

**LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEL
RISCHIO DA VIBRAZIONI NEGLI
AMBIENTI DI LAVORO**

INDICE

1	PREMESSA	pag.	4
2	PARTE I - VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO	pag.	6
2.1	<i>IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO</i>	pag.	6
2.2	<i>EFFETTI DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO</i>	pag.	7
2.2.1	<i>La neuropatia da vibranti</i>	pag.	7
2.2.2	<i>L'osteoartrite da vibranti</i>	pag.	9
2.2.3	<i>L'angiopatia da vibranti</i>	pag.	9
2.2.4	<i>Altre possibili patologie da vibranti</i>	pag.	10
2.3	RIFERIMENTI NORMATIVI	pag.	11
2.4	DEFINIZIONI E PARAMETRI	pag.	12
2.5	CRITERI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO	pag.	15
2.5.1	<i>La proposta di Direttiva dell'Unione Europea sugli Agenti Fisici</i>	pag.	16
2.6	VALUTAZIONE DEL RISCHIO: GENERALITÀ	pag.	17
2.6.1	<i>Valutazione senza misurazioni</i>	pag.	18
2.6.2	<i>Valutazione con misurazioni</i>	pag.	18
2.6.3	<i>Relazione tecnica</i>	pag.	18
2.7	RAPPORTO DI VALUTAZIONE	pag.	19
2.8	AZIONI CONSEGUENTI LA VALUTAZIONE	pag.	21
2.9	CONTROLLI SANITARI PREVENTIVI E PERIODICI	pag.	21
2.9.1	<i>La visita medica preventiva</i>	pag.	22
2.9.1.1	<i>La storia clinica</i>	pag.	23
2.9.1.2	<i>L'esame clinico obiettivo</i>	Pag.	25
2.9.1.3	<i>Test clinici</i>	pag.	25
2.9.2	<i>La visita medica periodica</i>	pag.	26
2.9.3	<i>Indagini specialistiche</i>	pag.	26
2.9.3.1	<i>Indagini vascolari</i>	pag.	26
2.9.3.2	<i>Indagini neurologiche</i>	pag.	27
2.9.3.3	<i>Indagini radiologiche</i>	pag.	28
2.9.3.4	<i>Indagini ematochimiche e immunologiche</i>	pag.	28
2.9.4	<i>Il giudizio di idoneità lavorativa</i>	pag.	28
2.10	ACQUISTO DI NUOVI MACCHINARI	pag.	29
2.11	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE	pag.	30
3	PARTE II – VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO	pag.	33
3.1	<i>IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO</i>	pag.	33
3.2	<i>EFFETTI DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL</i>	pag.	33

CORPO INTERO			
3.2.1	<i>Patologie del rachide lombare</i>	pag.	34
3.2.2	<i>Disturbi cervico-brachiali</i>	pag.	35
3.2.3	<i>Disturbi digestivi</i>	pag.	35
3.2.4	<i>Effetti sull'apparato riproduttivo</i>	pag.	35
3.2.5	<i>Disturbi circolatori</i>	pag.	36
3.2.6	<i>Effetti cocleo-vestibolari</i>	pag.	36
3.3	RIFERIMENTI NORMATIVI	pag.	36
3.4	DEFINIZIONI E PARAMETRI	pag.	37
3.5	CRITERI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO	pag.	40
3.5.1	<i>La proposta di Direttiva dell'Unione Europea sugli Agenti Fisici</i>	pag.	40
3.5.2	<i>La Direttiva Macchine</i>	pag.	41
3.5.3	<i>Lo standard ISO 2631-1</i>	pag.	42
3.6	VALUTAZIONE DEL RISCHIO: GENERALITÀ	pag.	43
3.6.1	<i>Valutazione senza misurazioni</i>	pag.	43
3.6.2	<i>Valutazione con misurazioni</i>	pag.	44
3.6.3	<i>Relazione tecnica</i>	pag.	44
3.7	RAPPORTO DI VALUTAZIONE	pag.	45
3.8	AZIONI CONSEGUENTI LA VALUTAZIONE	pag.	46
3.9	CONTROLLI SANITARI PREVENTIVI E PERIODICI	pag.	47
3.9.1	<i>La visita medica preventiva</i>	pag.	48
3.9.1.1	<i>La storia clinica</i>	pag.	49
3.9.1.2	<i>L'esame clinico obiettivo</i>	pag.	50
3.9.1.3	<i>Indagini specialistiche</i>	pag.	50
3.9.2	<i>La visita medica periodica</i>	pag.	51
3.9.3	<i>Il giudizio di idoneità lavorativa</i>	pag.	51
3.10	ACQUISTO DI NUOVI MACCHINARI	pag.	52
4	LISTA DI CONTROLLO	pag.	52

ALLEGATI

A.1	Guida alla misurazione delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio	pag.	54
A.2	Schema della relazione tecnica sull'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio	pag.	60
A.3	Rapporto di valutazione in aziende con addetti esposti a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio	pag.	65
A.4	Guida alla misurazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero	pag.	67
A.5	Schema della relazione tecnica sull'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero	pag.	71
A.6	Rapporto di valutazione in aziende con addetti esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero	pag.	75

A.7	Tabelle relative agli effetti delle vibrazioni	pag.	77
A.8	Banca dati dei livelli di esposizione a vibrazioni mano-braccio (HAV)	pag.	80
A.9	Banca dati dei livelli di esposizione a vibrazioni al corpo intero (WBV)	pag.	81
A.10	Bibliografia	pag.	82

1 - PREMESSA

E' noto che l'esposizione umana a vibrazioni meccaniche può rappresentare un fattore di rischio rilevante per i lavoratori esposti. L'angiopatia e l'osteopatia da vibranti sono riconosciute come malattie professionali dalla Commissione dell'Unione Europea (90/326/EEC, Annex I, voci 505.01 e 505.02) e dalla legislazione del nostro Paese (D.P.R. 336/94: (i) voce 52 della tabella delle malattie professionali nell'industria; (ii) voce 27 della tabella delle malattie professionali nell'agricoltura, limitatamente alle lavorazioni forestali con uso di motoseghe portatili). Le sole osteoangioneurosi da vibranti costituiscono nel nostro Paese la quinta causa di malattia professionale indennizzata dall'INAIL. Tuttavia in Italia non esistono ancora disposizioni normative specifiche in materia di rischio da esposizione a vibrazioni, che definiscano una politica generale di prevenzione in termini di misure tecniche, organizzative e procedurali tese alla tutela dei lavoratori esposti a vibrazioni, analogamente a quanto prevede il D.Lgs.277/91 in relazione all'esposizione lavorativa al rumore. D'altra parte, l'obbligo di valutare il rischio e di attuare le appropriate misure di prevenzione, protezione e sorveglianza sanitaria, stabilito in generale per tutti i fattori di rischio dal D.Lgs.626/94, vale anche per l'esposizione professionale alle vibrazioni. Va ricordato in proposito che per questo agente di rischio è ancora in vigore l'articolo 24 del D.P.R. 303/56 "Rumori e scuotimenti" che recita: *"Nelle lavorazioni che producono scuotimenti, vibrazioni o rumori dannosi ai lavoratori, devono adottarsi i provvedimenti consigliati dalla tecnica per diminuirne l'intensità"*.

A livello europeo, è stata pubblicata nel 1993 sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea una "Proposta di Direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici" n. 93/C77/02, successivamente modificata dalla Proposta di Direttiva n. 94/C230/03. Tale Proposta riguarda l'esposizione professionale ad una serie di agenti fisici tra cui le vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano-braccio e al corpo intero, e si inquadra nell'ambito delle direttive sociali emesse in applicazione della direttiva quadro sui luoghi di lavoro 89/391/CEE. Allo stato attuale è in corso di preparazione una nuova versione della direttiva e non è possibile prevederne la data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea. Va comunque tenuto presente che alcuni orientamenti sono stati già recepiti dal D.P.R. 459/96 "Direttiva Macchine" (recepimento della direttiva comunitaria 89/392/CEE), che adotta per le vibrazioni trasmesse al corpo intero e al sistema mano - braccio gli stessi livelli di azione assunti dalla Proposta di Direttiva sugli Agenti Fisici 93/C77/02, come verrà discusso in dettaglio nel seguito.

In mancanza di riferimenti di legge specifici, ai fini della valutazione del rischio è necessario ricorrere alle norme di buona tecnica. Il principale riferimento per la misurazione e la valutazione del rischio di esposizione professionale alle vibrazioni al sistema mano-braccio è costituito dallo standard ISO 5349: 1986 (attualmente in fase di revisione), che è anche norma europea sperimentale ENV 25349: 1992. Per quanto riguarda le vibrazioni al corpo intero, il riferimento tecnico per la misurazione e la valutazione del rischio di esposizione professionale è costituito dallo standard ISO 2631-1: 1997.

Nel tentativo di colmare l'attuale carenza di criteri valutativi ai fini della prevenzione del rischio da esposizione a vibrazioni, un rischio che determina il 4-5% delle malattie professionali indennizzate dall'INAIL, ed in ottemperanza ad uno dei propri scopi istituzionali, l'ISPESL ha attivato uno specifico Gruppo di Lavoro, cui ha affidato l'incarico prioritario di proporre Linee Guida per la valutazione del rischio da esposizione a vibrazioni e la redazione dei rapporti di valutazione.

L'obiettivo di queste Linee Guida è pertanto quello di fornire uno schema di riferimento che orienti le aziende ed i loro consulenti ad una risposta corretta agli adempimenti attualmente fissati dalla legge relativamente al rischio vibrazioni, tenendo anche conto del dibattito tecnico e scientifico che si è sviluppato sull'argomento nell'ultimo periodo.

La prima parte delle Linee Guida è dedicata alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, mentre la seconda parte tratta delle vibrazioni trasmesse al corpo.

Resta inteso che non appena sarà emanata da parte dell'Unione Europea una apposita direttiva sull'esposizione professionale alle vibrazioni, attualmente in fase di avanzata definizione, le presenti Linee Guida saranno allineate a quanto disposto nella direttiva.

2 - PARTE I - VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

2.1 IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

E' noto che lavorazioni in cui si impugnano utensili vibranti o materiali sottoposti a vibrazioni o impatti, possono indurre un insieme di disturbi neurologici e circolatori digitali e lesioni osteoarticolari a carico degli arti superiori, definito con termine unitario "Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio". L'esposizione a vibrazioni al sistema mano-braccio è generalmente causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano. In **Tabella 1** si fornisce un elenco di alcuni utensili il cui impiego abituale comporta nella grande maggioranza dei casi un rischio apprezzabile di esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio per il lavoratore.

Tabella 1 - Esempi di sorgenti di rischio di esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio

Tipologia di utensile	Principali lavorazioni
Utensili di tipo percussorio	
Scalpellatori e Scrostatori - Martelli rivettatori	Scalpellatura, pulitura, scanalatura, lapidei, sbavatura di fusioni, rimozioni di ruggini e vernici. Rivettatura.
Martelli Perforatori da 2 a 10 Kg – elettrici, idraulici, pneumatici	Edilizia - lavorazioni lapidei
Martelli Demolitori e Picconatori	Edilizia - estrazione lapidei
Trapani a percussione	Metalmeccanica
Avvitatori ad impulso	Metalmeccanica, Autocarrozzerie
Martelli Sabbiatori	Fonderie - metalmeccanica
Cesoie e Roditrici per metalli	Metalmeccanica
Martelli piccoli scrostatori	Lavorazioni artistiche e finitura lapidei, sbavatura di fusioni
Utensili di tipo rotativo	
Levigatrici orbitali e roto-orbitali	Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Seghe circolari e seghetti alternativi	Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Smerigliatrici Angolari e Assiali	Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Smerigliatrici Diritte per lavori leggeri	Metalmeccanica - Lapedei - Legno
Motoseghe	Lavorazioni agricolo-forestali
Decespugliatori	Manutenzione aree verdi
Altri macchinari	
Tagliaerba	Manutenzione aree verdi
Motocoltivatori	Lavorazioni agricolo-forestali

Chiodatrici	Palletts, legno
Compattatori vibro-cemento	Produzione vibrati in cemento
Limatrici rotative ad asse flessibile	Metalmeccanica - Lavorazioni artistiche:
	Sbavatura - finitura
Manubri di motociclette	Trasporti
Cubettatrici	Lavorazioni lapidei (porfido)
Ribattitrici	Calzaturifici
Altri macchinari a colonna	
Trapani da dentista	Odontoiatria

I criteri valutativi definiti dallo standard internazionale ISO 5349 (1986), discussi nel seguito, rappresentano attualmente il quadro di riferimento principale ai fini della prevenzione del rischio da esposizione a vibrazioni mano-braccio, ed a questi è ancorata la normativa comunitaria in materia di prevenzione del rischio da esposizione a vibrazioni.

2.2 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

L'esposizione a vibrazioni mano-braccio generate da utensili portatili e/o da manufatti impugnati e lavorati su macchinario fisso è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche a carico del sistema mano-braccio. L'insieme di tali lesioni è definito *Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio*. La **componente vascolare** della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita "vibration-induced white finger" (VWF) dagli autori anglosassoni; la **componente neurologica** è caratterizzata da una neuropatia periferica prevalentemente sensitiva; la **componente osteoarticolare** comprende lesioni cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti. Alcuni studi hanno anche riportato un aumentato rischio di alterazioni muscolo-tendinee e di intrappolamento dei tronchi nervosi nei lavoratori che usano utensili vibranti. Sulla base dei risultati di una recente revisione della letteratura epidemiologica, il National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, USA) ha definito di "forte evidenza" l'associazione tra esposizione occupazionale a vibrazioni mano-braccio e occorrenza di lesioni neurovascolari e muscolo-scheletriche a carico degli arti superiori.

E' stato stimato che una frazione tra il 1.7 e 5.8% della forza lavoro in USA, Canada e alcuni Paesi Europei è esposta a vibrazioni mano-braccio di elevata intensità e potenzialmente in grado di provocare danni alla salute dei lavoratori.

2.2.1 La neuropatia da vibranti

Vi è evidenza epidemiologica di una elevata occorrenza di ipo-parestesie, riduzione della sensibilità tattile e termica, e limitazione della capacità di manipolazione fine nei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio rispetto a gruppi di controllo. I disturbi neurosensitivi da vibrazioni mano-braccio sembrano essere dovuti ad alterazioni a carico di diversi tipi di fibre mieliniche e amieliniche (A β , A δ , C) e di due classi di meccanorecettori cutanei definiti rispettivamente *Slow Adapting* [SA I (dischi di Merkel) e SA II (terminazioni di Ruffini)] e *Fast Adapting* [FA I (corpuscoli di Meissner) e FA II (corpuscoli di Pacini e Golgi-Mazzoni)] in rapporto alla rapidità e modalità di risposta allo stimolo meccanico.

Le turbe neurosensitive tendono ad essere localizzate alle estremità distali degli arti superiori, coinvolgendo il territorio di distribuzione del nervo mediano e ulnare, e, talora, anche del nervo radiale. Prevalenze di disturbi neurosensitivi periferici sino all'80% sono state segnalate in vari studi epidemiologici. La sensibilità vibrotattile sembra essere particolarmente compromessa nei soggetti che usano utensili che generano vibrazioni a media e alta frequenza quali ad es: smerigliatrici, motoseghe e strumenti odontoiatrici. In generale, i risultati degli studi clinici ed epidemiologici hanno evidenziato una tendenza ad un progressivo deterioramento delle soglie estensimetriche, termiche e vibrotattili con l'aumentare del tempo di esposizione e della dose giornaliera o cumulativa di vibrazioni.

I risultati di indagini cliniche ed epidemiologiche hanno messo in evidenza che gli effetti neurologici e vascolari da microtraumatismo vibratorio possono manifestarsi e progredire in modo indipendente gli uni dagli altri, non sussistendo tra essi una precisa relazione di dipendenza temporale. Si ritiene, inoltre, che differenti meccanismi patogenetici siano responsabili dell'insorgenza delle turbe neurologiche e vascolari periferiche. Sulla base di tali considerazioni, lo *Stockholm Workshop 86* ha proposto due diverse classificazioni cliniche allo scopo di valutare separatamente le lesioni neurologiche da quelle vascolari nei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio. Per la componente neurologica della sindrome, sono stati proposti tre stadi sintomatologici (vedi **Tabella 1** dell'**Allegato n.7**), definiti sulla base dei dati anamnestici e dei risultati di test obiettivi in grado di esplorare l'integrità e la funzionalità dei termorecettori, nocicettori, meccanorecettori e loro afferenze alle dita delle mani.

In alcuni studi epidemiologici di tipo trasversale e caso-controllo è stato rilevato un aumentato rischio di neuropatie da intrappolamento, in particolare la sindrome del tunnel carpale (STC), in gruppi di lavoratori che utilizzano strumenti vibranti. La STC è anche comune in categorie di operatori le cui mansioni lavorative comportano un notevole impegno muscolo-tendineo e frequenti movimenti ripetitivi del segmento mano-polso. Il contributo indipendente dell'esposizione a vibrazioni e del sovraccarico meccanico, e la loro eventuale interazione, nella patogenesi della STC nei lavoratori che usano utensili vibranti non è ancora stato completamente chiarito dagli studi sperimentali ed epidemiologici. E' stato suggerito che i fattori di stress ergonomico giocano probabilmente un ruolo determinante nell'insorgenza e nella progressione della STC.

2.2.2 L'osteoartropatia da vibranti

Le possibili alterazioni osteoarticolari causate dalle vibrazioni mano-braccio rappresentano un tema controverso. Vari autori ritengono che le lesioni cronico-degenerative dei segmenti ossei e delle articolazioni degli arti superiori osservate negli esposti a vibranti siano di tipo aspecifico e simili a quelle dovute al lavoro manuale pesante o ai processi di invecchiamento. Le prime indagini radiologiche avevano riscontrato una elevata prevalenza di cisti e vacuoli nelle ossa carpali e metacarpali degli esposti a vibranti, ma successivi studi non hanno confermato un eccesso di rischio per tali lesioni rispetto a gruppi di controllo costituiti da lavoratori manuali. Alcuni studi, tuttavia, hanno evidenziato un'aumentata prevalenza di artrosi dei polsi e di artrosi ed osteofitosi dei gomiti in minatori, cavatori, lavoratori edili e operatori dell'industria metalmeccanica e metallurgica esposti a vibrazioni di bassa frequenza e elevata ampiezza generate da utensili a movimento percussorio e percussorio-rotatorio quali: martelli perforatori, martelli da sbancamento, scalpelli e rivettatrici ad alimentazione pneumatica. Al contrario, non è stato rilevato un aumentato rischio per tali lesioni artrosiche nei lavoratori esposti a vibrazioni di media-alta frequenza prodotte da smerigliatrici o motoseghe. E' stato ipotizzato che, oltre allo stress vibratorio, vari altri fattori biomeccanici possano contribuire all'etiopatogenesi delle lesioni osteoarticolari negli esposti a utensili percussori, quali, ad esempio, il sovraccarico articolare, lo sforzo muscolare intenso e le posture incongrue.

2.2.3 L'angiopatia da vibranti

I disturbi vascolari da vibrazioni mano-braccio sono rappresentati da episodi di vasospasmo digitale, classificati, sotto il profilo nosologico, come fenomeno di Raynaud secondario. Secondo la definizione dello *Stockholm Workshop 86*, il fenomeno di Raynaud secondario all'uso di utensili vibranti è caratterizzato da attacchi di pallore locale e ben delimitato, che si manifestano in corrispondenza delle dita delle mani maggiormente esposte al microtraumatismo vibratorio. L'attacco ischemico digitale è di solito scatenato dall'esposizione a microclima freddo ed il ruolo etiopatogenetico delle vibrazioni sembra esplicarsi attraverso meccanismi centrali (iperreattività del sistema nervoso simpatico) o locali (disfunzione dello strato endoteliale, alterazioni dei recettori α -adrenergici, ipertrofia della tunica media muscolare delle arterie digitali). La diagnosi differenziale con il fenomeno di Raynaud primitivo si basa soprattutto sulla distribuzione delle crisi ischemiche digitali e, sovente, sulla presenza di un'anamnesi familiare positiva per sindromi vasospastiche acrali. Il Raynaud primitivo, infatti, è caratterizzato da pallore diffuso, omogeneo e simmetrico nelle due mani; frequentemente anche le dita dei piedi possono essere coinvolte.

La classificazione clinica del fenomeno di Raynaud secondario a vibrazioni mano-braccio consiste di 4 stadi sintomatologici (vedi **Tabella 2** dell'**Allegato n.7**), di grado da lieve a molto severo in rapporto alla frequenza degli episodi vasospastici e al numero

di dita e falangi colpite. Il quarto stadio è riservato ai rari casi di vasculopatia con associate alterazioni trofiche cutanee alle estremità delle dita.

Gli studi epidemiologici indicano che la prevalenza dell'angiopatia da vibranti è estremamente variabile, dallo 0-5% nei lavoratori che operano in aree geografiche a clima caldo all'80-100% in particolari gruppi occupazionali esposti ad elevati livelli di vibrazioni nei Paesi Nordici. L'associazione tra fenomeno di Raynaud e attività lavorativa con utensili vibranti è stata ben documentata in studi epidemiologici di tipo sia trasversale sia longitudinale. Vi sono sufficienti dati epidemiologici che indicano un significativo aumento dell'occorrenza di fenomeno di Raynaud con l'aumentare dell'intensità e della durata dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio.

Studi di follow up hanno evidenziato che l'introduzione di misure preventive per migliorare il lavoro con utensili vibranti ha determinato una riduzione della prevalenza e dell'incidenza del fenomeno di Raynaud da vibrazioni mano-braccio in alcune categorie occupazionali, in particolare tra i lavoratori forestali. Tali effetti positivi sono stati attribuiti all'uso di motoseghe dotate di dispositivi anti-vibranti e all'adozione di misure amministrative che hanno consentito una riduzione del tempo di esposizione ed un miglioramento della organizzazione del lavoro. I dati degli studi epidemiologici sembrano indicare che l'occorrenza del fenomeno di Raynaud da vibrazioni mano-braccio è diminuita nell'ultimo decennio, almeno in quei gruppi di lavoratori che hanno impiegato utensili vibranti di nuova generazione sin dall'inizio dell'attività lavorativa.

2.2.4 Altre possibili patologie da vibranti

Recentemente è stata posta particolare attenzione all'occorrenza di disturbi a carico delle articolazioni, dei muscoli, dei tendini e dei tessuti molli del distretto cervico-brachiale e degli arti superiori nei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio. Tali disturbi sono stati definiti nel loro insieme come *Cumulative Trauma Disorders*. Sulla base dei sintomi e segni clinici (fatica muscolare, dolore persistente, limitazione funzionale) e dei reperti elettro-neuromiografici, sono stati individuati vari quadri patologici muscolo-scheletrici (sindrome cervicale, sindrome dell'apertura toracica, tendiniti, peritendiniti, tenosinoviti) e sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi, già precedentemente menzionate (sindrome del tunnel carpale, sindrome di Guyon). È stato ipotizzato che nella etiopatogenesi di tali affezioni giochino un ruolo rilevante non solo il microtraumatismo vibratorio ma anche, e soprattutto, numerosi fattori ergonomici quali posture incongrue, movimenti ripetitivi, elevata forza di prensione e di spinta sull'impugnatura degli utensili. Il NIOSH, nella sua revisione della letteratura epidemiologica, ha valutato come dotata di una sufficiente evidenza l'associazione tra sindrome del tunnel carpale e lavoro con utensili vibranti, mentre tale evidenza sembra insufficiente per le patologie del distretto cervico-brachiale.

Infine, i risultati di alcuni studi epidemiologici sembrano indicare che l'esposizione occupazionale a vibrazioni mano-braccio può determinare un incremento del rischio di ipoacusia da trauma acustico cronico e l'insorgenza di disturbi a carico del sistema nervoso centrale. Si tratta di un numero limitato di studi, alcuni dei quali viziati da

distorsioni ed errori metodologici, per cui risulta estremamente difficile, se non impossibile, ipotizzare eventuali associazioni tra queste patologie e l'esposizione professionale a vibrazioni mano-braccio.

2.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi, a livello nazionale e internazionale, riguardanti la prevenzione del rischio vibrazioni sono:

- **Decreto Presidente della Repubblica del 19/03/1956, n. 303** “*Norme generali per l’igiene del lavoro*”;
- **Decreto Legislativo 4 dicembre 1992, n. 475** “*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989 in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relativa ai dispositivi di protezione individuale*”;
- **Decreto Legislativo del 19/09/1994, n. 626** “*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*” e successivi aggiornamenti e integrazioni;
- **Decreto Presidente della Repubblica del 24/07/1996, n.459** “*Regolamento per l’attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine*”;
- Norma **ISO 8041** (1990) “*Human response to vibration - Measuring instrumentation*”.
- Norma **ISO 5349** (1986) “*Mechanical vibration – Guidelines for the measurement and assessment of human exposure to hand-transmitted vibration*”.
- Norma **UNI EN 28662-1** (1993) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Generalità*”.
- Norma **UNI EN 28662-2** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Martelli sbavatori e rivettatori*”.
- Norma **UNI EN 28662-3** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Martelli perforatori e rotativi*”.
- Norma **UNI EN ISO 8662-4** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Smerigliatrici*”.
- Norma **UNI EN 28662-5** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Martelli demolitori e picconatori*”.

- Norma **UNI EN ISO 8662-6** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Trapani a percussione*”.
- Norma **EN ISO 8662-7** (1997) “*Hand-held power tools. Measurement of vibration at the handle. Part 7: Wrenches, screwdrivers and nut runners with impact, impulse or ratched action*”.
- Norma **UNI EN ISO 8662-8** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Lucidatrici e levigatrici rotative, orbitali e rotorbitali*”.
- Norma **UNI EN ISO 8662-9** (1998) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Pestelli*”.
- Norma **UNI EN ISO 8662-12** (1997) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Seghetti e limatrici alternativi e seghetti rotativi od oscillanti*”.
- Norma **EN ISO 8662-13** (1997) “*Hand-held power tools. Measurement of vibration at the handle. Part 13: Die grinders*”.
- Norma **UNI EN ISO 8662-14** (1998) “*Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull’impugnatura. Macchine portatili per la lavorazione delle pietre e scrostatori ad aghi*”.
- Norma **UNI EN ISO 10819** (1998) “*Vibrazioni al sistema mano-braccio. Metodo per la misurazione e la valutazione della trasmissibilità delle vibrazioni dai guanti al palmo della mano*”.
- Norma **UNI ENV 25349** (1994) “*Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la misurazione e la valutazione dell’esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio*”.
- Norma **UNI ENV 28401** “*Risposta degli individui alle vibrazioni. Strumenti di misurazione*”.
- Norma **UNI ISO 7505** (1989) “*Macchine forestali – Motoseghe a catena portatili. Misura delle vibrazioni trasmesse alle mani*”.
- Norma **UNI ISO 7916** (1994) “*Macchine forestali – Decespugliatori portatili. Misura delle vibrazioni trasmesse alle mani*”.
- Norma **UNI EN 12096** “*Vibrazioni meccaniche – Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria*”.

2.4 DEFINIZIONI E PARAMETRI

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni definite dallo standard internazionale ISO 5349: 1986, attualmente in corso di revisione e proposto come

standard europeo ENV 25349: 1994, e da numerosi altri criteri igienistici e standard nazionali, si basano sulla misura della seguente grandezza fisica:

$$\mathbf{a}_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T \mathbf{a}_w^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (\text{m/s}^2) \quad (1)$$

La (1) rappresenta il valore quadratico medio (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in m/s^2 . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione. A tal fine lo standard ISO 5349 definisce il sistema di assi cartesiani riportato in **Figura 1**. La curva di ponderazione in frequenza W_h definita dallo standard è la stessa per ciascuno dei tre assi di misura dell'accelerazione ed è riportata in **Figura 2**, insieme al filtro di ponderazione "lineare" W_{lin} , definito dallo stesso standard. Da tali grafici appare che, in accordo con tale standard, l'intervallo di frequenze di interesse igienistico si estende da 8 Hz a 1000 Hz. I criteri definiti dagli standard correnti ai fini della valutazione dell'esposizione a vibrazioni, si basano sull'assunzione che due esposizioni quotidiane a vibrazioni - di entità a_{w1} ed a_{w2} - e di durata rispettivamente T_1 e T_2 , siano equivalenti in relazione ai possibili rischi sulla salute, quando:

$$\mathbf{a}_{w1} T_1^{1/2} = \mathbf{a}_{w2} T_2^{1/2} \quad (2)$$

La (2) esprime in termini matematici il così detto "principio dell'egual energia". Sulla base di tale principio, l'esposizione a vibrazioni mano-braccio viene quantificata mediante la valutazione dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro (4 ore dalla ISO 5349: 1986, in corso di revisione), convenzionalmente denotata con il simbolo $A(8)$. L'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro si calcola mediante la seguente formula:

$$A(8) = A_{(w)sum} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (\text{m/s}^2) \quad (3)$$

dove:

T_e : Durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)
 $A_{(w)sum}$: $(a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)^{1/2}$
 a_{wi} : Valore r.m.s dell'accelerazione ponderata in frequenza (in m/s^2) lungo l'asse $i = x, y, z$.

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più utensili vibranti nell'arco della giornata lavorativa, l'esposizione quotidiana a vibrazioni $A(8)$, in m/s^2 , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^N A_{(w)sum,i}^2 T_i \right]^{1/2} \quad (\text{m/s}^2) \quad (4)$$

dove:

$A_{(w)sum,i}^2$: somma vettoriale dell'accelerazione ponderata in frequenza relativa all'operazione i-esima

T_i : Tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)

Va in proposito considerato che l'esposizione a vibrazioni veniva valutata nell'ambito dello Standard ISO 5349: 1986 in termini del valore r.m.s. dell'accelerazione associato all'asse di maggior esposizione. Per poter ancora utilizzare i dati di esposizione ottenuti secondo tale standard, alla luce dei nuovi criteri valutativi, è da tenere presente che $a_{(w)sum}$ può al massimo essere di un fattore $(3)^{1/2}$ maggiore del valore assunto da a_w lungo l'asse di maggior esposizione. Questo può essere il caso di alcuni utensili di tipo rotativo, ove le componenti assiali dell'accelerazione sono dello stesso ordine di grandezza della componente assiale dominante. Invece, nel caso di utensili di tipo percussorio, quali ad esempio martelli perforatori e demolitori non ammortizzati, $a_{(w)sum}$ supera generalmente il valore assunto da a_w lungo l'asse di percussione, di un fattore compreso tra 1.1 ed 1.3.

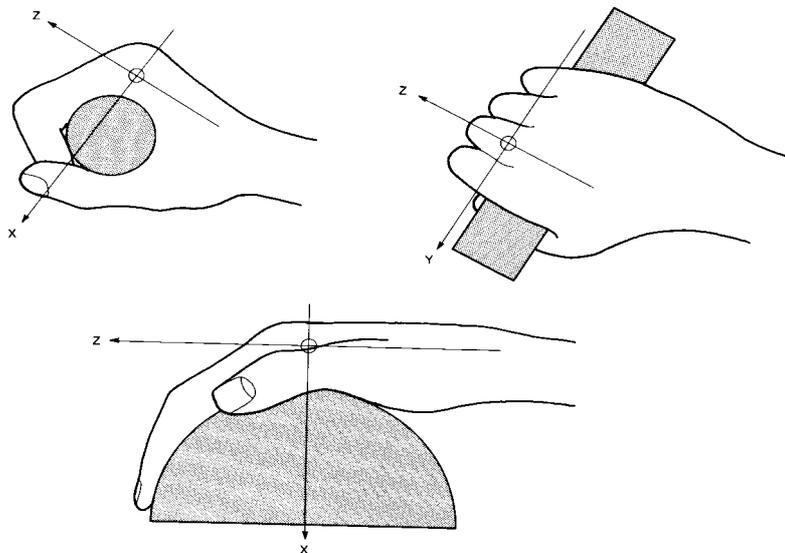


Figura 1: definizione degli assi di misura (ISO 5349)

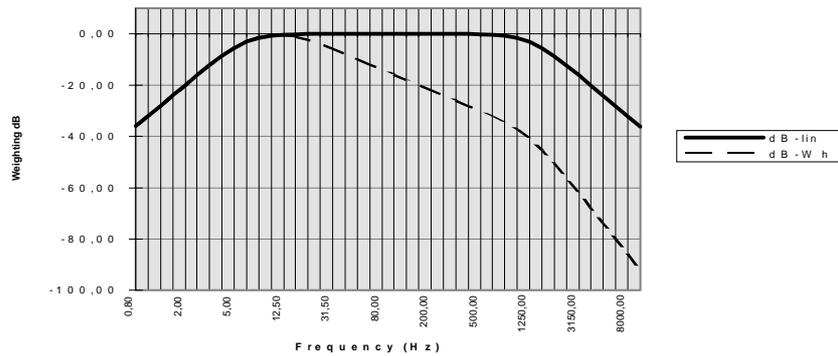


Figura 2: Definizione curve di ponderazione W_{lin} e W_h (ISO 5349)

2.5 CRITERI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

I criteri igienistici formulati nell'ambito degli attuali standard e linee guida sono basati su previsioni di prevalenza del fenomeno di Raynaud, a seguito dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio. In accordo con gli standard correnti, si assume inoltre che tali criteri siano sufficientemente cautelativi, anche ai fini della prevenzione di altri effetti patologici a carico degli arti superiori, associati all'esposizione a vibrazioni.

In particolare, in **Tabella 2** vengono forniti i valori di esposizione a vibrazioni A(8) che, allo stato attuale delle conoscenze, possono indurre il 10% di prevalenza del fenomeno di Raynaud, in funzione degli anni di esposizione.

Tabella 2 - Valori di esposizione giornaliera riferita ad 8 ore di lavoro -A(8)- per cui è possibile stimare una prevalenza del 10% di fenomeno di Raynaud in una popolazione di esposti, in funzione degli anni di esposizione

Anni di esposizione	1	2	4	8
A(8) m/s ²	26	14	7	4

I dati in tabella si basano sulla seguente relazione che consente di stimare gli anni di esposizione per una prevalenza prevista del fenomeno di Raynaud del 10% in gruppi di esposti, in funzione dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita a 8 ore di lavoro A(8):

$$[A(8)/1 \text{ m/s}^2] \cdot [\text{Numero Anni}/1 \text{ anno}] = 31,8 \quad (5)$$

Inoltre, nella **Tabella 3** sono riportate le principali variabili fisiche che influiscono sugli effetti dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio.

Tabella 3 - Variabili fisiche rilevanti in relazione agli effetti dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio: Variabili considerate nei metodi standardizzati di valutazione ISO, BSI, ENV, ANSI, ACGIH:

- 1. Intensità delle vibrazioni**
- 2. Componenti in frequenza delle vibrazioni**
- 3. Direzione delle vibrazioni**
- 4. Durata dell'esposizione**

2.5.1 La Proposta di Direttiva dell'Unione Europea sugli Agenti Fisici

La "Proposta modificata di Direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici" 94/C230/03 stabilisce, in premessa (art. 5), che "tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per il contenimento dell'agente fisico da realizzarsi prioritariamente alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione all'agente fisico stesso devono essere ridotti al livello più basso possibile, con l'obiettivo di ridurre l'esposizione al di sotto del livello di soglia indicato nel pertinente allegato". In particolare il rischio da esposizione a vibrazioni mano-braccio viene valutato mediante l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro, calcolata secondo la formula (4) del paragrafo 2.4.

I livelli di rischio previsti dalla proposta di direttiva UE per l'esposizione alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio sono riportati in **Tabella 4**.

Tabella 4 - Livelli di rischio per l'esposizione a vibrazioni mano braccio fissati dalla Proposta di Direttiva UE sugli Agenti Fisici 94/C230/03

LIVELLO DI SOGLIA	$A(8) = 1 \text{ m/s}^2$
LIVELLO DI AZIONE	$A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$
VALORE LIMITE	$A(8) = 5 \text{ m/s}^2$
LIVELLO DI RISCHIO RILEVANTE	$a_{w \text{ eq}} = 20 \text{ m/s}^2$

Il livello di soglia rappresenta, come detto in premessa della Proposta di Direttiva, il livello cui deve tendere l'attuazione della direttiva ai fini della riduzione del rischio, ovvero quel valore al di sotto del quale un'esposizione permanente e/o ripetitiva non ha conseguenze negative per la salute del soggetto esposto.

Il livello d'azione rappresenta quel valore di esposizione a partire dal quale devono essere attuate specifiche misure di tutela per i soggetti esposti. Tali misure includono la formazione dei lavoratori sul rischio specifico, l'attuazione di interventi mirati alla riduzione del rischio, il controllo sanitario periodico dei soggetti esposti.

Il valore limite rappresenta il livello di esposizione il cui superamento è vietato e deve essere prevenuto, in quanto esso comporta un rischio inaccettabile per un soggetto che vi sia esposto in assenza di dispositivi di protezione. Esposizioni a vibrazioni di livello superiore a 20 m/s^2 , anche se di brevissima durata, sono vietate. Tale valore rappresenta il "livello di rischio rilevante". Macchinari in grado produrre vibrazioni di entità maggiore del "livello di rischio rilevante" dovranno essere munite di idonei contrassegni. Nel caso di utensili in grado di produrre accelerazioni ponderate in frequenza (r.m.s.) con livello equivalente $a_{w \text{ eq}}$ superiore a 10 m/s^2 andranno intensificati gli sforzi di ridurre il rischio alla fonte ed evitate le esposizioni continuative e di lunga durata a tali livelli di vibrazioni.

La nuova stesura della proposta di direttiva europea sugli agenti fisici, pur presentando significative differenze rispetto alla precedente, mantiene il valore di azione di $2,5 \text{ m/s}^2$ e il valore limite di 5 m/s^2 .

2.6 VALUTAZIONE DEL RISCHIO: GENERALITÀ

Per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni è necessario :

1. identificare le fasi lavorative comportanti esposizione a vibrazioni e valutare i tempi di esposizione effettiva a vibrazioni associati a ciascuna fase;
2. individuare macchinari ed utensili utilizzati in ciascuna fase.

Al fine di pianificare le successive fasi valutative è in genere utile acquisire preliminarmente le seguenti informazioni:

- tipologia di macchinari vibranti e principali utensili ad essi collegati; applicazioni per cui ciascun utensile è utilizzato; modalità di impiego di ciascun utensile;
- condizioni operative ove siano percepite le vibrazioni di maggior entità da parte degli operatori;
- fattori che possono influenzare maggiormente l'esposizione a vibrazioni, quali condizioni operative, stato di manutenzione, forza di prensione, vetustà dell'utensile, etc.

Tali informazioni possono portare all'effettuazione di stime preliminari del potenziale rischio da vibrazioni associato all'impiego dei differenti macchinari utilizzati, qualora siano disponibili dati attendibili di certificazione o di letteratura.

2.6.1 Valutazione senza misurazioni

In **Allegato n.8** si riportano i valori ponderati in frequenza delle accelerazioni (r.m.s.) rilevate sulle impugnature di macchinari ed utensili di diffuso impiego in ambito industriale. Il Gruppo di Lavoro che ha elaborato le presenti Linee Guida sta inoltre sviluppando una banca dati, consultabile in INTERNET, che riporterà con un maggior livello di dettaglio i valori delle vibrazioni rilevate sulle impugnature di differenti tipologie di utensili, misurati in differenti comparti e in diverse condizioni operative.

L'uso di tali dati può consentire di stimare preliminarmente, evitando di effettuare misurazioni spesso difficili e costose, se ed in che misura il livello di esposizione quotidiana a vibrazioni del lavoratore riferita alle otto ore di lavoro, A(8), superi o meno il livello d'azione di 2.5 m/s^2 o il valore limite di 5 m/s^2 assunti dalla proposta di norma comunitaria. Ciò al fine di poter mettere immediatamente in atto le appropriate azioni di tutela, individuate nel § 2.8, privilegiando gli interventi alla fonte, quali la sostituzione degli utensili che producono alti livelli di esposizione con utensili che producano minori livelli di vibrazioni.

Si ribadisce in proposito che esposizioni a vibrazioni di livello superiore a 20 m/s^2 , anche se di brevissima durata, devono essere assolutamente evitate, in accordo con quanto indicato dalla Proposta di Direttiva sugli Agenti Fisici 94/C230/03.

2.6.2 Valutazione con misurazioni

Qualora non siano disponibili dati attendibili sulle vibrazioni prodotte dai macchinari impiegati nei cicli produttivi sarà necessario misurare le vibrazioni secondo le attuali norme di buona tecnica. In **Allegato n.1** è riportata una guida alla misurazione delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio basata sugli standard ISO e CEN in materia.

2.6.3 Relazione tecnica

Nel testo della **Relazione tecnica**, vanno riportati i seguenti elementi:

- Anagrafica dell'unità produttiva in oggetto, descrizione della tipologia produttiva e delle mansioni nonché numero degli occupati totali;
- Tabella che identifichi le mansioni e relativo numero di occupati, per le quali si è convenuto di escludere il superamento dei $2,5 \text{ m/s}^2$ di A(8), sulla base di una valutazione senza misurazioni dettagliate, indicando i relativi criteri di giudizio adottati;
- Tipo di strumentazione (di calibrazione e di misura) utilizzata, con data di acquisto o data dell'ultima taratura (di laboratorio), in quest'ultimo caso precisando il centro SIT

o WECC che l'ha effettuata, e gli estremi di identificazione della procedura; descrizione della tecnica di fissaggio degli accelerometri;

- Criteri e modalità di valutazione dei valori di A(8);
- Indicazione dei macchinari (produttore, modello e matricolo, massa, potenza, alimentazione ecc...), delle modalità di lavoro (accessori montati, materiali lavorati, ecc...) in relazione alle misure effettuate. Nel caso di attività a carattere temporaneo (es.: cantieri edili) o non legate ad un preciso luogo di lavoro (es.: agricoltura, autotrasportatori...) andrà prevista, oltre alla descrizione delle lavorazioni e dei mezzi di produzione impiegati, l'indicazione precisa di ciò che si è provveduto a misurare.
- Tabella che associ ai macchinari misurati i rispettivi a_{wi} misurati, la data, i tempi e le condizioni di misura, l'eventuale errore casuale.
- Tabella che descriva il procedimento adottato per assegnare il valore di A(8) al singolo operatore (o al gruppo omogeneo) tenendo conto dell'organizzazione del lavoro (posti di lavoro/mobilità/tempi di permanenza);
- Elenco nominativo di tutti i lavoratori con indicazione delle relative classi di rischio:
 - $A(8) > 5 \text{ m/s}^2$
 - $2,5 \text{ m/s}^2 \leq A(8) \leq 5 \text{ m/s}^2$
 - $A(8) < 2,5 \text{ m/s}^2$
- Suggerimenti tecnici per programmare e attuare le misure tecniche, organizzative e procedurali concretamente attuabili per ridurre l'esposizione e per fissare i tempi di ripetizione della valutazione.

La Relazione tecnica va datata e firmata dal personale competente.

In **Allegato n.2** viene proposto, sotto forma di indice e con alcune esemplificazioni, un modello per la redazione di una **Relazione tecnica** completa e fruibile.

2.7 RAPPORTO DI VALUTAZIONE

Il **Rapporto di Valutazione** va sostanzialmente inteso come una parte del **Documento di valutazione dei rischi ex D.Lgs.626/94** accompagnato dalla una **Relazione tecnica** delle misure (redatta dal personale competente) e da un **Foglio degli aggiornamenti**, da conservarsi congiuntamente in azienda, anche a disposizione dell'organo di vigilanza.

I contenuti della **Relazione tecnica** sono indicati al paragrafo 2.6.3. e una proposta sulla sua articolazione è presentata in **Allegato n.2** (*).

*: se la **Relazione tecnica** risultasse priva di talune informazioni queste dovranno essere indicate nel **Documento**. Simmetricamente, il

Documento, di cui a seguito sono indicati i contenuti, potrà essere semplificato di quanto espressamente già indicato nella **Relazione tecnica**.

Nel **Documento** vanno indicati i seguenti elementi:

1. Data/e di effettuazione della valutazione con misurazioni;
2. Dati identificativi di chi che ha provveduto alla valutazione, se diverso dal datore di lavoro;
3. Dati identificativi della **Relazione tecnica** allegata (es.: eventuale numero di protocollo, numero di pagine, data);
4. Dati identificativi dei RLS -o, in loro assenza, dei lavoratori- consultati ai sensi del D.Lgs.626/94, modalità della loro consultazione e informazione;
5. Numero degli occupati totali dell'unità produttiva riportati in una tabella che correli le mansioni col numero di occupati in quella determinata mansione;
6. Programma delle misure/azioni ritenute opportune per meglio controllare il rischio individuate a seguito della valutazione
7. Dati identificativi del medico competente che è informato dei risultati del controllo dell'esposizione della stessa;

Il **Documento** deve essere firmato dal datore di lavoro.

In calce al **Rapporto di Valutazione** è opportuno compaia la firma di "presa visione" dei RLS -o, in loro assenza, dei lavoratori- consultati ed informati ai sensi del D.Lgs.626/94 e quella del medico competente, se previsto.

Il **Foglio degli aggiornamenti** va previsto per raccordare la situazione descritta nella **Relazione tecnica** coi cambiamenti che via via intervengono sulla realtà produttiva. Ci si riferisce in particolare a quei cambiamenti non in grado di modificare in modo significativo il quadro di rischio (situazione che richiede una nuova valutazione), ma che pur sempre comportano azioni specificamente previste dal D.Lgs.626/94. In particolare, su questo **Foglio** andranno annotate (in ordine cronologico) le assegnazioni alle classi di rischio dei nuovi assunti, degli operatori adibiti ex novo a mansioni a rischio nonché degli operatori che abbiano nel frattempo cambiato mansione.

Per queste situazioni andrà identificata la persona competente che provvede all'assegnazione della classe di rischio e la firma del lavoratore per presa visione.

Registrare anche le dimissioni di operatori e l'acquisto di nuove macchine con $A(8) > 2,5 \text{ m/s}^2$.

Anche se il legislatore non ha voluto formalizzarne uno specifico, in **Allegato n.3** viene proposto un modello per la redazione del **Rapporto di Valutazione**.

2.8 AZIONI CONSEGUENTI LA VALUTAZIONE

Qualora risulti superato il livello di esposizione giornaliera A(8) di 2.5 m/s^2 dovranno essere attuate le seguenti misure di tutela per i lavoratori esposti:

- 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 esponano a minori livelli di vibrazioni. Essa è **assolutamente prioritaria qualora risulti A(8) > 5 m/s²** (es. sostituzione di martelli perforatori di tipo tradizionale con perforatori dotati di sistemi antireattivi).
- 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 ai fini della prevenzione e riduzione del rischio da esposizione a vibrazioni mano-braccio, ed in particolare :
 - corrette modalità di prensione e di impugnatura degli utensili;
 - impiego dei guanti durante le operazioni che esponano a vibrazioni;
 - adozione di procedure di lavoro idonee al riscaldamento delle mani prima e durante il turno di lavoro;
 - incremento di rischio da danni da vibrazioni dovuto al fumo;
 - esercizi e massaggi alle mani da effettuare durante le pause di lavoro.
- Effettuazione di controlli sanitari preventivi e periodici da parte del medico competente.

2.9 CONTROLLI SANITARI PREVENTIVI E PERIODICI

L'art. 33 del DPR 303/56 "Norme generali per l'igiene del lavoro" impone, alla voce 48 della tabella allegata, un controllo sanitario preventivo e periodico a cadenza annuale per i lavoratori esposti a "vibrazioni e scuotimenti". Anche se le categorie di lavoratori citate nella sopramenzionata tabella sono limitate a quelle che impiegano utensili ad aria compressa o ad asse flessibile, pur tuttavia lo stato attuale delle conoscenze cliniche ed epidemiologiche sui danni alla salute provocati dalle vibrazioni meccaniche suggerisce che i controlli medici preventivi e periodici siano eseguiti su tutti i lavoratori professionalmente esposti a vibrazioni mano-braccio generate da macchine e utensili.

Obiettivi generali della sorveglianza sanitaria sono la valutazione dello stato di salute generale dei lavoratori e l'individuazione precoce dei sintomi e segni clinici che possono essere causati da una prolungata esposizione a vibrazioni. A questo si

aggiunga un ruolo non secondario del medico competente ai fini dell'informazione e della formazione dei lavoratori sui potenziali rischi associati all'esposizione a vibrazioni meccaniche

E' compito del datore di lavoro provvedere affinché i lavoratori dipendenti esposti a vibrazioni meccaniche siano sottoposti a sorveglianza sanitaria preventiva e periodica in accordo con le disposizioni della legislazione nazionale e delle direttive dell'Unione Europea.

Il programma di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche è gestito e condotto dal medico competente nominato dal datore di lavoro (D.Lgs.626/94, art. 16). Il medico competente deve altresì conoscere le caratteristiche del processo lavorativo, nonché le macchine utilizzate dai lavoratori, e, in accordo con le disposizioni dell'art. 17 del D.Lgs.626/94, deve eseguire i sopralluoghi degli ambienti di lavoro.

Le informazioni relative ai dati personali e sanitari dei lavoratori esposti devono essere trattate e conservate dal medico competente e i suoi collaboratori nel rispetto delle regole del segreto professionale e delle disposizioni della normativa sulla privacy (legge 675/96).

E' compito del medico competente redigere con periodicità regolare un rapporto, in forma di riepilogo epidemiologico di dati anonimi, sullo stato di salute dei lavoratori esposti a vibrazioni e discutere con il datore di lavoro, i preposti ed i rappresentanti dei lavoratori le possibili associazioni tra i quadri clinici emersi dalla sorveglianza sanitaria periodica e l'esposizione a vibrazioni meccaniche. In tale contesto, il medico competente potrà suggerire possibili soluzioni tese a migliorare le condizioni di lavoro e di salute dei lavoratori esposti. E' anche compito del medico competente coadiuvare il datore di lavoro e il servizio di prevenzione e protezione nella scelta di nuove macchine e/o utensili da introdurre nel ciclo lavorativo, nonché dare un parere esperto sulla efficacia dei dispositivi di protezione individuale per i lavoratori.

I lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio generate da macchine e/o utensili devono essere sottoposti a procedure di sorveglianza sanitaria che comprendono una visita medica preventiva e successive visite mediche periodiche a cadenza annuale. Poiché i sintomi ed i segni clinici della sindrome da vibrazioni mano-braccio non hanno caratteristiche di specificità e possono essere comuni ad altre condizioni patologiche, in occasione dei controlli sanitari il medico competente dovrà considerare la possibilità di utilizzare vari strumenti e test clinici e di laboratorio per poter formulare una corretta diagnosi differenziale.

Di seguito vengono riportate alcune linee-guida per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio allo scopo di fornire al medico competente strumenti clinico-diagnostici utili a valutare l'idoneità del lavoratore a sopportare il rischio specifico.

2.9.1 La visita medica preventiva

Gli scopi della visita medica preventiva sono: (i) acquisire una documentazione sanitaria individuale di base da poter in seguito confrontare con i dati clinici raccolti

nelle successive visite mediche periodiche; (ii) individuare la pre-esistenza di condizioni patologiche che possono determinare un aumento del rischio di occorrenza di lesioni da vibrazioni mano-braccio nel lavoratore portatore di tali affezioni; (iii) informare il lavoratore sui rischi associati all'uso di macchine e/o utensili vibranti e sui mezzi di prevenzione attualmente disponibili.

La visita medica preventiva deve essere eseguita in conformità ai principi e alle pratiche che disciplinano la medicina del lavoro. La visita medica preventiva deve comprendere la storia (anamnesi) personale, lavorativa e sanitaria del soggetto, un esame obiettivo completo, ed eventuali altre indagini specialistiche e di laboratorio secondo il giudizio clinico del medico competente.

2.9.1.1 La storia clinica

L'indagine anamnestica del lavoratore va eseguita in modo tale da consentire la raccolta delle seguenti informazioni di carattere personale e sanitario:

- Anamnesi familiare, con particolare riferimento alla presenza di patologie dell'apparato vascolare (es. ipertensione arteriosa, fenomeno di Raynaud, cefalea vasomotoria), di malattie dismetaboliche (es. diabete mellito, gotta), e di affezioni immuno-reumatologiche (es. artrite reumatoide) nel gentilizio;
- Anamnesi fisiologica, con riferimento a fattori di rischio individuali quali il consumo di tabacco ed alcool;
- Anamnesi lavorativa, con dettagliata registrazione delle esposizioni passate e attuali a vibrazioni mano-braccio in termini di tipologia delle macchine e/o utensili vibranti usati e di durata dell'esposizione, sia giornaliera (ore/die), sia totale (anni); attività extra-lavorative comportanti l'uso di strumenti vibranti; eventuali pregresse esposizioni lavorative ad agenti angiotossici e neurotossici;
- Anamnesi patologica remota e prossima, con particolare riferimento a disturbi e/o malattie acute o croniche a carico degli apparati vascolare, neurologico e muscolo-scheletrico delle estremità superiori; progressi eventi traumatici o interventi chirurgici al collo e/o agli arti superiori; uso abituale di farmaci; sintomi alle estremità degli arti superiori ed inferiori quali ipersensibilità al clima freddo, comparsa di pallore cutaneo, acrocianosi (colorito bluastrò della cute), parestesie (formicolii) ed ipoestesie (torpore) vanno attentamente indagati.

Nota 1: le informazioni sulla storia personale, lavorativa e sanitaria dei lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio possono essere raccolte mediante questionari standardizzati. Esempi di tali questionari saranno prossimamente disponibili per gli operatori sanitari su Internet, e quindi di dominio pubblico, a cura del Vibration Injury Network (VINET) formato da un gruppo di ricercatori ed esperti che lavorano nell'ambito di un programma Biomed II finanziato dalla Commissione dell'Unione Europea.

Nota 2: in occasione della visita medica preventiva, il medico competente dovrà porre particolare attenzione a tutte quelle condizioni patologiche pre-esistenti che possono essere aggravate dall'esposizione a vibrazioni mano-braccio (es. fenomeno di Raynaud primitivo, forme secondarie di fenomeno di Raynaud, neuropatie periferiche, pregresse lesioni o traumi agli arti superiori con alterazioni secondarie a carico degli apparati neurovascolare e/o muscolo-scheletrico). La terapia con alcuni farmaci, es. beta-bloccanti, dovrà essere annotata nella cartella sanitaria del lavoratore.

La **Tabella 3** dell'**Allegato n.7** riporta una lista di malattie vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche che possono determinare un aumentato rischio di occorrenza di lesioni da vibrazioni mano-braccio nel lavoratore portatore di tali condizioni patologiche.

Nota 3: secondo il panel di esperti dello Stockholm Workshop 94, una accurata storia clinica rappresenta tuttora il gold standard per la diagnosi di fenomeno di Raynaud. Sono stati suggeriti i seguenti requisiti anamnestici minimi per la diagnosi di fenomeno di Raynaud secondario ad esposizione a vibrazioni mano-braccio: (i) anamnesi positiva per episodi di pallore ben demarcato ad uno o più dita delle mani provocati dall'esposizione a microclima freddo (una storia di sola cianosi non è sufficiente per una diagnosi di fenomeno di Raynaud di origine occupazionale); (ii) comparsa del primo episodio di pallore digitale dopo l'inizio dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio; (iii) assenza di elementi clinico-anamnestici suggestivi per familiarità positiva per sindromi vasospastiche oppure per fenomeno di Raynaud primitivo o secondario ad altre patologie locali o sistemiche; (iv) presenza di episodi di pallore digitale negli ultimi due anni durante i quali vi sia stata esposizione a vibrazioni mano-braccio (fenomeno di Raynaud da vibranti in fase attiva).

Nota 4: l'osservazione di un tipico attacco di pallore digitale rappresenta il reperto obiettivo fondamentale per la diagnosi di fenomeno di Raynaud. E' importante che i lavoratori esposti a vibrazioni mano-braccio siano istruiti a segnalare, laddove possibile, la comparsa degli episodi di pallore digitale ai preposti e/o al personale sanitario. Il medico competente o i suoi collaboratori dovranno riportare l'avvenuta osservazione di tale evento patologico nella cartella sanitaria del lavoratore.

Nota 5: il lavoratore esposto a vibrazioni mano-braccio deve essere consigliato ed istruito a mantenere caldo il proprio corpo con adeguato vestiario e ad abolire o quantomeno ridurre l'abitudine al fumo di tabacco. I guanti sono utili per proteggere le dita e le mani da eventi traumatici e per mantenere una soddisfacente temperatura cutanea. Per poter essere certificati come antivibranti, i guanti da lavoro devono superare i test di laboratorio

condotti secondo le procedure indicate nello standard UNI EN ISO 10819 (1998) (vedi § 2.11).

2.9.1.2 L'esame clinico obiettivo

Il medico competente dovrà eseguire un esame obiettivo completo del lavoratore valutando con particolare attenzione gli apparati vascolare, nervoso e muscolo-scheletrico periferici.

All'ispezione va rilevata l'eventuale presenza nelle mani di callosità cutanee, morbo di Dupuytren o esiti cicatriziali da pregressi traumi o interventi chirurgici. In generale, il medico competente annoterà qualsiasi anomalia morfologica a carico degli arti superiori.

L'esame obiettivo dell'apparato vascolare comprenderà una descrizione del colorito, temperatura e trofismo cutaneo delle dita e delle mani; la presenza, simmetria e forza dei polsi periferici (brachiale, radiale, ulnare e tibiale posteriore); la misura della frequenza del polso e della pressione sistolica e diastolica omerale in entrambi gli arti superiori.

L'integrità del sistema nervoso periferico sarà valutata mediante esame della sensibilità (tattile, termica, dolorifica e vibratoria) e dei riflessi osteotendinei degli arti superiori ed inferiori.

L'esame obiettivo del sistema muscolo-scheletrico comprenderà l'ispezione degli arti superiori per valutare la presenza di tumefazioni locali, ipotrofia o atrofia muscolare, deformità delle ossa e/o delle articolazioni; la palpazione dei tendini e delle inserzioni tendinee; la valutazione dei movimenti articolari e della forza muscolare.

2.9.1.3 Test clinici

Alcuni semplici test clinici possono consentire una più approfondita valutazione dell'integrità anatomica e funzionale degli apparati vascolare e nervoso periferici. Anche se la validità di tali test è discutibile per via della loro limitata sensibilità e specificità, tuttavia la loro esecuzione può essere di aiuto per confermare la presenza di alterazioni associate con la sindrome da vibrazioni mano-braccio e per valutare clinicamente la progressione nel tempo di tali alterazioni.

Manovre per la valutazione clinica dell'apparato vascolare periferico comprendono il test di Lewis-Prusik (per la valutazione della circolazione capillare), il test di Allen (per la pervietà degli archi arteriosi palmari e delle arterie digitali), ed il test di Adson (per la componente vascolare della sindrome dell'apertura toracica superiore).

Manovre per la valutazione clinica del sistema nervoso periferico e dell'apparato muscolo-tendineo comprendono il test di Roos (per la componente neurologica della sindrome dell'apertura toracica superiore), i test di Phalen e Tinel (per la sindrome del tunnel carpale), il test di Finkelstein (per la sindrome di De Quervain), e infine semplici manovre per la valutazione della destrezza manuale e della manipolazione fine (es. capacità di raccogliere e riconoscere al tatto piccoli oggetti).

Le modalità di esecuzione delle manovre cliniche sopraindicate e vari altri criteri per la diagnosi clinica delle sindromi muscolo-scheletriche del collo e degli arti superiori sono riportati in alcuni testi e pubblicazioni citati in bibliografia.

2.9.2 La visita medica periodica

I soggetti che alla visita medica preventiva sono stati considerati idonei al lavoro con utensili vibranti, dovranno essere in seguito sottoposti a controlli sanitari con periodicità almeno annuale. Qualora si verificassero importanti cambiamenti nell'esposizione a vibrazioni mano-braccio o nello stato di salute del lavoratore, la visita medica periodica può essere effettuata anche ad intervalli più brevi a discrezione del medico competente.

In occasione della visita periodica, il medico competente dovrà eseguire un raccordo anamnestico riportando nella cartella sanitaria del lavoratore qualsiasi nuovo evento accaduto nel periodo di tempo intercorrente dall'ultimo controllo per quanto riguarda sia l'esposizione a vibrazioni mano-braccio (es. variazioni nel tipo di utensili usati e/o nel tempo di esposizione giornaliera), sia l'occorrenza di malattie o di eventi traumatici e la possibile comparsa di disturbi associati con la sindrome da vibrazioni mano-braccio. Nella cartella sanitaria dovranno essere altresì riportati eventuali cambiamenti nello stile di vita (es. consumo di tabacco ed alcool), variazioni nell'assunzione di farmaci, nonché i risultati dell'esame clinico obiettivo eseguito secondo i criteri esposti nei paragrafi 2.9.1.2 e 2.9.1.3.

I possibili sintomi e segni clinici di neuropatia ed angiopatia da vibranti rilevati nel corso della visita medica periodica dovranno essere stadiati mediante le scale dello Stockholm Workshop 86.

2.9.3 Indagini specialistiche

Il ricorso ad eventuali indagini specialistiche in occasione del controllo sanitario preventivo o periodico dovrà essere deciso dal medico competente sulla base dei sintomi riportati dal lavoratore e dei risultati dell'esame clinico obiettivo. Un supplemento di indagini specialistiche può rendersi necessario per i seguenti motivi: (i) formulare correttamente una diagnosi clinica di sindrome da vibrazioni mano-braccio; (ii) stadiare con accuratezza i disturbi neurosensitivi e/o vascolari della sindrome stessa; (iii) acquisire elementi clinico-laboratoristici per la diagnosi differenziale, e (iv) valutare il danno biologico in sede medico-legale.

Tali ulteriori indagini diagnostiche possono essere effettuate dal medico competente stesso qualora ne abbia l'abilitazione e la comprovata capacità oppure da specialisti nelle appropriate discipline mediche.

Vari indagini di laboratorio per la componente neurologica e vascolare della sindrome da vibrazioni mano-braccio sono state discusse allo Stockholm Workshop 94 e i relativi documenti di consensus sono stati pubblicati nella rivista *Arbete och Hälsa* nel 1995.

2.9.3.1 Indagini vascolari

La valutazione obiettiva del fenomeno di Raynaud da vibranti si avvale di diverse procedure di prefrigerazione locale (cold test) con osservazione delle variazioni di colorito della cute delle dita e delle mani, o con misura dei tempi di recupero della temperatura cutanea digitale di base, oppure con misura delle variazioni assolute e percentuali delle pressioni sistoliche digitali misurate con tecnica pletismografica strain-gauge.

La comparsa di pallore cutaneo digitale (white finger) alla semeiotica ispettiva e/o il rilievo di una abnorme risposta vasocostrittrice a 15° o 10°C caratterizzata dal fenomeno di chiusura delle arterie digitali o da un valore di pressione digitale < 60% di quello misurato a 30°C, sono considerati gli indicatori più affidabili per la diagnosi obiettiva di fenomeno di Raynaud.

E' importante ricordare che mentre un cold test positivo supporta in modo definitivo la diagnosi clinico-anamnestica di fenomeno di Raynaud, un test negativo non la esclude, e ciò in relazione a possibili risultati falsi negativi legati a variabili intrinseche (es. bassa temperatura cutanea del soggetto prima dell'esecuzione del cold test) ed estrinseche (es. elevata temperatura ambientale del laboratorio, stagione estiva).

Altri metodi di esecuzione e valutazione del cold test, quali la termometria cutanea e metodiche affini (es. cronotermometria) sono poco standardizzati e la loro accuratezza non è sufficientemente nota. Tali metodiche possono fornire utili informazioni su base di gruppo, ma non sono adeguate per la diagnosi individuale di angiopatia da vibranti.

2.9.3.2 Indagini neurologiche

Una prolungata esposizione ad elevati livelli di vibrazioni mano-braccio può causare alterazioni a carico di diversi tipi di fibre mieliniche e amieliniche (A β , A δ , C) e di due classi di meccanorecettori cutanei, definiti rispettivamente slow adapting [SA I (dischi di Merkel) e SA II (terminazioni di Ruffini)] e fast adapting [FA I (corpuscoli di Meissner) e FA II (corpuscoli di Pacini e Golgi-Mazzoni)] in rapporto alla rapidità e modalità di risposta allo stimolo meccanico.

Una sufficiente validazione clinica è stata raggiunta per i seguenti test neurosensitivi di screening:

1. la percezione delle soglie vibrotattili per lo studio delle fibre mieliniche tipo A β , rilevate in almeno due dita delle mani (il II o III dito per il nervo mediano ed il V dito per il nervo ulnare), utilizzando una singola frequenza (125 Hz) o tre diverse frequenze per valutare la risposta di altrettante popolazioni di meccanorecettori (SA I, FA I, FA II);
2. l'estesiometria cutanea (discriminazione dei due punti, percezione della profondità) per l'esplorazione dei meccanorecettori tipo SA I e FA I;
3. la percezione delle soglie termiche per misurare la funzione delle fibre amieliniche di tipo C (termorecettori per il caldo) e delle fibre A δ (termorecettori per il freddo);
4. la forza di prensione manuale e digitale per valutare la funzione sensitivo-motoria delle estremità distali degli arti superiori;
5. la valutazione della destrezza manuale mediante indagini funzionali quali il Purdue Pegboard test.
6. Sulla base dei risultati dell'anamnesi, dell'esame obiettivo neurologico e dei test di

screening, il medico competente potrà valutare l'opportunità di richiedere un approfondimento neurofisiologico da parte dello specialista neurologo nel caso si pongano problemi di diagnosi differenziale con le sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi e le polineuropatie. La diagnosi differenziale si dovrà basare sui risultati di un approfondito esame obiettivo neurologico, sulla misura delle velocità di conduzione motoria (VCM) e sensitiva (VCS) frazionate almeno a livello del tunnel carpale, sull'EMG e la risposta F in caso di sospette lesioni prossimali (cervicopatia, rizopatia) e, possibilmente, sulla misura della VCM del nervo peroneale e della VCS del nervo surale per escludere la presenza di polineuropatie di varia origine.

2.9.3.3 Indagini radiologiche

L'esecuzione di radiografie delle spalle, gomiti, polsi e mani è di solito limitata ai casi nei quali vi sia un fondato sospetto di osteoartropatia da vibranti, che, come è noto, è inclusa nella lista ufficiale delle malattie professionali della Commissione dell'Unione Europea ed è una tecnopatia indennizzata in alcuni Paesi Europei quali Germania, Belgio, Francia ed Italia.

E' opportuno ricordare che i quadri anatomico-radiologici della osteoartropatia da vibranti sono rappresentati da osteoartrosi, osteofitosi ed esostosi a carico dei polsi e gomiti di lavoratori che usano utensili pesanti di tipo percussorio. E' da segnalare, tuttavia, che tali quadri non sono patognomonici delle lesioni da vibranti, ad eccezione di una più elevata frequenza di osservazione di entesopatia del gomito (sperone olecranico) e, forse, di malacia del semilunare (malattia di Kienböck) e di pseudoartrosi dello scafoide. E' anche opportuno ricordare che l'età del soggetto ed eventuali esiti di traumatismi o fratture locali possono costituire importanti fattori di confondimento per la diagnosi radiologica di osteoartropatia da vibranti.

2.9.3.4 Indagini ematochimiche e immunologiche

Qualora i risultati dell'indagine anamnestica e dell'esame clinico obiettivo pongano problemi di diagnosi differenziale con le malattie vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche indicate nella **Tabella 3** dell'**Allegato n.7**, il medico competente potrà valutare l'opportunità di sottoporre il lavoratore ad alcune indagini ematochimiche (es. emocromo, VES, PCR, glicemia, uricemia) o immunologiche (es. fattore reumatoide, crioglobuline, marker di malattie autoimmuni). Qualora tali indagini mettessero in evidenza la possibile presenza di alterazioni o malattie extra-professionali, il medico competente dovrà contattare il medico curante del soggetto ed eventualmente un medico specialista per la valutazione del caso e l'eventuale formulazione della diagnosi differenziale.

2.9.4 Il giudizio di idoneità lavorativa

E' ben noto a ogni medico competente che il giudizio di idoneità lavorativa dipende dallo stato di salute generale del soggetto, da fattori legati alla variabilità biologica degli

individui e a considerazioni di ordine socio-economico. Adottare rigidi criteri sanitari per l'idoneità all'esposizione ad un rischio specifico non appare una prassi ragionevole quando l'innovazione tecnologica consente di implementare adeguate misure di prevenzione tecnica e personale, secondo quanto riportato nell'ambito delle presenti linee guida.

I protocolli sanitari e le linee-guida per l'idoneità lavorativa rappresentano un utile strumento di lavoro nelle mani del medico esperto, ma possono essere controproducenti se applicati meccanicamente senza adeguata considerazione delle caratteristiche dell'ambiente lavorativo e delle condizioni psicologiche e fisiopatologiche del soggetto da esaminare. Comunque, qualora si desideri disporre di riferimenti orientativi per il giudizio di idoneità al lavoro con utensili vibranti, la **Tabella 3** dell'**Allegato n.7** riporta le malattie vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche che possono sia determinare un aumentato rischio di occorrenza di lesioni da vibrazioni mano-braccio nel lavoratore portatore di tali condizioni patologiche, sia costituire controindicazioni temporanee o permanenti all'esposizione prolungata a vibrazioni mano-braccio. Si noterà che tra le malattie vascolari sono indicate le principali cause di fenomeno di Raynaud secondario, alcune delle quali incompatibili con la normale attività lavorativa. Si tratta pertanto di situazioni irrealistiche nella comune pratica del medico del lavoro.

La limitazione dell'esposizione a vibrazioni mano-braccio o l'allontanamento del lavoratore dall'esposizione stessa dovrà essere decisa dal medico competente sulla base di considerazioni relative alla severità dei sintomi e dei segni clinici associati alla sindrome da vibrazioni mano-braccio, alle caratteristiche del processo lavorativo, e ad altri aspetti legati sia ad accordi contrattuali interni all'azienda sia alla legislazione del nostro Paese. Alcune istituzioni accademiche e enti governativi hanno suggerito l'allontanamento dall'esposizione a vibrazioni mano-braccio per i lavoratori che risultano affetti da disturbi vascolari e/o neurologici con stadio di severità 2 della scala di Stoccolma. Poiché vi sono evidenze cliniche ed epidemiologiche che i disturbi da vibrazioni mano-braccio, in particolare quelli vascolari, possono essere reversibili a seguito della riduzione o della cessazione dell'esposizione, il medico competente dovrà discutere con il lavoratore la possibilità di un suo reinserimento in mansioni che comportano l'uso di utensili vibranti qualora successive visite periodiche dimostrino un progressivo miglioramento o la scomparsa dei sintomi e segni clinici della sindrome da vibrazioni mano-braccio.

2.10 ACQUISTO DI NUOVI MACCHINARI

Il D.P.R. 24 luglio 1996 n. 459, che ha recepito in Italia la "Direttiva Macchine" (89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE, 93/68/CEE), stabilisce i requisiti essenziali cui devono rispondere i macchinari per poter circolare liberamente sul mercato europeo, in relazione alla sicurezza intrinseca degli stessi ed alla tutela da rischi specifici associati al

loro impiego. Per quanto attiene ai rischi associati all'esposizione a vibrazioni, la Direttiva Macchine prescrive, al § 1.5.9: *“La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte”*. Questo criterio generale è applicabile sia nel caso di vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, che per vibrazioni trasmesse a tutto il corpo. Inoltre, il § 2.2 della Direttiva, dal titolo *“Macchine portatili tenute o condotte a mano”*, impone ai costruttori di dichiarare, tra le altre informazioni incluse nelle istruzioni per l'uso, *“il valore medio quadratico ponderato in frequenza dell'accelerazione cui sono esposte le membra superiori quando superi i 2.5 m/s²”*. *Se l'accelerazione non supera i 2.5 m/s² occorre segnalarlo”*.

Le metodiche ufficiali di riferimento ai fini della certificazione delle vibrazioni ai sensi della Direttiva Macchine sono definite nell'ambito degli standard armonizzati ISO-EN. La maggior parte di essi appartiene alla famiglia degli standard ISO 8662-x, recepiti a livello europeo con le norme EN 28662-x. Tali standard, come dichiarato in premessa, vengono emanati con *“lo scopo di comparare le vibrazioni prodotte da differenti tipi di utensili o macchinari, o differenti modelli dello stesso utensile”*. Va rilevato, in proposito, che l'obiettivo primario di tali standard è la definizione di procedure di prova che siano altamente ripetibili, al fine di poter ottenere risultati simili per valutazioni effettuate sullo stesso utensile presso differenti laboratori di certificazione. Pertanto, i valori di vibrazione dichiarati dai produttori non sempre sono rappresentativi dei valori misurati in campo, in quanto il più delle volte le condizioni di prova definite dagli standard sono poco rappresentative delle condizioni reali di esposizione durante l'uso, come peraltro è stato mostrato da alcuni studi pubblicati sull'argomento. Non è dunque appropriato, in linea di principio, usare i valori dichiarati dal produttore ai fini della valutazione del rischio effettivo da esposizione a vibrazioni mano-braccio associata all'impiego dell'utensile durante il lavoro. I valori certificati possono, viceversa, essere proficuamente utilizzati nel confronto di differenti tipologie di utensile, o nella scelta di macchinari in grado di produrre il minor livello di vibrazioni.

2.11 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Per quanto riguarda i dispositivi di protezione individuale, esistono attualmente in commercio guanti cosiddetti "antivibranti", certificati secondo la norma europea armonizzata EN ISO 10819: 1996, che è di supporto ai requisiti essenziali di sicurezza e salute previsti dalla Direttiva UE 89/686/CEE *“Apparecchiature per la protezione della persona”*. Infatti, oltre ai benefici in termini di protezione delle mani dai rischi meccanici (abrasioni, tagli), dalle temperature estreme, dai rischi chimici e dall'umidità, i guanti possono ridurre la trasmissione delle vibrazioni alle mani e quindi assumere il ruolo di dispositivi di protezione individuale (DPI) in relazione al rischio vibrazioni. Ciò ha costituito uno stimolo per le aziende produttrici di guanti, le quali negli ultimi

anni hanno iniziato a produrre dei modelli rivestiti internamente con materiali dotati di proprietà di assorbimento dell'energia meccanica nell'intervallo di frequenze di interesse igienistico (6.3 ÷ 1600 Hz).

La norma armonizzata EN ISO 10819: 1996 (tratta dall'omonimo standard ISO 10819: 1996), prescrive un metodo di laboratorio per la misura delle proprietà dinamiche dei guanti e ne fissa i requisiti prestazionali nella gamma di frequenza tra 31,5 e 1250 Hz. Vengono definiti due differenti spettri di vibrazione, sia matematicamente che in termini di bande di terzi d'ottava: lo spettro M (medie frequenze), che si estende fra 16 e 400 Hz; lo spettro H (alte frequenze), che si estende fra 100 e 1600 Hz. Questi due spettri di vibrazione devono essere riprodotti su una speciale maniglia, dotata di sensori per la rilevazione della forza di spinta e di prensione, montata su uno shaker (tavola vibrante elettrodinamica) orientato orizzontalmente. Il soggetto impugna la maniglia, osservando una determinata configurazione del corpo e del sistema mano-braccio, a mano nuda e a mano guantata e mantenendo sempre una determinata forza di spinta e di prensione sulla maniglia durante le prove. Per entrambi gli spettri (M e H), la cosiddetta trasmissibilità del guanto si determina misurando l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza sulla manopola a mano nuda e su un adattatore tenuto nel palmo della mano dentro il guanto. La trasmissibilità è data sostanzialmente dal rapporto tra l'accelerazione ponderata misurata sull'adattatore a mano guantata e l'accelerazione ponderata misurata sulla manopola a mano nuda, per ognuno dei due spettri. I valori di trasmissibilità da riportare nel rapporto di prova, chiamati trasmissibilità media corretta $\overline{TR}_M \cdot e \cdot \overline{TR}_H$, sono dati dalla media di sei misure ottenute da due ripetute effettuate su tre soggetti adulti con dimensioni delle mani nel range tra 7 e 9 come definite nella norma europea EN 420: 1994.

La norma EN ISO 10819 afferma:

Un guanto non va considerato 'guanto antivibrazione' secondo la presente norma se non rispetta entrambi i seguenti criteri:

$$\overline{TR}_M < 1.0 \cdot e \cdot \overline{TR}_H < 0.6$$

Va considerato in proposito che il soddisfacimento di detti criteri non implica che l'uso di tale guanto elimina il rischio di esposizione alle vibrazioni.

Inoltre, un guanto va considerato "guanto antivibrazione" secondo la stessa norma soltanto se le dita del guanto hanno le stesse proprietà (materiali e spessore) della parte di guanto che copre il palmo della mano".

Questa norma, nonostante lo standard ISO da cui essa è tratta sia non privo di aspetti controversi e di problemi tecnici, è diventata norma armonizzata nell'ambito delle direttive di prodotto per i DPI, e di conseguenza viene utilizzata dai costruttori e dagli organismi notificati per la certificazione CE. I guanti antivibranti, quindi, devono riportare, vicino al marchio CE, l'indicazione della norma EN ISO 10819: 1996, e nella documentazione tecnica i valori di $\overline{TR}_M \cdot e \cdot \overline{TR}_H$.

Considerato dunque che sono disponibili sul mercato guanti marcati CE classificati come *antivibranti*, è chiaro che, dopo aver esperito tutti i possibili interventi tecnici di prevenzione (primaria e secondaria), organizzativi e procedurali, il datore di lavoro può e deve fornire questo tipo di DPI. Si raccomanda di fornirli e farli indossare dopo una adeguata informazione e formazione sul loro corretto utilizzo, sul rischio di esposizione alle vibrazioni e sulle misure generali di tutela adottate, a tutti quei lavoratori esposti a livelli di vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio superiori al limite di azione, pari ad $A(8) = 2,5 \text{ ms}^{-2}$, previsto dalla Proposta di Direttiva del Consiglio C230/03/94 sugli agenti fisici.

3 - PARTE II - VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

3.1 IDENTIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL RISCHIO

E' noto che attività lavorative svolte a bordo di mezzi di trasporto o di movimentazione, quali ruspe, pale meccaniche, trattori, macchine agricole, autobus, carrelli elevatori, camion, imbarcazioni, ecc., espongono il corpo a vibrazioni o impatti, che possono risultare nocivi per i soggetti esposti. Dai numerosi studi epidemiologici pubblicati in letteratura sugli effetti dell'esposizione del corpo intero a vibrazioni (Whole Body Vibration), appare che, per quanto sia stato documentato che alcuni disturbi si riscontrino con maggior frequenza tra lavoratori esposti a vibrazioni, piuttosto che tra soggetti non esposti, non è al momento possibile individuare patologie o danni prettamente associabili all'esposizione del corpo a vibrazioni. Inoltre, lo stato attuale delle conoscenze sulla risposta del corpo umano all'esposizione a vibrazioni è ancora alquanto incompleto e lacunoso per poter consentire la formulazione di modelli biomeccanici idonei alla definizione di criteri di valutazione del rischio esaustivi. Ciò in quanto molteplici fattori di natura fisica, fisiologica e psicofisica, quali ad esempio: intensità, frequenza, direzione delle vibrazioni incidenti, costituzione corporea, postura, suscettibilità individuale, risultano rilevanti in relazione alla salute ed al benessere dei soggetti esposti. Inoltre, alcuni degli effetti possono riscontrarsi in concomitanza di altri, ed influenzarne l'insorgenza. La nuova edizione dello standard ISO 2631-1: 1997, che definisce metodiche standardizzate di misura delle vibrazioni trasmesse al corpo e fornisce alcune linee guida ai fini della valutazione degli effetti sulla salute, dichiara in proposito che *“non esistono dati sufficienti alla definizione di una relazione quantitativa tra esposizione a vibrazioni e rischio di effetti sulla salute. Pertanto non è possibile valutare le vibrazioni trasmesse al corpo in termini di probabilità di rischio per esposizioni di differenti entità e durata”*. Nonostante tali carenze conoscitive, l'adozione di linee guida e criteri igienistici definiti dalle norme internazionali e dalle direttive comunitarie in materia di tutela dei lavoratori dall'esposizione a vibrazioni rappresenta un elemento importante ai fini della tutela della salute dei lavoratori e della riduzione del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo.

3.2 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

L'esposizione occupazionale ad elevati livelli di vibrazioni trasmesse a tutto il corpo da macchine e/o veicoli industriali, agricoli, di trasporto pubblico o militari è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare. In alcuni studi è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile, ed

infine del sistema cocleo-vestibolare. Indagini di tipo trasversale e longitudinale hanno fornito una sufficiente evidenza epidemiologica per una relazione causale tra esposizione professionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e patologia del rachide lombare, mentre l'associazione tra vibrazioni e lesioni ad altri organi o apparati non è stata ancora adeguatamente documentata.

E' stato stimato che una frazione tra il 4 e 7% della forza lavoro in USA, Canada e alcuni Paesi Europei è potenzialmente esposta a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo di elevata intensità.

L'esposizione a vibrazioni trasmesse al tutto il corpo può causare una diminuzione delle prestazioni lavorative nei conducenti di macchine e/o veicoli e modificazioni dello stato di comfort nei passeggeri. Vibrazioni a bassa frequenza (< 0.5 Hz) possono provocare disturbi chinetosici definiti nel loro insieme come "mal dei trasporti". Gli effetti di tipo acuto o sub-acuto da vibrazioni trasmesse al corpo intero non sono presi in considerazione nelle presenti Linee Guida.

3.2.1 Patologie del rachide lombare

I risultati degli studi epidemiologici attualmente disponibili depongono per una maggior occorrenza di lombalgie e lombosciatalgie, alterazioni degenerative della colonna vertebrale (spondiloartrosi, spondilosi, osteocondrosi intervertebrale), discopatie e ernie discali lombari e/o lombosacrali nei conducenti di veicoli industriali e di mezzi di trasporto rispetto a gruppi di controllo non esposti a vibrazioni meccaniche. Vi è una sufficiente evidenza epidemiologica che il rischio di insorgenza di patologie del rachide lombare aumenta con l'aumentare della durata e dell'intensità dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

In un limitato numero di Stati membri dell'Unione Europea (Belgio, Francia, Germania, Olanda), alcune patologie del rachide, in particolare del tratto lombare, sono considerate di origine professionale in presenza di specifici requisiti relativi all'intensità e alla durata di esposizione alle vibrazioni, e come tali suscettibili di indennizzo.

Il ruolo delle vibrazioni nella etiopatogenesi delle alterazioni del rachide lombare non è ancora completamente chiarito poiché la guida di macchine o veicoli comporta non solo l'esposizione a vibrazioni potenzialmente dannose ma anche a fattori di stress ergonomico quali ad es. una prolungata postura assisa o frequenti movimenti di flessione e torsione del rachide. Inoltre, alcune categorie di autisti, come gli addetti a lavori di trasporto in vari settori commerciali, possono svolgere attività di sollevamento e spostamento di carichi manuali che rappresentano un'ulteriore fattore di stress per il tratto lombare del rachide. Alcune caratteristiche individuali (età, indice di massa corporea, abitudine al fumo di tabacco, aspetti costituzionali), fattori di natura psicosociale e pregressi traumatismi alla schiena sono anche riconosciuti come importanti variabili predittive della comparsa di disturbi al rachide, in particolare di lombalgie. Pertanto, i sintomi muscolo-scheletrici e le lesioni al rachide lombare negli autisti di macchine o veicoli rappresentano un complesso di alterazioni di origine multifattoriale nella cui etiopatogenesi intervengono fattori di natura sia occupazionale

sia extra-occupazionale. Ne deriva che risulta molto difficile separare il contributo delle vibrazioni da quello di altri fattori di rischio individuale ed ergonomico nell'insorgenza e/o aggravamento di turbe del rachide. Studi di biodinamica hanno tuttavia evidenziato i seguenti possibili meccanismi attraverso i quali le vibrazioni possono indurre lesioni all'apparato muscolo-scheletrico del rachide: (i) sovraccarico meccanico dovuto a fenomeni di risonanza della colonna vertebrale nell'intervallo di frequenza delle vibrazioni tra 3 e 10 Hz, con conseguente danno strutturale a carico dei corpi vertebrali, dischi e articolazioni intervertebrali; (ii) eccessiva risposta contrattile dei muscoli paravertebrali causata da intenso stimolo vibratorio, con conseguenti fenomeni di strain e affaticamento muscolare.

3.2.2 Disturbi cervico-brachiali

L'esposizione a vibrazioni con frequenze sovrapponibili alla frequenza di risonanza del corpo umano può amplificare la risposta muscolare della regione collo-spalla. Alcuni studi epidemiologici hanno evidenziato un'aumentata occorrenza di disturbi cervico-brachiali nei conducenti di automezzi. Diversi fattori ergonomici sono sospettati di essere all'origine di questi disturbi, quali i movimenti di rotazione e torsione del capo, i movimenti ripetitivi del sistema mano-braccio-spalla per azionare i comandi dei veicoli, e l'esposizione a vibrazioni meccaniche. Tuttavia i pochi studi epidemiologici sinora condotti hanno dimostrato una debole associazione tra esposizione a vibrazioni e disturbi cervico-brachiali.

3.2.3 Disturbi digestivi

Ricerche sperimentali hanno dimostrato che l'esposizione acuta a vibrazioni meccaniche può indurre un aumento dell'attività gastro-intestinale. Alcuni studi epidemiologici hanno riportato un'aumentata prevalenza di disturbi gastro-intestinali, gastrite e ulcera peptica in conducenti di veicoli. L'associazione tra l'esposizione a vibrazioni meccaniche e disturbi dispeptici è risultata, tuttavia, debole. Inoltre, alcuni di questi studi non presentavano un adeguato controllo di possibili, importanti, fattori di confondimento (ad es. fumo di tabacco, assunzione di bevande alcoliche, abitudini alimentari, turni lavorativi, stress). Pertanto, il problema se l'esposizione a vibrazioni possa determinare disturbi digestivi rimane ancora aperto; è tuttavia probabile che i disturbi digestivi rappresentino un effetto minore dell'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

3.2.4 Effetti sull'apparato riproduttivo

E' possibile che l'esposizione a vibrazioni meccaniche possa causare alcuni effetti nocivi sull'apparato riproduttivo femminili. Disturbi del ciclo mestruale, processi infiammatori e anomalie del parto sono stati riportati in donne esposte a vibrazioni con frequenze tra 40 e 55 Hz. In un studio epidemiologico di popolazione su aborto spontaneo e mortalità prenatale senza malformazioni congenite, quest'ultimo evento presentava un'incidenza maggiore di quella attesa in donne lavoratrici esposte a

vibrazioni nel settore dei trasporti. Ulteriori ricerche sono necessarie per confermare tali dati.

3.2.5 Disturbi circolatori

Nella letteratura scientifica viene suggerita un'associazione tra esposizione a vibrazioni e rischio di insorgenza di emorroidi e varici venose degli arti inferiori. Nell'ambito di tale possibile associazione, l'esposizione a vibrazioni potrebbe agire come fattore concorrente in combinazione con la prolungata postura assisa tipica dei conducenti di automezzi e veicoli. Una elevata pressione intra-addominale sembra anche avere un ruolo nel meccanismo patogenetico di tali affezioni. Si tratta comunque di un'evidenza piuttosto debole.

3.2.6 Effetti cocleo-vestibolari

Una prolungata esposizione a vibrazioni meccaniche sembra poter aggravare l'ipoacusia provocata dal rumore. L'esposizione combinata a vibrazioni e rumore sembra causare uno spostamento temporaneo della soglia uditiva alle alte frequenze (6-10 kHz) maggiore di quello provocato dall'esposizione al solo rumore. Il meccanismo patogenetico di tale effetto sinergico sull'organo dell'udito non è stato ancora chiarito. Una iporeflettività vestibolare ed una più elevata prevalenza di turbe vestibolari sono state descritte in lavoratori esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero, ma il significato di un'associazione tra vibrazioni e disturbi vestibolari è dubbio.

3.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi, a livello nazionale e internazionale, riguardanti la misura e la valutazione delle vibrazioni al corpo intero sono i seguenti:

- **Decreto Presidente della Repubblica del 19/03/1956, n. 303** “*Norme generali per l'igiene del lavoro*”;
- **Decreto Legislativo 4 dicembre 1992, n. 475** “*Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989 in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relativa ai dispositivi di protezione individuale*”;
- **Decreto Legislativo del 19/09/1994, n. 626** “*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*” e successivi aggiornamenti e integrazioni;
- **Decreto Presidente della Repubblica del 24/07/1996, n.459** “*Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine*”;

- Norma **ISO 2631-1** (1997) “*Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part. 1: General requirements*”.
- Norma **ISO 2631/3** (1985) “*Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part.3: Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency range 0,1 to 0,63 Hz*”.
- Norma **ISO 5008** (1979) “*Agricultural wheeled tractors and field machinery. Measurement of whole-body vibration at the operator*”.
- Norma **UNI EN 1032** (1998) “*Vibrazioni meccaniche – Esame di macchine mobili allo scopo di determinare l’entità delle vibrazioni trasmesse al corpo intero. Generalità*”.
- Norma **UNI EN 30326-1** (1997) “*Vibrazioni meccaniche –Metodo di laboratorio per la valutazione delle vibrazioni sui sedili dei veicoli. Requisiti di base*”.
- Norma **UNI ISO 8002** (1992) “*Vibrazioni meccaniche. Veicoli terrestri. Criteri di presentazione dei dati misurati*”.
- Norma **ISO 8041** (1990) “*Human response to vibration - Measuring instrumentation*”.
- Norma **UNI EN 12096** “*Vibrazioni meccaniche – Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria*”.

3.4 DEFINIZIONI E PARAMETRI

Le metodiche valutative del rischio da esposizione a vibrazioni, definite nell’ambito della norma ISO 2631-1: 1997, si basano sulla misura della seguente grandezza:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2} \quad (\text{m/s}^2) \quad (1)$$

L’intervallo di frequenze di interesse igienistico, per i possibili effetti sul comfort e sulla salute, si estende da 1 Hz a 80 Hz. In **Tabella 5** è riportato uno schema dei differenti filtri di ponderazione definiti dallo standard e del loro campo di impiego. Da quanto riportato in **Tabella 5** si evince che i filtri di ponderazione W_k , W_d e W_c sono gli unici di interesse ai fini della valutazione del rischio per la salute dei soggetti esposti; in particolare lo standard prende in considerazione, tra gli effetti sulla salute, unicamente le patologie a carico della colonna vertebrale.

Tabella 5 - Guida all'applicazione delle curve di ponderazione

Ponderazione	Salute	Comfort	Percezione	Mal di trasporti
W_k	asse z, sedile	asse z, sedile asse z, in piedi x,y,z piedi (pos. seduta) z pos. supina	asse z, sedile asse z, in piedi z posiz supina	-
W_d	assi x,y sedile	assi x,y sedile assi x,y in piedi y,z schienale x,y pos. supina	assi x,y, sedile assi x,y, in piedi x,y posiz supina	
W_f				verticale
W_c	x, schienale	x, schienale	x, schienale	-
W_e	-	r _x , r _y , r _z sedile	r _x , r _y , r _z sedile	-
W_j	-	pos. supina z (testa)	pos. supina z (testa)	-

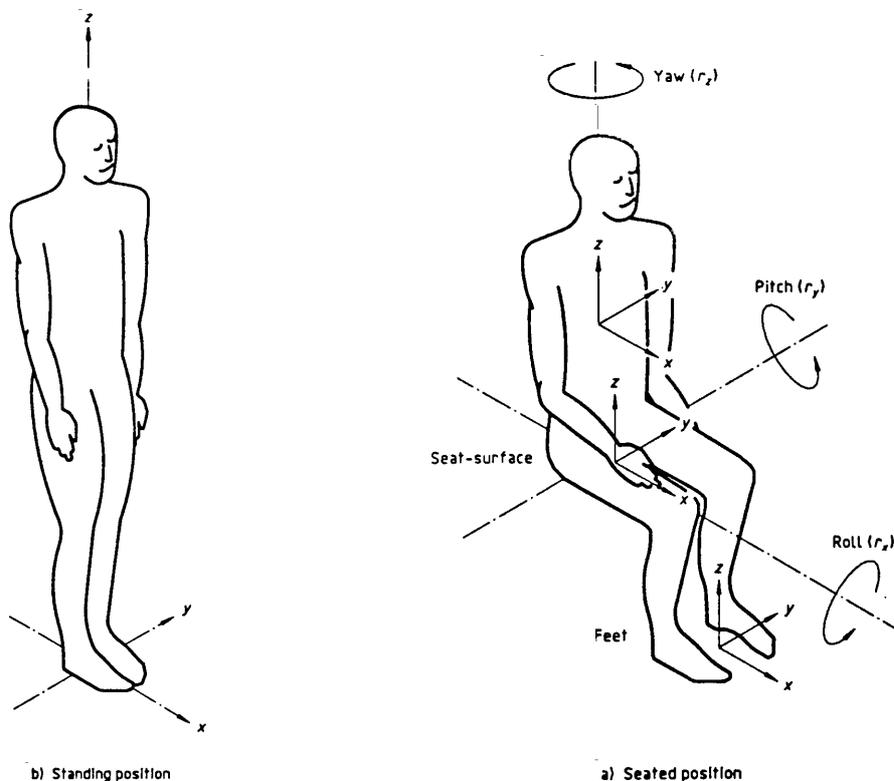
Il valore totale di vibrazioni a cui è esposto il corpo (a_v) si determina, in accordo con lo standard, mediante la seguente relazione:

$$a_v \text{ (m/s}^2\text{)} = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2} \quad (2)$$

ove k_x e k_y assumono valore 1.4, nel caso di esposizioni in posizione seduta, e valore unitario per la posizione eretta, mentre il coefficiente k_z assume in entrambe i casi valore unitario. Va rilevato in proposito che **la (2) è da applicarsi ai fini della valutazione del disagio prodotto da vibrazioni**; per quanto concerne **la valutazione degli effetti sulla salute è da considerarsi unicamente l'esposizione lungo la componente assiale dominante**, moltiplicata per l'appropriato fattore correttivo k_i , come verrà illustrato in dettaglio al successivo paragrafo.

La (1) rappresenta il valore quadratico medio (r.m.s.) dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in m/s^2 . Tale quantità va rilevata lungo ciascuna delle tre componenti assiali del vettore accelerazione. A tal fine lo standard ISO 2631-1 definisce il sistema di assi cartesiani, riportato in **Figura 3**, e specifici filtri di ponderazione in frequenza, definiti per ciascuno dei tre assi di misura x, y, z, e per ciascuna delle differenti posture del corpo esposto a vibrazioni: eretta, seduta, supina.

Figura 3: Definizione degli assi di riferimento ai fini della misura dell'esposizione



Il criterio definito dallo standard ai fini della valutazione dell'esposizione a vibrazioni, si basa sull'assunzione che due esposizioni quotidiane a vibrazioni - di entità a_{w1} ed a_{w2} - e di durata rispettivamente T_1 e T_2 , siano equivalenti in relazione ai possibili rischi sulla salute, quando:

$$a_{w1} T_1^{1/2} = a_{w2} T_2^{1/2} \quad (3)$$

La (2) esprime in termini matematici il così detto "principio dell'egual energia". Sulla base di tale principio, l'esposizione a vibrazioni al corpo intero si può quantificare, analogamente all'esposizione a vibrazioni mano-braccio, mediante l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro, convenzionalmente denotata con il simbolo $A(8)$. L'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro si calcola mediante la seguente formula:

$$A(8) = a_v \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (\text{m/s}^2) \quad (4)$$

dove:

- T_e : Durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)
- a_v : Valore dell'accelerazione complessiva definito dalla (2)

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più mezzi meccanici nell'arco della giornata lavorativa, l'esposizione quotidiana a vibrazioni A(8), in m/s², sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^N a_{vi}^2 T_i \right]^{1/2} \quad (\text{m/s}^2) \quad (5)$$

dove:

a_{vi}^2 : somma vettoriale dell'accelerazione ponderata in frequenza relativa all'operazione i-esima

T_i : Tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)

Nel caso di vibrazioni impulsive e di transienti vibratori, lo standard definisce una metodica valutativa addizionale, in quanto si ritiene che la metodica primaria, basata sulla valutazione delle quantità definite in (1) e (2), potrebbe portare a sottostimare l'esposizione, in relazione agli effetti sulla salute e sul comfort.

Il criterio definito dallo standard ai fini della valutazione dell'esposizione a vibrazioni impulsive, si basa sull'assunzione che due esposizioni quotidiane a vibrazioni - di entità a_{w1} ed a_{w2} - e di durata rispettivamente T_1 e T_2 , siano equivalenti in relazione ai possibili rischi sulla salute, quando:

$$a_{w1} T_1^{1/4} = a_{w2} T_2^{1/4} \quad (6)$$

3.5 CRITERI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

3.5.1 La Proposta di Direttiva dell'Unione Europea sugli Agenti Fisici

La "Proposta modificata di Direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici" 94/C230/03 stabilisce, in premessa (art. 5), che "tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di misure per il contenimento dell'agente fisico da realizzarsi prioritariamente alla fonte, i rischi derivanti dall'esposizione all'agente fisico stesso devono essere ridotti al livello più basso possibile, con l'obiettivo di ridurre l'esposizione al di sotto del livello di soglia indicato nel pertinente allegato". In particolare il rischio da esposizione a vibrazioni al corpo intero viene valutato mediante l'accelerazione equivalente ponderata in frequenza riferita ad 8 ore di lavoro, calcolata secondo la formula (4) del paragrafo 3.4.

I livelli di rischio previsti dalla proposta di direttiva UE per le vibrazioni trasmesse al corpo intero sono riportati in **Tabella 6**.

Tabella 6 - Livelli di rischio per l'esposizione a vibrazioni al corpo intero fissati dalla Proposta di Direttiva UE sugli Agenti Fisici 94/C230/03

LIVELLO DI SOGLIA	A(8) = 0,25 m/s²
LIVELLO DI AZIONE	A(8) = 0,5 m/s²
VALORE LIMITE	A(8) = 0,7 m/s²
LIVELLO DI RISCHIO RILEVANTE	a_{w eq} = 1,25 m/s²

Il livello di soglia rappresenta, come detto in premessa della Proposta di Direttiva, il livello cui deve tendere l'attuazione della direttiva ai fini della riduzione del rischio, ovvero quel valore al di sotto del quale un'esposizione permanente e/o ripetitiva non ha conseguenze negative per la salute del soggetto esposto.

Il livello d'azione rappresenta quel valore di esposizione a partire dal quale devono essere attuate specifiche misure di tutela per i soggetti esposti. Tali misure includono la formazione dei lavoratori sul rischio specifico, l'attuazione di interventi mirati alla riduzione del rischio, il controllo sanitario periodico dei soggetti esposti.

Il valore limite rappresenta il livello di esposizione il cui superamento è vietato e deve essere prevenuto, in quanto esso comporta un rischio inaccettabile per un soggetto che vi sia esposto in assenza di dispositivi di protezione. Esposizioni a vibrazioni di livello superiore a 1,25 m/s², anche se di brevissima durata, sono vietate. Tale valore rappresenta il "livello di rischio rilevante". Macchinari in grado di produrre vibrazioni di entità maggiore del "livello di rischio rilevante" dovranno essere munite di idonei contrassegni.

La nuova stesura della proposta di direttiva europea sugli agenti fisici presenta significative differenze rispetto alla precedente, ed allo stato attuale non è possibile, contrariamente alla parte relativa alle vibrazioni mano-braccio, fare previsioni sui livelli di vibrazione che saranno adottati.

3.5.2 Direttiva Macchine 89/392/CEE

La "Direttiva Macchine" prescrive, al § 1.5.9: *“La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte”*. Questo criterio generale è applicabile sia nel caso di vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, che per vibrazioni trasmesse a tutto il corpo. Inoltre ai costruttori è prescritto di dichiarare, tra le altre informazioni incluse nelle istruzioni per l'uso, *“il valore medio quadratico ponderato in frequenza dell'accelerazione cui è esposto il corpo (piedi o parte seduta) quando superi i 0.5 m/s²”*. *Se l'accelerazione non supera i 0.5 m/s² occorre segnalarlo”*.

Essendo stata la Direttiva Macchine recepita in Italia dal D.P.R. 459/96, **si ritiene che sussistano sufficienti elementi per consigliare, in queste Linee Guida, l'adozione**

del valore di $A(8) = 0.5 \text{ m/s}^2$ come valore di azione ai fini della prevenzione del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo.

3.5.3 Norma ISO 2631-1

L'annesso B della norma ISO 2631-1 fornisce le linee guida per la valutazione dell'esposizione a vibrazioni, in relazione al rischio di insorgenza di patologie a carico della colonna vertebrale in soggetti sani. Tali criteri si riferiscono ad esposizioni che avvengano in posizione seduta, con trasmissione delle vibrazioni attraverso il sedile.

I criteri di valutazione definiti dall'annesso B si basano sulla comparazione della quantità $k_i a_{wi}$ (m/s^2), definita al precedente paragrafo, con curve che esprimono a_w in funzione del tempo; esse individuano - per ciascuna durata di esposizione - valori limite di a_w (m/s^2) idonei a prevenire possibili effetti sulla salute a carico della colonna vertebrale per individui sani che siano esposti abitualmente a vibrazioni.

Si ricorda che la quantità $k_i a_{wi}$ (m/s^2), viene determinata moltiplicando il valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza rilevato lungo l'asse di maggior esposizione a_{wi} (m/s^2) per l'appropriato fattore correttivo k_i , che assume valore 1.4 per gli assi x-y; ed 1 per l'asse z.

Tabella 7 - Livelli d'azione e valori limite (valori r.m.s. ponderati in frequenza) per tempi di esposizione a vibrazioni compresi tra 0,5 e 16 ore (asse dominante: z).

Tempo esposizione (ore)	Limite inferiore di rischio (Livello d'azione) aw_1 (m/s^2)	Esposizione massima ammissibile aw_2 (m/s^2)
0,5	0,9	1,9
1	0,8	1,6
2	0,7	1,3
3	0,6	1,2
4	0,6	1,1
5	0,5	1,0
6	0,5	1,0
7	0,5	1,0
8	0,5	0,9
9	0,5	0,9
10	0,4	0,9
11	0,4	0,9
12	0,4	0,8
13	0,4	0,8
14	0,4	0,8
15	0,4	0,8
16	0,4	0,8

Le curve a_w -tempo, riportate nell'annesso B della norma, individuano un'area di attenzione per i possibili rischi per la salute secondo la quale il valore limite per esposizioni continuative di 8 ore/giorno è di 0.9 m/s^2 , mentre il livello d'azione (limite inferiore di rischio) risulta di 0.5 m/s^2 , in accordo con la proposta di direttiva sugli agenti fisici 94/C230/03 e con la direttiva macchine 89/392/CEE.

In **Tabella 7** si riportano i livelli d'azione e valori limite (valori r.m.s. ponderati in frequenza) per tempi di esposizione a vibrazioni compresi tra 0.5 e 16 ore.

In attesa della emanazione della Direttiva europea, nell'ambito di queste Linee Guida, si consiglia quindi l'adozione del valore di $A(8) = 0.9 \text{ m/s}^2$ come valore limite di esposizione ai fini della prevenzione del rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo.

3.6 VALUTAZIONE DEL RISCHIO: GENERALITÀ

In generale vanno considerati esposti a vibrazioni trasmesse al corpo tutti quei lavoratori che prestino la loro abituale attività alla guida o comunque a bordo dei seguenti automezzi:

- trattori e altre macchine agricole e forestali
- camion industriali: carrelli elevatori, autogru, ruspe, benne etc.
- veicoli e macchinari da escavazione nei comparti estrattivi e delle costruzioni
- treni, autobus, e sistemi di trasporto su strada o rotaia.

Per poter valutare correttamente il rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero è necessario :

1. identificare le fasi lavorative comportanti l'esposizione a vibrazioni e valutare i tempi di esposizione effettiva a vibrazioni associati a ciascuna fase;
2. individuare macchinari ed utensili utilizzati in ciascuna fase.

Al fine di pianificare le successive fasi valutative è in genere utile acquisire preliminarmente le seguenti informazioni:

- tipologia di macchinari che espongono a vibrazioni e principali utensili/accessori ad essi collegati; applicazioni per cui ciascun macchinario è utilizzato e relative modalità di impiego;
- condizioni operative ove siano percepite le vibrazioni di maggior entità da parte degli operatori;
- fattori che possono influenzare maggiormente l'esposizione a vibrazioni ed incrementarne i potenziali effetti dannosi, quali velocità di avanzamento, tipologia di terreno, stato di manutenzione, tipologia di sedile, vetustà del macchinario, posture assunte dal guidatore durante la guida, ulteriori fattori di rischio per la colonna vertebrale cui è esposto il lavoratore (es. movimentazione manuale di carichi).

3.6.1 Valutazione senza misurazioni

In **Allegato n.9** è riportata una banca dati dei valori ponderati in frequenza delle accelerazioni (r.m.s.) rilevate sui sedili di macchinari o veicoli di comune impiego in differenti comparti lavorativi. Il Gruppo di Lavoro autore delle presenti Linee Guida sta inoltre sviluppando una banca dati, consultabile in INTERNET, che riporterà, con un maggior livello di dettaglio, i valori delle vibrazioni rilevate sui sedili di differenti tipologie di mezzi o macchinari. L'uso di tali dati può consentire di stimare preliminarmente, evitando di effettuare misurazioni spesso difficili e costose, se ed in che misura il livello di esposizione a vibrazioni del lavoratore riferita al tempo effettivo di esposizione superi o meno i livelli d'azione e limite individuati in **Tabella 6**. Ciò al fine di poter mettere immediatamente in atto le appropriate azioni di tutela, privilegiando gli interventi alla fonte, quali la sostituzione di macchinari che producono alti livelli di esposizione con altri che producano minori livelli di vibrazioni.

3.6.2 Valutazione con misurazioni

Qualora non siano disponibili dati attendibili sulle vibrazioni trasmesse dai macchinari o automezzi impiegati sarà necessario misurare le vibrazioni secondo le indicazioni riportate nel seguito.

Le misure vanno effettuate sulla superficie di contatto tra il corpo e la sorgente di vibrazioni, con strumentazione conforme alle specifiche dettate dallo standard ISO 8041. Le specifiche dell'accelerometro di uso comune per le misure di vibrazioni trasmesse al corpo e del suo adattatore sono riportate nello standard UNI EN 30326-1 (1997). Le misure dovranno essere di durata tale da poter caratterizzare in maniera significativa le vibrazioni trasmesse al corpo del lavoratore nelle tipiche condizioni operative in cui si svolge il lavoro (tipologia di terreno, velocità di avanzamento etc.). Nel caso in cui le condizioni operative varino in maniera significativa, andranno caratterizzati in termini di accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza differenti percorsi in differenti modalità operative, per poi ricostruire il valore di accelerazione ponderata in frequenza cui è esposto il lavoratore. In **Allegato n.4** è riportata una guida alla misurazione delle vibrazioni trasmesse al corpo intero basata sugli standard ISO e CEN in materia.

3.6.3 Relazione tecnica

Nel testo della **Relazione tecnica** vanno riportati i seguenti elementi:

- Anagrafica dell'unità produttiva in oggetto, descrizione della tipologia produttiva e delle mansioni nonché numero degli occupati totali;
- Tabella che identifichi le mansioni e relativo numero di occupati, per le quali si è convenuto di escludere il superamento del livello di azione di esposizione, con indicazione dei relativi criteri di giudizio adottati;
- Tipo di strumentazione (di calibrazione e di misura) utilizzata, con data di acquisto o data dell'ultima taratura (di laboratorio), in quest'ultimo caso precisando il centro SIT o WECC che l'ha effettuata, e gli estremi di identificazione della procedura;

- descrizione della tecnica di fissaggio degli accelerometri;
- Criteri e modalità di valutazione dei valori di esposizione
- Descrizione delle postazioni di lavoro, sorgenti di vibrazioni (macchina, modello, matricola, trazione a cingoli o a ruote...), condizioni operative (accessori montati, tipo di terreno in lavorazione, velocità di avanzamento ecc...) e punti di misura. Nel caso di attività a carattere temporaneo (es.: cantieri edili) o non legate ad un preciso luogo di lavoro (es.: agricoltura, autotrasportatori...) andrà prevista, oltre alla descrizione delle lavorazioni e dei mezzi di produzione impiegati, l'indicazione precisa di ciò che si è provveduto a misurare.
- Tabella che associ ai punti di misura i rispettivi a_{vi} misurati, la data, i tempi e le condizioni di misura, l'eventuale errore casuale.
- Elenco nominativo di tutti i lavoratori con indicazione delle relative classi di rischio:
 - $A(8) > 0,9 \text{ m/s}^2$
 - $0,5 \text{ m/s}^2 \leq A(8) \leq 0,9 \text{ m/s}^2$
 - $A(8) < 0,5 \text{ m/s}^2$
- Suggerimenti tecnici per programmare e attuare le misure tecniche, organizzative e procedurali concretamente attuabili per ridurre l'esposizione e per fissare i tempi di ripetizione della valutazione.

La Relazione tecnica va datata e firmata dal personale competente.

In **Allegato n.5** viene proposto, sotto forma di indice e con alcune esemplificazioni, un modello per la redazione di una **Relazione tecnica** completa e fruibile.

3.7 RAPPORTO DI VALUTAZIONE

Il **Rapporto di Valutazione** va sostanzialmente inteso come una parte del **Documento di valutazione dei rischi ex D.Lgs.626/94** accompagnato dalla una **Relazione tecnica** delle misure (redatta dal personale competente) e da un **Foglio degli aggiornamenti**, da conservarsi congiuntamente in azienda, anche a disposizione dell'organo di vigilanza.

I contenuti della **Relazione tecnica** sono indicati al paragrafo **3.6.3.** e una proposta sulla sua articolazione è presentata in **Allegato n.5 (*)**.

*: se la **Relazione tecnica** risultasse priva di talune informazioni queste dovranno essere indicate nel **Documento**. Simmetricamente, il

Documento, di cui a seguito sono indicati i contenuti, potrà essere semplificato di quanto espressamente già indicato nella **Relazione tecnica**.

Nel **Documento** vanno indicati i seguenti elementi:

1. Data/e di effettuazione della valutazione con misurazioni;
2. Dati identificativi di chi ha provveduto alla valutazione, se diverso dal datore di lavoro;
3. Dati identificativi della **Relazione tecnica** allegata (es.: eventuale numero di protocollo, numero di pagine, data);
4. Dati identificativi dei RLS -o, in loro assenza, dei lavoratori- consultati ai sensi del D.Lgs.626/94, modalità della loro consultazione e informazione;
5. Numero degli occupati totali dell'unità produttiva riportati in una tabella che correli le mansioni col numero di occupati in quella determinata mansione;
6. Programma delle misure/azioni ritenute opportune per meglio controllare il rischio individuate a seguito della valutazione
7. Dati identificativi del medico competente che è informato dei risultati del controllo dell'esposizione della stessa;

Il **Documento** deve essere firmato dal datore di lavoro.

In calce al **Rapporto di Valutazione** è opportuno compaia la firma di "presa visione" dei RLS -o, in loro assenza, dei lavoratori- consultati ed informati ai sensi del D.Lgs.626/94 e quella del medico competente, se previsto.

Il **Foglio degli aggiornamenti** va previsto per raccordare la situazione descritta nella **Relazione tecnica** coi cambiamenti che via via intervengono sulla realtà produttiva. Ci si riferisce in particolare a quei cambiamenti non in grado di modificare in modo significativo il quadro di rischio (situazione che richiede una nuova valutazione), ma che pur sempre comportano azioni specificamente previste dal D.Lgs.626/94. In particolare, su questo **Foglio** andranno annotate (in ordine cronologico) le assegnazioni alle classi di rischio dei nuovi assunti, degli operatori adibiti ex novo a mansioni a rischio nonché degli operatori che abbiano nel frattempo cambiato mansione.

Per queste situazioni andrà identificata la persona competente che provvede all'assegnazione della classe di rischio e la firma del lavoratore per presa visione.

Registrare anche le dimissioni di operatori e l'acquisto di nuove macchine con $A(8) > 0,5 \text{ m/s}^2$.

Anche se il legislatore non ha voluto formalizzarne uno specifico, in **Allegato n.6** viene proposto un modello per la redazione del **Rapporto di Valutazione**.

3.8 AZIONI CONSEGUENTI LA VALUTAZIONE

Il superamento del livello d'azione consigliato in queste Linee Guida comporta la predisposizione delle seguenti misure di tutela:

- Programma di organizzazione tecnica e/o di lavoro con le misure destinate a ridurre l'esposizione. Tra tali misure prioritaria importanza rivestono:
 - pianificare una regolare manutenzione dei macchinari, con particolare riguardo alle sospensioni, ai sedili ed al posto di guida degli automezzi;
 - identificare le condizioni operative o i veicoli che espongono ai più alti livelli di vibrazioni ed organizzare laddove possibile turni di lavoro tra operatori e conducenti idonei a ridurre le esposizioni individuali;
 - pianificare laddove possibile i percorsi di lavoro scegliendo quelli meno accidentati; oppure, dove possibile, effettuare lavori di livellamento stradale.

- Pianificazione di una politica aziendale di aggiornamento del parco macchine, che privilegi l'acquisto di macchinari a basso livello di vibrazioni e rispondenti a criteri generali di ergonomia del posto di guida.

- Sorveglianza sanitaria con esami di routine.

- Informazione dei lavoratori potenzialmente esposti a tali livelli e formazione ai fini dell'applicazione di idonee misure di tutela. In particolare, la formazione dovrà essere orientata verso i seguenti contenuti:
 - Metodi corretti di guida al fine di ridurre le vibrazioni: ad es. necessità di evitare alte velocità in particolare su strade accidentate;
 - Posture di guida e corretta regolazione del sedile;
 - Ulteriori fattori di rischio per disturbi a carico della colonna;
 - Come prevenire il mal di schiena.

3.9 CONTROLLI SANITARI PREVENTIVI E PERIODICI

L'art.33 del DPR 303/56 "Norme generali per l'igiene del lavoro" impone, alla voce 48 della tabella allegata, un controllo sanitario preventivo e periodico a cadenza annuale per i lavoratori esposti a "vibrazioni e scuotimenti". Anche se le categorie di lavoratori citate nella sopramenzionata tabella sono limitate a quelle che impiegano utensili ad aria compressa o ad asse flessibile, purtuttavia lo stato attuale delle conoscenze cliniche ed epidemiologiche sui danni alla salute provocati dalle vibrazioni meccaniche suggerisce che i controlli medici preventivi e periodici dovrebbero essere estesi anche ai lavoratori

esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero da macchine, veicoli, mezzi di trasporto, o superfici vibranti in generale.

Obiettivi generali della sorveglianza sanitaria sono l'informazione e la formazione dei lavoratori sui potenziali rischi associati all'esposizione a vibrazioni meccaniche, la valutazione del loro stato di salute generale e l'individuazione precoce dei sintomi e segni clinici che possono essere causati da una prolungata esposizione a vibrazioni.

Il datore di lavoro dovrebbe provvedere affinché i lavoratori dipendenti esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero siano sottoposti a sorveglianza sanitaria preventiva e periodica in accordo le direttive dell'Unione Europea.

Il programma di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche è gestito e condotto dal medico competente nominato dal datore di lavoro.

Le informazioni relative ai dati personali e sanitari dei lavoratori esposti devono essere trattate e conservate dal medico competente e i suoi collaboratori nel rispetto delle regole del segreto professionale e delle disposizioni della normativa sulla privacy (legge 675/96).

E' compito del medico competente redigere con periodicità regolare un rapporto, in forma di riepilogo epidemiologico di dati anonimi, sullo stato di salute dei lavoratori esposti a vibrazioni e discutere con il datore di lavoro, i preposti ed i rappresentanti dei lavoratori le possibili associazioni tra i quadri clinici emersi dalla sorveglianza sanitaria periodica e l'esposizione a vibrazioni meccaniche. In tale contesto, il medico competente dovrà suggerire possibili soluzioni tese a migliorare le condizioni di lavoro e di salute dei lavoratori esposti.

I lavoratori esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero da macchine e/o veicoli dovrebbero essere sottoposti a procedure di sorveglianza sanitaria che comprendono una visita medica preventiva e successive visite mediche periodiche a cadenza almeno biennale. Poiché i sintomi ed i segni clinici associati a possibili patologie del rachide lombare causate da prolungata esposizione a vibrazioni meccaniche non hanno caratteristiche di specificità e possono essere comuni ad altre condizioni patologiche della colonna vertebrale, il medico competente in sede di sorveglianza sanitaria dovrà considerare la possibilità di ricorrere ad indagini supplementari, quali la consulenza di uno specialista ortopedico, neurologo o fisiatra, che consentano di formulare una corretta diagnosi differenziale.

Di seguito vengono riportate alcune linee-guida per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a vibrazioni meccaniche allo scopo di fornire al medico competente strumenti clinico-diagnostici utili a valutare l'idoneità del lavoratore a sopportare il rischio specifico.

3.9.1 La visita medica preventiva

Gli scopi della visita medica preventiva sono di: (i) acquisire una documentazione sanitaria individuale di base da poter in seguito confrontare con i dati clinici raccolti nelle successive visite mediche periodiche; (ii) individuare la pre-esistenza di condizioni patologiche che possono aumentare il rischio di occorrenza di lesioni alla colonna vertebrale o ad altri organi e apparati da esposizione occupazionale a vibrazioni trasmesse al corpo intero; (iii) informare il lavoratore sui rischi associati con l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero da macchine e/o veicoli e sui mezzi di prevenzione attualmente disponibili.

La visita medica preventiva deve essere eseguita in conformità ai principi e alle pratiche che disciplinano la medicina del lavoro. La visita medica preventiva comprende la storia (anamnesi) personale, lavorativa e sanitaria del soggetto, un esame obiettivo completo, ed eventuali altre indagini specialistiche secondo il giudizio clinico del medico competente.

3.9.1.1 La storia clinica

L'indagine anamnestica del lavoratore va eseguita in modo tale da consentire la raccolta delle seguenti informazioni di carattere personale e sanitario:

- anamnesi fisiologica, con riferimento all'attività fisica, pratiche sportive e fattori di rischio individuali quali il consumo di tabacco ed alcool;
- anamnesi lavorativa, con dettagliata registrazione delle esposizioni passate e attuali a vibrazioni trasmesse al corpo intero in termini di tipologia delle macchine e/o veicoli guidati e di durata dell'esposizione sia giornaliera (ore/die) sia totale (anni); pratiche lavorative comportanti stress posturale sulla colonna vertebrale; attività extra-lavorative comportanti frequente guida di veicoli;
- anamnesi patologica remota e prossima, con particolare riferimento a disturbi acuti o cronici a carico della colonna vertebrale, patologie documentate del rachide, eventi traumatici o interventi chirurgici all'apparato muscolo-scheletrico, uso abituale di farmaci.

Nota 1: le informazioni sui disturbi alla colonna vertebrale possono essere raccolte mediante questionari ad hoc, quali il Questionario Nordico Standardizzato per l'analisi dei sintomi muscolo-scheletrici o versioni modificate di esso. Esempi di questionari specifici, dedicati alla storia personale, lavorativa e sanitaria dei lavoratori esposti a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo, saranno prossimamente disponibili su Internet, e quindi di dominio pubblico, a cura del Vibration Injury Network (VINET), formato da un gruppo di ricercatori ed esperti che lavorano nell'ambito di un programma Biomed II finanziato dalla Commissione dell'Unione Europea.

Nota 2: all'anamnesi lavorativa, il medico competente dovrà porre attenzione ad eventuali condizioni di lavoro che possono aggravare gli

effetti indesiderati delle vibrazioni sulla colonna vertebrale, quali la durata di posture assise su sedili non ergonomici, la frequenza di movimenti di flessione, estensione, inclinazione laterale e rotazione del tronco, la frequenza di sollevamento di carichi manuali pesanti.

Nota 3: in occasione della visita medica preventiva, il medico competente dovrà considerare tutte quelle condizioni patologiche che possono rappresentare una condizione di ipersuscettibilità individuale o possono aggravare le possibili lesioni alla colonna vertebrale e ad altri organi o apparati causate dall'esposizione occupazionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo. La **Tabella 4** dell'**Allegato n.7** riporta una lista di tali patologie.

Nota 4: vari autori e associazioni medico-scientifiche hanno redatto linee-guida, anche sotto forma di opuscoli di facile lettura, per la valutazione e la gestione dei Pazienti affetti da "mal di schiena". Si raccomanda che i medici competenti utilizzino e diffondano tale materiale che, oltre ad avere rilevanza sanitaria, rappresenta un valido veicolo di informazione e formazione dei lavoratori.

3.9.1.2 L'esame clinico obiettivo

Il medico competente dovrà eseguire un esame obiettivo completo del lavoratore valutando con particolare attenzione la colonna vertebrale e gli apparati nervoso e muscolare degli arti inferiori.

Un inquadramento clinico semplificato del rachide comprenderà :

valutazione della presenza di dolore ai movimenti di flessione, estensione, inclinazione laterale e rotazione del tronco;

esecuzione del test di sit up;

esecuzione della manovra di Lasègue bilateralmente;

esecuzione dell'esame neurologico periferico (arti inferiori):

- riflessi rotulei e achillei

- sensibilità superficiale e profonda

- flessione/estensione del piede e dell'alluce

3.9.1.3 Indagini specialistiche

Qualora i risultati della visita medica preventiva indichino la presenza di un quadro clinico complesso, il medico competente potrà avvalersi della consulenza dello specialista ortopedico, neurologo o fisiatra per un corretto inquadramento clinico-nosografico del caso. In sede di visita medica preventiva non appare ragionevole nè eticamente accettabile far ricorso a diagnostica per immagini (radiografie, TAC o RMN di tratti della colonna vertebrale), a meno che la gravità del quadro clinico sia tale che il

rapporto costo/beneficio associato alla procedura radiologica sia a totale vantaggio del Paziente.

3.9.2 La visita medica periodica

I soggetti che alla visita medica preventiva sono stati considerati idonei al lavoro con esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero da macchine e/o veicoli, dovrebbero essere in seguito sottoposti a controlli sanitari con periodicità almeno biennale. Qualora si verificassero importanti cambiamenti nell'esposizione a vibrazioni o nello stato di salute del lavoratore, la visita medica periodica può essere effettuata anche ad intervalli più brevi a discrezione del medico competente.

In occasione della visita periodica, il medico competente dovrà eseguire un raccordo anamnestico riportando nella cartella sanitaria del lavoratore qualsiasi nuovo evento accaduto nel periodo di tempo intercorrente dall'ultimo controllo per quanto riguarda sia l'esposizione a vibrazioni (es. variazioni nel tipo di veicolo guidato e/o nel tempo di esposizione giornaliera), sia l'occorrenza di malattie o di eventi traumatici e la eventuale comparsa di disturbi possibilmente associati con l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero. Nella cartella sanitaria dovranno essere altresì riportati eventuali cambiamenti nello stile di vita (es. attività fisica, consumo di tabacco ed alcool), variazioni nell'assunzione di farmaci, nonché i risultati dell'esame clinico obiettivo eseguito secondo i criteri esposti nei paragrafi 3.9.1.2.

Per quanto riguarda il ricorso ad indagini specialistiche, valgono anche in occasione della visita medica periodica le considerazioni riportate nel paragrafo 3.9.1.3.

3.9.3 Il giudizio di idoneità lavorativa

Nella formulazione del giudizio di idoneità lavorativa per i soggetti esposti a vibrazioni trasmesse al corpo intero, il medico competente dovrà prendere in considerazione tutti gli aspetti legati all'organizzazione del lavoro, alle condizioni del singolo posto di lavoro e allo stato di salute psicofisica del soggetto.

E' importante ricordare che le disposizioni contenute nella Direttiva Macchine (DPR 459/96) relative alla progettazione del posto di guida e dei sedili, nonché all'esposizione a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo, consentono di migliorare le condizioni di lavoro dei conducenti di macchine e/o veicoli riducendo a livelli accettabili l'entità dell'esposizione di questi lavoratori alle vibrazioni meccaniche.

E' altresì opportuno ribadire che i protocolli sanitari e le linee-guida per l'idoneità lavorativa rappresentano un utile strumento di lavoro nelle mani del medico esperto, ma possono essere controproducenti se applicati meccanicamente senza adeguata considerazione delle caratteristiche dell'ambiente lavorativo e delle condizioni psicologiche e fisiopatologiche del soggetto da esaminare. Fatte salve queste considerazioni, la **Tabella 4** dell'**Allegato n.7** riporta, come riferimento orientativo per

il giudizio di idoneità lavorativa, quelle patologie della colonna vertebrale e di altri organi o apparati che possono sia aggravare il rischio di occorrenza di disturbi da vibrazioni trasmesse al corpo intero sia costituire controindicazioni temporanee o permanenti all'esposizione prolungata alle vibrazioni.

3.10 ACQUISTO DI NUOVI MACCHINARI

Come già illustrato nella I parte della presente Linea Guida, la Direttiva Macchine prescrive, al § 1.5.9: *“La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte”*. Questo criterio generale è applicabile sia nel caso di vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio che per vibrazioni trasmesse a tutto il corpo. Inoltre ai costruttori è prescritto di dichiarare, tra le altre informazioni incluse nelle istruzioni per l'uso, *“il valore medio quadratico ponderato in frequenza dell'accelerazione cui è esposto il corpo (piedi o parte seduta) quando superi i 0.5 m/s²”*. *Se l'accelerazione non supera i 0.5 m/s² occorre segnalarlo”*. Anche in questo caso, come avviene per le vibrazioni trasmesse al sistema m-b, le metodiche ufficiali di riferimento ai fini della certificazione delle vibrazioni ai sensi della Direttiva Macchine sono definite nell'ambito degli standard armonizzati ISO-EN. Va a tal proposito richiamato, secondo quanto già espresso nella I parte della presente Linea Guida, che i valori dichiarati ai sensi della Direttiva Macchine non sono rappresentativi delle esposizioni riscontrabili in condizioni operative di impiego dei macchinari, essendo ottenuti in condizioni artificiali di prova. Pertanto non è in genere appropriato utilizzare tali valori ai fini di valutazioni del rischio nel corso di attività lavorative. I valori certificati di vibrazioni sono invece utili e dovranno necessariamente essere richiesti all'atto dell'acquisto di nuovi macchinari, per poter privilegiare la scelta di macchinari in grado di produrre i minori livelli di vibrazioni.

4 LISTA DI CONTROLLO

In conclusione a questa Linea Guida si propone una vera e propria lista di controllo, per privilegiare la funzione di verifica di adempimento delle principali procedure per la gestione del rischio vibrazioni nell'ambiente di lavoro.

La check-list è riferita agli obblighi in capo al datore di lavoro.

Obblighi indipendenti dal livello di esposizione a vibrazioni

<i>N.</i>	<i>QUESITO</i>	<i>Modalità di adempimento (in caso di risposta negativa)</i>
1	Si è provveduto ad effettuare la prima Valutazione delle Vibrazioni nei modi e nei tempi previsti dal D.Lgs.626/94?	Far effettuare la Valutazione da personale competente, consultati i Rappresentanti dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS) o, in loro assenza, i lavoratori
2	Si dispone del Rapporto di valutazione redatto nei modi e tempi previsti dal D.Lgs.626/94?	Redigere il Rapporto, informandone il RLS e (se presente) il medico competente (MC)
3	Si è provveduto a ripetere la Valutazione del Rischio Vibrazioni con la periodicità dichiarata nella precedente Valutazione?	Ripetere la Valutazione, redigere un nuovo Rapporto informandone il RLS ed il MC
4	Si è in grado di documentare le misure tecniche, organizzative e procedurali adottate in conseguenza della Valutazione del Rischio ?	E' consigliabile mantenere memoria delle misure messe in atto, ad esempio specificandole nel Rapporto di Valutazione.

Ulteriori obblighi se il valore di esposizione supera il livello d'azione di 2,5 m/s² per il sistema mano-braccio e 0,5 m/s² per il corpo intero

<i>N.</i>	<i>QUESITO</i>	<i>Modalità di adempimento (in caso di risposta negativa)</i>
5	La Valutazione delle Vibrazioni comprende misure strumentali sulle esposizioni dei lavoratori, sulle sorgenti e sui luoghi di lavoro?	Far effettuare la Valutazione da personale competente con strumentazione adeguata, consultati i RLS o, in loro assenza, i lavoratori
6	Si è adempiuto agli obblighi di informazione dei lavoratori, anche riguardo al loro diritto di richiedere il controllo sanitario?	Registrare ogni iniziativa informativa indicando contenuti, data, chi l'ha effettuata e facendo firmare i presenti.
7	Nel caso di esposizioni al sistema mano braccio, sono stati forniti ai lavoratori i DPI?	Scegliere DPI adeguati e marcati CE e registrarne l'avvenuta consegna facendola firmare dai singoli lavoratori
8	Si è nominato il MC e si sorveglia che questi eserciti i suoi principali compiti?	Formalizzare la nomina del MC (ad es. con lettera d'incarico sottoscritta dal medico) e sorvegliare che visiti con regolarità i lavoratori (almeno ogni 2 anni) ed i luoghi di lavoro.
9	I lavoratori hanno ricevuto una adeguata formazione?	Registrare ogni iniziativa formativa indicando contenuti, data, chi l'ha effettuata e facendo firmare i presenti.

A.1 - GUIDA ALLA MISURAZIONE DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

A.1.1 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le vibrazioni sono misurate mediante strumentazione che misura il valore efficace (r.m.s.) dell'accelerazione, rilevato mediante accelerometri fissati sull'impugnatura dell'utensile. I requisiti metrologici della strumentazione vibrometrica, e la definizione matematica dei filtri di ponderazione in frequenza, sono definiti dallo Standard ISO 8041: 1990. E' possibile classificare la strumentazione di misura delle vibrazioni nelle seguenti principali categorie.

Strumentazione vibrometrica ad integrazione. Collegata direttamente ad uno o più accelerometri, fornisce il valore dell'accelerazione r.m.s., sia ponderata in frequenza che lineare, riferita al tempo di misura. Tale strumentazione è analoga al fonometro integratore usato per misure di acustica. Pur essendo utile per rapide valutazioni dell'esposizione sul campo, tale strumentazione risulta inadeguata ai fini dell'analisi in frequenza. Inoltre, non consente un immediato controllo di possibili errori nell'acquisizione dei dati, ottenibile in maniera immediata dall'analisi spettrale del segnale acquisito.

Registratore di segnale ad uno o più canali di misura. Il segnale viene successivamente analizzato mediante analizzatore spettrale. Il registratore deve essere necessariamente dotato di indicatore di sovraccarico ("overload"), al fine di prevenire distorsioni nel segnale registrato. Tale metodica, pur essendo di maggior complessità, è preferibile soprattutto in relazione alle maggiori potenzialità di elaborazione ed analisi del segnale registrato, ed alla maggior completezza delle informazioni ottenibili.

Analizzatore spettrale ad uno o più canali senza catena di registrazione. Tale metodica presenta il vantaggio di lettura immediata degli spettri acquisiti, ma non consente una successiva rielaborazione dei segnali acquisiti mediante modalità di analisi differenti da quelle impiegate in fase di acquisizione.

In genere la scelta degli **accelerometri** da utilizzare è dettata dall'entità e dal contenuto in frequenza delle vibrazioni da rilevare, nonché dalle caratteristiche fisiche della sorgente da valutare. Tali requisiti sono comunemente presentati da differenti tipi di accelerometri piezoelettrici disponibili in commercio, e vengono brevemente analizzati nel seguito.

Sensibilità. Gli utensili vibranti possono produrre elevati livelli di vibrazioni. Ad esempio un martello pneumatico può generare picchi massimi di accelerazione da

20.000 a 50.000 m/s^2 . Gli accelerometri impiegati per la misura sulle impugnature dovranno pertanto essere in grado di operare in regime lineare nell'intero intervallo delle ampiezze da misurare. Inoltre dimensioni e massa del trasduttore dovrebbero essere sufficientemente piccole da poterne trascurare l'influenza sul segnale acquisito. Sensibilità tipiche degli accelerometri adatti per misure di vibrazioni mano-braccio sono dell'ordine di 1 pC/ms^{-2} . E' generalmente sconsigliato l'impiego di accelerometri per misure di "shock" o vibrazioni impulsive, in quanto generalmente tali accelerometri hanno una sensibilità insufficiente per componenti spettrali di interesse igienistico.

Frequenza di risonanza dell'accelerometro montato. Generalmente tale frequenza dovrebbe essere almeno il triplo della massima frequenza di interesse del segnale acquisito, al fine di evitare distorsioni non lineari del segnale acquisito. Generalmente per misure di vibrazioni mano-braccio può essere adeguata una frequenza di risonanza superiore a 25 kHz. Frequenze dell'ordine di grandezza di 50 kHz o maggiori sono raccomandate per misure su utensili di tipo percussivo o roto-percussivo.

Peso dell'accelerometro. Generalmente la massa totale del trasduttore, incluso l'eventuale sistema di fissaggio, filtri meccanici, ecc. non dovrebbe superare il 5% della massa dell'utensile vibrante.

Filtri meccanici. L'esposizione di accelerometri piezoelettrici ad elevati livelli di vibrazioni ad alte frequenze, come nel caso di utensili percussivi o roto-percussivi, può causare distorsione nella regione delle basse frequenze del segnale rilevato. Tale artefatto prende il nome di "dc shift", ovvero "spostamento del livello di zero del segnale". Per eliminare tale inconveniente, che comporta una totale inattendibilità dei risultati di misura, è necessario porre tra l'accelerometro e l'impugnatura un filtro meccanico. I filtri meccanici disponibili in commercio sono generalmente in grado di attenuare le vibrazioni ad alta frequenza mantenendo inalterato il segnale fino a 2000 Hz. E' necessario conoscere in dettaglio la funzione di trasferimento del sistema meccanico costituito dal filtro e dall'adattatore utilizzato per il fissaggio degli accelerometri. Gli errori di acquisizione dovuti al "d.c. shift" sono generalmente rilevabili dalla presenza di elevate componenti spettrali alle basse frequenze dello spettro in frequenza dell'accelerazione (1 Hz÷20 Hz)

A.1.2. TECNICHE DI MONTAGGIO DEGLI ACCELEROMETRI.

Gli accelerometri devono essere saldamente fissati sull'impugnatura dell'utensile, in stretta prossimità della posizione assunta dalle mani dell'operatore, nelle ordinarie condizioni operative. Essi devono essere fissati in maniera che la loro presenza non influenzi le modalità di prensione e lavorazione normalmente adottate dall'operatore. In

Tabella 1 sono riportate alcune tecniche di montaggio comunemente impiegate ed i relativi inconvenienti.

I cavi degli accelerometri non devono essere sforzati, specialmente nelle immediate vicinanze del trasduttore, e non devono essere lasciati liberi di oscillare, per evitare artefatti nel segnale rilevato (rumore triboelettrico). E' pertanto necessario fissare i cavi in prossimità del trasduttore mediante nastro adesivo.

Tabella 1 - Comuni tecniche di montaggio degli accelerometri

Tipo	Vantaggi	Svantaggi
<i>Colla</i>	Buona risposta in frequenza	La superficie di contatto deve essere piatta e pulita. Sconsigliato per materiali resilienti
<i>Adattatore metallico con fascetta metallica o plastica</i>	Facilità di fissaggio ed adattamento all'impugnatura	Deve essere misurata la risposta in frequenza
<i>Adattatori per impugnatura o per la mano</i>	Risposta in frequenza nota Possibilità di usare filtri meccanici Possibilità di impiego su materiali resilienti	Può essere fissato solo in limitate posizioni; la presenza dell'adattatore può condizionare l'operatività dell'utensile.
<i>Fissaggio con viti</i>	Buona risposta in frequenza Possibilità di impiego con filtri meccanici	Di difficile realizzazione pratica; nel caso di utensili pneumatici può compromettere la funzionalità dell'utensile

A.1.3 - DURATA DELLE MISURE

Il tempo totale di misura, vale a dire il numero di campioni acquisiti moltiplicato per il tempo di durata dell'acquisizione di ciascun campione, dovrebbe essere almeno pari ad un minuto. E' in genere preferibile acquisire un maggior numero di campioni di breve durata, piuttosto che un minor numero di campioni di lunga durata, e ciò per minimizzare l'effetto di possibili fattori interferenti sul segnale acquisito e garantire una migliore precisione di misura. Nel caso in cui la durata dell'operazione che esponga a vibrazioni non sia sufficientemente lunga, come ad esempio nel caso di finiture di piccole superfici con smerigliatrici, perforazioni con martelli pneumatici, tagli con motoseghe, o che l'esposizione risulti continuamente intervallata da pause funzionali

alla lavorazione stessa, è necessario effettuare le misure in condizioni operative artificiali, che garantiscano un adeguato tempo di acquisizione delle misure e che nel contempo siano rappresentative delle effettive condizioni lavorative.

In proposito è da tenere presente che qualsiasi spostamento dell'utensile vibrante effettuato nel corso di una misura, quale ad esempio la comune variazione di posizione di un pezzo in lavorazione, la sostituzione di accessori, lo spostamento dell'utensile per esigenze di lavorazione, ecc., può generare segnali di disturbo in fase di acquisizione dati. Tali interferenze possono essere eliminate organizzando le misure in condizioni simulate, che pertanto appaiono generalmente preferibili per la valutazione delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio.

Va inoltre ricordato che misure di breve durata - dell'ordine di 8 s-10 s non sono adeguate nella valutazione delle vibrazioni a bassa frequenza. Per minimizzare l'errore di misura è in questi casi necessario acquisire ciascun campione per almeno tre volte consecutive, nelle stesse condizioni operative.

A.1.4 - ESEMPI DI CALCOLO DI A(8)

Caso 1): Impiego di un unico strumento vibrante (es.: motosega) noto il tempo effettivo di esposizione (T_e).

$$A_{\text{sum}} = 7 \text{ m/s}^2 \quad T_e = 4 \text{ h}$$

$$A(8) = A_{\text{sum}} (4/8)^{1/2} = A_{\text{sum}} 0.7 = 7 \cdot 0.7 = 4.9 \text{ m/s}^2 \approx 5 \text{ m/s}^2$$

Caso 2): Calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) nel caso di esposizioni dovute alle seguenti fasi di lavoro:

$$\text{fase 1: Martello scalpellatore: } A_{\text{sum},1} = 14 \text{ m/s}^2 \quad T_1 = 0.5 \text{ h}$$

$$\text{fase 2: Levigatrice roto-orbitale: } A_{\text{sum},2} = 4 \text{ m/s}^2 \quad T_2 = 3 \text{ h}$$

$$\text{fase 3: Smerigliatrice: taglio: } A_{\text{sum},3} = 6 \text{ m/s}^2 \quad T_3 = 1 \text{ h}$$

$$T_e = 0.5 + 3 + 1 = 4.5 \text{ h}$$

$$A(T_e) = A(4.5) = \{[(14^2 \cdot 0.5) + (4^2 \cdot 3) + (6^2 \cdot 1)]/4.5\}^{1/2} = 6.35 \text{ m/s}^2$$

$$A(8) = 6.35 (4.5/8)^{1/2} = 6.35 \cdot 0.75 = 4.76 \text{ m/s}^2 \approx 5 \text{ m/s}^2$$

A.1.4.1 - Stima dell'esposizione nei casi di esposizioni a vibrazioni variabili.

Nei casi in cui il lavoratore sia abitualmente esposto a vibrazioni, ma l'esposizione cambi da una giornata lavorativa all'altra, come ad esempio nel caso della cantieristica, dove l'esposizione cambia in funzione della tipologia di progetto in lavorazione presso il cantiere, e ciascuna delle fasi lavorative dura più di un giorno, può essere calcolata un'esposizione a vibrazioni tipica " $A_{\text{tipica}}(8)$ " come segue:

$$A_{tipica}(8) = \left[\frac{1}{N} \sum_{d=1}^N A_d^2(8) \right]^{1/2} \quad (m/s^2)$$

Dove N è il numero totale di giorni di esposizione; $A_d(8)$ è l'esposizione giornaliera calcolata per ciascuno dei giorni in cui il lavoratore è esposto a vibrazioni.

Nel caso in cui da un giorno all'altro cambi unicamente il tempo d'esposizione, mentre il valore dell'accelerazione ponderata in frequenza rimanga sempre lo stesso, (es. impiego dello stesso utensile, con differenti tempi di utilizzo), " $A_{tipica}(8)$ " sarà data da

$$A_{tipica}(8) = a_{hv} (t_d/8)^{1/2} \quad (m/s^2)$$

Dove a_{hv} è l'accelerazione ponderata in frequenza (somma vettoriale) rilevata sull'impugnatura dell'utensile; t_d è il tempo medio di esposizione calcolato sul numero totale di giorni di impiego dell'utensile da parte del lavoratore.

A.1.5 - VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA

Vengono nel seguito esaminati i principali fattori da cui dipende l'incertezza della valutazione dell'esposizione giornaliera a vibrazioni. L'entità dell'errore ad essi associato varia a seconda della tipologia di utensile valutato, e della tipologia di attività svolta. E' compito di colui che effettua la valutazione determinare, in ciascun caso specifico, le principali sorgenti di incertezza, ed incrementare conseguentemente il numero di misure di accelerazione per quantificare, mediante il calcolo della deviazione standard, l'entità dell'errore associato ai principali fattori di indeterminazione.

A.1.5.1 Fattori di incertezza

1) *Incetzza nella determinazione dei tempi di esposizione.* Essa è associata principalmente ai seguenti fattori:

- a) Nel caso di valutazione diretta da parte del tecnico competente: errore nella misura diretta della durata del ciclo lavorativo con esposizione a vibrazioni e/o nella determinazione del numero di cicli lavorativi/giorno.
- b) Nel caso di dato acquisito da dichiarazioni del datore di lavoro o dei lavoratori: errore nella stima del tempo di impiego dell'utensile vibrante da parte del lavoratore. Ciò è generalmente dovuto alla confusione che avviene comunemente tra tempo complessivo di impiego dell'utensile da parte del lavoratore e tempo effettivo di esposizione alle vibrazioni prodotte dall'utensile.

2) *Incertezza nella misura delle accelerazioni.* Quest'ultima è dovuta principalmente ai seguenti fattori:

- a) Errori dovuti al sistema di acquisizione (fissaggio accelerometri, interferenze elettriche, calibrazione, peso e posizionamento accelerometri). Tali errori (sistematici) di misura possono essere minimizzati, e resi trascurabili rispetto agli altri di seguito discussi, mediante la scelta di un'appropriata tecnica di misura e l'adozione di protocolli di calibrazione conformi agli standard internazionali.
- b) Errori dovuti alle fluttuazioni casuali dei parametri fisici in gioco (temperatura, umidità, stabilità dell'alimentazione dell'attrezzo, omogeneità del materiale lavorato, ecc.). Tali errori possono essere minimizzati aumentando la statistica dei campionamenti. La stima dell'errore casuale di misura è ottenuta mediante la deviazione standard di almeno tre misure effettuate nelle identiche condizioni sperimentali.
- c) Variazioni nelle modalità di impiego da parte di differenti operatori: tale fattore è da prendere in considerazione quando l'esposizione è valutata per fasi lavorative omogenee e non per singolo lavoratore. In tal caso bisognerà ripetere le misurazioni nelle stesse condizioni operative, con almeno tre operatori di differenti caratteristiche antropometriche e/o esperienza professionale.
- d) Variazioni nelle condizioni di manutenzione dell'utensile (es. sbilanciamento del disco nel caso di smerigliatrici, usura di utensili, ecc.).
- e) Variazioni nelle caratteristiche fisiche del materiale lavorato (durezza, ruvidità, spessore, ecc.).

L'errore complessivo nel calcolo di A(8), considerati i fattori di incertezza cui ai punti 1) e 2) è generalmente elevato, dell'ordine del 20% ÷ 40%. Conseguentemente i valori A(8) vanno generalmente dichiarati con al massimo una cifra significativa decimale, o arrotondati per eccesso di 0.5 m/s^2 .

**A.2 - SCHEMA DELLA RELAZIONE TECNICA SULL'ESPOSIZIONE A
VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO**

Carta intestata del personale competente

***Relazione tecnica per la valutazione dell'esposizione quotidiana personale
dei lavoratori alle vibrazioni al sistema mano-braccio***

N _____ del ___/___/___

Committente:

Ditta	(Ragione sociale)	
Esercente l'attività di		
sede legale in via		n
CAP	Comune	Prov.
Sede unità produttiva		n
in via		
CAP	Comune	Prov.
Tipologia produttiva (codice ISTAT)		

lavoratori occupati n _____, di cui:

- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____.

Si riportano in allegato:

- ⇒ Piantina con layout aggiornato delle macchine e degli impianti sorgenti di vibrazioni con i relativi punti di misura
- ⇒ Elenco macchine / attrezzature di lavoro sorgenti di vibrazioni con i relativi punti di misura

RILIEVI VIBROMETRICI

**E VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE PERSONALE
ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO**

Strumentazione impiegata

Tipo	Marca e modello	N° matricola	Data ultima taratura	Certificato taratura
Fonometro integratore o altro strumento	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)
Accelerometro	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)
Calibratore	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)
Altro.....	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)

La strumentazione, acquistata in data _____, è di Classe, conforme allo standard ISO 8041.

Prima e dopo ogni serie di misure è stata effettuata la calibrazione della strumentazione mediante calibratore in dotazione.

Criteri e modalità di misura e di valutazione

Dopo un'attenta analisi del ciclo di produzione, dell'organizzazione e delle procedure di lavoro, delle 'giornate lavorative tipo', degli ambienti di lavoro e delle caratteristiche delle vibrazioni nella fattispecie, sono stati individuati, sulla base dei seguenti criteri di valutazione (*risultati di misurazioni anche estemporanee, confronti con situazioni analoghe, dati di letteratura, etc.*)

_____,
n ___ lavoratori con $A(8) < 2,5 \text{ m/s}^2$, distribuiti come segue:

- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____.

Successivamente sono state effettuate diverse serie di misure, in data/e _____, nelle normali condizioni di lavoro, ovvero, nei seguenti casi attraverso i criteri e mezzi di misura riportati (indicare eventuali particolarità, quali, per esempio, attività temporanee, o personale, esplicitamente individuato, addetto a servizi presso diversi ambienti di lavoro, o diverse unità produttive, etc.):

_____.

Gli accelerometri sono stati fissati ai punti di misura utilizzando la seguente tecnica:

I tempi di misura sono stati scelti per essere rappresentativi dei relativi fenomeni vibratori in esame e del livello di vibrazioni assorbito dal lavoratore durante il tempo di esposizione.

I tempi di esposizione utilizzati per la valutazione dei valori di A(8) sono quelli dichiarati e sottoscritti dal Datore di Lavoro (*possibilmente riportati in allegato*), sentiti i RLS/lavoratori/Responsabile dell'organizzazione del lavoro _____

Gli errori casuali di misura riportati in tabella indicano l'incertezza associata alle misure valutata con *il criterio* _____

I livelli di esposizione personale alle vibrazioni, A(8), sono stati misurati o calcolati (a seconda che il tempo di misura sia pari all'intera giornata lavorativa o somma di vari tempi di misura rappresentativi dei diversi periodi omogenei) sulla base dei reali tempi di esposizione (dichiarati) secondo il seguente criterio: _____

Risultati delle misure

Tabella delle misure

Rif. Misura N.	Punto di misura	Condizione di misura	T. misura (min)	a_{wi} m/s²	Errore casuale
x	x	XXXXXXXXXX	xxx	xx	$\pm x$ m/s ²

I valori misurati di a_{wi} non tengono conto dell'eventuale abbattimento dei DPI.

I punti di misura sono quelli riportati sulla piantina allegata.

Valutazione dei valori di A(8)

Gruppo omogeneo lavoratori	Operazione/postazione di lavoro	Macchine ed attrezzature	Rif. Misura N.	T.esposiz. (min)	a _{wi} m/s ²	A(8) m/s ²
<i>Identificativo</i>	xxxxx	xxxxxxx	x	xxx	xx	XX
	xxxxx	xxxxxxx	x	xxx	xx	
	xxxxx	xxxxxxx	x	xxx	xx	
				<i>somma</i>		

(In caso di situazioni particolari all'interno del corrispondente gruppo omogeneo, la valutazione del A(8) deve essere nominativa in funzione della specifica giornata/settimana lavorativa tipo).

Esposizione personale dei lavoratori

A(8) individuali

Matricola	Cognome e nome	Mansione	A(8) m/s ²	Classe di rischio *
1	Bianchi Mario			
2	Rossi Gino			
3	Verdi Bruno			
4	Sansone Antonio			
5	Conti Ugo			

[Nel caso vi siano lavoratori con diverse possibili giornate/settimane lavorative tipo (a seconda delle fasi di lavoro) e quindi con diversi valori di A(8) valutati, deve essere riportato il valore di A(8) più alto].

* Classe di rischio/Fascia di esposizione:

0 = Esposizione personale inferiore a 2,5 m/s²

1 = Esposizione personale compresa tra 2,5 e 5 m/s²

2 = Esposizione personale superiore a 5 m/s²

Suggerimenti

Si forniscono i seguenti suggerimenti tecnici, utili ai fini dell'individuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali attuabili e dei tempi di ripetizione della valutazione: _____

_____.

Il Personale Competente

Ricevuta di consegna della relazione

La presente relazione è composta da n pagine.

Per ricevuta, li

IL DATORE DI LAVORO O CHI LO RAPPRESENTA

.....

A.3 - RAPPORTO DI VALUTAZIONE IN AZIENDE CON ADDETTI ESPOSTI A VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

Carta intestata della Ditta

**Rapporto di Valutazione
del rischio vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio**

Il Sottoscritto _____
(Nome e Cognome)
in qualità di datore di
lavoro dell'impresa _____
(Ditta/Ragione sociale)
esercitante l'attività di _____
con sede operativa in via _____ n _____
CAP _____ Comune _____ Prov. _____
e con sede legale in via _____ n _____
CAP _____ Comune _____ Prov. _____

consapevole della responsabilità che assume ai sensi dell'art.485 del c.p.

DICHIARA:

- ⇒ di aver effettuato/aggiornato la Valutazione delle vibrazioni HAV in data ___/___/___ (eventualmente citare il riferimento alla **Relazione tecnica** allegata)
- ⇒ che gli occupati in azienda e l'organizzazione del lavoro rispondono al seguente schema, per un **totale di n __ occupati**:
- | | | | |
|-----|------------|--------------|--------|
| 1. | _____ | _____ | _____ |
| 2. | _____ | _____ | _____ |
| ... | _____ | _____ | _____ |
| | (mansione) | (n. addetti) | (note) |

- ⇒ di aver potuto escludere il superamento dei 2,5 m/s² di A(8) sulla base:
- della palese assenza di sorgenti di vibrazione
 - di riscontri bibliografici
 - delle informazioni fornite dal/dai costruttore/i
 - di misurazioni in situazioni analoghe
 - della Relazione tecnica **allegata**
 - altro (specificare) _____

- ⇒ che per ridurre il rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio sono già in atto le seguenti misure tecniche, organizzative e procedurali:
1. _____
 2. _____
 - ... _____

(eventualmente)

- ⇒ che per migliorare le condizioni di salute e sicurezza sul rischio vibrazioni saranno messe in atto le seguenti azioni nei tempi a fianco riportati:
1. _____ entro il: __/__/__
 2. _____ entro il: __/__/__
 - ... _____ entro il: __/__/__

- ⇒ Di aver consultato il/i seguenti RLS o, in loro assenza, lavoratori:
- Sig. _____
- Sig. _____

- ⇒ Che la Valutazione in oggetto, **salvo l'obbligo di ripeterla ad ogni variazione consistente delle condizioni di esposizione alle vibrazioni**, verrà ripetuta con la seguente **periodicità**: _____

ALLEGA:

- ⇒ **(eventualmente)** Relazione tecnica

Città _____ lì __/__/__

Il Legale Rappresentante

**per presa visione
i RLS o in loro assenza, i lavoratori**

A.4 - GUIDA ALLA MISURAZIONE DELLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

A.4.1 - STRUMENTAZIONE DI MISURA

I requisiti metrologici della strumentazione vibrometrica, e la definizione matematica dei filtri di ponderazione in frequenza, sono definiti dallo Standard ISO 8041: 1990. La catena elettronica di misura del segnale in uscita dagli accelerometri può essere suddivisa nelle seguenti principali categorie.

Strumentazione vibrometrica ad integrazione. Collegata direttamente ad uno o più accelerometri, fornisce il valore dell'accelerazione r.m.s., sia ponderata in frequenza che lineare, riferita al tempo di misura. Tale strumentazione è analoga al fonometro integratore usato per misure di acustica. Pur essendo utile per rapide valutazioni dell'esposizione sul campo, tale strumentazione risulta inadeguata ai fini dell'analisi in frequenza. Inoltre, non consente un immediato controllo di possibili errori nell'acquisizione dei dati, ottenibile in maniera immediata dall'analisi spettrale del segnale acquisito.

Registratore di segnale ad uno o più canali di misura. Il segnale viene successivamente analizzato mediante analizzatore spettrale. Il registratore deve essere necessariamente dotato di indicatore di sovraccarico ("overload"), al fine di prevenire distorsioni nel segnale registrato. Tale metodica, pur essendo di maggior complessità, è preferibile soprattutto in relazione alle maggiori potenzialità di elaborazione ed analisi del segnale registrato, ed alla maggior completezza delle informazioni ottenibili.

Analizzatore spettrale ad uno o più canali senza catena di registrazione. Tale metodica presenta il vantaggio di lettura immediata degli spettri acquisiti, ma non consente una successiva rielaborazione dei segnali acquisiti mediante modalità di analisi differenti da quelle impiegate in fase di acquisizione.

Sensibilità. La sensibilità tipica degli accelerometri impiegati per misure di vibrazioni WB è dell'ordine di 1 pC/ms^{-2} . E' generalmente sconsigliato l'impiego di accelerometri per misure di *shock* o vibrazioni impulsive, in quanto generalmente tali accelerometri hanno una sensibilità insufficiente per componenti spettrali di interesse igienistico.

A.4.2 - TECNICHE DI MONTAGGIO DEGLI ACCELEROMETRI.

Le misure vanno effettuate sulla superficie di contatto tra il corpo e la sorgente di vibrazioni, con strumentazione conforme alle specifiche dettate dallo standard ISO 8041. Le specifiche dell'accelerometro di uso comune per le misure di vibrazioni trasmesse al corpo e del suo adattatore sono riportate nello standard ISO 10326-1.

Esso è un disco rigido di gomma al cui interno è fissato un accelerometro triassiale che viene fissato tramite nastro adesivo sul sedile del mezzo di guida. I cavi degli accelerometri non devono essere sforzati, specialmente nelle immediate vicinanze del trasduttore, e non devono essere lasciati liberi di oscillare, per evitare artefatti nel segnale rilevato (rumore triboelettrico). E' pertanto necessario fissare i cavi in prossimità del trasduttore mediante nastro adesivo.

A.4.3 - DURATA DELLE MISURE

Il tempo totale di misura, vale a dire il numero di campioni acquisiti moltiplicato per il tempo di durata dell'acquisizione di ciascun campione, dovrebbe essere almeno pari a tre-quattro minuti. E' in genere preferibile acquisire un maggior numero di campioni di breve durata, piuttosto che un minor numero di campioni di lunga durata, e ciò per minimizzare l'effetto di possibili fattori interferenti sul segnale acquisito e garantire una migliore precisione di misura. Per minimizzare l'errore di misura è consigliabile acquisire ciascun campione per almeno tre volte consecutive, nelle stesse condizioni operative.

Le misure dovranno essere di durata tale da poter caratterizzare in maniera significativa le vibrazioni trasmesse al corpo del lavoratore nelle tipiche condizioni operative in cui si svolge il lavoro (tipologia di terreno, velocità di avanzamento etc.). Nel caso in cui le condizioni operative varino in maniera significativa, andranno caratterizzati in termini di accelerazione r.m.s. ponderata in frequenza differenti percorsi in differenti modalità operative.

A.4.4 - ESEMPI DI CALCOLO DI A(8)

Caso 1): Impiego di un unico mezzo di trasporto (es.: autobus urbano per il trasporto passeggeri) noto il tempo effettivo di esposizione (T_e).

$$a_v = 0,6 \text{ m/s}^2 \quad T_e = 6,5 \text{ h}$$

$$A(8) = a_v (6,5/8)^{1/2} = a_v \cdot 0,9 = 0,54 \text{ m/s}^2$$

Caso 2): Calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) nel caso di esposizioni dovute alle seguenti fasi di lavoro:

fase 1: movimentazione inerti con pala meccanica con benna:

$$a_{v1} = 1,2 \text{ m/s}^2; \quad T_1 = 3 \text{ h}$$

fase 2: movimentazione blocchi con pala meccanica con forca:

$$a_{v2} = 1,0 \text{ m/s}^2; \quad T_2 = 3 \text{ h}$$

fase 3: movimentazione casse con muletto:

$$a_{v3} = 0.6 \text{ m/s}^2 \quad T_3 = 1 \text{ h}$$

$$T_e = 3 + 3 + 1 = 7 \text{ h}$$

$$A(T_e) = A(7) = \{[(1.2^2 \cdot 3) + (1^2 \cdot 3) + (0.6^2 \cdot 1)]/7\}^{1/2} = 1.05 \text{ m/s}^2$$

$$A(8) = 1.05 \cdot (7/8)^{1/2} = 0.93 \text{ m/s}^2$$

A.4.4.1 - STIMA DELL'ESPOSIZIONE NEI CASI DI ESPOSIZIONI A VIBRAZIONI VARIABILI

Nei casi in cui il lavoratore sia abitualmente esposto a vibrazioni, ma l'esposizione cambi da una giornata lavorativa all'altra, come ad esempio nel caso di guida di automezzi con differenti condizioni di fondo stradale, velocità etc, o nel caso dell'effettuazione di differenti fasi colturali in agricoltura, può essere calcolata un'esposizione a vibrazioni tipica "A_{tipica}(8)" come segue:

$$A_{tipica}(8) = \left[\frac{1}{N} \sum_{d=1}^N A_d^2(8) \right]^{1/2} \quad (\text{m/s}^2)$$

Dove N è il numero totale di giorni di esposizione; A_d(8) è l'esposizione giornaliera calcolata per ciascuno dei giorni in cui il lavoratore è esposto a vibrazioni.

Nel caso in cui da un giorno all'altro cambi unicamente il tempo d'esposizione, mentre il valore dell'accelerazione ponderata in frequenza rimanga sempre lo stesso, (es. differenti durata di turni di guida), "A_{tipica}(8)" sarà data da

$$A_{tipica}(8) = a_{hv} \cdot (t_d/8)^{1/2} \quad (\text{m/s}^2)$$

Dove a_{hv} è l'accelerazione ponderata in frequenza (somma vettoriale) rilevata sul sedile del mezzo; t_d è il tempo medio di esposizione calcolato sul numero totale di giorni di impiego del macchinario da parte del lavoratore.

A.4.5 - VALUTAZIONE DELL'INCERTEZZA

Vengono nel seguito esaminati i principali fattori da cui dipende l'incertezza della valutazione dell'esposizione giornaliera a vibrazioni. L'entità dell'errore ad essi associato varia a seconda della tipologia di macchinario valutato, e della tipologia di attività svolta. E' compito di colui che effettua la valutazione determinare, in ciascun caso specifico, le principali sorgenti di incertezza, ed incrementare conseguentemente il

numero di misure di accelerazione per quantificare, mediante il calcolo della deviazione standard, l'entità dell'errore associato ai principali fattori di indeterminazione.

A.4.5.1 - Fattori di incertezza

1) *Incertezza nella determinazione dei tempi di esposizione*: da valutare attentamente a cura di colui che effettua la valutazione

2) *Incertezza nella misura delle accelerazioni*: quest'ultima è dovuta principalmente ai seguenti fattori.

- a) Errori dovuti al sistema di acquisizione (fissaggio accelerometri, interferenze elettriche, calibrazione, peso e posizionamento accelerometri). Tali errori (sistematici) di misura possono essere minimizzati, e resi trascurabili rispetto agli altri di seguito discussi, mediante la scelta di un'appropriata tecnica di misura e l'adozione di protocolli di calibrazione conformi agli standard internazionali.
- b) Errori dovuti alle fluttuazioni casuali dei parametri fisici in gioco (temperatura, umidità, stabilità dell'alimentazione della macchina, omogeneità del terreno attraversato, ecc.). Tali errori possono essere minimizzati aumentando la statistica dei campionamenti. La stima dell'errore casuale di misura è ottenuta mediante la deviazione standard di almeno tre misure effettuate nelle identiche condizioni sperimentali.
- c) Variazioni nelle modalità di guida da parte di differenti operatori e delle differenti caratteristiche antropometriche che incidono sui livelli di vibrazioni rilevati a livello del sedile: tale fattore è da prendere in considerazione quando l'esposizione è valutata per fasi lavorative omogenee e non per singolo lavoratore. In tal caso bisognerà ripetere le misurazioni nelle stesse condizioni operative, con almeno tre operatori di differenti caratteristiche antropometriche e/o esperienza professionale.
- d) Variazioni nelle condizioni di manutenzione del macchinario (es. condizioni ammortizzatori, sedile etc).
- e) Variazioni nelle caratteristiche del tipo di terreno su cui il mezzo è utilizzato (asfalto, terreno vario, presenza buche o sassi etc.).

L'errore complessivo nel calcolo di A(8), considerati i fattori di incertezza cui ai punti 1) e 2) è generalmente elevato, dell'ordine del 20% ÷ 40%.

A.5 - SCHEMA DELLA RELAZIONE TECNICA SULL'ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

Carta intestata del personale competente

Relazione tecnica per la valutazione dell'esposizione quotidiana personale dei lavoratori alle vibrazioni al corpo intero

N _____ del ___/___/___

Committente:

Ditta	_____ (Ragione sociale)	
esercente l'attività di	_____	
sede legale in via	_____	n _____
CAP	Comune	Prov.
sede unità produttiva	_____	n _____
in via	_____	_____
CAP	Comune	Prov.
tipologia produttiva (codice ISTAT)	_____	

lavoratori occupati n _____, di cui:

- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____.

Si riportano in allegato:

- ⇒ Piantina con layout aggiornato delle macchine e degli impianti sorgenti di vibrazioni con i relativi punti di misura
- ⇒ Elenco macchine / attrezzature di lavoro sorgenti di vibrazioni con i relativi punti di misura

RILIEVI VIBROMETRICI E VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE PERSONALE ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO

Strumentazione impiegata

Tipo	Marca e modello	N° matricola	Data ultima taratura	Certificato taratura
Fonometro integratore o altro strumento	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)
Accelerometro	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)
Calibratore	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)
Altro.....	xxx mod.xxx	XXXXXXXX	xx/xx/xx	(identificativo)

La strumentazione, acquistata in data _____, è di Classe, conforme allo standard ISO 8041.

Prima e dopo ogni serie di misure è stata effettuata la calibrazione della strumentazione mediante calibratore in dotazione.

Criteri e modalità di misura e di valutazione

Dopo un'attenta analisi del ciclo di produzione, dell'organizzazione e delle procedure di lavoro, delle 'giornate lavorative tipo', degli ambienti di lavoro e delle caratteristiche delle vibrazioni nella fattispecie, sono stati individuati, sulla base dei seguenti criteri di valutazione (*risultati di misurazioni anche estemporanee, confronti con situazioni analoghe, dati di letteratura, etc.*)

_____,
n ___ lavoratori esposti a rischio vibrazioni, secondo quanto di seguito specificato:

- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____;
- n _____ (mansione) _____.

Successivamente sono state effettuate diverse serie di misure, in data/e _____, nelle normali condizioni di lavoro, ovvero, nei seguenti casi attraverso i criteri e mezzi di misura riportati (indicare eventuali particolarità, quali, per esempio, attività temporanee, o personale, esplicitamente individuato, addetto a servizi presso diversi ambienti di lavoro, o diverse unità produttive, etc.):

_____.

Gli accelerometri sono stati fissati ai punti di misura utilizzando la seguente tecnica:

I tempi di misura sono stati scelti per essere rappresentativi dei relativi fenomeni vibratori in esame e del livello di vibrazioni assorbito dal lavoratore durante il tempo di esposizione.

I tempi di esposizione utilizzati per la valutazione dei valori di A(8) sono quelli dichiarati e sottoscritti dal Datore di Lavoro (*possibilmente riportati in allegato*), sentiti i RLS/lavoratori/Responsabile dell'organizzazione del lavoro _____.

Gli errori casuali di misura riportati in tabella indicano l'incertezza associata alle misure valutata con il seguente criterio: _____.

I livelli di esposizione personale alle vibrazioni, A(8), sono stati misurati o calcolati (a seconda che il tempo di misura sia pari all'intera giornata lavorativa o somma di vari tempi di misura rappresentativi dei diversi periodi omogenei) sulla base dei reali tempi di esposizione (dichiarati) secondo il seguente criterio: _____.

Risultati delle misure

Tabella delle misure

Rif. Misura N.	Punto di misura	Condizione di misura	T. misura (min)	$a_{wi} \text{ m/s}^2$	Errore casuale
x	x	XXXXXXXXXX	xxx	xx	$\pm x \text{ m/s}^2$

I punti di misura sono quelli riportati sulla piantina allegata.

Valutazione dei valori di A(8)

Gruppo omogeneo lavoratori	Operazione/postazione di lavoro	Macchine ed attrezzature	Rif. Misura N.	T.esposiz. (min)	$a_{wi} \text{ m/s}^2$	A(8) m/s^2
<i>identificativo</i>	XXXXX	XXXXXX	x	xxx	xx	XX
	XXXXX	XXXXXX	x	xxx	xx	
	XXXXX	XXXXXX	x	xxx	xx	
				<i>somma</i>		

(In caso di situazioni particolari all'interno del corrispondente gruppo omogeneo, la valutazione del A(8) deve essere nominativa in funzione della specifica giornata/settimana lavorativa tipo).

Esposizione personale dei lavoratori

A(8) individuali

Matricola a	Cognome e nome	Mansione	A(8) m/s ²	Classe di rischio *
1	Bianchi Mario			
2	Rossi Gino			
3	Verdi Bruno			
4	Sansone Antonio			
5	Conti Ugo			

[Nel caso vi siano lavoratori con diverse possibili giornate/settimane lavorative tipo (a seconda delle fasi di lavoro) e quindi con diversi valori di A(8) valutati, deve essere riportato il valore di A(8) più alto].

* Classe di rischio/Fascia di esposizione:

- 1) Esposizione personale inferiore a 0,5 m/s²
- 2) Esposizione personale compresa tra 0,5 e 0,9 m/s²
- 3) Esposizione personale superiore a 0,9 m/s²

Suggerimenti

Si forniscono i seguenti suggerimenti tecnici, utili ai fini dell'individuazione delle misure tecniche, organizzative e procedurali attuabili e dei tempi di ripetizione della valutazione: _____

Il Personale Competente

Ricevuta di consegna della relazione

La presente relazione è composta da n pagine.

Per ricevuta, li

IL DATORE DI LAVORO O CHI LO RAPPRESENTA

.....

**A.6 - RAPPORTO DI VALUTAZIONE IN AZIENDE CON ADDETTI ESPOSTI
A VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO**

Carta intestata della Ditta

**Rapporto di Valutazione
del rischio vibrazioni trasmesse al corpo intero**

Il Sottoscritto _____
(Nome e Cognome)
in qualità di datore di
lavoro dell'impresa _____
(Ditta/Ragione sociale)
esercitante l'attività di _____
con sede operativa in via _____ n _____
CAP _____ Comune _____ Prov. _____
e con sede legale in via _____ n _____
CAP _____ Comune _____ Prov. _____

consapevole della responsabilità che assume ai sensi dell'art.485 del c.p.

DICHIARA:

⇒ di aver effettuato/aggiornato la Valutazione delle vibrazioni WBV in data ___/___/___ (eventualmente citare il riferimento alla **Relazione tecnica** allegata)

⇒ che gli occupati in azienda e l'organizzazione del lavoro rispondono al seguente schema, per un **totale di n __ occupati**:

1. _____
2. _____
... _____
(mansione) (n. addetti) (note)

- ⇒ di aver potuto escludere il superamento dei $0,5 \text{ m/s}^2$ di A(8) sulla base:
- della palese assenza di sorgenti di vibrazione
 - di riscontri bibliografici
 - delle informazioni fornite dal/dai costruttore/i
 - di misurazioni in situazioni analoghe
 - della Relazione tecnica ***allegata***
 - altro (specificare) _____

- ⇒ che per ridurre il rischio da esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio sono già in atto le seguenti misure tecniche, organizzative e procedurali:
1. _____
 2. _____
 - ... _____

(eventualmente)

- ⇒ che per migliorare le condizioni di salute e sicurezza sul rischio vibrazioni saranno messe in atto le seguenti azioni nei tempi a fianco riportati:
- | | |
|-----------|--------------------|
| 1. _____ | entro il: __/__/__ |
| 2. _____ | entro il: __/__/__ |
| ... _____ | entro il: __/__/__ |

- ⇒ Di aver consultato il/i seguenti RLS o, in loro assenza, lavoratori:
- Sig. _____
- Sig. _____

- ⇒ Che la Valutazione in oggetto, **salvo l'obbligo di ripeterla ad ogni variazione consistente delle condizioni di esposizione alle vibrazioni**, verrà ripetuta con la seguente **periodicità**: _____

ALLEGA:

- ⇒ ***(eventualmente)*** Relazione tecnica

Città----- li __/__/__

Il Legale Rappresentante

**per presa visione
i RLS o, in loro assenza, i lavoratori**

A.7 - TABELLE RELATIVE AGLI EFFETTI DELLE VIBRAZIONI

Tabella 1: Sindrome da vibrazioni mano-braccio: stadi dei disturbi neurosensitivi periferici (*Stockholm workshop 86*)

<i>Stadio</i>	<i>Sintomi</i>
0SN	Non sintomi neurosensitivi periferici
1SN	Torpore intermittente alle dita, con o senza parestesie
2SN	Torpore intermittente o persistente, ridotta sensibilità tattile, termica e dolorifica
3SN	Torpore intermittente o persistente, ridotta discriminazione tattile e/o ridotta destrezza manuale

Tabella 2: Sindrome da vibrazioni mano-braccio: stadi del fenomeno di Raynaud secondario all'uso di utensili vibranti (*Stockholm workshop 86*)

<i>Stadio</i>	<i>Grado</i>	<i>Sintomi</i>
0	-	Non sintomi vasospastici digitali
1	Lieve	Occasionali episodi di pallore alle estremità di uno o più dita
2	Moderato	Occasionali episodi di pallore a carico delle falangi distale e intermedia (raramente prossimale) di uno o più dita
3	Severo	Frequenti episodi di pallore a carico di tutte le falangi della maggior parte delle dita
4	Molto severo	Come in stadio 3, con associati disturbi trofici cutanei alle estremità delle dita

Tabella 3: Patologie che possono rappresentare una condizione di ipersuscettibilità individuale o possono aggravare le possibili lesioni agli apparati vascolare, neurologico e muscolo-scheletrico causate dall'esposizione occupazionale a vibrazioni mano-braccio. Tra le malattie vascolari sono indicate le principali cause di fenomeno di raynaud secondario, alcune delle quali incompatibili con qualsiasi attività lavorativa.

1. Malattie vascolari

1.1 Fenomeno di Raynaud primitivo

1.2 Fenomeno di Raynaud secondario a:

- Malattie del collagene (scleroderma, LES, connettivite mista, poliarterite nodosa, dermatomiosite, artrite reumatoide)
- Malattie vascolari occlusive (tromboangioite obliterante, arteriosclerosi, "hypothenar hammer syndrome")
- Compressione dei vasi prossimali (sindrome dell'apertura toracica superiore, sindrome costoclavicolare)
- Traumatismi (secondari a lacerazioni, fratture, interventi chirurgici, congelamento)
- Malattie neurologiche (poliomielite, siringomielia, emiplegia)
- Alterazioni ematiche e plasmatiche (policitemia vera, trombocitemia, crioglobulinemia, macroglobulinemia)
- Agenti occupazionali (cloruro di vinile, arsenico, nitrati)
- Farmaci (β -bloccanti, clonidina, ergotamina, chemioterapici, ciclosporina, amfetamine)
- Miscellanea (vasculiti, fibromialgia, ipotiroidismo, nefropatie, distrofia simpatica riflessogena, neoplasie)

2. Malattie neurologiche

2.1 Sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi (s. del tunnel carpale, s. del pronatore, s. di Guyon, s. del tunnel cubitale)

2.2 Neuropatie periferiche (alcolica, diabetica, radiculopatia cervicale, da farmaci e tossici industriali)

2.3 Lesioni neurologiche secondarie a traumi, fratture, interventi chirurgici al sistema mano-braccio e al collo

3. Malattie muscolo-scheletriche

3.1 Tendiniti e tenosinoviti di grado medio-severo (s. di de Quervain, epicondilita laterale, epitrocleite, tendiniti della spalla)

3.2 Sindromi cervicobrachiali di grado medio-severo

3.3 Fibromatosi palmare (malattia di Dupuytren) di grado avanzato

3.4 Deformità delle ossa e delle articolazioni secondarie a traumatismi, fratture, interventi chirurgici

3.5 Miopatie (fibromialgia, miofasciti, miopatia alcolica, miopatie da malattie endocrine, dismetabolismi e farmaci)

Tabella 4: Patologie che possono rappresentare una condizione di ipersuscettibilità individuale o possono aggravare le possibili lesioni alla colonna vertebrale o ad altri organi e apparati causate dall'esposizione occupazionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo.

1. Patologie della colonna vertebrale

- Patologie degenerative della colonna vertebrale non legate all'età
- Patologie infiammatorie attive della colonna vertebrale (es. spondilite anchilosante)
- Patologie dei dischi intervertebrali con o senza compromissione radicolare
- Patologie del canale midollare con o senza compromissione radicolare
- Patologie deformative congenite o acquisite della colonna vertebrale
- Patologie distruttive (osteoporosi grave) o neoformative benigne (angioma vertebrale)
- Pregressi traumi della colonna con fratture vertebrali
- Pregressi interventi chirurgici alla colonna vertebrale
- Instabilità della colonna vertebrale (es. da spondilolistesi, da fratture)
- Lombalgie croniche con frequenti episodi di riacutizzazione

2. Patologie di altri organi o apparati

- Severe alterazioni muscolo-scheletriche del distretto cervico-brachiale
- Gastrite cronica severa e/o ulcera peptica gastro-duodenale

3. Eventi fisiologici

- Gravidanza (controindicazione temporanea, DPR No. 645/96, Allegato I)
-

**A.8. - BANCA DATI DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE ALLE
VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO (HAV)**

**A.9. - BANCA DATI DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE ALLE
VIBRAZIONI TRASMESSE AL CORPO INTERO (WBV)**

A.10 - BIBLIOGRAFIA

- Nicolini O., Lazzaretti G., Nataletti P., Peretti A. (Atti a cura di) “*dBA '98: dal rumore ai rischi fisici. Valutazione, prevenzione e bonifica in ambienti di lavoro*”, Modena 1998
- Nicolini O., Lazzaretti G., Nataletti P., Peretti A. (Atti a cura di) “*dBA incontri. Rumore e vibrazioni negli ambienti di lavoro: dalla valutazione alla bonifica*”, Modena 1999
- Peretti A., Pompoli R., Nicolini O., Lazzaretti G. (Atti a cura di) “*Rumore e vibrazioni: certificazione delle macchine*”, Modena 1993
- American National Standards Institute. “*Guide for the measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand*”. New York ANSI S3.34 (1986)
- British Standard Institution. British Standard “*Guide to measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand*”. London BS 6842: 1987
- ACGIH. Hand-arm (segmental) vibration. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Cincinnati, Ohio, 1997
- Council of the European Union. Amended proposal for a Council Directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents. Official Journal of the European Communities, 1994 (94/C230/03, N. C230/3-29, 19.8.94)
- Council of the European Union (1994) Amended proposal for a Council Directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents - Individual Directive in relation to Article 16 of the Directive 89/391/EEC. Official Journal of the European Communities, 94/C 230/03, No C 230/3-29
- Bovenzi M (1999) “*La sindrome da vibrazioni mano-braccio: (I) quadri clinici, relazione esposizione-risposta, limiti di esposizione*”. Med Lav 90: 547-555
- Bovenzi M (1999) “*La sindrome da vibrazioni mano-braccio: (II) aspetti diagnostici e criteri di idoneità*”. Med Lav 90: 643-649
- Gemne G (1997) “*Diagnostics of hand-arm system disorders in workers who use vibrating tools*”. Occup Environ Med 54: 90-95
- Stockholm Workshop 94 (1995) “*Hand-arm vibration syndrome: Diagnostics and quantitative relationships to exposure*”. Arb Hälsa 5: 1-199
- National Institute of Occupational Safety and Health (1989) “*Criteria for a recommended standard: occupational exposure to hand-arm vibration*”. US DHHW (NIOSH) Report 89-106, Cincinnati, OH

- European Committee for Standardization (1996) “*Mechanical vibration - Guide to the health effects of vibration on the human body*”. CEN Report 12349. CEN, Brussels
- “*Linee Guida in materia di rischi da vibrazioni e da movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori*”, Assessorato alla sanità della Regione Piemonte, 1997
- Bovenzi M., Pinto I., Stacchini N. (1998) “*Vibrazioni mano-braccio: la certificazione delle emissioni nell’ambito della Direttiva macchine*”, *Giornale degli Igienisti Industriali* 23: 105-113