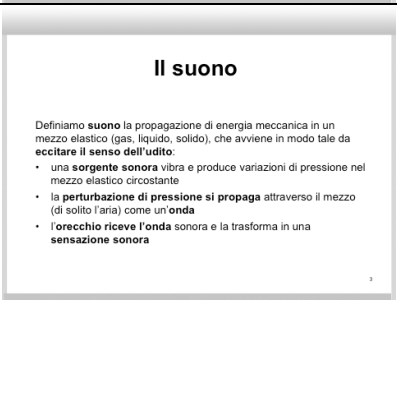
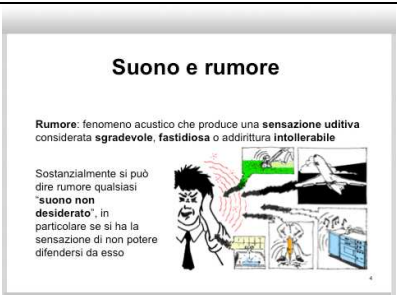
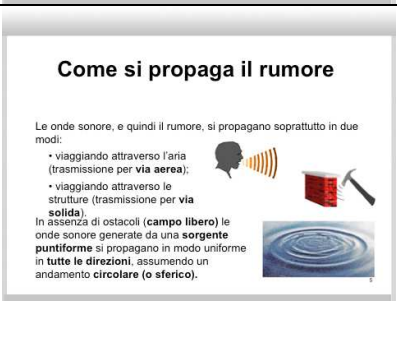
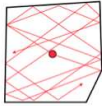
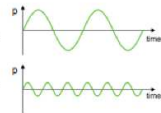
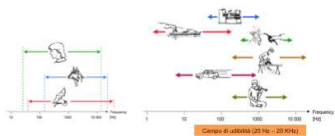
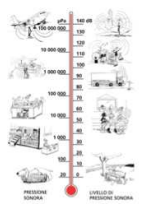
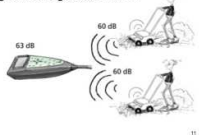
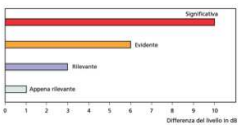
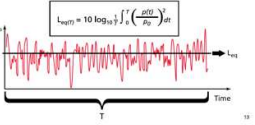
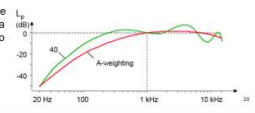
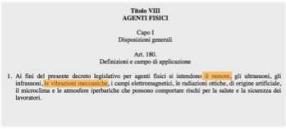


1 	Buongiorno, in questa unità didattica introdurremo alcuni elementi fondamentali riguardanti i rischi di esposizione al rumore e alle vibrazioni durante le attività lavorative.
2 	Il suono, sia di origine naturale sia di origine artificiale, è una parte dell'esperienza di tutti i giorni talmente comune che raramente se ne apprezzano tutti gli aspetti. Esso è in grado di dare luogo a esperienze piacevoli, come l'ascolto della musica o del canto degli uccelli. Inoltre rende possibile la comunicazione parlata, e può fornire avvertimenti, come lo squillo di un telefono o una sirena.
3 	Senza essere troppo scientifici, chiamiamo suono la propagazione di energia meccanica in un mezzo elastico (gas, liquido, solido), che avviene in modo tale da eccitare il senso dell'udito. Un fenomeno sonoro è caratterizzato dai tre elementi seguenti: • una sorgente sonora (per esempio la membrana di un altoparlante) che vibra, e con la sua vibrazione genera variazioni di pressione nel mezzo elastico (tipicamente l'aria) che la circonda; • la perturbazione di pressione che si propaga attraverso il mezzo elastico come un'onda (onda di compressione e rarefazione); • l'orecchio che riceve l'onda sonora e, attraverso i meccanismi sensoriali dell'udito, la trasforma in una sensazione sonora.
4 	Chiamiamo rumore un suono che provoca una sensazione uditiva sgradevole, fastidiosa o addirittura intollerabile. Il suono è un fenomeno fisico, misurabile attraverso grandezze di tipo oggettivo, mentre la sensazione uditiva è un meccanismo fisiologico valutabile con grandezze di tipo soggettivo. Pertanto la distinzione fra "suono" e "rumore" è puramente soggettiva e variabile da persona a persona.
5 	Se il rumore si propaga dalla sorgente al ricevitore attraverso l'aria si parla di trasmissione del rumore per via aerea. Se invece la propagazione delle onde sonore avviene, almeno in parte, attraverso elementi strutturali si parla di trasmissione del rumore per via solida o strutturale. Se le dimensioni di una sorgente sono piccole, in confronto alla distanza dell'ascoltatore, si parla di sorgente puntiforme. In assenza di ostacoli, cioè in campo libero, le onde sonore emesse da una sorgente puntiforme si propagano nello spazio in modo uniforme in tutte le direzioni, e assumono quindi un andamento sferico.

Come si propaga il rumore I suoni, e in particolare i suoni più gravi, cioè le tonalità basse, non sono direzionali, ma tendono ad "aggirare" e "scavalcare" gli ostacoli che incontrano durante la propagazione. Negli ambienti chiusi le onde sonore vengono riflesse da pareti, pavimento e soffitto e tutto l'ambiente viene "riempito uniformemente" dal rumore (campo riverberante). Può essere necessario usare materiali speciali (fonoassorbenti) per ridurre le riflessioni e migliorare l'acustica. 	Le onde sonore, e in particolare i suoni più gravi (le tonalità più basse), non sono fortemente direzionali, ma tendono invece ad aggirare e scavalcare gli ostacoli che incontrano durante la propagazione. Negli ambienti chiusi le onde sonore vengono riflesse da pareti, pavimento e soffitto e tutto l'ambiente viene "riempito uniformemente" dal rumore (campo riverberante). In certi casi (per esempio aule o mense scolastiche) può essere necessario usare materiali speciali (fonoassorbenti) per ridurre le riflessioni e migliorare l'acustica
Le caratteristiche del suono: la frequenza Si dice che un suono è acuto, come certe note suonate da un violino, oppure è grave, come il brontolio del tuono. Ciò che fa percepire un suono come acuto o grave è la sua frequenza. La frequenza è il numero di oscillazioni o vibrazioni nell'unità di tempo. Nel Sistema Internazionale la frequenza si misura in hertz (Hz): 1 oscillazione al secondo = 1 Hz 	Una delle caratteristiche fondamentali del fenomeno sonoro è la frequenza, che fa percepire un suono come acuto (alta frequenza) o grave (bassa frequenza). Alcuni strumenti musicali, come il violino, possono generare suoni molto acuti. Viceversa alcuni fenomeni naturali, come il tuono, o artificiali, come l'attività di un grosso motore, generano suoni gravi. Fisicamente, la frequenza di un'onda è il numero di oscillazioni nell'unità di tempo e si misura in hertz (Hz): 1 oscillazione al secondo = 1 hertz
Le caratteristiche del suono: la frequenza L'orecchio umano percepisce frequenze tra 20 Hz e 20000 Hz; f < 20 Hz: infrasuoni f > 20000 Hz: ultrasuoni 	L'intervallo di frequenza dei suoni che possono essere percepiti dall'orecchio umano si estende da venti (20) hertz a ventimila (20.000) hertz. Sotto ai 20 hertz si parla di infrasuoni, mentre sopra ai 20000 hertz si parla di ultrasuoni. Negli ambienti di lavoro tipicamente prevalgono le frequenze basse e medie, tuttavia si possono incontrare anche rumori ricchi di onde ad alta frequenza (seghe circolari, smerigliatrici, aria compressa ...)
Le caratteristiche del suono: l'intensità Si dice che un suono è lieve, come il fruscio delle foglie, oppure è forte, come il frastuono di un aereo in decollo. Un'onda sonora trasporta energia; l'energia trasportata da un'onda sonora è proporzionale al quadrato della pressione sonora. La percezione di suono forte o lieve dipende dall'energia trasmessa dall'onda sonora al ricevitore (il sistema uditivo), e quindi dalla pressione che l'onda sonora esercita sul nostro orecchio. Livello di pressione sonora (espresso in decibel (dB)) $L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad p_0 = 20 \mu\text{Pa} \quad p_0: \text{pressione di riferimento}$	Un'altra caratteristica fondamentale del fenomeno sonoro è l'intensità, che fa percepire un suono come forte (alta intensità) o lieve (bassa intensità). Un'onda sonora, come tutte le onde, trasporta energia; l'energia trasportata da un'onda sonora è proporzionale al quadrato della pressione sonora. Fisicamente, la percezione di un suono forte o lieve dipende dall'energia trasmessa dall'onda sonora al ricevitore (il sistema uditivo), e quindi dalla pressione che l'onda sonora esercita sul nostro orecchio. Per esprimere l'intensità di un suono in acustica si utilizza il livello di pressione sonora, misurato in decibel; il livello di pressione sonora L_p si ricava dalla pressione sonora p attraverso l'operazione matematica di logaritmo
La scala dei decibel Intervallo di intensità dei suoni percepibili dall'orecchio umano Intensità appena percepibile: soglia di udibilità = 0 dB Intensità elevatissima che provoca dolore immediato: soglia del dolore = 130 dB 	L'intervallo di intensità dei suoni che possono essere percepiti dall'orecchio umano si estende da un'intensità appena percepibile in condizioni di laboratorio (soglia di udibilità, 0 dB), fino a valori estremamente elevati che possono determinare dolore immediato (soglia del dolore, circa 130 dB). Compresi tra questi valori estremi si ritrovano diversi livelli di comune riscontro nella nostra vita quotidiana; per esempio, alcuni livelli di pressione sonora tipici sono i seguenti: biblioteca: 30 ÷ 35 dB ufficio silenzioso: 45 ÷ 50 dB officina con lavorazioni meccaniche: 80 ÷ 85 dB

11 Gli "inganni" dei decibel Il decibel è definito con l'operazione matematica di logaritmo. I calcoli con i decibel non seguono le regole dei normali calcoli aritmetici. Esempio: una sorgente rumore di 60 dB due sorgenti uguali rumore di 60 dB e non di 120! 	Il decibel è definito attraverso l'operazione matematica di logaritmo, pertanto i calcoli con i decibel seguono regole diverse dai normali calcoli aritmetici. Se una sorgente genera un rumore (livello di pressione sonora) di 60 dB, due sorgenti uguali generano un rumore (livello di pressione sonora) di 63 dB e non di 120!
12 Decibel e sensazione sonora L'orecchio umano risponde all'intensità dei suoni in maniera non lineare. Un raddoppio del volume sonoro percepito corrisponde a un incremento di 10 dB del livello di pressione sonora 	L'orecchio umano risponde all'intensità dei suoni in maniera non lineare. Perché venga percepita una variazione significativa del volume del suono, e precisamente un raddoppio del volume, il livello di pressione sonora deve crescere di 10 dB
13 Il meccanismo uditivo Nell'orecchio esterno le onde sonore percorrono il condotto uditivo e mettono in vibrazione la membrana del timpano. Le vibrazioni, attraverso gli ossicini dell'orecchio medio, si trasmettono all'orecchio interno (precisamente alla coclea) dove stimolano particolari cellule sensibili (cellule ciliate). Gli impulsi nervosi vengono inviati al cervello, che li elabora in sensazioni uditive. Un'eccessiva esposizione al rumore può danneggiare irreversibilmente le cellule ciliate. 	Nell'orecchio esterno le onde sonore raggiungono il padiglione auricolare, percorrono il condotto uditivo e mettono in vibrazione la membrana del timpano. Le vibrazioni, attraverso gli ossicini dell'orecchio medio, si trasmettono all'orecchio interno, (precisamente alla coclea) dove stimolano particolari cellule sensibili (cellule ciliate). Gli impulsi nervosi generati da queste cellule vengono inviati al cervello, che li elabora in sensazioni uditive. Un'eccessiva esposizione al rumore può danneggiare irreversibilmente le cellule ciliate.
14 Gli effetti del rumore Possono dare luogo a sensazioni uditive solo onde sonore con frequenze comprese tra 20 Hz e 20.000 Hz. Il nostro orecchio tollera meglio: • a parità di intensità, i rumori continui (ad esempio il rumore emesso da un motore che gira a regime costante) rispetto a quelli impulsivi (ad esempio il rumore emesso da un martello che batte su una lamiera); • a parità di intensità i rumori gravi (bassa frequenza) rispetto a quelli acuti; • i rumori meno intensi rispetto a quelli più intensi	Possono dare luogo a sensazioni uditive solo onde sonore con frequenze comprese tra 20 Hz e 20000 Hz. In linea generale possiamo dire che il nostro orecchio tollera meglio: • a parità di intensità, i rumori continui (ad esempio il rumore emesso da un motore che gira a regime costante) rispetto a quelli impulsivi (ad esempio il rumore emesso da un martello che batte su una lamiera); • a parità di intensità i rumori gravi (bassa frequenza) rispetto a quelli acuti (alta frequenza); • ovviamente, i rumori meno intensi rispetto a quelli più intensi.
15 Gli effetti del rumore a carico dell'udito Danni a carico dell'orecchio causati dall'esposizione al rumore Esposizione istantanea a rumori molto forti e improvvisi: dolore, possibile danno diretto (lacerazione del timpano ...) Esposizione prolungata a rumori forti (almeno 80 dB): riduzione dell'udito, cioè ipoacusia da rumore 	Gli effetti più evidenti dell'esposizione al rumore sono a carico dell'orecchio, che può essere interessato da due diverse situazioni dannose: • Esposizione istantanea a rumori molto forti e improvvisi, che provoca dolore immediato e possibile danno diretto (lacerazione del timpano ...) • Esposizione prolungata a rumori forti (almeno 80 dB), che provoca riduzione dell'udito, la cosiddetta ipoacusia da rumore

16 Ipoacusia da rumore Ipoacusia da rumore: tipica sordità, generalmente bilaterale, causata dalla continua e prolungata esposizione al rumore. Un'esposizione di breve durata ad un rumore che superi l'intensità di 70-75 dB(A) provoca un aumento transitorio della soglia uditiva (fatica uditiva) rapidamente reversibile dopo la cessazione dell'esposizione. Se l'esposizione si prolunga o il rumore aumenta di intensità (sopra gli 80 dB(A)), il fenomeno tende a perdere transitorietà e a diventare permanente: le alterazioni causate dal rumore a livello delle strutture della coclea progrediscono fino a portare alla distruzione delle cellule. La perdita di sensibilità uditiva è progressiva, e comincia dalle alte frequenze.	L'ipoacusia da rumore è una tipica sordità, generalmente bilaterale, causata dalla continua e prolungata esposizione al rumore. Un'esposizione di breve durata ad un rumore che superi l'intensità di 70-75 dB(A) provoca un aumento transitorio della soglia uditiva (fatica uditiva) rapidamente reversibile dopo la cessazione dell'esposizione. Se l'esposizione si prolunga o il rumore aumenta di intensità (sopra gli 80 dB(A)), il fenomeno tende a perdere il suo carattere transitorio e a diventare permanente: le alterazioni causate dal rumore a livello delle strutture della coclea progrediscono fino a portare alla distruzione delle cellule. La perdita di sensibilità uditiva è progressiva, e comincia dalle alte frequenze.
17 Gli effetti del rumore non a carico dell'udito L'esposizione prolungata a livelli di rumore elevati può anche: • dare luogo a effetti extrauditivi, cioè a effetti fisiologici non a carico dell'apparato uditivo, come disturbi del sonno, disturbi a carico dell'apparato digerente o cardiocircolatorio, aumento della pressione sanguigna, disturbi della concentrazione ... • contribuire all'aumento degli infortuni sul lavoro facendo diminuire l'attenzione e la concentrazione degli operatori e la perceibilità dei segnali acustici.	L'esposizione prolungata a livelli di rumore elevati può anche: • dare luogo a effetti extrauditivi, cioè a effetti fisiologici non a carico dell'apparato uditivo, come disturbi del sonno, disturbi a carico dell'apparato digerente o cardiocircolatorio, aumento della pressione sanguigna, disturbi della concentrazione ... • contribuire all'aumento degli infortuni sul lavoro facendo diminuire l'attenzione e la concentrazione degli operatori e rendendo meno avvertibili eventuali segnali acustici di attenzione o di pericolo.
18 La misura del rumore Il rumore si misura mediante il fonometro. La misura fonometrica quantifica l'intensità del rumore in decibel, determinando il Livello di pressione sonora (L_p). 	I livelli di rumore si misurano mediante il fonometro. La misura fonometrica quantifica l'intensità del rumore in decibel, determinando il Livello di pressione sonora (L_p).
19 Il livello equivalente L_{eq} Il livello equivalente continuo di pressione sonora, L_{eq}, è la media di un livello di pressione sonora L_p variabile nel tempo, e ha lo stesso contenuto energetico. Un fonometro in grado di misurare il livello equivalente L_{eq} viene detto fonometro integratore. 	Quando si misurano livelli di rumore variabili nel tempo, si utilizza il livello equivalente continuo di pressione sonora L_{eq}, che è la media nel tempo del livello di pressione sonora variabile L_p, e ha lo stesso contenuto energetico. Il livello equivalente viene calcolato direttamente dal fonometro. Un fonometro in grado di misurare il livello equivalente L_{eq} viene detto fonometro integratore.
20 La curva "A" e i livelli di rumore in dB(A) L'orecchio umano è sensibile in modo differente alle diverse frequenze. I fonometri simulano la risposta dell'orecchio umano (curva in verde) utilizzando una correzione della risposta in frequenza detta curva di ponderazione A (curva in rosso). Un livello di rumore misurato usando la curva A è espresso in dB(A). Quasi tutti i limiti normativi sono espressi in dB(A). 	L'orecchio umano è sensibile in modo differente alle diverse frequenze. I fonometri simulano la risposta dell'orecchio umano (curva in verde) utilizzando una correzione della risposta in frequenza dello strumento detta curva di ponderazione A (curva in rosso). Un livello di rumore misurato usando la curva di ponderazione A è espresso in dB(A). Quasi tutti i limiti normativi sono espressi in dB(A).

21 La normativa nazionale sui rischi da rumore e vibrazioni Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 - Tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro 	Il Decreto Legislativo 81 del 2008 costituisce il riferimento normativo fondamentale per la tutela della sicurezza e della salute nei luoghi di lavoro. Tale decreto disciplina anche la tutela dei lavoratori dall'esposizione agli agenti fisici, tra cui figurano il rumore e le vibrazioni.
22 Il livello di esposizione In caso di esposizione a un rumore continuo, il tempo di esposizione al rumore è un elemento fondamentale per stabilire la nocività del rumore stesso Quantificazione dell'esposizione Livello di esposizione giornaliera al rumore LEX,8h livello medio di rumore, cioè livello equivalente L_{eq}, riferito a una giornata lavorativa della durata nominale di 8 ore $L_{EX,8h} = L_{p,AH,T} + 10 \lg \left[\frac{T_A}{T_0} \right] \text{ dB}$ $L_{p,AH,T}$ è il livello di pressione sonora continuo equivalente ponderato A, per l'intervallo di tempo T_A T_0 è la durata effettiva, espressa in ore, della giornata lavorativa, è la durata di riferimento, $T_0 = 8 \text{ h}$.	In caso di esposizione a un rumore continuo, o comunque ripetitivo e non fortemente impulsivo, il tempo di esposizione al rumore costituisce un elemento fondamentale per stabilire la nocività del rumore stesso: a parità di livello di rumorosità, un tempo di esposizione maggiore comporta un potenziale rischio maggiore. L'esposizione al rumore di un lavoratore è espressa mediante il livello di esposizione giornaliera LEX,8h, che è il livello medio di rumore nel tempo, cioè il livello di pressione sonora continuo equivalente, riferito a una giornata lavorativa della durata nominale di 8 ore. Se un lavoratore ha una giornata di lavoro effettiva di più di 8 ore, il livello di esposizione giornaliera risulta superiore
23 Il livello di esposizione Il Livello di esposizione può essere valutato anche come media su base settimanale (livello di esposizione settimanale al rumore LEX,w), quando le giornate lavorative non sono uniformi Per la determinazione del livello di esposizione giornaliera occorre quantificare il livello equivalente L_{eq} a cui è esposto il lavoratore durante tutta la giornata lavorativa. Generalmente, per evitare una misura prolungata per tutta la giornata lavorativa si procede nel modo seguente 1. Determinazione del livello di rumore di ciascuna lavorazione 2. Calcolo del livello medio, in base alla durata di ciascuna lavorazione	Il Livello di esposizione può essere valutato anche come media su base settimanale (livello di esposizione settimanale al rumore LEX,w), quando le giornate lavorative non sono uniformi. Per la determinazione del livello di esposizione giornaliera occorre quantificare il livello equivalente L_{eq} a cui è esposto il lavoratore durante tutta la giornata lavorativa. Generalmente, per evitare una misura prolungata per tutta la giornata lavorativa si procede nel modo seguente 1. Si determina il livello di rumore di ciascuna lavorazione 2. Si calcola il livello medio giornaliero, in base alla durata di ciascuna lavorazione
24 D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 A diversi valori di riferimento fissati per il livello di esposizione (giornaliera o settimanale) al rumore corrispondono differenti condizioni di rischio e differenti criteri di prevenzione Sono fissati anche limiti per il livello di picco, al fine di tutelare il lavoratore dai rumori fortemente impulsivi. I limiti per il livello di picco sono espressi in dB(C), cioè la misura del picco viene fatta secondo la curva di ponderazione C Sono fissate tre diverse coppie di valori di riferimento (livello di esposizione e livello di picco), che individuano così quattro diverse classi di rischio	A diversi valori di riferimento fissati per il livello di esposizione (giornaliera o settimanale) al rumore corrispondono differenti condizioni di rischio e differenti criteri di prevenzione Sono fissati anche limiti per il livello di picco, al fine di tutelare il lavoratore dai rumori fortemente impulsivi. I limiti per il livello di picco sono espressi in dB(C), cioè la misura del picco viene fatta secondo la curva di ponderazione C Sono fissate tre diverse coppie di valori di riferimento (livello di esposizione e livello di picco), che individuano così quattro diverse classi di rischio
25 D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 1. Valori limite di esposizione: Livello di esposizione: Lex = 87 dB(A) Picco: ppeak = 200 Pa (140 dB(C) rif. alla pressione di 20 µPa); 2. Valori superiori di azione: Livello di esposizione: Lex = 85 dB(A) ppeak = 140 Pa (137 dB(C) riferito alla pressione di 20 µPa); 3. Valori inferiori di azione: Rispettivamente Lex = 80 dB(A) e ppeak = 112 Pa (135 dB(C) riferito alla pressione di 20 µPa).	I valori di riferimento fissati dal Decreto 81/2008 si dividono in valori limite di esposizione, valori superiori di azione e valori inferiori di azione. Valori limite di esposizione: 87 dB(A) per il livello di esposizione, 140 dB(C) per il picco. Valori superiori di azione: 85 dB(A) per il livello di esposizione, 137 dB(C) per il picco. Valori inferiori di azione: 80 dB(A) per il livello di esposizione, 135 dB(C) per il picco.

26

D. Lgs. 9 aprile 2008, n. 81

LEX dB	SOGLIA SUPERATA	CLASSIF. RISCHIO	ADEMPIMENTI / AZIONI
< 80	Nessuna	Assente	Nessuno
Tra 80 e 85	Valore inferiore di azione	Lieve	Obbligo formazione e informazione per lavoratori Datore di lavoro fornisce dispositivi di protezione individuali (DPI) Controllo sanitario su richiesta lavoratore
Tra 85 e 87	Valore superiore di azione	Consistente	Misure tecniche e organizzative per riduzione rumore Segnalazione e delimitazione luoghi Sorveglianza sanitaria Obbligo utilizzo DPI per lavoratori
> 87	Valore limite di esposizione	Grave	Misure immediate per ridurre l'esposizione Individuazione cause dell'esposizione Modifica misure di protezione e prevenzione

27

Misure per ridurre il rumore

Isolamento della sorgente con opportuni elementi **fonoisolanti**

Smorzamento delle vibrazioni mediante idonei dispositivi (gomme, supporti antivibranti a molla, tappeti di feltro, ...)

Trattamento dei diversi locali con inserimento di elementi in materiali specifici **fonoassorbenti**

Idonea **manutenzione delle macchine**, per esempio attraverso corretta lubrificazione, tempestiva sostituzione dei componenti usurati, attento controllo che assicuri il serraggio delle varie parti, evitando così eventuali vibrazioni.

28

Dispositivi di protezione individuali (DPI)

Qualora i rischi derivanti dal rumore non possano essere evitati con le misure di prevenzione e protezione, si utilizzano i **DPI** per l'udito (cuffie, tappi auricolari ...).

La scelta del DPI avviene in base alla valutazione della sua efficacia: il dispositivo deve fornire l'attenuazione necessaria

Il DPI deve eliminare il rischio, o almeno ridurre il rischio al minimo: deve riportare il livello equivalente almeno al di sotto del valore inferiore di azione

Si tiene conto dell'effetto di attenuazione dei DPI solo per valutare il rispetto del valore limite di esposizione

29

Gli adempimenti previsti dal decreto 81 sono diversi in base alla soglia che viene superata, come riportato nella tabella.

In particolare:

- Se i **valori inferiori di azione non sono superati**, non sussiste rischio e non è prevista nessuna azione
- Se i **valori inferiori di azione sono superati**, i lavoratori devono avere a disposizione dei dispositivi di protezione individuali (**DPI**) per l'udito e possono **richiedere di essere sottoposti a sorveglianza sanitaria**
- Se i **valori superiori di azione sono superati**, l'uso dei **DPI** e la **sorveglianza sanitaria sono obbligatori**, Inoltre il datore di lavoro elabora e applica un **programma di misure tecniche ed organizzative per la riduzione del rumore**
- Le misure di riduzione del rumore devono essere immediate se i **valori limite di esposizione sono oltrepassati**

27

Tra le possibili azioni per ridurre il rumore si possono elencare:

- **Isolamento** della sorgente con opportuni elementi **fonoisolanti** (cioè che impediscono la trasmissione del rumore nell'ambiente)
- **Smorzamento** delle vibrazioni mediante idonei dispositivi (gomme, supporti antivibranti a molla, tappeti di feltro, ...)
- **Trattamento acustico dei diversi locali** con inserimento di elementi in materiale specifico **fonoassorbente** (cioè che assorbe il suono impedendone la riflessione)
- idonea **manutenzione delle macchine**, per esempio attraverso corretta lubrificazione, tempestiva sostituzione dei componenti usurati, attento controllo che assicuri il serraggio delle varie parti, evitando così eventuali vibrazioni.

28

Qualora i rischi derivanti dal rumore non possano essere evitati con le misure di prevenzione e protezione, si utilizzano i **dispositivi di protezione individuali (DPI)** per l'udito (cuffie, tappi auricolari ...):

La scelta di uno specifico DPI avviene in base alla valutazione della sua efficacia: il dispositivo scelto deve garantire l'attenuazione necessaria per eliminare il rischio, o comunque per ridurlo al minimo.

Pertanto il DPI scelto deve avere caratteristiche di attenuazione tali da riportare il livello equivalente almeno al di sotto del valore inferiore di azione (80 dB(A))

Anche l'iperprotezione, riduzione del livello equivalente al di sotto dei 65 dB(A), dovrebbe essere in generale evitata: un'eccessiva attenuazione può rendere il DPI poco tollerabile per il lavoratore, ed inoltre esporlo ad altri tipi di rischio (per esempio il mancato avvertimento di segnali acustici di pericolo)

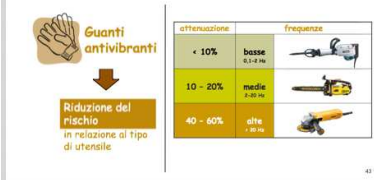
29 Dispositivi di protezione individuali (DPI)  <table> <tr> <th>DPI dell'utente</th><th colspan="4">Esempi indicativi dell'attenuazione fornita</th></tr> <tr> <th></th><th>Small</th><th>M</th><th>Large</th><th>Large</th></tr> <tr> <td>Inserti auricolari modellabili</td><td>21 x 35</td><td>21 x 34</td><td>17 x 34</td><td>11 x 31</td></tr> <tr> <td>Inserti auricolari ad anello (perforati)</td><td>24 x 27</td><td>27 x 30</td><td>19 x 25</td><td>17 x 22</td></tr> <tr> <td>Cuffie</td><td>27 x 30</td><td>30 x 40</td><td>26 x 30</td><td>19 x 23</td></tr> <tr> <td>Cuffie per elmetti</td><td>27 x 30</td><td>31 x 28</td><td>24 x 28</td><td>19 x 24</td></tr> </table>	DPI dell'utente	Esempi indicativi dell'attenuazione fornita					Small	M	Large	Large	Inserti auricolari modellabili	21 x 35	21 x 34	17 x 34	11 x 31	Inserti auricolari ad anello (perforati)	24 x 27	27 x 30	19 x 25	17 x 22	Cuffie	27 x 30	30 x 40	26 x 30	19 x 23	Cuffie per elmetti	27 x 30	31 x 28	24 x 28	19 x 24	Le figure mostrano diverse tipologie di DPI, con esempi indicativi delle caratteristiche di attenuazione. Le caratteristiche di attenuazione di un DPI sono indicate dal costruttore nella documentazione che accompagna il DPI stesso La scelta del tipo di DPI deve tenere conto di: • caratteristiche di attenuazione • tipologia lavorativa: necessità di uso contemporaneo di altri DPI, compatibilità con alte temperature, ... • tolleranza: adattabilità a tutte le persone • gradimento: è preferibile la scelta di un mezzo confortevole
DPI dell'utente	Esempi indicativi dell'attenuazione fornita																														
	Small	M	Large	Large																											
Inserti auricolari modellabili	21 x 35	21 x 34	17 x 34	11 x 31																											
Inserti auricolari ad anello (perforati)	24 x 27	27 x 30	19 x 25	17 x 22																											
Cuffie	27 x 30	30 x 40	26 x 30	19 x 23																											
Cuffie per elmetti	27 x 30	31 x 28	24 x 28	19 x 24																											
30 Inserti auricolari (tappi) Inserti espandibili: in materiale espanso, si indossano comprimendoli e si espandono nel condotto uditivo Inserti preformati: in silicone soffice, gomma o plastica <i>Occorre ricordarsi di lavarsi le mani prima di modellare i tappi; i tappi vanno indossati in ambiente pulito e non polveroso. I tappi riutilizzabili devono essere periodicamente lavati e conservati in apposita scatola.</i> Efficacia in condizioni lavorative reali di un inserto auricolare: tra il 30% e il 50% di quanto misurato in laboratorio	Gli inserti auricolari (tappi) sono generalmente di due tipologie: inserti espandibili, realizzati in materiale espanso, che si indossano comprimendoli e si espandono nel condotto uditivo; inserti preformati, realizzati in silicone soffice, gomma o plastica, con una forma tale da adattarsi il meglio possibile al condotto uditivo Nell'utilizzo dei tappi occorre osservare semplici regole di igiene: <i>occorre ricordarsi di lavarsi le mani prima di modellare i tappi; i tappi vanno indossati in ambiente pulito e non polveroso. I tappi riutilizzabili devono essere periodicamente lavati e conservati in apposita scatola.</i> In una situazione lavorativa reale è facile che il tappo non venga indossato con la cura necessaria per adattarlo perfettamente al condotto uditivo. Pertanto si stima che l'efficacia reale di un inserto auricolare sia compresa tra il 30% e il 50% del valore misurato in laboratorio e dichiarato dal costruttore.																														
31 Cuffie Le cuffie auricolari sono composte da coppe rigide con cuscini di materiale morbido che coprendo le orecchie riducono il rumore. Presentano facilità di utilizzo e buon comfort, ma hanno un ingombro e un peso non trascurabili. Possono essere indossate anche in contemporanea con i tappi. Efficacia in condizioni lavorative reali di una cuffia auricolare: Circa il 75% di quanto misurato in laboratorio	Le cuffie auricolari sono composte da coppe rigide con cuscini di materiale morbido che, coprendo le orecchie, riducono il rumore. Presentano facilità di utilizzo e buon comfort, ma hanno un ingombro e un peso non trascurabili. Possono essere indossate anche in contemporanea con i tappi, per garantire un'attenuazione adeguata in condizioni di rumorosità estrema In una situazione lavorativa reale anche una cuffia può non venire utilizzata nel modo più corretto (ci può essere, per esempio, uno spostamento della cuffia a seguito di movimenti della testa). Pertanto si stima che l'efficacia reale di una cuffia auricolare sia circa il 75% del valore misurato in laboratorio e dichiarato dal costruttore.																														

32 Le vibrazioni Una vibrazione può definirsi come un movimento oscillatorio di un corpo o di una parte di esso, o di una particella intorno ad una posizione di equilibrio. Le vibrazioni si presentano ogni volta che una forza esterna agisce su un sistema meccanico: si riscontrano spesso nei macchinari quando questi sono in funzione. Utilizzo attrezzature meccaniche: possibile esposizione simultanea a rumore e vibrazioni rumore: trasmissione per via aerea vibrazioni: trasmissione per contatto diretto	Una vibrazione può definirsi come un movimento oscillatorio di un corpo o di una parte di esso o, più semplicemente, di una particella intorno ad una posizione di equilibrio. Le vibrazioni si presentano ogni volta che una forza esterna agisce su un sistema meccanico e quindi si riscontrano spesso nei macchinari quando questi sono in funzione. L'utilizzo di attrezzature meccaniche può portare a esposizione contemporanea a rumore e vibrazioni: il rumore si trasmette al soggetto esposto per via aerea, le vibrazioni attraverso il contatto diretto del soggetto esposto con gli elementi in vibrazione.
33 Esposizione a vibrazioni Esposizione a carico del sistema mano-braccio (HAV) - MACCHINE AGRICOLE E DA GIARDINO CONDOTTE A MANO - MACCHINE UTENSILI PORTATILI - MACCHINE SMOVENTI MEZZI DI TRASPORTO CONDOTTI MEDIANTE DISPOSITIVI DI GUIDA - MANUFATTI TRATTENUTI IN MANO DAGLI ADDETTI E SOTTOPOSTI A LAVORAZIONE Esposizione a carico del corpo intero (WBV) - MACCHINE FISSE - MACCHINE SMOVENTI SU GOMMA O CINGOLI - MEZZI DI TRASPORTO	L'esposizione a vibrazioni a carico del sistema mano-braccio [HAV (Hand/arm vibration)] si riscontra in lavorazioni in cui si impugnino utensili vibranti o materiali sottoposti a vibrazioni o impatti ed è generalmente causata dal contatto, con applicazione di una opportuna forza, delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano. L'esposizione a vibrazioni a carico del corpo intero [WBV (whole body vibration)] si riscontra tipicamente nei casi in cui il soggetto esposto opera a bordo del macchinario fonte di vibrazioni, come nel caso dei conducenti di mezzi di trasporto
34 Grandezze rilevanti Accelerazione Intensità delle vibrazioni: Accelerazione – In particolare a_w, accelerazione quadratica media (r.m.s.), ponderata in frequenza, espressa in m/s^2 Componenti in frequenza delle vibrazioni: Intervalli: Mano-braccio: [8 – 1000 Hz] Corpo intero: [0,5 – 80 Hz] Direzione delle vibrazioni L'accelerazione è un vettore. È necessario misurare a lungo i tre assi x, y e z Durata dell'esposizione 	Le variabili rilevanti per definire l'esposizione a vibrazioni sono le seguenti: intensità delle vibrazioni La grandezza fisica utilizzata per quantificare l'intensità delle vibrazioni è l'accelerazione. Più precisamente si utilizza a_w, accelerazione quadratica media (r.m.s.), ponderata in frequenza ed espressa in metri al secondo quadrato (m/s^2) Componenti in frequenza delle vibrazioni L'intervallo di frequenza di interesse per le vibrazioni è da 8 hertz a 1000 hertz per l'esposizione del sistema mano-braccio e da 0,5 hertz a 80 hertz per il sistema mano braccio. C'è parziale sovrapposizione tra gli intervalli di frequenza caratteristici per le vibrazioni e per il rumore, ma nel caso delle vibrazioni si considerano frequenze più basse di quelle acustiche. Direzione delle vibrazioni L'accelerazione è una grandezza fisica vettoriale: deve essere rilevata lungo i tre assi x, y e z di un opportuno sistema di riferimento. Il valore complessivo dell'accelerazione è una combinazione dei valori rilevati lungo i tre assi; questa combinazione avviene in modo diverso nel caso del sistema mano-braccio e del corpo intero. Durata dell'esposizione Ovviamente una maggiore durata dell'esposizione comporta un maggiore trasferimento di energia al soggetto esposto

35

--

<

39 Misure di prevenzione: sistema mano-braccio • Adozione di sistemi di lavoro ergonomici che consentano di ridurre al minimo la forza di prensione o spinta da applicare all'utensile. • Sostituzione dei macchinari che producono elevati livelli di vibrazioni con macchinari che espongano a minori livelli di vibrazioni. Assolutamente prioritaria quando $A(8) > 5 \text{ m/s}^2$. • Effettuazione di manutenzione regolare e periodica degli utensili. • Adozione di cicli di lavoro che consentano di alternare periodi di esposizione a vibrazioni a periodi di non esposizione. • Impiego di DPI (guanti antivibranti). • Informazione sul rischio e formazione su corrette procedure di lavoro • Controlli sanitari preventivi e periodici 42	Tra le possibili azioni per ridurre l'esposizione a vibrazioni a carico del sistema mano-braccio si possono elencare: • Sistemi di lavoro ergonomici che consentano di ridurre al minimo la forza di prensione o spinta da applicare all'utensile. • Sostituzione dei macchinari che producono elevati livelli di vibrazioni con macchinari che espongano a minori livelli di vibrazioni. Assolutamente prioritaria quando $A(8) > 5 \text{ m/s}^2$ • Effettuazione di manutenzione regolare e periodica degli utensili. • Adozione di cicli di lavoro che consentano di alternare periodi di esposizione a vibrazioni a periodi in cui il lavoratore non sia esposto a vibrazioni. • Impiego di DPI (guanti antivibranti). • Informazione sul rischio da esposizione a vibrazioni e formazione specifica sulle corrette procedure di lavoro • Effettuazione di controlli sanitari preventivi e periodici da parte del medico competente.
40 DPI antivibrazioni  43	Nel caso del rumore, l'uso dei DPI può portare all'eliminazione del rischio. Nel caso delle vibrazioni del sistema mano-braccio, l'uso dei DPI (guanti antivibranti) può solo ottenere una riduzione del rischio. L'attenuazione attesa per le vibrazioni in seguito all'uso dei DPI è: • non superiore al 10% per utensili con vibrazioni a bassa frequenza (martelli perforatori e demolitori, avvitatori ad impulso, ...); • tra 10% e 20% per utensili con vibrazioni a media frequenza (motoseghe, decespugliatori, seghe circolari e seghetti alternativi ...); • tra 40% e 60% per utensili con vibrazioni ad alta frequenza (levigatrici, smerigliatrici ...).
41 Misure di prevenzione: corpo intero • Misure di tipo organizzativo: – manutenzione del parco macchine – pianificazione dei turni – pianificazione dei percorsi • Misure di tipo tecnico: – aggiornamento del parco macchine – interventi tecnici sui sedili (disaccoppiamento dalla struttura mediante dispositivi smorzanti) • Informazione sul rischio da esposizione a vibrazioni e formazione specifica sulle corrette procedure di lavoro • Controlli sanitari preventivi e periodici 44	Tra le possibili azioni per ridurre l'esposizione a vibrazioni a carico del corpo intero si possono elencare: • Misure di tipo organizzativo: – manutenzione del parco macchine – pianificazione dei turni – pianificazione dei percorsi • Misure di tipo tecnico: – aggiornamento del parco macchine – interventi tecnici sui sedili (disaccoppiamento dalla struttura mediante dispositivi smorzanti) • Informazione sul rischio da esposizione a vibrazioni e formazione specifica sulle corrette procedure di lavoro • Effettuazione di controlli sanitari preventivi e periodici da parte del medico competente.
42 Grazie per l'attenzione 45	Grazie per la vostra attenzione