solido, liquido o gassoso, che a sua volta possiede caratteristiche elastiche.

I suoni che percepiamo sono generalmente complessi, ma possiamo individuarne alcune caratteristiche oggettive che permettono di classificarli. Ad esempio, ci sono suoni che risultano molto intensi, mentre altri sono appena udibili. L'intensità varia sensibilmente a seconda della distanza dalla fonte sonora e della natura dell'evento che lo ha generato. Se colpiamo leggermente un tavolo, sentiremo un suono debole; se invece lo colpiamo con forza, il suono sarà decisamente più forte. Questa proprietà viene chiamata intensità del suono.

Oltre all'intensità, notiamo che alcuni suoni sono più acuti, mentre altri sono più gravi. Di solito, i suoni acuti provengono da oggetti più piccoli, mentre quelli gravi da oggetti di dimensioni maggiori. Questa sensazione, a differenza dell'intensità, non è influenzata dalla distanza dalla fonte sonora (a meno che ci si sposti rapidamente). Questa caratteristica del suono è conosciuta come altezza del suono.

2.2 Il decibel

Il decibel (dB) è un'unità di misura inizialmente utilizzata in acustica per misurare l'intensità del suono (dal nome dell'inventore Alexander Graham Bell). Ad oggi essa è largamente utilizzata nel campo delle telecomunicazioni, in elettronica, chimica e in generale in tutti i campi in cui è necessario calcolare prodotti e rapporti fra numeri aventi ordini di grandezza molto diversi; infatti, moltiplicazioni e divisioni con i decibel si trasformano, per le proprietà dei logaritmi, in addizioni e sottrazioni, semplificando molto i calcoli. Inoltre, il logaritmo comprime le scale numeriche, rendendo le distanze fra numeri da parecchi ordini di grandezza a poche decine. È difficile effettuare misure sul suono in W, in W/m^2 , in Pa in funzione rispettivamente della potenza, dell'intensità, della pressione acustica. Per esempio, la pressione sonora varia entro un intervallo compreso fra 20 microPa, soglia d'udibilità, a 63,2 Pa, soglia del dolore, con un'escursione avente il valore di 10^6 . Per ridurre questo intervallo, si è pensato di adottare misurazioni di tipo relativo anziché di tipo assoluto, prendendo come riferimento il minimo valore udibile e partendo da esso per compiere le misurazioni. Si è poi scoperto come la relazione che lega la sensazione sonora al fenomeno che l'ha generata sia di tipo esponenziale e non lineare: si è riscontrato che raddoppiando la pressione emessa da una sorgente, non segue un raddoppio della sensazione sonora, ma si ha un aumento maggiore. Da queste considerazioni, nasce una misurazione di tipo logaritmico: il decibel.

Il decibel (simbolo dB) è la decima parte del bel (simbolo B): $10 \text{ dB} = 1 \text{ B}$ ed è il logaritmo del rapporto fra due grandezze omogenee (es. due potenze, due pressioni, due potenziali elettrici). Il bel è ormai caduto in disuso, ma rimane la grandezza di origine da cui il decibel deriva.

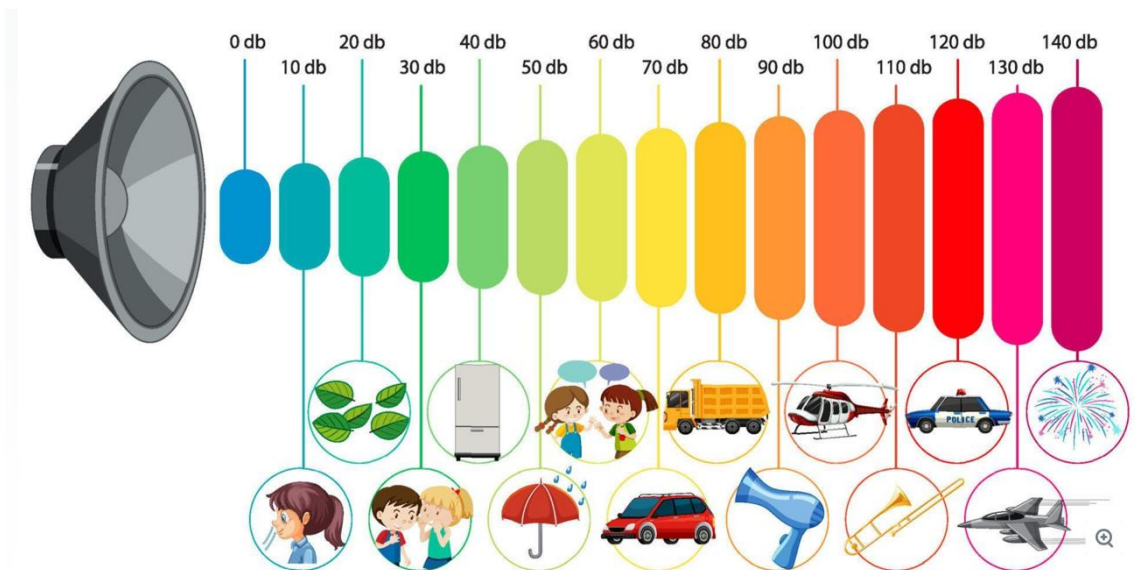


Figura 1 : scala dei decibel

2.3 Strumenti per la misurazione del rumore

Il fonometro è un dispositivo elettroacustico che misura il livello di pressione sonora e restituisce il valore del livello di rumore percepito. A differenza del misuratore di vibrazione (che misura oscillazioni e vibrazioni), il fonometro misura e reagisce al suono in modo simile a quanto fa l'orecchio umano, grazie ad un funzionamento che imita quello dell'apparato uditivo, restituendo un valore di intensità acustica in decibel.

I fonometri sono tipicamente utilizzati per controllare che i livelli acustici rispettino le normative a tutela del lavoratore e delle persone. I fonometri più adatti a questo scopo sono quelli di tipo professionale, in grado di registrare i livelli di rumore in vari ambienti sia interni che esterni. In base alle misure rilevate si possono prendere le dovute precauzioni per la protezione dei lavoratori e dei singoli individui.

Il fonometro misura il livello di pressione sonora. In acustica questa grandezza è definita come la variazione media di pressione rispetto alla pressione atmosferica, ed è proprio questo che l'apparato uditivo umano percepisce.

Per misurare le variazioni rispetto ad un valore di riferimento, la scala più adatta è quella logaritmica.

Tale scala viene impiegata per rilevare i livelli sonori, espressi in decibel (dB), che l'orecchio elabora e trasmette al cervello, il quale poi li associa ad una sensazione acustica soggettiva. Il livello sonoro percepito è frutto di una rielaborazione del segnale (ponderazione) che tiene conto della frequenza stessa del suono.

Possono essere classificati in base alla precisione con cui rilevano i livelli acustici, così come definito dalla normativa CEI EN 61672 del 2003:

Classe 0: fonometri da laboratorio di riferimento per misure di precisione, con il minor margine di errore;

Classe 1: fonometri utilizzati nei laboratori con rumore definito o in piccoli ambienti, per misurare a norma di legge se sono rispettati i limiti acustici. Sono i più costosi e professionali in commercio. I fonometri di classe 1 per legge devono essere sottoposti periodicamente a revisione e taratura, da tecnici autorizzati;

Classe 2: fonometri per misure di verifica sul campo, adatti agli ambienti lavorativi di tipo industriale o civile, sia all'esterno che all'interno. Sono i fonometri più utilizzati, maneggevoli, ideali per misurare il livello istantaneo di rumore come ad esempio nel traffico, nelle feste, negli impianti industriali;

Classe 3: fonometri meno precisi, adatti alla sorveglianza e per indagini preliminari in ambienti molto rumorosi come fabbriche o luoghi con musica ad alto volume;



Figura 2 : Fonometro Larson Davis 824 e calibratore acustico CAL200

2.4 Curve di ponderazione

Al fine di correlare il rilievo oggettivo delle pressioni sonore alle sensazioni soggettive medie, gli strumenti di analisi acustica impiegano dei filtri di ponderazione, che attenuano le componenti del suono aventi frequenze alle quali l'orecchio umano ha sensibilità ridotta. Per la normalizzazione di questi filtri sono state definite 4 curve di ponderazione:

- Curva A la quale fornisce risultati indicati come dB molto vicini alla risposta dell'orecchio umano;
- Curva B attualmente in disuso, la quale dà valori intermedi tra la curva A e la C;
- Curva C che fornisce approssimativamente la misura del rumore reale ed utilizzata nel nostro caso per misurare il livello di picco;
- Curva D che è stata introdotta per valutare livelli molto forti, con particolare riferimento al rumore prodotto dagli aerei. A seconda della curva di ponderazione utilizzata, i valori saranno definiti in dB, dB ecc.

2.5 Apparato uditivo

L'orecchio può essere suddiviso dal punto di vista funzionale in tre parti, denominate orecchio esterno, orecchio medio e orecchio interno.

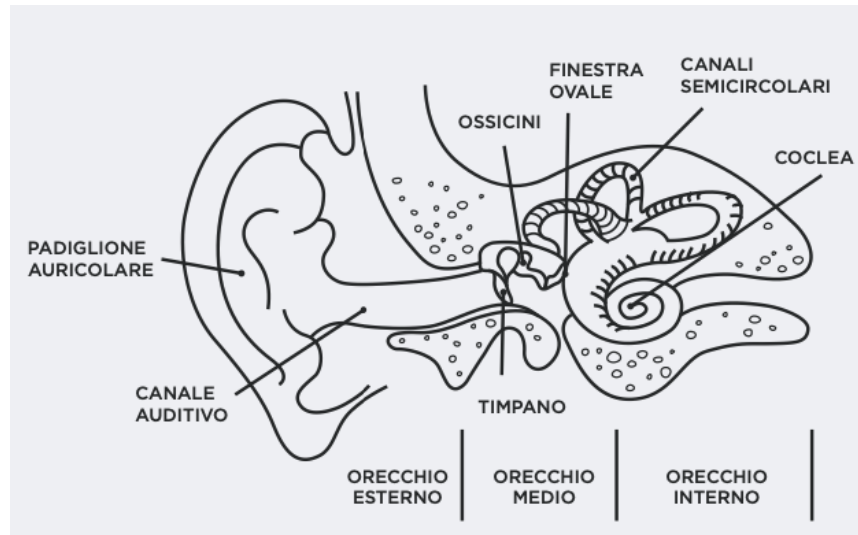


Figura 3: schema dell'apparato uditivo umano

L'orecchio esterno è costituito dal padiglione auricolare, dal condotto uditivo e dal timpano che è una membrana molto sottile ed elastica in grado di reagire a sollecitazioni acustiche di piccolissima entità.

L'orecchio medio è una cavità che contiene tre ossicini denominati martello, staffa e incudine; gli ossicini sono tra loro collegati in modo da realizzare una catena cinematica in grado di trasmettere, amplificandolo, il movimento del timpano ad una seconda membrana, detta finestra ovale, che separa l'orecchio medio dall'orecchio interno. L'orecchio medio comunica con il cavo orale attraverso un sottile meato permeabile all'aria, detto Tromba di Eustachio: essa permette di adeguare la pressione nell'orecchio medio al valore esterno, in modo che entrambi i lati del timpano siano soggetti alla stessa pressione media, condizione essenziale affinché il timpano possa vibrare liberamente.

La parte più complessa dell'organo uditivo è l'orecchio interno. Esso è costituito da una cavità avvolta a chiocciola, denominata coclea, di sviluppo lineare pari a circa 30 mm e delimitata agli estremi dalla finestra ovale e dalla finestra tonda. La coclea è piena di liquido e ospita al suo interno la membrana basilare, a cui è collegato l'Organo del Corti, che contiene le terminazioni del nervo uditivo.

2.6 Il danno da rumore

I danni al sistema uditivo umano possono essere temporanei oppure permanenti. Un danno temporaneo può comparire con l'esposizione per alcune ore dell'organo uditivo a livelli sonori alti; può causare nausea, perdita dell'equilibrio, labirintite ed è dovuto alla maggiore sforzo meccanico che l'organo deve compiere. Si hanno danni permanenti specialmente per l'esposizione, prolungata negli anni, a suoni di livello medio alto, come spesso avviene in certi ambienti di lavoro.

Il grafico seguente mette in relazione la perdita in decibel rispetto alle varie frequenze, secondo il periodo di esposizione prolungata a livelli medio alti.

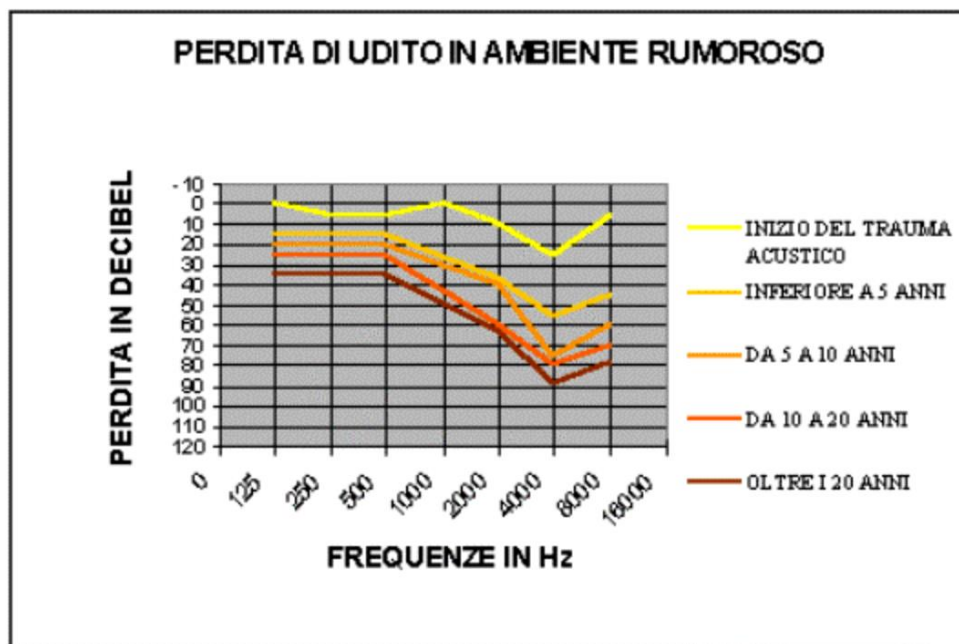


Figura 4: schema perdita udito ambiente rumoroso

Dal grafico si può vedere come l'esposizione prolungata a suoni con un livello di 90 dB arrechi più danni intorno ai 4000 Hz. La sensibilità del sistema uditivo umano è infatti maggiore tra i 2000 e i 4000 Hz, poiché in questa banda di frequenze vengono emesse le consonanti. Una persona con un danno uditivo riporta quindi difficoltà a percepire le consonanti, mentre sente bene le vocali che hanno frequenze intorno ai 400 Hz. Il risultato è che la persona con udito lesa sente che le si sta parlando, ma ha difficoltà a capire quello che le viene detto.

3. QUADRO NORMATIVO

Il quadro normativo sul rischio rumore è composto da diverse leggi e regolamenti a livello nazionale e internazionale che stabiliscono le misure per proteggere i lavoratori dall'esposizione al rumore, ridurre i rischi per la salute e garantire ambienti di lavoro sicuri.

In Italia, la legislazione che regola il rischio rumore nei luoghi di lavoro è principalmente contenuta nel **D.Lgs. 81/2008**, noto come **Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro**, e nelle sue successive modifiche e integrazioni. Questo decreto recepisce le direttive europee e stabilisce misure specifiche per la protezione dei lavoratori.

- **D.Lgs. 81/2008 – Titolo VIII, Capo II:** Il capitolo dedicato al rumore stabilisce i valori limite di esposizione e i valori di azione, nonché gli obblighi dei datori di lavoro, tra cui:
 - **Misurazione e valutazione del rumore:** I datori di lavoro devono misurare il livello di rumore nei luoghi di lavoro e valutare i rischi per i lavoratori.
 - **Dispositivi di protezione:** Se l'esposizione supera gli 80 dB(A), devono essere forniti dispositivi di protezione individuale per l'udito.
 - **Formazione e informazione:** I lavoratori esposti devono essere formati sui rischi e sulle misure di protezione.
 - **Monitoraggio e controllo:** Devono essere adottate misure di controllo e riduzione del rumore, comprese modifiche all'organizzazione del lavoro e alla progettazione di macchinari.
- **Valori di esposizione stabiliti:**
 - **80 dB(A):** Valore d'azione inferiore, sopra il quale devono essere messe in atto misure di protezione.
 - **85 dB(A):** Valore d'azione superiore, che richiede azioni di prevenzione più incisive.
 - **87 dB(A):** Valore limite di esposizione, che non deve mai essere superato tenendo conto dell'attenuazione dei DPI.

Legge Quadro sull’Inquinamento Acustico (Legge n. 447/1995):

Questa legge regola l'inquinamento acustico in generale, sia negli ambienti lavorativi che abitativi. Essa definisce i limiti di emissione e di immissione di rumore, con l'obiettivo di ridurre l'inquinamento acustico in Italia.

- **Art. 2** della legge definisce l'inquinamento acustico come qualsiasi introduzione di rumore che possa causare disturbo, danno alla salute umana o deterioramento delle condizioni ambientali. Include anche l'obbligo per le autorità locali di adottare piani di risanamento acustico.
- **Norme tecniche:** La legge prevede la determinazione dei valori limite per l'esposizione al rumore nei diversi contesti, compresi quelli residenziali e industriali.

Linee guida ISPESL:

L'**ISPESL** (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro) ha pubblicato linee guida specifiche per la valutazione del rumore nei luoghi di lavoro. Questi documenti offrono indicazioni pratiche su come effettuare le misurazioni del rumore, valutare i rischi e adottare misure di prevenzione.

Il quadro normativo relativo al rischio rumore è complesso e articolato, con normative internazionali, europee e nazionali che mirano a proteggere la salute dei lavoratori. La normativa impone ai datori di lavoro l'obbligo di monitorare l'esposizione al rumore, fornire adeguati dispositivi di protezione e formare i lavoratori sui rischi associati. La gestione efficace del rischio rumore è essenziale per prevenire danni permanenti all'udito e garantire un ambiente di lavoro sicuro.

4. MATERIALI E METODI

La valutazione del rischio rumore nei cantieri edili è stata condotta seguendo le linee guida prescritte dal Decreto Legislativo 81/2008, con particolare riferimento al Titolo VIII, Capo II, che si occupa della protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione al rumore. Lo scopo dello studio era quello di quantificare l'esposizione giornaliera dei lavoratori al rumore e verificare il rispetto dei valori limite di esposizione (LEX8h) e della pressione sonora di picco (LCpeak), assicurando l'adozione di misure preventive per ridurre al minimo il rischio di danni all'udito.

Il processo di valutazione è stato suddiviso in più fasi:

1. Identificazione delle sorgenti di rumore:

Le principali fonti di rumore nei cantieri edili derivano dall'uso di macchinari pesanti e attrezzature manuali. Durante lo studio sono state analizzate le emissioni sonore di macchinari quali martelli perforatori, smerigliatrici, trapani avvitatori, demolitrici, e attrezzature utilizzate nelle lavorazioni termoidrauliche. Sono stati individuati sia rumori costanti (dovuti a macchinari fissi in funzionamento prolungato), sia rumori impulsivi e ciclici (tipici delle operazioni manuali e degli utensili mobili).

2. Rilevamenti fonometrici:

I rilievi sono stati effettuati utilizzando un fonometro integratore Larson Davis tipo 824, dotato di preamplificatore e microfono ad alta precisione, conforme agli standard internazionali IEC 651 e IEC 804 (classe 1). Questo strumento è stato calibrato tramite un calibratore acustico Larson Davis CAL200 prima e dopo ogni serie di misurazioni, assicurando che i dati raccolti fossero validi e privi di errori. Le misurazioni sono state condotte durante diverse fasi del ciclo lavorativo, per rappresentare le condizioni di esposizione quotidiana nelle varie attività svolte nei cantieri.

3. Pianificazione delle misurazioni:

Le misurazioni sono state pianificate sulla base della UNI EN ISO 9612:2011, che prevede tre principali strategie di misurazione:

- Misurazioni basate sui compiti: il lavoro svolto dai lavoratori è stato suddiviso in compiti distinti, e per ogni compito sono state eseguite misurazioni separate del livello di pressione sonora.
- Misurazioni basate sulle mansioni: questa strategia ha previsto campionature casuali durante l'esecuzione di specifiche mansioni.
- Misurazioni a giornata intera: utilizzate per monitorare il livello di pressione sonora continuo durante l'arco dell'intera giornata lavorativa.

Nel presente studio, è stata scelta una strategia basata sui compiti per rappresentare al meglio l'esposizione fluttuante dovuta all'uso di macchinari diversi e alla variabilità delle operazioni.

1. Chi ha partecipato al lavoro:

Il campione includeva alcuni lavoratori tra operai specializzati, apprendisti e capisquadra, operanti in un cantiere di opere termoidrauliche e in officine. Le misurazioni sono state effettuate durante le loro attività quotidiane, senza alterare la normale operatività dei cantieri, per assicurare che i risultati riflettessero condizioni reali di esposizione. I tecnici coinvolti nella valutazione hanno collaborato con il datore di lavoro per raccogliere le informazioni sui processi produttivi e le metodologie operative.

2. Materiali utilizzati:

Gli strumenti principali utilizzati per i rilevamenti acustici sono:

- Fonometro Larson Davis 824, con preamplificatore PRM902 e microfono 2541, strumento di classe 1 utilizzato per misurazioni ad alta precisione. È stato calibrato secondo le norme vigenti prima e dopo ogni sessione di misura.

- Calibratore acustico Larson Davis CAL200, utilizzato per controllare la taratura dello strumento e assicurare che le misurazioni non avessero uno scarto superiore a $\pm 0,5$ dB.
- Software di analisi acustica, che ha permesso l'elaborazione dei dati grezzi e la successiva valutazione del livello di esposizione personale giornaliero (LEX8h) e della pressione di picco (LCpeak).



Figura 5: Fonometro Larson Davis 824 e calibratore acustico CAL200

3. Procedure seguite:

a) Modalità operative adottate:

Prima di iniziare le misurazioni, è stata condotta una ricognizione preliminare del cantiere per identificare le principali sorgenti di rumore, i punti critici e i tempi di esposizione dei lavoratori. Le operazioni di misura sono state svolte in condizioni di lavoro normali, con macchine e attrezzature in funzione. Le misurazioni sono state eseguite a diverse altezze, tra cui l'altezza dell'orecchio del lavoratore, per valutare l'esposizione effettiva.

b) Tipologie di rumore rilevate:

Durante le operazioni, sono state identificate diverse tipologie di rumore:

- Rumore costante: generato da macchinari fissi, come compressori e attrezzature per il taglio.
- Rumore fluttuante: causato dall'uso intermittente di utensili manuali.
- Rumore impulsivo: tipico delle attrezzature come martelli pneumatici e perforatori.

c) Misurazione dei parametri:

I parametri rilevati durante lo studio includono:

- LEX8h: livello di esposizione giornaliera ponderato A.
- LCpeak: livello di pressione sonora istantanea ponderata C.
- Tmax: tempi massimi di esposizione consentiti, calcolati per mantenere l'esposizione giornaliera personale sotto il limite di 87 dB(A).

4.1 Rilievi fonometrici

Le misure di rumore sono state effettuate:

Presso la sede dell'azienda durante la normale attività lavorativa.

È stato così possibile considerare le attività prevalenti che vengono effettuate dalla ditta.

Si ritiene pertanto che la presente valutazione ben rappresenti, sotto il profilo acustico, la normale situazione dell'azienda.

Si riportano nel seguito i rilievi effettuati, corrispondenti a situazioni operative tipiche di lavorazione.

Dove non specificato diversamente le misure si intendono effettuate in corrispondenza della posizione dell'operatore in condizioni tipiche di attività anche con riferimento alla contemporanea presenza di altri addetti ed altre macchine in funzione.

n.	Descrizione attività Situazione operativa	L _{Aeq} dB(A)	L _{Ceq} dB(C)	p _{peak} dB(C)	T _{max} ore/g
1	MARTELLO PERFORATORE	90,5	89,5	113,9	1,8
2	SMERIGLIATRICE ANGOLARE AD ALIMENTAZIONE ELETTRICA	89,1	87,6	107,1	3,0
3	TRAPANO AVVITATORE	70,8	73,2	101,1	
4	CAROTATRICE A SECCO MANUALE	93,6	92,2	107,7	0,7
5	ASPIRAPOLVERE	80,2	80,7	103,6	
6	DEMOLITORE	100,4	99,8	112,6	0,1
7	FURGONE	65,1	90,8	122,7	
8	RUMORE AMBIENTALE - CANTIERE	64,5	69,4		

Tabella 1: risultati delle misurazioni

L_{Aeq}: Livello sonoro equivalente espresso in dB(A)

p_{peak}: Valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata in frequenza "C"

L_{Ceq}: Livello sonoro equivalente espresso in dB(C)

T_{max}: Tempi massimi di esposizione quotidiana personale nelle posizioni di lavoro al fine di mantenere tale esposizione quotidiana al di sotto di 87 dB(A). Sono specificati i soli casi in cui tale tempo massimo è inferiore a 8 ore.

4.2 Considerazioni relative alle misure fonometriche

- Prima e dopo ogni serie di misure è stata controllata la calibrazione della strumentazione mediante calibratore acustico ed è sempre stato verificato uno scostamento del livello di taratura non superiore a 0,5 dB(A).
- Durante le operazioni di misura non sono stati rilevati valori di pressione acustica istantanea non ponderata (p_{peak}) superiore a 135 dB(C), di conseguenza nessun livello di rumore è del tipo istantaneamente dannoso all'orecchio umano.
- Durante le misure la strumentazione non ha subito condizioni di sovraccarico.

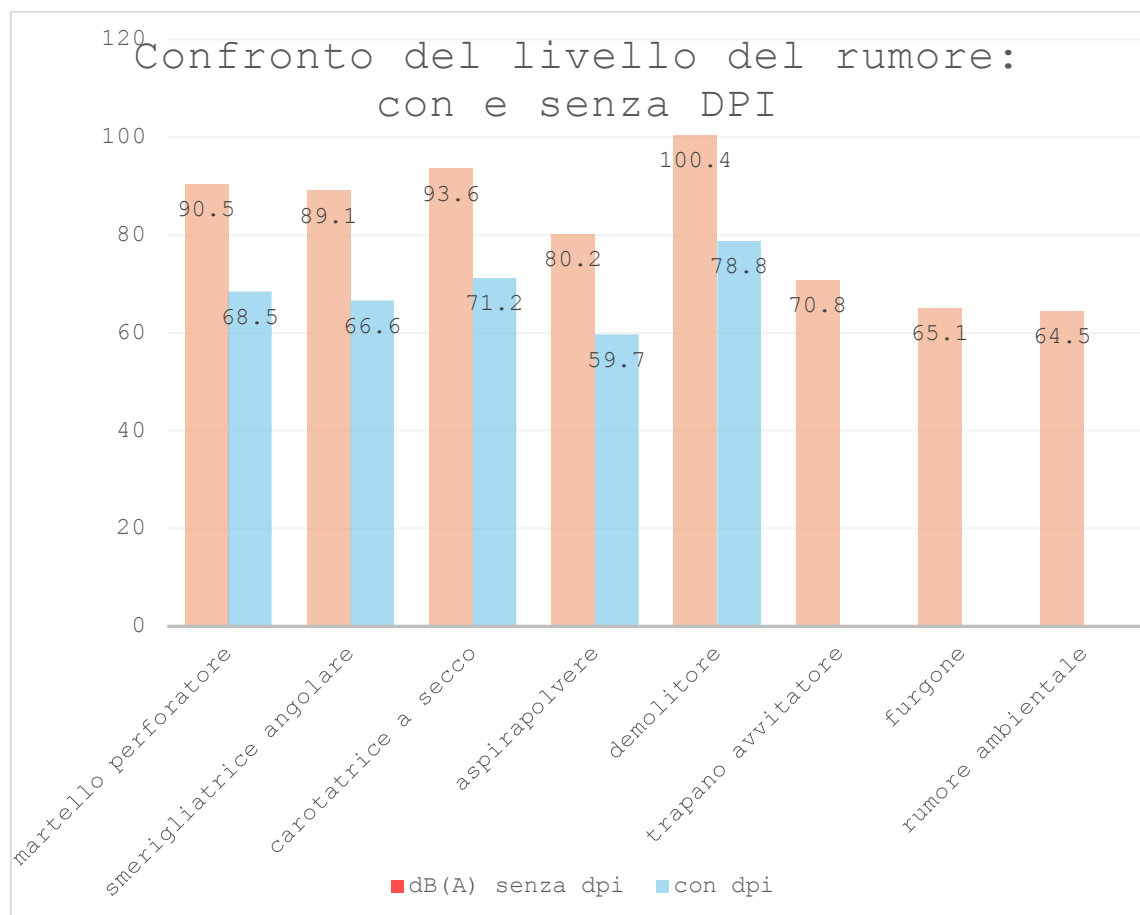


Grafico 1: confronto livello rumore con e senza DPI

DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

L'art. 193 del Decreto legislativo 81/2008 “Uso dei dispositivi di protezione individuali” prescrive che: “In ottemperanza a quanto disposto dall'art. 18, primo comma, lettera c), il datore di lavoro, nei casi in cui i rischi derivanti dal rumore non possono essere evitati con le misure di prevenzione e protezione di cui all'art. 192, fornisce i dispositivi di protezione individuali per l'udito conformi alle disposizioni contenute nel titolo III, capo II, e alle seguenti condizioni:

- a) nel caso in cui l'esposizione al rumore superi i valori inferiori di azione il datore di lavoro mette a disposizione dei lavoratori dispositivi di protezione individuale dell'udito;
- b) nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito;
- c) sceglie dispositivi di protezione individuale dell'udito che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti;
- d) verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.

5.1 Criteri per la selezione del dispositivo di protezione

Per la selezione del dispositivo occorre verificare innanzi tutto:

1. l'attenuazione acustica rispetto al rumore ambientale
2. il comfort offerto all'utilizzatore
3. l'ambiente lavorativo
4. l'attività lavorativa
5. eventuali disturbi (ipoacusia)
6. la compatibilità con altri DPI (dispositivi di protezione individuale)

Tipologia di protettori e condizioni ideali di utilizzo	- inserti auricolari: per livelli di rumore medio/alti, predominanza di basse frequenze, anche per uso continuativo, anche in ambienti caldi e umidi - inserti auricolari con archetto: per livelli di rumore medi, uso non continuativo - cuffie auricolari: per alti livelli di rumore, predominanza di alte frequenze, uso non continuativo
Esposizione a livelli di rischio molto variabili	In linea generale si cerca di assegnare un solo otoprotettore per non indurre dubbi e difficoltà nei comportamenti del lavoratore, accettando in talune situazioni anche l'iperprotezione. In questi casi le ricadute negative dell'iperprotezione vengono verificate direttamente con i lavoratori coinvolti. Tuttavia, nel caso di esposizioni a livelli L_{Aeq} molto differenziati può presentarsi la situazione in cui un unico DPI non riesca a garantire la protezione accettabile richiesta, vengono pertanto assegnati al lavoratore DPI specifici. Visti i livelli L_{Aeq} misurati per le diverse lavorazioni nonché vista la tipologia di attività svolta il datore di lavoro ha fornito più tipi di otoprotettori specifici per le diverse attività.
Otoprotettore tipo 2	Cuffia protettiva con tamponi fonoassorbenti in morbida schiuma poliuretanica SNR = 28 $\beta = 0,75$ SNRc = 21



5.2 Efficienza ed efficacia dei DPI uditivi

L'art. 193 del Decreto legislativo 81/2008 stabilisce che “Il datore di lavoro tiene conto dell'attenuazione prodotta dai dispositivi di protezione individuale dell'udito indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare l'efficienza dei DPI uditivi e il rispetto del valore limite di esposizione. I mezzi individuali di protezione dell'udito sono considerati adeguati ai fini delle presenti norme se, correttamente usati, mantengono un livello di rischio uguale od inferiore ai livelli inferiori di azione”.

I dispositivi di protezione individuale devono essere conformi alle norme richiamate nella parte iniziale del documento.

Grado di protezione	L'_{Aeq}	Protezione
	$L'_{Aeq} > 80 \text{ dB(A)}$	Insufficiente
	$75 < L'_{Aeq} < 80 \text{ dB(A)}$	Accettabile
	$70 < L'_{Aeq} < 75 \text{ dB(A)}$	Buona
	$65 < L'_{Aeq} < 70 \text{ dB(A)}$	Accettabile
	$L'_{Aeq} < 65 \text{ dB(A)}$	Troppo alta (iperprotezione)

Si ritiene acusticamente adeguato un dispositivo che permette di ottenere una protezione “buona” o “accettabile”.

Nel caso in cui $L'_{Aeq,Te} > 80 \text{ dB(A)}$ l'attenuazione fornita dal dispositivo di protezione auricolare è insufficiente e il dispositivo stesso deve essere sostituito.

Valori $L'_{Aeq,Te} < 65 \text{ dB(A)}$ possono essere ritenuti accettabili previa verifica dell'assenza di controindicazioni legate all'ascolto di segnali acustici di pericolo, allarmi o particolari sensazioni di isolamentomanifestate dal lavoratore.

Per i rumori impulsivi l'adeguatezza del DPI viene valutata mediante il confronto con i valori riportati nella seguente tabella:

p'_{Peak}	Protezione
$p'_{Peak} < 135$	Idonea
$p'_{Peak} > 135$	Insufficiente

Valutazione
dell'attenuazione
acustica

il grado di protezione offerto dal dispositivo scelto è stato valutato sulla base del: metodo SNR.
Il metodo SNR specifica un solo valore di attenuazione (SNR).
Detto valore viene successivamente sottratto dal livello di pressione acustica ponderata C osservato per calcolare il livello di pressione acustica ponderata A effettivo a livello dell'orecchio quando si indossa il protettore auricolare (L'_{EX}).

Elementi
che
riducono
l'attenuazione
e dei DPI-u

- la taglia dei dispositivi, talvolta inadeguata alle caratteristiche fisiche dei lavoratori;
- il deterioramento dei materiali che costituiscono il dispositivo di protezione auricolare, legato all'invecchiamento o alla inadeguata conservazione del dispositivo stesso;
- la presenza di capelli lunghi, barba, occhiali che rendono problematica una buona tenuta acustica delle cuffie;
- il posizionamento o l'inserimento approssimato del dispositivo di protezione auricolare, non conforme ai criteri stabiliti dal fabbricante;
- lo spostamento del dispositivo di protezione auricolare dalla sede originaria (inserti che si spostano verso l'esterno del condotto uditivo a causa dei movimenti mandibolari o cuffie che si spostano per i movimenti della testa);

	- le modifiche realizzate dal lavoratore sul dispositivo di protezione auricolare, allo scopo di renderlo più confortevole (per es. una deformazione delle cuffie per limitare la pressione sulla testa); - l'uso congiunto di altri DPI non uditivi (elmetto, occhiali...).												
Valutazione dell'attenuazione acustica reale	Per tener conto della perdita di attenuazione dovuto agli elementi sopra indicati i valori di attenuazione teorici offerti dal dispositivo di protezione sono moltiplicati per il coefficiente β riportati nella tabella seguente. <table><tr><th>DPI-u</th><th>β</th><th>β_c</th></tr><tr><td>Cuffie</td><td>0,75</td><td>0,85</td></tr><tr><td>Inserti espandibili</td><td>0,5</td><td>0,65</td></tr><tr><td>Inserti preformati</td><td>0,3</td><td>0,5</td></tr></table>	DPI-u	β	β_c	Cuffie	0,75	0,85	Inserti espandibili	0,5	0,65	Inserti preformati	0,3	0,5
DPI-u	β	β_c											
Cuffie	0,75	0,85											
Inserti espandibili	0,5	0,65											
Inserti preformati	0,3	0,5											
Efficacia dei DPI-uditivi	Nel caso in cui il datore di lavoro garantisca il rispetto delle seguenti regole è possibile adottare i valori di β maggiori (β_c) riportati nella medesima tabella: - addestramento e sensibilizzazione dei lavoratori esposti a rumore accurato e ripetuto frequentemente; - controllo rigoroso circa il corretto utilizzo dei DPI-u loro affidati; - manutenzione e reintegro periodico secondo le prescrizioni del costruttore; - predisposizione e attuazione di specifiche procedure in merito alla conservazione dei DPI auricolari e alla loro sostituzione al fine di garantire nel periodo di utilizzo l'efficienza originaria. - controllo della funzionalità uditiva con l'obiettivo di verificare eventuali peggioramenti dei tracciati uditivi dei lavoratori esposti ed adottare, se del caso, modifiche alla valutazione dei rischi, scelta dei D.P.I. e più in generale altre misure di												

	prevenzione e protezione.
Valutazione dell'efficacia	La ditta svolge in generale un'attività di formazione specifica e applica una normale sorveglianza circa l'utilizzazione dei DPI uditivi. Viene utilizzato il valore β al fine di garantire una maggior tutela ai lavoratori.

L'art. 193 del Decreto legislativo 81/2008 stabilisce che “Il datore di lavoro tiene conto dell'attenuazione prodotta dai dispositivi di protezione individuale dell'udito indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare l'efficienza dei DPI uditivi e il rispetto del valore limite di esposizione. I mezzi individuali di protezione dell'udito sono considerati adeguati ai fini delle presenti norme se, correttamente usati, mantengono un livello di rischio uguale od inferiore ai livelli inferiori di azione”.

I dispositivi di protezione individuale devono essere conformi alle norme richiamate nella parte iniziale del documento.

La valutazione dell'efficienza dei DPI uditivi viene effettuata utilizzando il metodo SNR come indicato nelle linee guida disposte dal Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome.

Dalla valutazione del rischio di esposizione a rumore è emerso come tutte le mansioni dell'azienda, una volta effettuato il calcolo del livello di esposizione con l'utilizzo degli otoprotettori (nelle postazioni con rumore maggiori di 80 dB(A)) rientrano nella fascia di esposizione L'_{Aeq} “buona” o “accettabile”.

Il confronto con i limiti di esposizione di legge avviene utilizzando l'estremo superiore dell'intervallo di confidenza monolaterale sul livello di esposizione giornaliera $L_{EX,8h}$ corrispondente ad un livello di confidenza del 95%.



Figura 6: cuffia protettiva

<i>n.</i>	<i>Attività – situazione operativa</i>	<i>L_{aeq} [dB(A)]</i>	<i>L_{ceq} [dB(C)]</i>	<i>L'_{aeq} con DPI B [dB(A)]</i>	<i>Verifica efficienza DPI B</i>
1	MARTELLO PERFORATORE	90,5	89,5	68,5	Adeguate
2	SMERIGLIATRICE ANGOLARE AD ALIMENTAZIONE ELETTRICA	89,1	87,6	66,6	Adeguate
3	TRAPANO AVVITATORE	70,8	73,2		
4	CAROTATRICE A SECCO MANUALE	93,6	92,2	71,2	Adeguate
5	ASPIRAPOLVERE	80,2	80,7	59,7	Iperprotezione
6	DEMOLITORE	100,4	99,8	78,8	Adeguate
7	FURGONE	65,1	90,8		
8	RUMORE AMBIENTALE - CANTIERE	64,5	69,4		

Tabella 2: tabella di verifica efficienza DPI

5. SCHEDA DI ESPOSIZIONE DEGLI ADDETTI

SCHEDA ESPOSITIVA SETTIMANALE AL RUMORE

Mansione:	TERMOIDRAULICO/APPRENDISTA/ STAGISTA	Otoprotettore fornito:	2	CUFFIE PIP FRANCE L'HERMENAULT – ELEVATE II				
Reparto:	CANTIERI ESTERNI / OFFICINA	Attenuazione:	SNR	28	$\beta =$	0,7 5	SNRc=	21

Esposizione personale quotidiana

n.	Attività - Situazione operativa	L _{aeq} [dB]	Tempo esp. (ore)	Tempo esp. (ore)	Tempo esp. (ore)	Tempo esp. (ore)	Tempo esp. (ore)	L _{aeq} + U [dB]	L _{ceq} [dB(C)]	Analisi *	DPI	L' _{aeq} [dB(A)]	Verifica efficienza DPI
			Giorno 1	Giorno 2	Giorno 3	Giorno 4	Giorno 5						
1	MARTELLO PERFORATORE	90,5	0,3	0,0	0,3	0,3	0,1	92,3	89,5	Obbligo DPI	X	68,5	Adeguate
2	SMERIGLIATRICE ANGOLARE AD	89,1	0,0	0,5	0,1	0,2	0,1	90,9	87,6	Obbligo DPI	X	66,6	Adeguate
3	ALIMENTAZIONE ELETTRICA	70,8	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	72,6	73,2				
4	TRAPANO AVVITATORE	93,6	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	95,4	92,2	Obbligo DPI	X	71,2	Adeguate
5	CAROTATRICE A SECCO MANUALE	80,2	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	82,0	80,7	DPI Raccomandato		59,7	Iperprotezione
6	ASPIRAPOLVERE	100,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	102,2	99,8	Obbligo DPI	X	78,8	Adeguate
7	DEMOLITORE	65,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	66,9	90,8				
8	FURGONE	64,5	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	66,3	69,4				
	RUMORE AMBIENTALE - CANTIERE												
	Altre attività - altre zone	80,0	0,8	0,8	0,6	1,1	0,9	81,8					
	Pause standard (5 min/ora)	70,0	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	71,8					
Totale ore			8	8	8	8	8						

$$L_{EX,8h} = 86,0 \quad 78,1 \quad 83,3 \quad 81,4 \quad 85,0$$

$$dB(A) =$$

$$U_{(LEX,8h)} = 1,8 \quad 1,6 \quad 1,4 \quad 1,1 \quad 1,8$$

$$dB(A) =$$

NON ATTENUATO	$L_{EX,8h}$						
	dB(A) +	87,7	79,7	84,7	82,5	86,7	$L_{EX,w}$ dB(A) + U
	U =						= 85,1
	$L'_{EX,8h}$						
	dB(A) =	71,9	71,4	70,9	72,5	72,2	
	$L'_{EX,8h}$						
ATTENUATO	dB(A) +	73,6	73,0	72,3	73,6	74,0	$L'_{EX,w}$ dB(A) + U
	U =						= 73,3

* Postazioni di lavoro che superano gli 80 dB(A) e devono dunque essere oggetto di misure di prevenzione e protezione ai sensi dell'art. 192 del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.

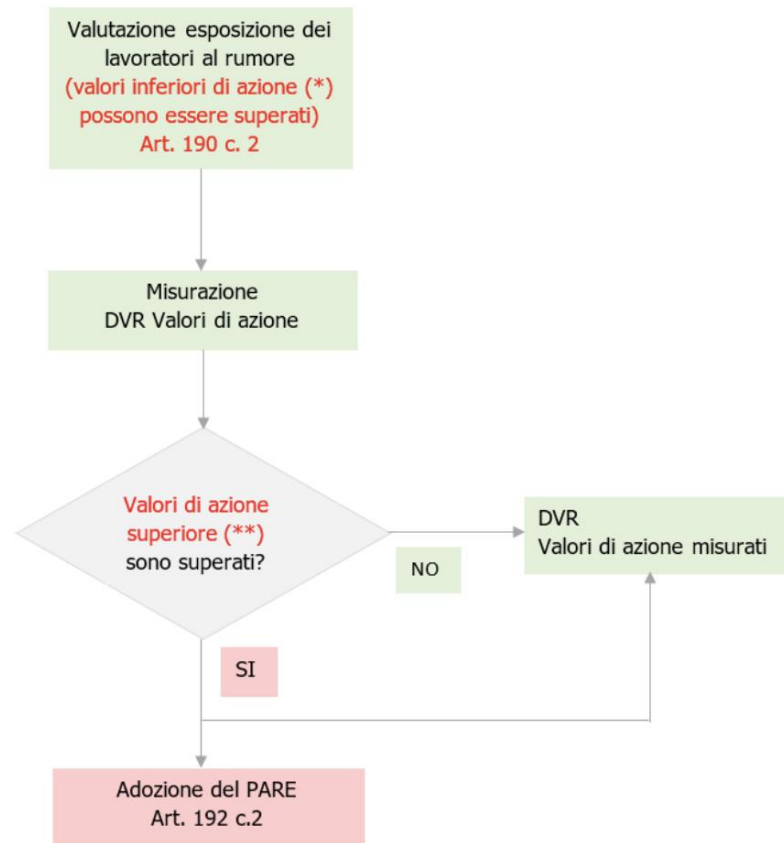
6. PROGRAMMA DI MIGLIORAMENTO

Alla luce dei risultati emersi dalla valutazione del rischio rumore, vengono di seguito dettagliate le azioni da intraprendere ed il piano delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza relativamente all'esposizione dei lavoratori al rischio rumore.

Misure di prevenzione e protezione	Fattibilità e programmazione dell'intervento	Incaricato dell'attuazione
Adozione di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione al rumore e alle vibrazioni	Non essendo possibile l'adozione di metodologie di lavoro meno rumorose, viene attuata la massima turnazione degli addetti.	Datore di lavoro e preposti
Scelta di attrezzature di lavoro adeguate, tenuto conto del lavoro da svolgere, con particolare attenzione alle vibrazioni ed al rumore prodotto	Previsto in sede di acquisto di nuove macchine ed attrezzature da inserire nel ciclo di lavoro. La valutazione dell'emissione sonora e delle vibrazioni sono due dei parametri prioritari che verranno valutati in sede di nuovo acquisto.	
Verificare, e se del caso integrare, la segnaletica di rischio rumore ed obbligo otoprotettori nelle postazioni in cui è stato riscontrato un $L_{eq} > 85$ dBA	Misura già adottata e in costante osservazione per un progressivo miglioramento	Datore di lavoro

Adeguate informazione e formazione sull'uso corretto delle attrezzature di lavoro e dei DPI in modo da ridurre al minimo l'esposizione al rumore e alle vibrazioni meccaniche	È prevista una specifica attività di informazione e formazione secondo quanto previsto dagli artt. 184, 195 e 203.	Datore di lavoro e RSPP
Opportuni programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro e dei sistemi sul posto di lavoro	Misura già adottata e in costante osservazione per un progressivo miglioramento	Datore di lavoro
Consegna, illustrazione e addestramento all'utilizzo degli otoprotettori. Verifica del corretto utilizzo degli otoprotettori	Misura già adottata e in costante osservazione per un progressivo miglioramento	Datore di lavoro e preposti
Riduzione dell'esposizione a rumore e vibrazioni mediante una migliore organizzazione del lavoro attraverso la limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione e l'adozione di orari di lavoro appropriati, con sufficienti periodi di riposo.	Misura già adottata e in costante osservazione per un progressivo miglioramento	Datore di lavoro e RSPP

Si ricorda infine che la UNI 11347:2015 prevede che il datore di lavoro rediga il P.A.R.E. (piano aziendale riduzione dell'esposizione). Si riporta di seguito uno schema di flusso operativo per l'elaborazione del P.A.R.E.



(*) $L_{EX} = 80 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 112 \text{ Pa}$ e di 135 dB(C) di L_{picco} , C.

(**) $L_{EX} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} 140 \text{ Pa}$ e di 137 dB(C) di L_{picco} , C.

Figura 7: schema di flusso operativo per l'elaborazione del P.A.R.E.

7. OBBLIGHI E ADEMPIMENTI

Alla luce del Decreto Legislativo 81/2008 si riportano di seguito gli adempimenti prescritti distinti a seconda dei livelli di esposizione dei lavoratori; risultano evidenziati con fondo colorato gli obblighi della ditta in relazione alla situazione riscontrata e descritta nella valutazione acustica aziendale.

8.1 Obblighi e adempimenti del datore di lavoro

Decreto legislativo 81/2008 – Titolo VIII, Capo II

Esposizione inferiore ai valori inferiori di azione

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

artt. 181 – 190, comma 1	Valutazione del rumore durante il lavoro eseguita nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'art. 28 del D.Lgs. 81/08
art. 181, comma 2	Programmazione ed effettuazione dell'aggiornamento della valutazione con cadenza almeno quadriennale, in ogni caso ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione
artt. 182, comma 1 – art. 192, comma 1	Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo. La riduzione dei rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici si basa sui principi generali di prevenzione contenuti nel presente decreto.
art. 195	Informazione e formazione dei lavoratori Fermo restando quanto previsto dall'art. 184 nell'ambito degli obblighi di cui agli artt. 36 e 37, il datore di lavoro garantisce che

art. 184	i lavoratori esposti a valori uguali o superiori ai valori inferiori di azione vengano informati e formati in relazione ai rischi provenienti dall'esposizione al rumore. ...il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da agenti fisici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi con particolare riguardo: a) alle misure adottate in applicazione del presente titolo; b) all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione definiti nei Capi II, III, IV e V, nonché ai potenziali rischi associati; c) ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai singoli agenti fisici; d) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute; e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa; f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione; g) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.
----------	--

Esposizione superiore ai valori inferiori di azione

$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 135 \text{ dB(C)}$ fino a $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 137 \text{ dB(C)}$

artt. 181 – 190, comma 1	Valutazione del rumore durante il lavoro eseguita nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'art. 28 del D.Lgs. 81/08
art. 190, comma 2	Se, a seguito della valutazione di cui al primo comma, può fondatamente ritenersi che i valori inferiori di azione possano essere superati, il datore di lavoro misura i livelli di rumore cui i lavoratori sono esposti, i cui risultati sono riportati nel documento di valutazione.
art. 181, comma 2	Programmazione ed effettuazione dell'aggiornamento della valutazione con cadenza almeno quadriennale, in ogni caso ogni qual volta si verifichino mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione
artt. 182, comma 1 – art. 192, comma 1	Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo. La riduzione dei rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici si basa sui principi generali di prevenzione contenuti nel presente decreto.
art. 192, comma 2	Se a seguito della valutazione dei rischi di cui all'art. 190 risulta che i valori inferiori di azione sono superati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore, considerando in particolare le misure di cui al primo comma.
art. 193, comma 1	Uso dei dispositivi di protezione individuali ... a) nel caso in cui l'esposizione al rumore superi i valori inferiori di azione il datore di lavoro mette a disposizione dei lavoratori dispositivi di protezione individuale dell'udito;

	... c) sceglie dispositivi di protezione individuale dell'udito che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti; d) verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.
art. 195	Informazione e formazione dei lavoratori Fermo restando quanto previsto dall'art. 184 nell'ambito degli obblighi di cui agli artt. 36 e 37, il datore di lavoro garantisce che i lavoratori esposti a valori uguali o superiori ai valori inferiori di azione vengano informati e formati in relazione ai rischi provenienti dall'esposizione al rumore.
art. 184	...il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da agenti fisici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi con particolare riguardo: a) alle misure adottate in applicazione del presente titolo; b) all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione definiti nei Capi II, III, IV e V, nonché ai potenziali rischi associati; c) ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai singoli agenti fisici; d) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute; e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa; f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione; g) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.

art. 196, comma 2	Sorveglianza sanitaria La sorveglianza sanitaria di cui al primo comma è estesa ai lavoratori esposti a livelli superiori ai valori inferiori di azione, su loro richiesta e nel caso in cui il medico competente ne confermi l'opportunità.
----------------------	---

Esposizione superiore ai valori superiori di azione

$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 137 \text{ dB(C)}$ fino a $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 140 \text{ dB(C)}$

artt. 181 – 190, comma 1	Valutazione del rumore durante il lavoro eseguita nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'art. 28 del D.Lgs. 81/08
art. 190, comma 2	Se, a seguito della valutazione di cui al primo comma, può fondatamente ritenersi che i valori inferiori di azione possano essere superati, il datore di lavoro misura i livelli di rumore cui i lavoratori sono esposti, i cui risultati sono riportati nel documento di valutazione.
art. 181, comma 2	Programmazione ed effettuazione dell'aggiornamento della valutazione con cadenza almeno quadriennale, in ogni caso ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione
artt. 182, comma 1 – art. 192, comma 1	Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo. La riduzione dei rischi derivanti dall'esposizione agli

	agenti fisici si basa sui principi generali di prevenzione contenuti nel presente decreto.
art. 192, comma 2	Se a seguito della valutazione dei rischi di cui all'art. 190 risulta che i valori inferiori di azione sono superati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore, considerando in particolare le misure di cui al primo comma.
art. 192, comma 3	I luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti ad un rumore al di sopra dei valori superiori di azione sono indicati da appositi segnali. Dette aree sono inoltre delimitate e l'accesso alle stesse è limitato, ove ciò sia tecnicamente possibile e giustificato dal rischio di esposizione.
art. 193, comma 1	Uso dei dispositivi di protezione individuali ...b) nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito; ...c) sceglie dispositivi di protezione individuale dell'udito che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti; d) verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.
art. 195	Informazione e formazione dei lavoratori Fermo restando quanto previsto dall'art. 184 nell'ambito degli obblighi di cui agli artt. 36 e 37, il datore di lavoro garantisce che i lavoratori esposti a valori uguali o superiori ai valori inferiori di azione vengano informati e formati in relazione ai rischi provenienti dall'esposizione al rumore.
art. 184	...il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da agenti fisici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi con particolare riguardo:

		a) alle misure adottate in applicazione del presente titolo; b) all'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione definiti nei Capi II, III, IV e V, nonché ai potenziali rischi associati; c) ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai singoli agenti fisici; d) alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione per la salute; e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obiettivi della stessa; f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione; g) all'uso corretto di adeguati dispositivi di protezione individuale e alle relative indicazioni e controindicazioni sanitarie all'uso.
art. 196, comma 1	Sorveglianza sanitaria	Il datore di lavoro sottopone a sorveglianza sanitaria i lavoratori la cui esposizione al rumore eccede i valori superiori di azione. La sorveglianza viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente, con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza di lavoratori in funzione della valutazione del rischio. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente.

Esposizione superiore ai valori limite
 $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ e $p_{peak} = 140 \text{ dB(C)}$

artt. 181 – 190, comma 1	Valutazione del rumore durante il lavoro eseguita nell'ambito della valutazione dei rischi di cui all'art. 28 del D.Lgs. 81/08
art. 190, comma 2	Se, a seguito della valutazione di cui al primo comma, può fondatamente ritenersi che i valori inferiori di azione possano essere superati, il datore di lavoro misura i livelli di rumore cui i lavoratori sono esposti, i cui risultati sono riportati nel documento di valutazione
art. 181, comma 2	Programmazione ed effettuazione dell'aggiornamento della valutazione con cadenza almeno quadriennale, in ogni caso ogni qual volta si verifichino mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione
artt. 182, comma 1 – art. 192, comma 1	Disposizioni miranti ad eliminare o ridurre i rischi Tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per controllare il rischio alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici sono eliminati alla fonte o ridotti al minimo. La riduzione dei rischi derivanti dall'esposizione agli agenti fisici si basa sui principi generali di prevenzione contenuti nel presente decreto.
art. 192, comma 2	Se a seguito della valutazione dei rischi di cui all'art. 190 risulta che i valori inferiori di azione sono superati, il datore di lavoro elabora ed applica un programma di misure tecniche e organizzative volte a ridurre l'esposizione al rumore, considerando in particolare le misure di cui al primo comma.
art. 182, comma 2	In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione definiti nei capi II, III, IV e V. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione del presente capo i valori limite di

		esposizione risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento
art. 192, comma 2		I luoghi di lavoro dove i lavoratori possono essere esposti ad un rumore al di sopra dei valori superiori di azione sono indicati da appositi segnali. Dette aree sono inoltre delimitate e l'accesso alle stesse è limitato, ove ciò sia tecnicamente possibile e giustificato dal rischio di esposizione
art. 193, comma 1		Uso dei dispositivi di protezione individuali ...b) nel caso in cui l'esposizione al rumore sia pari o al di sopra dei valori superiori di azione esige che i lavoratori utilizzino i dispositivi di protezione individuale dell'udito; ...c) sceglie dispositivi di protezione individuale dell'udito che consentono di eliminare il rischio per l'udito o di ridurlo al minimo, previa consultazione dei lavoratori o dei loro rappresentanti; d) verifica l'efficacia dei dispositivi di protezione individuale dell'udito.
art. 193, comma 2		Il datore di lavoro tiene conto dell'attenuazione prodotta dai dispositivi di protezione individuale dell'udito indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare l'efficienza dei DPI uditivi e il rispetto del valore limite di esposizione. I mezzi individuali di protezione dell'udito sono considerati adeguati ai fini delle presenti norme se, correttamente usati, mantengono un livello di rischio uguale od inferiore ai livelli inferiori di azione.
art. 194		Misure per la limitazione dell'esposizione Fermo restando l'obbligo del non superamento dei valori limite di esposizione, se, nonostante l'adozione delle misure prese in applicazione del presente capo, si individuano esposizioni superiori a detti valori, il datore di lavoro:

		a) adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione; b) individua le cause dell'esposizione eccessiva; c) modifica le misure di protezione e di prevenzione per evitare che la situazione si ripeta.
art. 196,	Sorveglianza sanitaria	
comma 1	Il datore di lavoro sottopone a sorveglianza sanitaria i lavoratori la cui esposizione al rumore eccede i valori superiori di azione. La sorveglianza viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente, con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza di lavoratori in funzione della valutazione del rischio. L'organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente.	

Lavoratori particolarmente sensibili

Decreto legislativo 81/2008, artt. 182-183.

art 182, comma 2	In nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione definiti nei capi II, III, IV e V. Allorché, nonostante i provvedimenti presi dal datore di lavoro in applicazione del presente capo i valori limite di esposizione risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento
art 183	Il datore di lavoro adatta le misure di cui all'art. 182 alle esigenze dei lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio, incluse le donne in stato di gravidanza ed i minori.

LAVORATORI MINORI

Legge 17 ottobre 1967 n. 977

Decreto legislativo 4 agosto 1999 n. 345

Decreto legislativo 18 agosto 2000 n. 262

Tutela del lavoro dei «bambini» e degli adolescenti.

art. 6 comma 1	É vietato adibire gli adolescenti alle lavorazioni, ai processi e ai lavori indicati nell'allegato I
art. 6 comma 5	In caso di esposizione media giornaliera degli adolescenti al rumore superiore a 80 decibel LEP-d il datore di lavoro, fermo restando l'obbligo di ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione al rumore mediante misure tecniche, organizzative e procedurali, attuabili concretamente, privilegiando gli interventi alla fonte, fornisce i mezzi individuali di protezione dell'udito e una adeguata formazione all'uso degli

Allegato 1

stessi. In tale caso, i lavoratori devono utilizzare i mezzi individuali di protezione.

II. Processi e lavori

34) Lavori con impieghi di martelli pneumatici, mole ad albero flessibile ed altri strumenti vibranti; uso di pistole fissachiodi di elevata potenza.

LAVORATRICI MADRI

D.Lgs. 26 marzo 2001 n. 151

Tutela delle lavoratrici madri

art. 7 comma
1

È vietato adibire le lavoratrici al trasporto e al sollevamento di pesi, nonché ai lavori pericolosi, faticosi ed insalubri. I lavori pericolosi, faticosi ed insalubri sono indicati dall'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 25 novembre 1976, n. 1026, riportato nell'allegato A del presente testo unico. Il Ministro del lavoro e della previdenza sociale, di concerto con i Ministri della sanità e per la solidarietà sociale, sentite le parti sociali, provvede ad aggiornare l'elenco di cui all'allegato A.

art. 7 comma
2

Tra i lavori pericolosi, faticosi ed insalubri sono inclusi quelli che comportano il rischio di esposizione agli agenti ed alle condizioni di lavoro, indicati nell'elenco di cui all'allegato B.

allegato A

A) II. Processi e lavori

34) Lavori con impieghi di martelli pneumatici, mole ad albero flessibile ed altri strumenti vibranti; uso di pistole fissachiodi di elevata potenza.

I) lavori con macchine scuotenti o con utensili che trasmettono intense vibrazioni

art. 11
comma 1

Fermo restando quanto stabilito dall'articolo 7, commi 1 e 2, il datore di lavoro, nell'ambito ed agli effetti della valutazione di cui all'articolo 4, comma 1, del decreto legislativo 19 settembre

art.11 comma 2	1994, n. 626, e successive modificazioni, valuta i rischi per la sicurezza e la salute delle lavoratrici, in particolare i rischi di esposizione ad agenti fisici, chimici o biologici, processi o condizioni di lavoro di cui all'allegato C, nel rispetto delle linee direttrici elaborate dalla Commissione dell'Unione europea, individuando le misure di prevenzione e protezione da adottare. L'obbligo di informazione stabilito dall'articolo 21 del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e successive modificazioni, comprende quello di informare le lavoratrici ed i loro rappresentanti per la sicurezza sui risultati della valutazione e sulle conseguenti misure di protezione e di prevenzione adottate.
art. 12 comma 1	Qualora i risultati della valutazione di cui all'articolo 11, comma 1, rivelino un rischio per la sicurezza e la salute delle lavoratrici, il datore di lavoro adotta le misure necessarie affinché l'esposizione al rischio delle lavoratrici sia evitata, modificandone temporaneamente le condizioni o l'orario di lavoro.
art. 12 comma 2	Ove la modifica delle condizioni o dell'orario di lavoro non sia possibile per motivi organizzativi o produttivi, il datore di lavoro applica quanto stabilito dall'articolo 7, commi 3, 4 e 5, dandone contestuale informazione scritta al servizio ispettivo del Ministero del lavoro competente per territorio, che può disporre l'interdizione dal lavoro per tutto il periodo di cui all'articolo 6, comma 1, in attuazione di quanto previsto all'articolo 17.
allegato C	A. Agenti 1. Agenti fisici, allorché vengono considerati come agenti che comportano lesioni del feto e/o rischiano di provocare il distacco della placenta, in particolare: a) colpi, vibrazioni meccaniche o movimenti;

8.2 Obblighi dei lavoratori

Usare con cura e in modo appropriato i dispositivi di sicurezza ed i mezzi individuali e collettivi di protezione forniti o predisposti dal datore di lavoro.

Segnalare immediatamente al datore di lavoro le deficienze dei suddetti dispositivi e mezzi, nonché altre eventuali condizioni di pericolo di cui si venga a conoscenza; nell'ambito delle proprie competenze e possibilità è necessario che ogni lavoratore si adoperi per eliminare o ridurre il verificarsi di tali situazioni.

Non rimuovere o modificare senza autorizzazione i dispositivi di sicurezza, di segnalazione, di misurazione ed i mezzi individuali e collettivi di protezione.

Non compiere di propria iniziativa operazioni o manovre non di competenza che possano compromettere la protezione e la sicurezza.

8. DISCUSSIONE

L'analisi condotta ha evidenziato come il rumore rappresenti uno dei principali rischi negli ambienti di lavoro, in particolare nei cantieri edili. Durante l'esecuzione delle varie attività, i lavoratori sono frequentemente esposti a livelli sonori elevati, che, se non adeguatamente gestiti, possono portare a conseguenze gravi per la salute uditiva e generale. Il rumore, infatti, può provocare danni temporanei o permanenti all'udito, con particolare riferimento alla perdita dell'udito (ipoacusia da rumore), e generare stress, affaticamento e difficoltà di concentrazione.

I dati rilevati durante lo studio sono stati ottenuti mediante una serie di misurazioni fonometriche, effettuate utilizzando strumenti certificati, che hanno permesso di monitorare i livelli di esposizione al rumore in diverse fasi lavorative. I risultati indicano che le attività svolte dai lavoratori nel cantiere esaminato producono livelli sonori che in alcuni casi superano gli 85 dB(A), soglia oltre la quale la normativa richiede l'adozione di dispositivi di protezione individuale (DPI) e misure di contenimento.

L'utilizzo di dispositivi di protezione per l'udito è risultato efficace nel mantenere l'esposizione dei lavoratori al di sotto dei limiti previsti dalla legge. Tuttavia, i risultati indicano che, in alcune attività, come l'utilizzo di martelli perforatori e demolitori, i livelli di rumore raggiungono picchi superiori a 100 dB(A), rendendo obbligatorio l'uso continuativo dei DPI per prevenire danni all'apparato uditivo. L'efficacia dei DPI è stata valutata secondo il metodo SNR, che ha confermato una buona attenuazione acustica in linea con i requisiti di sicurezza.

Un altro aspetto importante emerso dallo studio riguarda l'esposizione fluttuante a seconda delle attività svolte, rendendo necessaria una gestione attenta della turnazione dei lavoratori nelle aree più rumorose. L'organizzazione del lavoro, unita alla corretta manutenzione delle attrezzature e alla formazione sull'uso dei DPI, è risultata fondamentale per ridurre l'esposizione al rumore.

Nonostante le misure adottate, alcune criticità sono emerse, in particolare la difficoltà di garantire un'adeguata protezione nelle situazioni di iperprotezione acustica, dove il rumore ambientale è così basso da interferire con la capacità dei lavoratori di percepire segnali di pericolo. In queste situazioni, è essenziale bilanciare la protezione uditiva con la necessità di mantenere l'attenzione ai rischi circostanti.

In termini di miglioramento, si suggerisce di continuare a implementare programmi di manutenzione regolare delle attrezzature e l'acquisto di macchinari più silenziosi. Inoltre, la sensibilizzazione dei lavoratori sui rischi legati al rumore e sull'uso corretto dei DPI è cruciale per garantire la protezione a lungo termine.

9. CONCLUSIONE

In sintesi, la valutazione del rischio rumore condotta conferma la necessità di un approccio integrato che comprenda l'adozione di DPI efficaci, la corretta gestione dei tempi di esposizione e la formazione continua. Il rispetto delle normative vigenti, come previsto dal **Decreto Legislativo 81/2008**, è essenziale per garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori esposti al rumore nei cantieri edili.

Questo studio ha evidenziato l'importanza della valutazione del rischio rumore nei cantieri edili, dove l'esposizione a livelli sonori elevati è una costante per i lavoratori. I dati raccolti attraverso le misurazioni fonometriche hanno permesso di comprendere meglio i pericoli legati al rumore e di identificare le attività più a rischio. L'utilità di questa analisi risiede nel fornire un quadro chiaro della situazione acustica in cantiere, evidenziando come l'esposizione prolungata a rumori superiori agli 85 dB(A) possa essere gestita efficacemente attraverso l'adozione di dispositivi di protezione individuale (DPI) e l'implementazione di specifiche misure preventive.

I risultati ottenuti confermano che, sebbene in alcuni casi i livelli di esposizione superino i valori limite stabiliti dalla normativa, la corretta applicazione dei DPI e l'adeguata formazione dei lavoratori possono ridurre significativamente i rischi per la salute uditiva. Lo studio sottolinea, inoltre, l'importanza di un monitoraggio costante e di un aggiornamento regolare delle procedure di sicurezza per mantenere i lavoratori protetti da eventuali danni permanenti.

Grazie a questo studio, l'azienda ha potuto mettere in atto un piano di miglioramento continuo, basato sull'uso di attrezzature più silenziose e sulla turnazione delle mansioni a rischio, contribuendo a garantire un ambiente di lavoro più sicuro e conforme agli standard di legge. L'analisi rappresenta dunque uno strumento essenziale per la prevenzione e la protezione contro il rischio rumore, migliorando la qualità della vita lavorativa e riducendo l'incidenza di patologie legate all'esposizione sonora.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008, **“Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro”**, Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n. 101 del 30 aprile 2008.
2. Decreto Legislativo n. 447 del 26 ottobre 1995, **“Legge Quadro sull’Inquinamento Acustico”**, Gazzetta Ufficiale n. 254 del 30 ottobre 1995.
3. ISO 9612:2011, **“Acoustics – Determination of occupational noise exposure – Engineering method”**, International Organization for Standardization, 2011.
4. Ministero dell'Ambiente, **“Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 novembre 1997 – Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”**, Gazzetta Ufficiale n. 280 del 30 novembre 1997.
5. Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), **“Environmental Noise Guidelines for the European Region”**, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018.
6. Fasciolo, A., **“Rumore e vibrazioni: aspetti normativi e tecnici”**, Maggioli Editore, 2016.
7. ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro), **“Linee guida per la valutazione dell’esposizione al rumore nei luoghi di lavoro”**, ISPESL, Roma, 2004.
8. Occhipinti, E., Colombini, D., **“Manuale di igiene industriale: valutazione e controllo del rumore negli ambienti di lavoro”**, FrancoAngeli, 2010.

11. SITOGRAFIA

1. **Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali**, “Testo Unico per la Sicurezza sul Lavoro”, disponibile online su: www.lavoro.gov.it
2. **Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)**, “Linee guida sul rumore ambientale”, disponibile online su: www.who.int
3. **INAIL**, “Prevenzione e sicurezza sul lavoro: rischio rumore”, disponibile online su: www.inail.it
4. **International Organization for Standardization (ISO)**, “Acoustics – Determination of occupational noise exposure – ISO 9612:2011”, disponibile su: www.iso.org
5. **Agenzia Europea per la Sicurezza e la Salute sul Lavoro (EU-OSHA)**, “Gestione del rischio rumore nei luoghi di lavoro”, disponibile online su: osha.europa.eu
6. **ISPRA**, “Monitoraggio e regolamentazione dell'inquinamento acustico”, disponibile su: www.isprambiente.gov.it
7. **Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica**, “Normativa sull'inquinamento acustico”, disponibile online su: www.minambiente.it
8. <https://www.geoapprumore.it/index.php/rumore/addizione-e-sottrazione-dei-livelli-sonori>
9. <http://pcfarina.eng.unipr.it/dispense01/colombo130356/colombo130356.htm>

12. RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine a tutte le persone che mi hanno supportato durante la realizzazione di questa tesi.

In primo luogo, ringrazio il Dott. Federico Ronchese, per aver fatto da relatore in questo progetto di tesi e per avermi assistito nella stesura. Un ringraziamento speciale va anche al Dott. Enrico Casuccia, correlatore, e all'azienda ospitante del tirocinio dove ho potuto fare le misurazioni grazie ai loro strumenti e alla loro professionalità.

Ringrazio anche i tutor del corso di laurea in Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro: Marco Rizzo, Giovanni Missana e Michele Bordignon per avermi accompagnato in questi tre anni di percorso di studio con la loro disponibilità e professionalità.