

NR 2000:I7

# Kunskapsunderlag för åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskiner

Tekniska aspekter

*Lage Burström, Ronnie Lundström och Anna Sörensson*

ARBETE OCH HÄLSA | VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE

ISBN 91-7045-573-3    ISSN 0346-7821    <http://www.niwl.se/ah/>



Arbetslivsinstitutet är ett nationellt kunskapscentrum för arbetslivsfrågor. På uppdrag av Näringsdepartementet bedriver institutet forskning, utbildning och utveckling kring hela arbetslivet.

Arbetslivsinstitutets mål är att bidra till:

- Förnyelse och utveckling av arbetslivet
- Långsiktig kunskaps- och kompetensuppbyggnad
- Minskade risker för ohälsa och olycksfall

Forskning och utveckling sker inom tre huvudområden; arbetsmarknad, arbetsorganisation och arbetsmiljö. Forskningen är mångvetenskaplig och utgår från problem och utvecklingstendenser i arbetslivet. Verksamheten bedrivs i ett tjugotal program. En viktig del i verksamheten är kommunikation och kunskapsspridning.

Det är i mötet mellan teori och praktik, mellan forskare och praktiker, som det skapas nya tankar som leder till utveckling. En viktig uppgift för Arbetslivsinstitutet är att skapa förutsättningar för dessa möten. Institutet samarbetar med arbetsmarknadens parter, näringsliv, universitet och högskolor, internationella intressenter och andra aktörer.

Olika regioner i Sverige har sina unika förutsättningar för utveckling av arbetslivet. Arbetslivsinstitutet finns i Bergslagen, Göteborg, Malmö, Norrköping, Solna, Stockholm, Söderhamn, Umeå och Östersund.

För mer information eller kontakt, besök vår webbplats [www.niwl.se](http://www.niwl.se)

## ARBETE OCH HÄLSA

---

Redaktör: Staffan Marklund  
Redaktion: Mikael Bergenheim, Anders Kjellberg, Birgitta Meding, Gunnar Rosén och Ewa Wigaeus Tornqvist

© Arbetslivsinstitutet & författarna 2000  
Arbetslivsinstitutet,  
112 79 Stockholm

ISBN 91-7045-573-2  
ISSN 0346-7821  
<http://www.niwl.se/ah/>  
Tryckt hos CM Gruppen

# Förord

Bakgrunden till detta kriteriedokument är att Arbetarskyddsstyrelsen till Kriteriegruppen för Fysikaliska Faktorer vid Arbetslivsinstitutet framfört önskemål om en sammanställning över tillgängliga forskningsresultat vad gäller inverkan av vibrationer på användare från handhållna maskiner samt att särredovisa påverkan beroende på typ av maskinvibrationer. Arbetarskyddsstyrelsens intresse för en sådan sammanställning är att få svar på frågan om det finns vetenskapligt underlag för att revidera den idag gällande föreskriften "Vibrationer från handhållna maskiner" (AFS 1986:7).

Arbetslivsinstitutets Kriteriegrupp för Fysikaliska Faktorer uppdrog därför åt en expertgrupp att svara för detta arbete. Expertgruppen har bestått av Docent Lage Burström (ordförande), Professor Ronnie Lundström och Teknologie doktor Anna Sörensson vid Programmet för Teknisk Yrkeshygien, Arbetslivsinstitutet, Umeå samt Överläkare Tohr Nilsson, Yrkesmedicinska Kliniken, Sundsvalls Sjukhus. Observatör från Arbetarskyddsstyrelsen har varit Avdelningsdirektör Erik Ahlberg.

Inom området publicerades 1992 det första svenska kriteriedokumentet (Gemne G, Lundström R, Hansson J-E. "Skador och besvär av arbete med handhållna vibrerande maskiner. Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation." Arbete och Hälsa 1992:49). Eftersom en mycket stor del av denna översikt fortfarande är giltig, koncentrerades expertgruppens arbete inledningsvis på att revidera och uppdatera det dokumentet. Arbetarskyddsstyrelsens frågeställning föranledde en uppdelning på dels Medicinska aspekter, dels Tekniska aspekter. Resultatet av expertgruppens arbete publiceras därför i två fristående dokument med den gemensamma huvudtiteln "Kunskapsunderlag för åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskin". Docent Gösta Gemne och Professor Ronnie Lundström har ansvarat för revidering och uppdatering av de medicinska aspekterna. I de båda dokumenten publiceras ett gemensamt sökordsindex för att underlätta läsningen.

I detta dokument har bilder och tekniska data har framtagit av Asta Lindmark och Bodil Olofsson. Författarna vill även tacka Erik Ahlberg, Gösta Gemne och Tohr Nilsson för värdefulla och konstruktiva synpunkter vid utarbetande av dokumentet.

Författarna

Umeå, november 2000

# Innehåll

<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundläggande begrepp och definitioner</b>	<b>2</b>
2.1 Vibrationsnivå	2
2.2 Vibrationstyp	3
2.3 Vibrationsfrekvens	5
2.4 Vibrationsriktning	6
2.5 Varaktighet	7
2.6 Överföring	7
2.7 Absorption av vibrationsenergi	8
<b>3. Standarder och föreskrifter</b>	<b>9</b>
3.1 Standardiserings- och föreskriftsarbetet	9
3.2 Internationella standarder	10
3.3 Europeiska standarder	13
3.4 Svensk standarder	14
3.5 Föreskrifter	14
<b>4. Mätning av vibrationer från handhållna maskiner</b>	<b>16</b>
<b>5. Exempel på mätning av vibrationer från handhållna maskiner</b>	<b>18</b>
5.1 Kategorisering av maskiner	18
5.2 Fältmätta vibrationsnivåer kontra deklarerade värden	20
<b>6. Exponeringsminskade åtgärder</b>	<b>23</b>
6.1 Produktionstekniska åtgärder	23
6.2 Åtgärder genom ny- och omkonstruktion av maskiner	23
6.3 Åtgärder vid maskininköp	25
6.4 Utbildning, arbetsteknik	25
6.5 Service och underhåll	26
6.6 Personlig skyddsutrustning	26
<b>7. Sammanfattning</b>	<b>27</b>
<b>8. Summary</b>	<b>27</b>
<b>9. Referenser</b>	<b>28</b>
<b>10. Index</b>	<b>33</b>

# 1. Inledning

Vibrationer som besvärande arbetsmiljöfaktor förekommer inom ett stort antal yrken och verksamheter. Vibrationers påverkan på människan kan ske på olika sätt och det har därför visat sig lämpligt att i anatomisk avseende särskilja två huvudtyper, nämligen helkroppsvibrationer och lokala vibrationer.

Helkroppsvibrationer förekommer när en person sitter, står eller ligger på ett vibrerande underlag. Det är en vanlig exponering till exempel i skogsmaskiner, traktorer, bussar, tåg, flygplan och fartyg, men även i arbetslokaler, där golvet sätts i rörelse av någon vibrationskälla.

Lokala vibrationer innebär att vibrationerna enbart påverkar någon lokal del av kroppen, exempelvis fötter, händer eller mage. De lokala vibrationerna förekommer uteslutande i samband med arbete med vibrerande maskiner och verktyg som hålls eller stöds av handen, till exempel slipmaskiner, motorsågar, mejselhackor och mutterdragare. Därför benämns lokala vibrationer oftast hand-arm vibrationer eller handöverförda vibrationer.

I slutet av 1992 publicerades en rapport med titeln ”Skador och besvär av arbete med handhållna vibrerande maskiner. Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation.” (36). Ett av syftena med detta var att ge en bred översikt om den kunskap som är väsentlig för förståelsen av adekvat prevention. Arbetarskyddsstyrelsen framförde under hösten 1998 önskemål om en revision av detta dokument. Revisionen har en mer begränsad urvalsambition än det ursprungliga dokumentet. Den allmänna bakgrunden till risker med vibrationsexponering är i stort sett oförändrad. Hundratals undersökningar har gett klara belägg för att det finns ett kvalitativt samband mellan vibrationsexponering och skador. Detta har belysts så utförligt i det ursprungliga dokumentet att vidare diskussion om det inte ansetts behövlig. För att inte det reviderade dokumentet skall bli för stort och oöverskådligt har en komplettering därför gjorts enbart med tekniska och medicinska data, som är av betydelse för preventivt arbete.

Syftet med detta dokument är att beskriva tekniska aspekterna på åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskiner. Detta innefattar en genomgång av grundläggande definitioner, föreskrifter och standarder, mätningar och utvärdering samt exponeringsminskande åtgärder.

En rapport innehållande en orientering om nya rön inom den medicinska vibrationsforskningen publiceras parallellt med det reviderade kriteriedokumentets tekniska del (35).

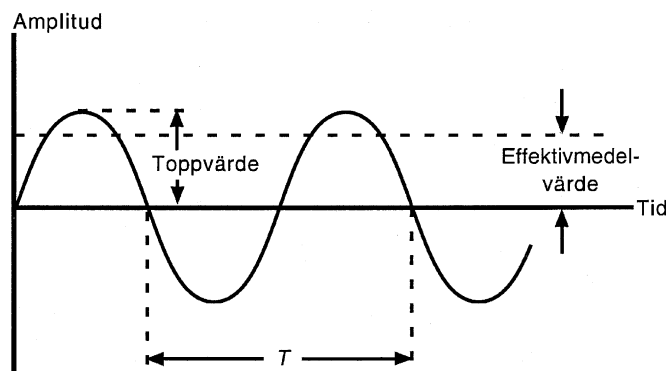
## 2. Grundläggande begrepp och definitioner

Med vibrationer menas att ett föremål svänger fram och tillbaka kring ett viloläge (jämviktsläge), exempelvis som pendeln i en klocka. För att kunna beskriva denna rörelse behövs några fysikaliska mått. Svängningens storlek (nivå, amplitud) samt hur ofta dessa svängningar förekommer per tidsenhet (frekvens) är två viktiga mått. Andra mått är typ av vibration och den totala tid under vilken denna pågår.

### 2.1 Vibrationsnivå

En vibrations storlek eller nivå kan beskrivas med hjälp av tre olika parametrar; förskjutning, hastighet eller acceleration. Med förskjutningen, som oftast betecknas med  $d$ , menas föremålets förflyttning i förhållande till sitt viloläget, angiven i enheten meter (m). Hastigheten betecknas oftast med  $v$  och anger föremålets förflyttning per tidsenhet. Enheten för hastighet är m/s. Det tredje måttet, acceleration, betecknas oftast med  $a$  och beskriver hur föremålets hastighet förändras över tiden. Enheten för acceleration är  $m/s^2$ . Acceleration är den storhet som vanligen brukar användas för att beskriva vibrationers påverkan på människan.

Ett vibrerande föremål rör sig först över en viss sträcka, stannar upp vid ändläget och rör sig därefter i motsatt riktning förbi viloläget, Figur 1. Rörelsen fortsätter sedan till det andra ändläget, stannar upp och rör sig därefter i motsatt riktning tillbaka till viloläget eller förbi detta. Periodtiden ( $T$ ) beskriver den tid det tar för vibrationen att utföra hela denna rörelse tillbaka till det ursprungliga läget (Figur 1). Rörelsen sker under ständig lägesförändring under en enda svängning. Det är därför viktigt att kunna beskriva svängningen på ett enkelt sätt. Ett sätt är att ange det värde som ständigt registreras, vilket brukar kallas ögonblicksvärde (momentanvärde). Det högsta momentanvärdet under någon tidsperiod kallas för toppvärdet (eng. peak). Helst vill man dock ange något slags medelvärde över den aktuella tidsperioden. Det finns flera sätt att göra det men det vanligaste är att ange vibrationens effektivmedelvärde som ofta kallas rms-värde (eng. root mean square). Effektivmedelvärdet eller effektivvärdet, svarar nämligen mot vibrationens energiinnehåll per tidsenhet.



Figur 1. Topp- och effektivmedelvärde för en vibration.

Toppvärdet för accelerationen ( $a_{topp}$ ) definieras som det största ögonblicksvärde hos vibrationen som förekommit över någon bestämd tid. Oftast tas inte hänsyn till om detta ögonblicksvärde är positivt eller negativt utan bara det maximala värdet anges.

Effektivvärdet (rms-värdet) för accelerationen definieras som;

$$a_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (a(t))^2 dt} \quad \text{Formel 1}$$

där  $a(t)$  är accelerationens ögonblicksvärde vid tiden  $t$  och  $T$  anger den totala tid för vilken accelerationens effektivvärde ( $a_{eff}$ ) skall beräknas.

Toppfaktorn (eng. crest factor) används för att beskriva förhållandet (kvoten) mellan toppvärde och effektivvärde. Toppfaktorn ( $TF$ ) för en vibration är därför dimensionslös och definieras som;

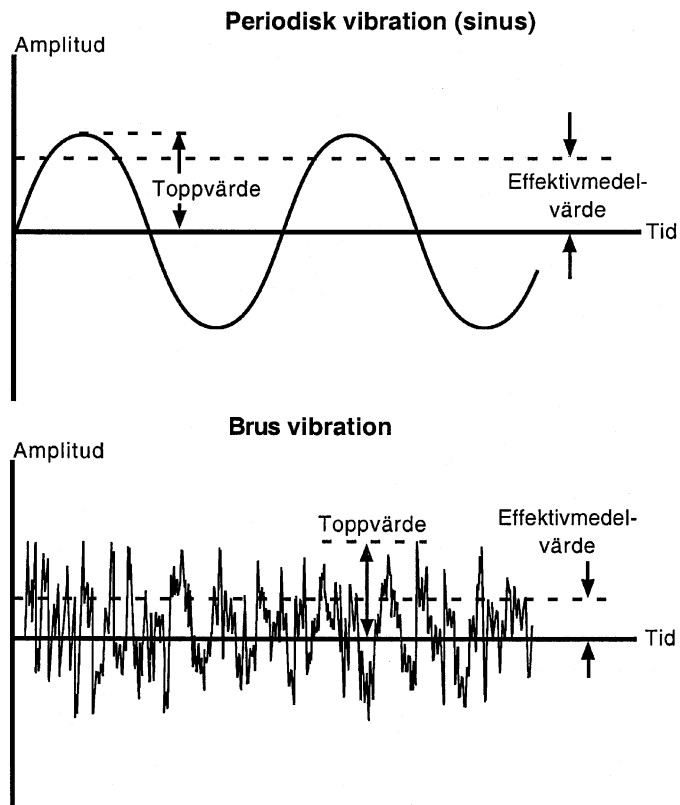
$$TF = \text{Topp Faktor} = \frac{a_{topp}}{a_{eff}} \quad \text{Formel 2}$$

där  $a_{topp}$  är det accelerationens toppvärde och  $a_{eff}$  accelerationens effektivvärde.

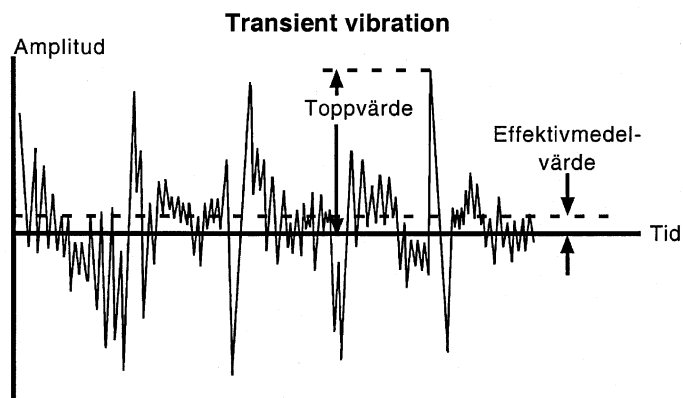
## 2.2 Vibrationstyp

Vibrationer är med avseende på variationen över tid av två typer, förutsägbara (deterministiska) eller slumpmässiga (stokastiska). De förutsägbara kan vara periodiska eller icke-periodiska. En periodisk vibration kännetecknas av att vibrationsförloppet upprepas efter en given tid. Den vanligaste formen av periodisk signal är sinusvibrationen, Figur 2. En slumpmässig vibration är inte förutsägbar och kallas oftast brusvibration, Figur 2.

Vibrationerna kan vara kontinuerliga, dvs. pågå under en längre tid utan avbrott. Kontinuerliga vibrationer med en liten amplitudvariation kallas stationära. En stötformad vibration, också kallad transient vibration, har ett icke-stationärt tidsförlopp och uppträder under en kort tid, ofta med mycket högre nivåer än det övriga vibrationsförloppet, Figur 3.



Figur 2. Topp- och effektivmedelvärde för en förutsägbar (sinus) och en slumpmässig (brus) vibration.



Figur 3. Topp- och effektivmedelvärde för en icke-stationär (stötformad, transient) vibration.

De flesta i arbetslivet förekommande vibrationer är blandformer mellan stationära och icke-stationära.



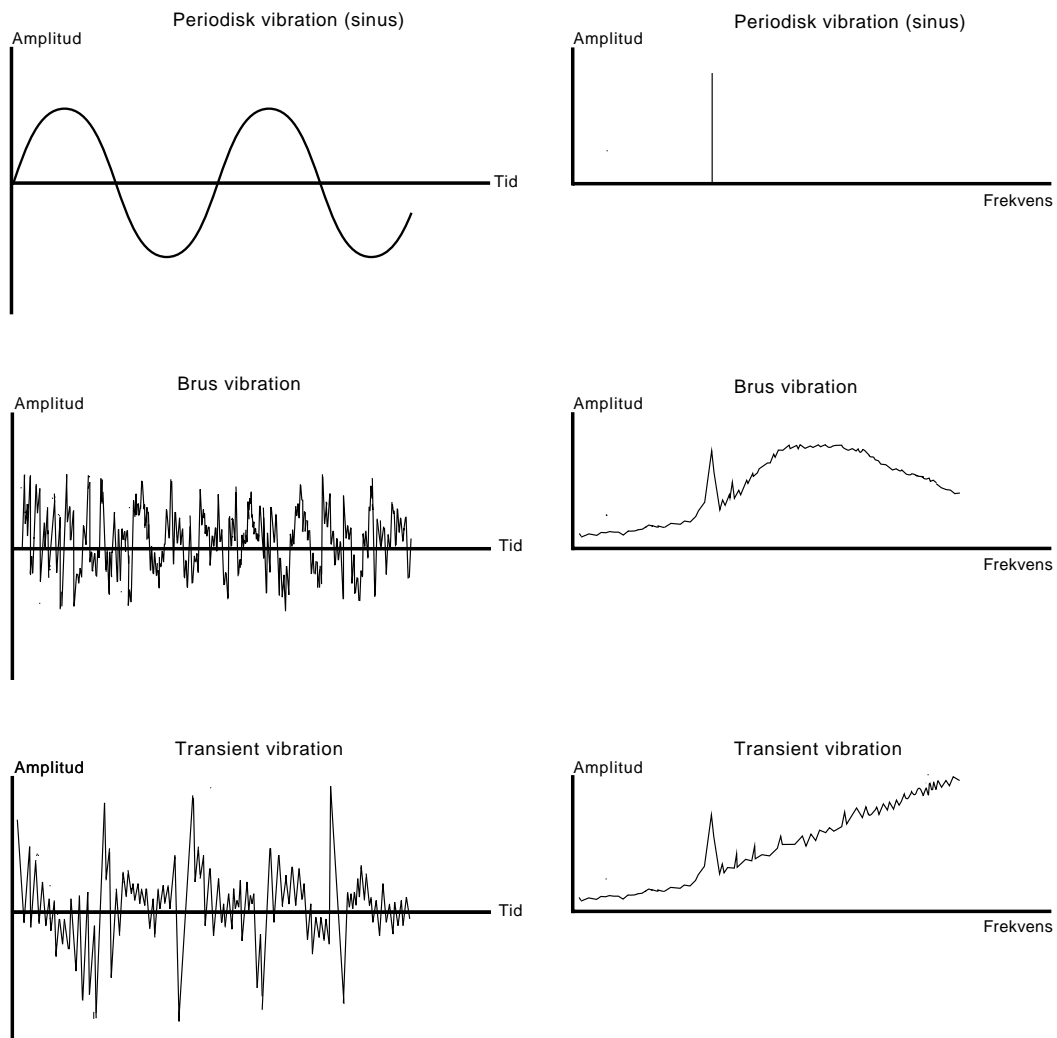
## 2.3 Vibrationsfrekvens

Frekvensen hos en vibration beskriver hur ofta svängningarna kommer i tiden och mäts i antal svängningar per sekund. Denna enhet kallas Hertz, vilket förkortas Hz. Frekvensen definieras därför som:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Formel 3}$$

där  $f$  är frekvensen och  $T$  periodtiden för den aktuella vibrationen.

En uppdelning av vibrationen i olika frekvenser kallas frekvensanalys. Normalt är det inte möjligt att beräkna frekvensen för exempelvis brusvibrationer enligt formel 3. Istället måste mer sofistikerade matematiska metoder tillgripas, exempelvis Fourieranalys. En frekvensanalys av en vibration innebär att man erhåller vibrationens frekvensspektrum. I figur 4 visas sambandet mellan vibrationers svängningsförlopp över tiden samt motsvarande frekvensspektrum.



Figur 4. Sambandet mellan olika vibrationer presenterade i tidsplanet samt motsvarande representation i frekvensplanet.

Frekvensanalys kan göras på olika sätt. Ett är att dela upp vibrationerna i olika band där varje band omfattar exempelvis 10 Hz runt mittfrekvensen. Det vanligaste är dock att vid frekvensanalysen använda en konstant relativ bandbredd vid frekvensanalys. Det innebär att analysen sker med en bandbredd av till exempel 10% av mittfrekvensen. Denna typ av frekvensregistrering innebär att analysen på en logaritmisk frekvensskala har samma upplösning över hela frekvensområdet. Vid konstant relativ bandbredd sker analysen i oktavband eller delar av oktavband. Utseendet på använda oktavband samt deras mittfrekvenser finns standardiserade (42). Då mätresultaten skall användas för bedömningar av skaderisk utnyttjas oftast 1/3-oktavband (tersband).

Istället för ett frekvensspektrum kan den summerade accelerationen beräknas inom ett bestämt frekvensområde. Detta sker genom att accelerationerna för respektive band summeras enligt:

$$a = \sqrt{\sum_{n=1}^i a_n^2} \quad \text{Formel 4}$$

där  $a$  är den summerade accelerationen och  $a_i$  är accelerationen i det  $i$ :te frekvensbandet.

Därigenom erhålls ett enda siffervärde för frekvensavsnittet. Ibland tillmäts olika frekvenser olika betydelse för påverkan på användaren. Detta innebär att värdena för olika frekvensband viktas olika mycket vid summeringen, s.k. frekvensvägning. Den formel som då används är:

$$a = \sqrt{\sum_{n=1}^i (K_n \cdot a_n)^2} \quad \text{Formel 5}$$

där  $a$  är den summerade accelerationen,  $a_i$  är accelerationen i det  $i$ :te frekvensbandet och  $K_i$  är viktningen för det  $i$ :te frekvensbandet.

## 2.4 Vibrationsriktning

En vibration består ibland av en rörelse inte bara i en riktning utan flera samtidigt. Det innebär att vibrationen förutom en bestämd nivå även har en bestämd riktning, dvs. vibrationen beskriver en vektor i rymden. För att beteckna denna vektor, i de olika möjliga rörelseriktningarna, brukar värdena anges i ett koordinatsystem där axlarna ges beteckningen  $x$ ,  $y$  och  $z$ . Dessa tre riktningar är även ortogonala, dvs. de är vinkelräta mot varandra.

Om accelerationen är känd i de olika riktningarna kan vibrationens summa-vektor,  $a_v$ , beräknas genom formeln;

$$a_v = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad \text{Formel 6}$$

där  $a_x$ ,  $a_y$  och  $a_z$  är accelerationen i x-, y- respektive z-riktningen.

## 2.5 Varaktighet

Varaktigheten (exponeringstiden), dvs. den totala tid som svängningarna pågår, är av stor betydelse vid bedömning av påverkan på människan. Det vanligaste är att den dagliga vibrationsexponeringen uttrycks med hjälp av vibrationsnivån och daglig exponeringstid. Det matematiska sambandet som används (formel 7) möjliggör därigenom jämförelse av exponeringar som pågår under olika lång tid. För beräkningar av ett 8-timmars ekvivalent värde används följande formel;

$$a_{eq(8)} = \sqrt{\frac{T}{8}} \cdot a_T \quad \text{Formel 7}$$

där  $a_{eq(8)}$  är 8-timmars ekvivalent acceleration,  $T$  är aktuell exponeringstid i timmar och  $a_T$  är accelerationen under tidsperioden  $T$  timmar.

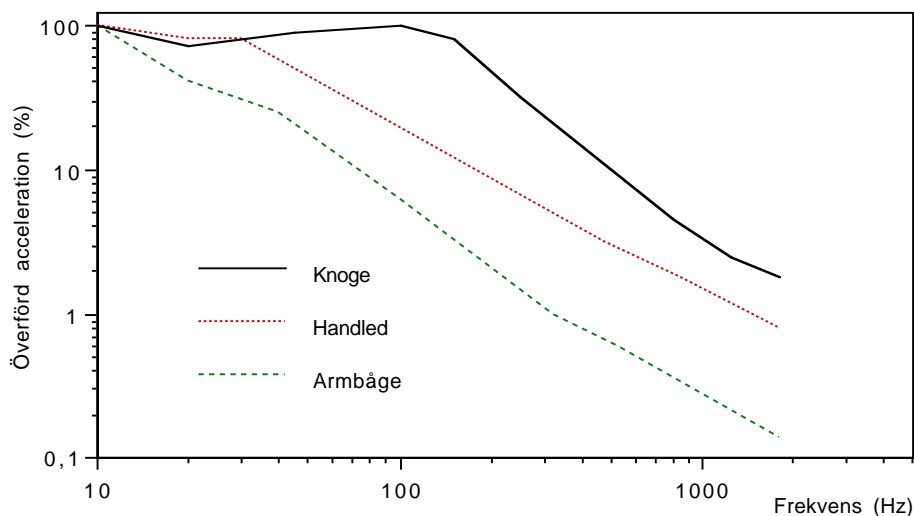
Om exponeringen för vibrationer består av flera olika tidsintervall beräknas den dagliga vibrationsexponeringen genom:

$$a_T = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n a_i^2 \cdot t_i} \quad \text{Formel 8}$$

där  $a_T$  är accelerationen under tidsperioden  $T$  timmar,  $a_i$  är accelerationen under den i:te tidsperioden,  $t_i$  är i:te tidsperiodens omfattning och  $T$  är den totala exponeringstiden i timmar.

## 2.6 Överföring

Överföringen (transmissionen) av vibrationer från en handhållen vibrerande maskin till handens och armens olika delar varierar med en rad faktorer som exempelvis frekvens, armställning, handledsvinkel, kroppsbyggnad samt grip- och matningskraft (86). I Figur 5 har medelvärdet av överföringen av vibrationer från en vibrationskälla till olika delar av handen och armen sammanställts utifrån några olika undersökningar som funktion av frekvensen (1, 38, 73, 81, 85, 86, 87). I figuren anges hur stor procentuell andel av vibrationerna, uttryckt i acceleration, som når de olika delarna av handen och armen. Generellt gäller att vibrationer vid låga frekvenser överförs till hela handen och armen. För högre frekvenser minskar överföringen till de delar av handen och armen som är längst ifrån maskinen. Vid c:a 700 Hz når endast en mindre del av vibrationerna så långt som till knogen.



Figur 5. Överföring av vibrationer från vibrationskällan till knoge, handled och armbåge som funktion av frekvensen.

## 2.7 Absorption av vibrationsenergi

Överföringen av vibrationer från en handhållen vibrerande maskin till handens och armens olika delar är egentligen en transport av energi (8, 14). Den totala energin per tidsenhet (skenbar effekt),  $P$ , som handen och armen utsätts för vid vibrationsbelastning kan uttryckas i termer av den kraft,  $F$ , som påverkar systemet och den hastighet,  $v$ , som denna kraftpåverkar orsakar;

$$P(t) = F(t) \cdot v(t) \quad \text{Formel 9}$$

Genom att beräkna medelvärdet över tiden kan den överförda effekten bestämmas (14). Enheten för överförd effekt är Watt (W). Formel 9 gäller för periodiska vibrationer. För brusvibrationer måste krosskorrelationen användas, vilken även kan uttryckas i frekvensdomänen som krosspektrum (20). Krosspektrum är normalt komplex, med en aktiv och en reaktiv komponent. Den aktiva komponenten beskriver hur stor del av den skenbara effekten som absorberas av handen och armen (14). På motsvarande sätt beskriver den reaktiva komponenten hur stor del av den skenbara effekten som pendlar mellan handen/armen och vibrationskällan och/eller mellan handarmens massor och fjädrande komponenter utan att omsättas i aktiv effekt och förbrukas (14).

Upptaget av vibrationsenergi kommer att vara beroende av en rad faktorer, bl a vibrationernas frekvensinnehåll, intensitet, varaktighet och riktning (20, 21). Vidare påverkas upptaget av faktorer som beror på kopplingen mellan användaren och maskinen, t ex hur hårt han/hon trycker maskinen mot bearbetningsobjektet eller fattar om maskinhandtaget (14, 17, 19, 24). Dessutom kommer upptaget att påverkas av skillnader mellan olika individer (15, 16, 18).

## 3. Standarder och föreskrifter

Tekniska aspekter på vibrationer från handhållna maskiner finns i detalj reglerade i olika standarder och föreskrifter.

### 3.1 Standardiserings- och föreskriftsarbetet

En standard är en rekommendation om till exempel utformning av en produkt eller användning av en provningsmetod på ett visst sätt. Det finns olika typer av standarder. En global standard utarbetas på världsomspännande, internationell, nivå, till exempel inom ISO (International Organization for Standardization) eller IEC (International Electrotechnical Commission).

En europeisk standard fastställs inom till exempel CEN (European Committee for Standardization) eller CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization). En harmoniserad standard avser europeiska standarder som knyter an till EU-direktiv. En nationell standard utarbetas inom nationella standardiseringsorgan. I Sverige görs detta av SIS (Standardiseringen i Sverige). Numera blir rent svenska standarder allt ovanligare. Istället rör det sig vanligen om nationellt fastställda internationella standarder.

Standardisering är arbetet att ta fram gemensamma lösningar på återkommande problem. Arbetet sker i samarbete mellan företrädare för tillverkare, användare, handel, konsumenter och andra samhällsintressen. I arbetet väger man samman tekniska, sociala och ekonomiska aspekter. Så långt det är möjligt strävar man efter att komma överens, nå konsensus. Standardiseringsarbetet sker i tekniska kommittéer, arbetsgrupper eller projekt. I kommittéer ingår experter med ämneskompetensen från företag, organisationer och andra intressenter som vill satsa på ett visst standardiseringsprojekt.

I Sverige samordnar SIS standardiseringsarbetet genom en uppdelning på olika standardiseringsorgan med ansvar för ett fackområde eller en bransch. I Sverige finns åtta standardiseringsorgan, exempelvis SEK (Svenska Elektriska Kommissionen) och SMS (Svensk Material- & Mekanstandard). Standardiseringsorganen tar fram förslag till svensk standard. Det kan antingen vara ny eller reviderad svensk, nationell standard eller vara svensk standard som överför ny eller reviderad global eller europeisk standard. Alla förslag till standard går ut på remiss innan de fastställs. Det slutgiltiga fastställandet av en standard sker inom Nämnden för Svensk Standard (NSS). All fastställd svensk standard har prefixet SS. Om det rör sig om en svensk standard som överför global standard utan ändringar blir prefixet till exempel SS-ISO. Överförd europeisk standard betecknas numera SS-EN.

En stor del av harmoniseringen sker via EU-direktiv. Varje enskilt EU-land måste anpassa sina regler och föreskrifter i enlighet med direktivet. I de gamla direktiven är detaljerade lösningar inbyggda i direktivets text. Utformningen av nya direktiv inskränker sig till överordnade krav för hälsa, säkerhet och miljö samt vissa allmänna krav. Den här typen av direktiv kan antas genom majoritetsbeslut i EU:s ministerråd. Arbetet med att specificera hur direktivens krav på

hälsa, säkerhet och miljö skall uppfyllas, uppdras åt de europeiska standardiseringsorganisationerna (CEN och CENELEC). Europeiska standarder skall fastställas som svensk standard senast inom sex månader, och befintlig, motstridande svensk standard måste upphävas. Undantag görs bara i speciella fall.

I Sverige utfärdar Arbetskyddsstyrelsen med stöd av Arbetsmiljölagen föreskrifter som mer i detalj anger krav och skyldigheter i arbetsmiljöarbetet. Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd publiceras i Arbetskyddsstyrelsens författningssamling, AFS. Yrkesinspektionen kontrollerar att arbetsplatserna är så säkra de skall vara enligt Arbetsmiljölagen. Tillsammans bildar Arbetskyddsstyrelsen och Yrkesinspektionen Arbetskyddsverket. Yrkesinspektionen är indelad i tio distrikt som tillsammans täcker hela Sverige.

## 3.2 Internationella standarder

Den internationella standardiseringsorganisationen, ISO, har publicerat cirka 100 standarder som på olika sätt ger riktlinjer angående vibrationer från handhållna maskiner. Därför sker en kort genomgång av de mest centrala standarderna inom området.

### 3.2.1 ISO 2041: Vibration och stöt - Ordlista

ISO 2041 (43, 72) innehåller definition av och beteckningar för olika storheter och parametrar som behandlar vibrationer, mätning och analys.

### 3.2.2 ISO 5805: Vibration och stöt- Vibrationers inverkan på människan - Ordlista

ISO 5805 (46) innehåller definition av och beteckningar för olika storheter och parametrar av vibrationer som beskriver vibrationsexponering av människa. I standarden definieras bland annat kontaktyta, handkrafter och exponeringstid.

### 3.2.3 ISO/DIS 5349-1 och ISO/DIS 5349-2: Vibration och stöt - Riktlinjer för mätning och bedömning av vibrationer som överförs till handen

ISO, inledde arbetet med utformningen av en standard för mätning och redovisning av vibrationer från handhållna vibrerande maskiner redan i slutet av 1960-talet. Efter många omarbetningar blev den internationell standard 1986 med beteckningen ISO 5349 (45). Den har nu revideras och består av två delar: generella riktlinjer med beteckningen ISO/DIS 5349-1 (70) respektive praktiska riktlinjer för mätning på arbetsplatser med beteckningen ISO/DIS 5349-2 (71).

Standarden kan tillämpas för periodiska, icke-periodiska och brusvibrationer men däremot endast provisoriskt för vibrationer av stötkaraktär. Allmänna riktlinjer ges för att mäta och redovisa vibrationer i handhållna maskiner med frekvenser inom minst området 5 Hz till 1500 Hz. Mätningar skall utföras på maskinhandtaget när maskinen används på ett normalt sätt. Mätpunkterna väljs så nära kontaktytan mot operatörens hand som möjligt. Vidare skall mätningen göras i tre mot varandra vinkelräta riktningar, som också definieras i standarden. Dessa mätningar skall helst utföras samtidigt. Mättiden skall vara representativ för en

typisk användning av den handhållna maskinen. Om möjligt skall mätningen pågå från det att operatören griper om maskinen till dess att greppet upphör.

Uppmätta accelerationer skall frekvensvägas antingen med ett speciellt vägningfilter eller genom summering av vägda accelerationsnivåer angivna i 1/3-oktavband eller oktavband. Inom frekvensområdet mellan 6 Hz och 16 Hz sker ingen vägning av uppmätt acceleration. För högre frekvenser skall däremot accelerationssignalerna vägas med en faktor som ökar med 6 dB per oktav. Frekvensvägd acceleration bestäms enligt formel 5. Av standarden framgår också att ett index  $h$  skall användas för vibrationer från handhållna maskiner och att index  $w$  skall beteckna frekvensvägd acceleration.

I den tidigare standarden ISO 5349 skulle mätresultatet för den riktning, som har den största vibrationsintensiteten, redovisas. I den reviderade standarden skall den s.k. summavektorn beräknas, dvs. summan av de tre huvudriktningarna. Detta resulterar i att vibrationsnivån blir upp till 1.7 gånger högre (typiskt mellan 1.2 och 1.5) än för riktningen med högsta vibrationsintensiteten. Om inte vektorsumman kan bestämmas genom mätningar i tre riktningar, skall uppmätta värden i den dominerande riktningen multipliceras med lämplig faktor mellan 1 och 1.7. För att bestämma denna faktor måste dock kunskap finnas om accelerationen i övriga riktningar. Om exempelvis accelerationen i de icke dominerande nivåerna är 30% av den dominerande erhålls sambandet;

$$a_v = \sqrt{a_{h,w,dominant}^2 + (0.3 \cdot a_{h,w,dominant})^2 + (0.3 \cdot a_{h,w,dominant})^2} \approx 1.1$$

där  $a_v$  accelerationens summavektor och  $a_{h,w,dominant}$  är den frekvensvägda accelerationen i den dominerande riktningen.

Standarden föreskriver att uppmätt accelerationsnivå skall presenteras i form av ett 8-timmars ekvivalentvärde. Om den dagliga exponeringen är annan än 8 timmar beräknas ekvivalenten för 8 timmar i enligt formel 7.

Syftet med ISO 5349-2 är att ge praktiska exempel på hur tillförlitliga mätningar av vibrationer från handhållna maskiner skall genomföras för att resultaten skall blir jämförbara. Standarden beskriver hur bestämning av daglig exponeringstid skall utföras, vilka instrument och givare som skall väljas, hur och var givarna skall monteras på olika handhållna maskiner samt förklarar hur olika typiska mätfel kan undvikas. Vidare beskrivs hur mätonoggrannheten skall bestämmas och vilken information som skall ingå i avrapporteringen.

### 3.2.4 ISO 8041: Vibration och stöt - Vibrationers inverkan på människan - Mätutrustning

ISO 8041 (49) samt dess komplement (50) beskriver vilka krav och specifikationer som finns på de olika instrument som används vid mätningarna. Vidare framgår specifikationer och toleranser för frekvensvägningsfiltret.

### **3.2.5 ISO 8727: Vibration och stöt - Vibrationers inverkan på människan - Biodynamiskt koordinatsystem**

ISO 8727 (65) beskriver definitionen av de olika mätriktningarna i ett biodynamiskt koordinatsystem. Denna standard är i detta avseende något mer utförlig än den beskrivning som framgår av ISO 5349-1.

### **3.2.6 ISO 8662 (Del 1 – 14): Handmaskiner - Handhållna motordrivna maskiner - Mätning av vibrationer i handtag**

Av ISO 8662 (51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64) framgår att maskinvibrationer över  $2.5 \text{ m/s}^2$  skall deklarerars av tillverkare och leverantörer. Standarden ger vägledning av hur laboratiemätningar skall genomföras för olika handhållna, icke elektriska maskiner. Möjlighet ges därmed att jämföra resultat från olika laboratorier eller olika maskintyper. Enligt standarden skall de flesta maskiner belastas under konstgjorda förhållanden som skall ge vibrationsvärden som är typiska för maskinen vid normal användning. Det deklarerade värdet anges som frekvensvägt medelvärde för tre operatörer. Del 1 beskriver generella krav för mätning av vibrationer i handtag hos handhållna maskiner. De övriga delarna av standarden anger maskinspecifika mätanvisningar.

### **3.2.7 ISO 7505: Skogsmaskiner - Bärbara motorkedjesågar - Mätning av handöverförda vibrationer**

ISO 7505 (47, 68) beskriver hur mätningar av vibrationer på portabla motorsågar skall genomföras. Standarden beskriver en mätmetod där vektorsumman beräknas på grundval mätningar i tre riktningar. Detaljerade anvisningar ges om handhavande av motorsågen, montering av givare samt sågobjektets egenskaper.

### **3.2.8 ISO 7916: Skogsmaskiner - Bärbara röjsågar - Mätning av handöverförda vibrationer**

ISO 7916 (48, 69) beskriver hur mätningar av vibrationer på portabla röjsågar skall genomföras. Vektorsumman beräknas utifrån mätningar i tre riktningar och vidare beskrivs hur röjsågen skall handhas under mätningarna.

### **3.2.9 ISO 10819: Vibration och stöt - Hand-armvibrationer - Metod att mäta och bedöma vibrationsöverföring hos handskar till handflatan**

ISO 10819 (66) beskriver hur mätningar av vibrationsöverföring från handskar till handflatan skall genomföras. Standarden föreskriver en testprocedur samt krav för att handskarna skall få deklarerars som vibrationsisolerande.

### **3.2.10 ISO 13753: Vibration och stöt - Hand-armvibrationer - Metod att mäta vibrationsöverföring i dämpande material vid belastning från hand-armsystemet**

ISO 13753 (67) beskriver en metod för att mäta dämpningsförmågan hos olika material. Metoden kan användas för att undersöka material som används för vib-



rationsdämpning på handtag till maskiner eller i handskar till exempel skumplaster, gummimaterial och vävda material.

### **3.2.11 ISO 5348: Vibration och stöt - Accelerometrar - Mekanisk montering**

ISO 5348 (44) ger rekommendationer om hur accelerometrar skall monteras på vibrerande ytor och beskriver hur tillverkare skall specificera accelerometrarnas egenskaper efter montering.

## **3.3 Europeiska standarder**

De europeiska standarder som utgivits är oftast identiska med de internationella standarderna. Ibland avviker dock vissa skrivningar, när man på europeisk nivå kunnat nå konsensus för mer långtgående standardisering. De internationella standarderna som fastställts som Europa-standard ges beteckningen EN samt motsvarande internationellt nummer. Dessutom fastställs inom EU egna standarder. Några av dessa beskrivs här.

### **3.3.1 EN 1033: Hand-armvibrationer - Mätning i laboratorium av vibrationer på gripytan hos handstyrda maskiner – Allmänt**

EN 1033 (31) anger grundläggande krav för utvärdering av vibrationer på kontaktytan mellan maskin och hand hos handstyrda maskiner, till exempel gräsklippare, enaxlade traktorer, vibrerande vältar och andra typer av maskiner som är försedda med styrhandtag, styrramar eller liknande medel för styrning.

### **3.3.2 EN 12096: Vibration och stöt - Angivande och kontroll av vibrationsvärden**

EN 12096 (32) anger grundläggande krav för hur deklarerade värden skall anges. Vidare framgår hur osäkerheten hos dessa värden skall uppmätas och anges.

### **3.3.3 Maskindirektivet**

Ministerrådets direktiv från 1989 (26, 27, 28) om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om maskiner brukar oftast benämnas Maskindirektivet. Direktivet utgångspunkt är att grundläggande hälso- och säkerhetskrav skall uppfyllas vid användning av maskiner som saluförs inom EU. De grundläggande kraven är generella och meningen är att det skall finnas säkerhetsstandarder som tolkar direktivets generella krav. Direktivet reglerar formerna för den fria rörligheten (en av EU:s grundprinciper) för maskiner. En huvudregel inom EU är att en produkt som lagligen försäljs inom ett EU-land, fritt skall kunna marknadsföras i de övriga. För de flesta produkter räcker det att med en egendeklaration (tillverkardeklaration) att produkten uppfyller kraven, medan det i andra fall blir nödvändigt med en bedömning av en tredje part (provnings- eller certifieringsorgan). Dessa skall då vara offentligt godkända (ackrediterade). En produkt som uppfyller de väsentliga säkerhetskrav som finns i direktiv skall förses med ett CE-märke. Direktivet är gällande från den 1 januari 1995 och för CE-deklarering krävs att en maskins vibrationer deklarerar i instruktionsboken. För fastställande av deklare-

rade värden bör maskinens vibrationer mätas i enlighet med standardserien EN-ISO 8662.

### 3.3.4 Förslag till "Physical agent" direktiv

1988 utkom förslag till ett s.k. "Physical agent" direktiv (25) som från början var tänkt att omfatta alla fysikaliska faktorer som kan påverka människan på en arbetsplats. Förslaget var inte politiskt genomförbart och 1998 påbörjades därför arbetet med ett direktiv som begränsats till att omfatta enbart vibrationer. Direktivet är av den gamla modellen vilket, innebär att allt arbete skall ske i EU:s Ministerråd och inte i kommissionen vilket är brukligt.

Direktivet omfattar begränsningen av exponering för vibrationer från bland annat handhållna maskiner (29). Detta innebär att tre olika gränsvärden diskuteras. De värden som anges är den frekvensvägda vektorsumman. Den första gränsen är om accelerationen överskrider  $2.5 \text{ m/s}^2$  som 8-timmars ekvivalent värde. Denna gräns kallas för åtgärdsnivå - "action value". Den andra gränsen är om det dagliga 8-timmars ekvivalent värdet överskrider  $5 \text{ m/s}^2$ . Denna gräns kallas för takvärde - "exposure limit". Det tredje gränsvärdet är ett korttidsgränsvärde på  $35 \text{ m/s}^2$  för 8 sekunder. De diskuterade exponeringsgränserna och vad de skall föranleda framgår av Tabell 1. Inget av detta är ännu fastlagt och kan ändras.

Tabell 1. Föreslagna exponeringsgränser enligt "Physical agent" - direktivet samt föreslagna insatser.

Åtgärdsnivå	$2.5 \text{ m/s}^2$	Tekniska och organisatoriska åtgärder för att minska exponeringen, information, träning och medicinsk övervakning.
Takvärde	$5 \text{ m/s}^2$	Omedelbara åtgärder för att underskrida gränsvärdet.
Korttidsvärde	$35 \text{ m/s}^2$	Omedelbara åtgärder för att underskrida korttidsgränsvärdet

## 3.4 Svensk standarder

Inom området finns inga specifikt egna svenska standarder. Istället har de internationella och europeiska standarderna fastställts som svenska med beteckningen SS samt motsvarande nummer. Det innebär att det ibland finns två standarder med samma inriktning, men en för internationell nivå och en för europeisk, till exempel SS-ISO 8662 och SS-EN 28862. När samma standard används på internationell och europeisk nivå ges dessa en dubbelbeteckning, exempelvis SS-EN ISO 8662.

## 3.5 Föreskrifter

Arbetskyddsstyrelsen har gett ut ett antal föreskrift där vibrationer på olika sätt omnämns. Några av de mest centrala föreskrifterna som behandlar vibrationer beskrivs nedan.

### **3.5.1 AFS 86:7 - Vibrationer från handhållna maskiner**

AFS 86:7 (2) ger allmänna rekommendationer om verktyg, maskiner och arbetsredskap som hålls eller stöds av handen. Den anger inte några gränsvärden. Den föreskriver att tillverkare, importör och annan leverantör skall se till att utrustningen vid leverans är så beskaffad att den ger låg vibrationspåverkan. Vid anskaffning skall sådan utrustning väljas som ger låg vibrationspåverkan. Arbetet skall planeras och bedrivs så att skada till följd av vibrationer förebyggs. Vid misstanke om skadlig vibrationspåverkan skall arbetsförhållandena utredas och erforderliga åtgärder vidtas för att motverka skada. Arbetstagare som utsätts för vibrationer skall informeras om risken för skada. Den som har symptom på vibrationskada skall underrätta arbetsgivaren och genom dennes försorg ges tillfälle att genomgå läkarundersökning.

### **3.5.2 AFS 93:32 – Slipmaskiner och slipverktyg**

AFS 93:32 (3) ger generella råd om att det skall eftersträvas så låg belastning, bland annat av vibrationer i samband med sliparbetet. Föreskriften belyser olika åtgärder för att minska vibrationsbelastningen.

### **3.5.3 AFS 93:42 – Röjsågar**

AFS 93:42 (4) behandlar risker i samband med arbetet med röjsågar samt hur mätning av vibrationer i styrhandtaget på röjsågar skall genomföras.

### **3.5.4 AFS 93:46 - Motorkedjesågar**

AFS 93:46 (5) ger allmänna råd om arbete med motorkedjesågar samt specifika krav för dess handhavande och funktion. Av föreskriften framgår att motorkedjesågar måste vara typgodkända samt vilka kriterier som gäller för att en såg skall bli godkänd. Kravet beträffande vibrationer i handtagen är att de inte får överstiga  $10 \text{ m/s}^2$ .

### **3.5.5 AFS 94:48 – Maskiner och vissa andra tekniska anordningar**

AFS 94:48 (6) är Arbetarskyddsstyrelsen tolkning av maskindirektivet och anger arbetsmiljörelaterade uppgifter som skall ges angående maskiner och vissa andra tekniska anordningar. Av föreskriften framgår att maskiner skall vara konstruerade och tillverkade så att risker till följd av vibrationer som orsakas av maskinen minskas till lägsta möjliga nivå, med hänsyn till tekniska framsteg och tillgång till anordningar för att reducera vibrationer, framför allt vid källan. Produktinformationen skall ge information om vibrationer som överförs av handhållna och handstyrda maskiner samt om det vägda effektivvärdet för acceleration, då detta överstiger  $2.5 \text{ m/s}^2$ . Om accelerationen inte överstiger detta värde skall detta anges.

## 4. Mätning av vibrationer från handhållna maskiner

Vid mätningar av vibrationer från handhållna maskiner är det två storheter som skall bestämmas. Den ena är den totala frekvensvägda accelerationsnivån i  $m/s^2$  uttryckt som effektivvärde för de tre vibrationsriktningarna. Den andra är den dagliga exponeringstiden.

Det är viktigt att göra mätningar på alla handhållna maskiner eller detaljer som stöds av handen som bidrar till den dagliga exponeringen. Det är därför viktigt att identifiera källorna för vibrationsexponeringen, hur maskinen används under olika arbetsmoment och underlagets eller bearbetningsobjektets egenskaper. Vidare är det av stor betydelse att utröna vilka verktyg som ansluts till maskinen, exempelvis typ av slipskiva, borr, sågkedja, mejslar, sågblad etc. Dessutom kan det vara viktigt att få användbar information från användarna om vilka arbetssituationer som är mest vibrationsbelastande. Till detta kommer uppgifter från tillverkare, importörer etc.

Mätresultaten skall spegla ett medelvärde över en period som är representativ för en typisk användning av en handhållen maskin. Om möjligt skall flera mätningar utföras vid olika tider på dagen så att hänsyn tas till belastningsvariationer. Den minsta acceptabla mättiden bör inte underskrida 1 minut och för varje arbetsmoment bör minst tre mätningar genomföras. Vid exponering för mycket korta vibrationsförlopp (mindre än 8 sekunder) ökar osäkerheten, i mätningarna och betydligt fler än tre mätningar bör genomföras.

Ibland är det inte möjligt eller mycket svårt att genomföra mätningar under realistiska arbetsförhållanden. Simulerade arbetsprocesser kan då genomföras för att underlätta vibrationsmätningen. Detta kan vara lämpligt då exponeringen pågår under mycket kort tid eller när maskinen tas upp eller läggs ner på ett hårdhänt sätt.

Den dagliga exponeringstiden skall bestämmas för varje enskild vibrationskälla. Detta kan göras med exempelvis stoppur, videoinspelningar och tidsstudier. En erfarenhet är att användarens uppgifter om daglig exponeringstid ofta är över-skattade eftersom pauser etc. inkluderas.

Normalt används en accelerometer för att bestämma accelerationen på en vibrerande yta. Den vanligaste mätgivaren är en piezoelektrisk accelerometer som innehåller en massa förbelastad av en fjäder vilande på en piezoelektrisk kristall. När accelerometern utsätts för en rörelse kommer massan att verka på kristallen med en kraft som motsvarar accelerationen. Den piezoelektriska kristallen kommer att avge laddningar som motsvarar rörelsens acceleration. Denna vibrationsignal kan därefter bearbetas på olika sätt för att erhålla den frekvensvägda nivån. Mätning av vibrationer kan ske genom användning av ett enkla direktvisande instrument med inbyggt vägningsfilter, medelvärdesbildning och presentation. Dessa instrument uppfyller generellt de krav som idag framgår av gällande standarder. Nackdelen med dessa instrument är att det är svårt att konstatera mätfel. Mer avancerade instrumentuppsättningar bygger oftast på någon form av fre-

kvansanalys, exempelvis mätbandspelare för att lagra mätningarna samt datorbaserade eller andra särskilda analysinstrument.

Valet av accelerometer beror på förväntade vibrationsnivåer, aktuellt frekvensområde och utseendet på eller egenskaper hos den vibrerande ytan. Accelerometern bör generellt väljas så liten som möjligt för att minska dess påverkan på den vibrerande ytan. Massan av accelerometern bör inte överstiga c:a 5% av den massan hos den del av strukturen på vilken accelerometern är monterad. Detta innebär alltså att det inte är maskinens totala vikt som är avgörande för valet av givarvikt.

Accelerometern bör helst placeras mitt på det område som operatören griper om. Normalt är det dock inte möjligt eftersom det menligt inverkar på hanteringen av maskinen. Praktiskt placeras accelerometern därför så nära kontaktytan mot operatörens hand som möjligt. Accelerometern skall monteras stabilt på den vibrerande strukturen, lämpligen genom fastskruvning eller limning. På cylindriska handtag kan med fördel någon form av slangklämman användas för fastsättning av accelerometern. I vissa situationer är dock ingen av dessa monteringsmetoder möjliga. I dessa fall kan särskilda handadaptar användas. Mätningar med handadaptar bör göras med försiktighet, eftersom mätresultaten kan påverkas av grip- och matningskrafterna.

Samtidig mätning i tre huvudriktningar är att föredra jämfört med separata mätningar för respektive riktning. Frekvensvägningen kan utföras antingen med ett speciellt frekvensvägningsfilter eller genom vägning av uppmätta accelerationsnivåer angivna i 1/3-oktavband eller oktavband.

Vid mätningar på slående maskiner rekommenderas användning av ett så kallat mekaniskt filter mellan den vibrerande strukturen och givaren. Ett mekaniskt filter utgör i själva verket en vibrationsisolering och förhindrar att oönskade eller ointressanta signaler når givaren. Speciellt tas de högfrekventa vibrationerna bort. Mycket höga accelerationsnivåer kan leda till att givarens påverkas negativt genom att den antingen går sönder eller ger ifrån sig felaktiga signaler, till exempel nollpunktsförskjutning (eng. DC-shift).

Vid mätningar är det av stor vikt att osäkerheten i mätresultaten minimeras. Därför skall utrustning kalibreras både före och efter mätningen med en kalibrator, som genererar en sinusvibration med känd frekvens och acceleration.

# 5. Exempel på mätning av vibrationer från handhållna maskiner

## 5.1 Kategorisering av maskiner

Det finns en mängd olika handhållna vibrerande maskiner på marknaden och inom industrin. Maskinerna skiljer sig avsevärt från varandra i fråga om storlek, utseende, användningsområde och vibrationsgenerering. I vissa sammanhang brukar skillnaden i vibrationsgenerering användas för att kategorisera maskinerna i tre olika huvudgrupper; roterande, oscillerande och slående.

*Roterande* maskiner genererar stationära vibrationer som karaktäriseras av en återkommande periodicitet orsakad av bearbetningsfrekvensen, normalt maskinens varvtal. Rotationsriktningen är oftast avgörande för de högsta accelerationerna. Till denna bearbetningsfrekvens adderas brusartade vibrationer som genereras av arbetsprocessen, till exempel slipskivan. Typiska roterande maskiner är vinkelslipmaskiner, spårfräs, bormaskin och cirkelsåg.

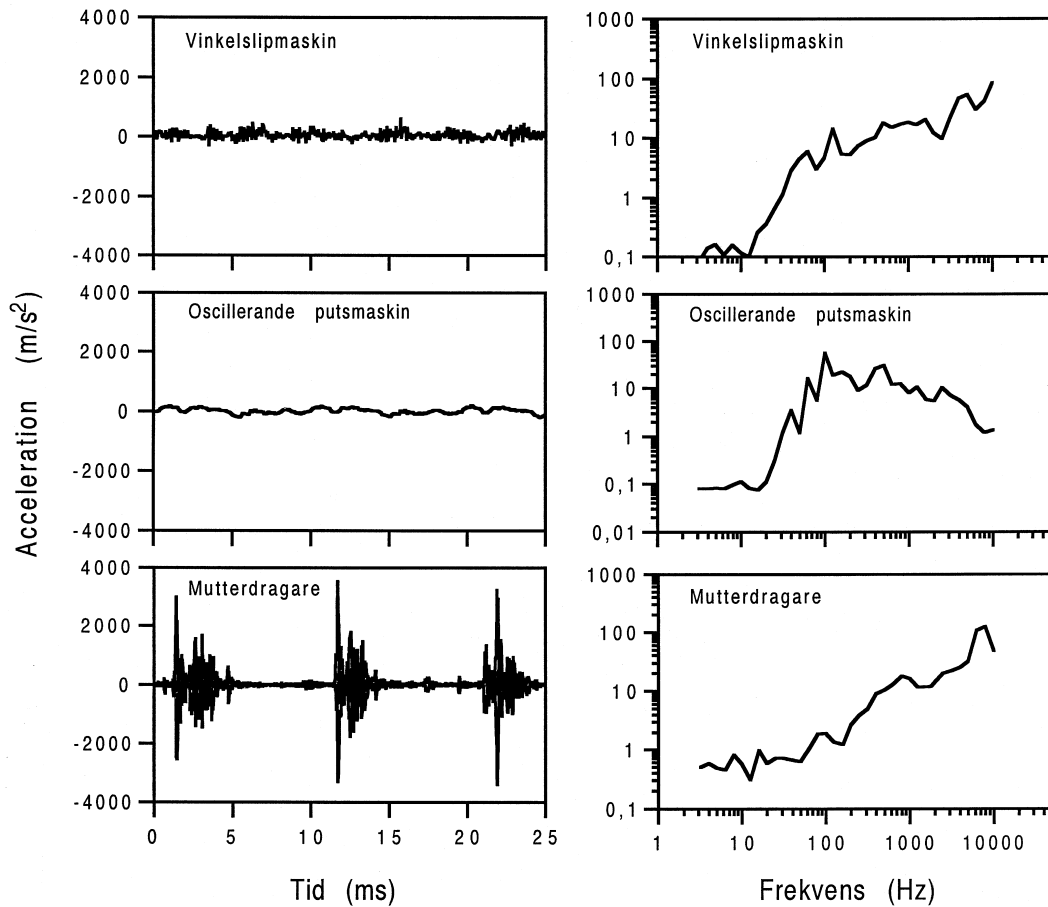
*Oscillerande* maskiner vibrerar i mer än en riktning samtidigt och genererar stationära vibrationer, karaktäriserade av en återkommande periodicitet, som orsakas av både maskinens varvtal och oscillationsfrekvensen. Vibrationerna innehåller därför både rotationer och fram- och återgående rörelser. Exempel på sådana maskiner är tigersåg, planslipmaskin, putsmaskin och sticksåg.

*Slående* maskiner alstrar transienta vibrationer, dvs. vibrationer som innehåller stötar. Dessa förekommer som en kortvarig vibration, ofta med en mycket hög nivå. Exempel på slående maskiner är hackor, mutterdragare och slagbormaskin.

Resultaten av fältmätningar på en vanligt förekommande maskin inom respektive maskingrupp (vinkelslipmaskin, oscillerande putsmaskin och mutterdragare) framgår av Figur 6. I figuren framgår dels hur maskinernas acceleration ser ut som funktion av tiden, dels motsvarande frekvensspektrum.

Av figuren framgår att de roterande och oscillerande maskinerna genererar slumpmässiga accelerationer som är relativt stationära över tiden, medan den slående maskinerna genererar typiska stötar. För vinkelslipmaskinen uppgår den högsta accelerationen till  $610 \text{ m/s}^2$  och den lägsta till  $-276 \text{ m/s}^2$ . För putsmaskinen och mutterdragaren är motsvarande värden  $194 \text{ m/s}^2$  och  $-209 \text{ m/s}^2$ , respektive  $3540 \text{ m/s}^2$  och  $-3390 \text{ m/s}^2$ . Av motsvarande frekvensspektrum framgår att det för vinkelslipmaskinen finns en typisk frekvenstopp vid bearbetningsfrekvensen (ca 100 Hz), och att det för den oscillerande finns flera frekvenstoppar som orsakas av både rotations och oscillationsfrekvensen. Frekvensspektrum för den slående maskinen uppvisar en frekvenstopp vid maskinens slagfrekvens (ca 15 Hz). Av frekvensspektrum framgår vidare att mutterdragaren vid frekvenser över 100 Hz alstrar mest vibrationer och den oscillerande putsmaskinen minst.

I Tabell 2 redovisas några karakteristiska storheter för de tre maskintyperna för enbart en vibrationsriktning. De analyserade tidssignalerna är dels frekvensvägda enligt ISO 5349, dels utan frekvensvägning. Värdena utan frekvensvägning presenteras för frekvensområdena 5 till 2000 Hz och 5 till 10000 Hz.



Figur 6. Tidsfunktion av uppmätt acceleration samt motsvarande frekvensspektrum för en typisk maskin (vinkelslipmaskin, oscillerande putsmaskin, mutterdragare) inom respektive maskingrupp.

Resultaten av tabellen visar att breddning av analyserat frekvensområde kraftigt ökar de uppmätta topp- och effektivvärdena. Detta är speciellt påtagligt för mutterdragare som genererar vibrationer med frekvenser över 2000 Hz. För både vinkelslipmaskinen och den oscillerande putsmaskinen har uppmätta värden ungefär likartade nivåer medan mutterdragaren har högre. Vidare framgår av tabellen att toppfaktorn ökar på motsvarande sätt när frekvensområdet ökar. Den högsta toppfaktorn uppmättes för mutterdragaren medan den lägsta toppfaktorn erhöles för den oscillerande putsmaskinen. Noterbart är att toppfaktorerna är ungefär desamma för alla maskiner när frekvensvägning, enligt ISO 5349, används. Slutsatsen, utifrån Figur 6 och Tabell 2, är att vibrerande handhållna maskiner kan kategoriseras i enbart två typer, roterande och slående, för att karaktärisera maskinernas vibrationer.

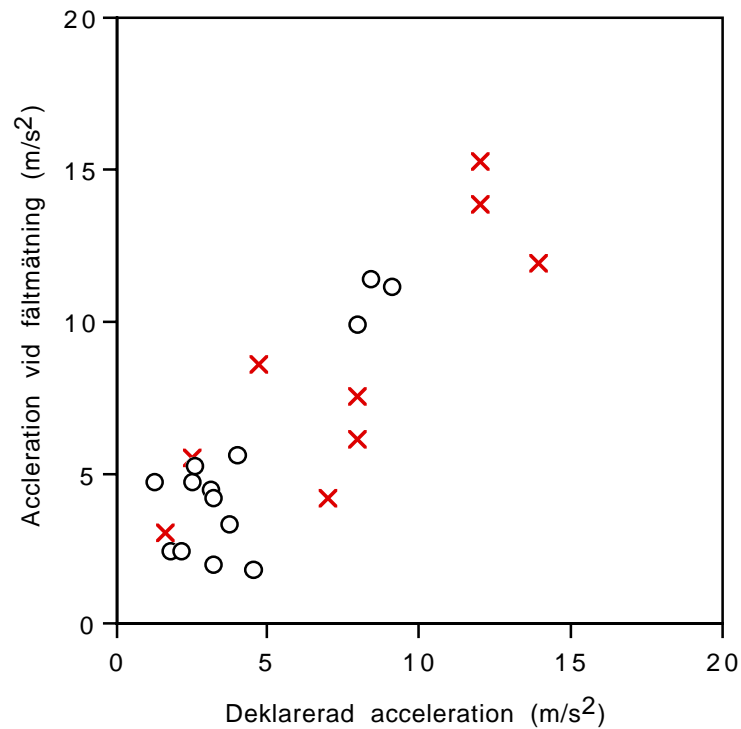
Tabell 2. Toppvärde, effektivvärde och toppfaktor för de tre maskintyperna, dels frekvensvägt, dels ovägt inom frekvensområdet 5 till 2000 Hz samt ovägt inom frekvensområdet 5 till 10000 Hz. För topp- och effektivvärde anges i tabellen accelerationen ( $m/s^2$ ).

Maskintyp	Toppvärde	Effektivvärde	Toppfaktor
<b>Vinkelslipmaskin</b>			
Vägt (ISO 5349)	5.1	3.8	1.3
Ovägt (5-2000 Hz)	125	32	3.9
Ovägt (5-10000 Hz)	350	92	3.8
<b>Oscillerande putsmaskin</b>			
Vägt (ISO 5349)	5.3	3.4	1.6
Ovägt (5-2000 Hz)	65	32	2.0
Ovägt (5-10000 Hz)	100	37	2.6
<b>Mutterdragare</b>			
Vägt (ISO 5349)	3.7	2.4	1.5
Ovägt (5-2000 Hz)	320	59	5.4
Ovägt (5-10000 Hz)	1664	293	5.6

## 5.2 Fältmätta vibrationsnivåer kontra deklarerade värden

I enlighet med Maskindirektivet krävs att en maskins vibrationer deklarerar i instruktionsboken för att få saluföras inom EU. För fastställande av de deklarerade värdena skall mätningarna utföras i enlighet med maskinspecifika standarder (standardserien EN-ISO 8662). Möjlighet ges därmed att jämföra resultat mellan olika maskiner eller maskintyper. Enligt standarden skall de flesta maskiner belastas under konstgjorda förhållanden som skall ge vibrationsvärden som är typiska för maskinen vid normal användning. Detta speglar inte nödvändigtvis den vibrationsnivå som maskinen genererar under användning på en arbetsplats. Dock är förhoppningen att ett lågt deklarerat värde också ger låga fältmätta vibrationsnivåer i enlighet med ISO 5349.





Figur 7. Sambandet mellan deklarerad (ISO 8662) och fältmätt (ISO 5349) acceleration för ca 30 olika maskiner, uppdelat i roterande (○) och slående (×).

I Figur 7 redovisas det deklarerade värdet för ca 30 olika maskiner samt motsvarande vibrationsnivåer som erhållits under fältmätningar, i enlighet med ISO 5349. Det deklarerade värdet har hämtats från respektive maskins instruktionsbok medan de fältmätta värdena utgör medelvärdet av minst tre mätningar. Totala antalet fältmätningar uppgår till drygt 200. Maskinerna har delats upp i de två kategorierna, roterande och slående.

Det bör påpekas att det är svårt att jämföra deklarerade värden med fältmätta värden. Anledningen är att mätningarna genomförs under helt olika förhållanden, med helt olika syften. Vid deklarerad av en maskins vibrationer är ett av syftena att värdena skall vara reproducerbara och jämförbara. Det innebär att spridningen av resultaten mellan olika mätningar måste hållas nere. Vid fältmätning av en maskins vibrationer är syftet att det skall användas för exempelvis en hygienisk bedömning. Dessa mätningen är ofta svåra att upprepa, eftersom många faktorer kan påverka mätresultaten. Exempelvis har en av de ingående slipmaskin ett deklarerat värde av  $1.3 \text{ m/s}^2$ , medan de 25 fältmätta maskinerna har en vibrationsnivå som varierar mellan  $1.9 - 9.1 \text{ m/s}^2$ , med ett medelvärde av  $4.7 \text{ m/s}^2$  och en standardavvikelsen på  $1.9 \text{ m/s}^2$ .

Med dessa restriktioner framgår av resultatet i figuren att det finns ett samband mellan de deklarerade värdena och de fältmätta (korrelationskoefficient mellan de båda typerna av mätning är  $r^2=0.75$ ). Detta innebär att ett högt deklarerat värde oftast medför ett högt fältmätt värde. Den genomsnittliga skillnaden mellan de deklarerade och fältmätta värdena är 1.4. Spridningen är dock stor och varierar

mellan 0.4 - 3.6. Någon skillnad i samstämmigheten mellan deklarerade och fältmätta värden beroende på maskintyp (roterande eller slående) föreligger inte. Materialet i denna jämförelse är litet men en generell slutsats som kan dras är att deklarerade värden inte kan användas för att genomföra exempelvis en hygienisk bedömning utan kan enbart användas till det de är avsedda för, dvs. att jämföra maskiner.

## 6. Exponeringsminskande åtgärder

Det är viktigt för alla användare av vibrerande handhållna maskiner att minska exponeringen så långt det går. I detta avsnitt ges exempel på olika åtgärder som kan vidtas för att åstadkomma en exponeringsminskning.

### 6.1 Produktionstekniska åtgärder

Internkontroll med konstruktivt samarbete mellan företagsledning, produktionstekniker, företagshälsovård, maskinanvändare med flera kan avsevärt förbättra många arbetsplatser ur vibrationspunkt (7, 89). Möjligheten att använda alternativ produktionsteknik, som minskar behovet av vibrerande maskiner eller operationer, är ibland god (10). Exempelvis kan svetsning och limning användas istället för nitning. Olika former av automatisering eller fjärrstyrning kan vara ett sådant alternativ (82). Genom förändring av en konstruktion kan ofta också behovet av arbete med vibrerande maskiner minska. Typ av svetsfog och fogens placering kan vara av stor betydelse för slipningsarbetets omfattning och därmed för vibrationsexponeringen (77, 78, 79).

En god ergonomisk utformning av arbetslokalen och arbetsplatsen kan minska vibrationsbelastningen (76). Höj- och sänkbara bord eller arbetsplattformar medför att användaren av vibrerande maskiner kan undvika ogynnsamma arbetsställningar eller arbete med handleden böjd (75). Andra åtgärder kan vara att maskinen hängs upp i sk. balansblock. Balansblocket bär maskinens vikt vilket minskar användarens belastning och bidrar till bättre ordning samt medför att maskinerna är lätt tillgängliga (79).

Till mer övergripande åtgärder hör att planera arbetet så att sammanhängande exponering under längre perioder undviks (37). Att lägga in arbetspauser och/eller att växla mellan arbetsmoment som innebär vibrationsfri arbetstid kan avsevärt minska vibrationsbelastningen (19).

### 6.2 Åtgärder genom ny- och omkonstruktion av maskiner

Om tillräckligt stor hänsyn tas till vibrationsproblemen vid ny- och omkonstruktion av maskiner leder detta till lägre vibrationsbelastning. De vibrationskrafter som genereras i maskinen kan ofta minskas genom omkonstruktion, bättre balansering av roterande maskindelar samt utbalansering av maskindelar med fram- och återgående rörelser (75). Den valda lösningen är dock oftast en kompromiss mellan olika krav.

Obalansen hos roterande maskiner, exempelvis dåligt konstruerade kugghjul, beror ofta på variation i kvalitén (75). Även relativt små obalanser kan vara tillräckligt för att ge höga vibrationsbelastningar. Vibrationer från handhållna slipmaskiner orsakas huvudsakligen av obalansen i slipskivan, som beror av variationer i rundhet och tjocklek, materialsläpp samt dess montering på slipmaskinen (80). Lägre toleranser för rundhets- och tjockleksvariationer samt centrumhålets

storlek kan ge positiva fördelar (88). Ett annat alternativ är att förse slipmaskinen med en balansenhet (12, 74). Denna balansenhet innehåller ett antal kullagerkolor som kan röra sig fritt i ett spår. Obalansen i slipskivan medför att kulorna kommer att röra sig i riktning från obalansen och på så sätt motverka den. Denna rörelse tar bara bråkdelen av en sekund. Om obalansen ändrar sig under slipning kommer kulorna snabbt att ändra läge, vilket kompenserar för den nya obalansen. Dessa balansenheter finns för många typer av slipmaskiner och kan också monteras i efterhand.

Fram- och återgående rörelser förekommer till exempel i sticksågar eller slående maskiner där en mejsel drivs fram och tillbaka av en kolv. Denna rörelse orsakar en lika stor kraft i motsatt riktning vilket skapar vibrationer i de ytor med vilka operatören hanterar maskinen. Sådana vibrationer kan reduceras genom principen om två motsvängande massor, en typ av konstruktionslösning som förekommer hos några typer av svetshackor (75).

Även maskinens vikt kan vara av betydelse (88). Lätta motorkedjesågar kräver mindre hanteringskrafter än tunga sågar och därmed åstadkoms lägre vibrationsöverföring till handen och armen. En lättare såg är också generellt bättre ifråga om belastning av rörelseapparaten. Dessa fördelar kan emellertid i olika hög grad uppvägas av att en lättare motorsåg tenderar att vibrera mera på grund av sin mindre massa, som inte dämpar till exempel oregelbundenheter i kedjans gång.

Andra konstruktionsmässiga insatser kan vara att öka maskinens tröghet mot rotation. Detta kan åstadkommas genom att tyngdpunkten för maskinen placeras nära maskinens rotationscentrum (75, 89). För en slipmaskin skall därmed tyngdpunkten befinna sig så nära slipskivan som möjligt. Detta kan åstadkommas genom förändring av sprängskyddets massa. Andra åtgärder för att öka maskinens tröghet mot rotation kan vara att förse den med ett styvt stödhandtag med en massa i ytterändan (75).

Alla de vibrerande maskindelar som kommer i kontakt med operatören är ur teoretisk synpunkt ofta fullt möjliga att vibrationsisolera. Praktiskt är det dock svårare att genomföra, eftersom maskinens arbetsfrekvens ofta ligger under 100 Hz. En effektiv vibrationsisolering kräver därför en lösning med mycket mjuka och veka element (9). Maskinerna riskerar därmed att blir "sladdriga" att använda och klarar inte av att överföra de stora matningskrafter som ibland förekommer. Flera konstruktionslösningar har presenterats som lyckats förena dessa motstrida krav, exempelvis för nithammare. Lösningarna bygger på ett mjuk fjäder som kan dämpa vibrationer, samtidigt som höga matningskrafter från operatören kan överföras till verktyget. Vissa presenterade lösningar klarar dessutom av att kompensera för variationer i matningskraften (75).

Handtagen hos handhållna maskiner utgör kontaktytan mellan operatören och maskinen. Därför har handtagsutformningen en direkt påverkan på operatörens möjligheter att använda lämpliga handkrafter med ett naturligt grepp (39, 41). Detta möjliggör naturliga arbetsställningar och kan eliminera skadlig vibrationspåverkan. Val av lämpliga handtagsmaterial (13) kan dessutom isolera mot värme eller kyla. Handtagets diameter och längd bör vara anpassat till operatörens handstorlek. Detta är speciellt viktigt på arbetsplatser med både män och kvinnor (40).

Ett flertal vibrationsdämpande stödhandtag finns idag tillgängliga. Vid konstruktion av dessa handtag placeras mellan maskinhuset och handtaget ett fjäd-

rande element som minskar vibrationsöverföringen (9, 23). En effektiv vibrationsisolering kan emellertid leda till problem vid hantering och styrning av maskinen. Flera leverantörer anger därför att handtagen uteslutande bör användas för vissa maskintyper, där valet huvudsakligen styrs av maskinens arbetsfrekvens. Handtagens egenskaper är nämligen starkt frekvensberoende med frekvensområden där utpräglad förstärkning respektive dämpning förekommer. Förstärkning sker genomgående någonstans i frekvensområdet 15 till 100 Hz och dämpning i frekvensområdet däröver. Under 15 Hz har handtagen ingen inverkan på vibrationsnivån(23).

Det är ofta svårt och kostsamt att i efterhand förbättra en maskins vibrationsegenskaper. Att klä maskinen med något isolerande material eller montera vibrationsdämpade handtag är den vanligaste åtgärden. Det är dock svårt att objektivt bedöma effekten av dessa åtgärder, eftersom isoleringens verkningsgrad är beroende flera faktorer, bland annat vibrationernas frekvensinnehåll och nivå, grepp- och matningskrafter samt ergonomisk utformning (83).

### 6.3 Åtgärder vid maskininköp

Maskininköparen bör redan vid sin förfrågan specificera vilka krav på vibrationer som ställs och kräva relevant information. Efter 1995 finns deklarerade accelerationsvärden att tillgå från tillverkare och leverantörer (6). En strävan bör naturligtvis vara så låga deklarerade värden som möjligt. Ibland kan det vara svårt och tidsödande att välja rätt mellan olika leverantörer. Numera finns dock sammanställningar över olika maskiners deklarerade accelerationsvärden. En sådan sammanställning finns vid Arbetslivsinstitutet och är en centraliserad databas för hela Europa och innehåller uppgifter om de maskiner som saluförs inom EU (11). Databasen är tillgänglig via Internet och innehåller dessutom mätresultat av olika maskiner utförda i enlighet med ISO 5349. Vidare finns även en motsvarande databas för bygg- och anläggningsmaskiner (84).

Det är viktigt att val av maskin sker utifrån vad maskinen skall prestera. Det är därför viktigt att välja effektiva maskiner, som samtidigt ger låg vibrationsnivå (33). Det hjälper inte att en maskin vibrerar mindre om användaren istället tvingas till längre arbetspass. Vidare är det viktigt att maskinen verkligen passar för den aktuella arbetsuppgiften. En god ergonomisk utformning av maskinen kan sannolikt minska risken för framtida besvär av arbete med vibrerande maskiner (41). Pådragsutformning och pådragskrafter är viktiga faktorer liksom behov av mot-håll.

### 6.4 Utbildning, arbetsteknik

Användare av vibrerande handhållna maskiner bör utbildas till att använda rätt arbetsteknik och att så långt som möjligt låta maskinen göra jobbet (10). Härigenom kan grepp- och matningskrafter minskas, vilket också minskar överföringen av vibrationer till handen (15). Exempelvis kan kunskapen förmedlas om att låta behovet av matningskraft styra handens placering på maskinhantaget. För en maskin med pistolhandtag innebär detta att handen placeras högt för höga mat-

ningskrafter medan det för låga matningskrafter kan var fördelaktigt att hålla längre ned på handtaget (76). Det är också för arbetstagaren viktigt att känna till betydelsen av att till exempel inte styra mejseln med handen, och av val av maskiner samt tillbehör som slipskivor, mejslar, motorsågkedjor m.m. Sådana faktorer, liksom valet av arbetsmetod kan påverka vibrationsbelastningen avsevärt (75).

## 6.5 Service och underhåll

Det är viktigt att fortlöpande service och underhåll av maskinerna fungerar väl, och att rutiner för periodiskt återkommande inspektion av maskinerna bör utarbetas. Förutom rent service- och underhållsarbete kan en något förenklad form av vibrationsmätning också göras vid inspektionstillfällena (34, 90). Det är också mycket viktigt att tillbehör är anpassade till maskin och arbetsuppgift, och verktyg som borrar och mejslar skall vara skarpa. Det har exempelvis kunnat visas, att kvalitén hos slipskivor och deras montering kan påverka vibrationsexponeringen upp till c:a 3 gånger vid arbete med slipmaskiner (30, 80).

## 6.6 Personlig skyddsutrustning

Användning av personlig skyddsutrustning bör vara en åtgärd som tas till som ett komplement till andra insatser eller som en sista utväg, när andra åtgärder inte har gett tillfredsställande resultat. Skyddsutrustning skall förutom att reducera vibrationsbelastningen också vara bekväm att använda och inte försämra maskinens hanterbarhet.

Användning av handskar, utformade för att reducera överföringen av vibrationer är teoretiskt ett naturligt sätt att minska skaderisken(22). På marknaden finns handskar utvecklade för detta ändamål. Sedan 1996 skall standardiserade mätningar genomföras för att bedöma vibrationsdämpningen hos handskar i handflatan. Om vibrationsisoleringen hos handskarna uppfyller vissa specificerade krav, får de därefter betecknas som vibrationsisolerande (66). Normalt sett ger handskarna ingen inverkan på vibrationsbelastningen vid exponering för låga frekvenser, dvs. under c:a 50 Hz. För högre frekvenser uppvisar de däremot i varierande grad en isolerande förmåga.

## 7. Sammanfattning

Burström L, Lundström R & Sörensson A (2000) *Kunskapsunderlag för åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskiner - Tekniska aspekter*. Arbete och Hälsa 2000:17.

Vibrationer som skade- och besvärsorsakande arbetsmiljöfaktorer förekommer inom ett stort antal yrken och verksamheter. Föreliggande dokument behandlar olika tekniska aspekter på åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskiner. Detta innefattar en genomgång av grundläggande definitioner, föreskrifter och standarder samt mätningar och utvärdering.

I rapporten behandlas speciellt skillnaden mellan olika typer av maskiner. Resultat presenteras som visar att handhållna maskiner kan kategoriseras i två typer av maskiner, nämligen roterande och slående. Dokumentet ger också exempel på sambandet mellan CE-deklarerade vibrationer, i enlighet med ISO 8662, hos handhållna maskiner och vibrationer hos motsvarande maskiner som uppmäts under fältmässiga förhållanden, enligt ISO 5349. Av jämförelsen framgår att det är inte lämpligt att använda deklarerade värden för exempelvis hygienisk bedömning av arbete med en speciell maskin. Deklarerade värden bör därför enbart användas för att jämföra motsvarande maskiner med varandra. Dokumentet avslutas med en genomgång av olika exponeringsminskande åtgärder. Detta avsnitt omfattar olika tekniska och organisatoriska insatser.

## 8. Summary

Burström L, Lundström R & Sörensson A (2000) *Current knowledge regarding disorders in work with hand-held vibrating machines. - Technical aspects*. Arbete och Hälsa 2000:17.

In many occupations, hand-held vibrating tools occur as a work environment factor that causes injuries or complaints. This document deals with different technical aspects for reduction of vibration exposure such as basic concepts of exposure, standards and ordinance as well as recommendations for measurements and assessments of vibration.

The report describes the differences between the vibration characteristics of different types of tool. It is shown that hand-held vibrating tools could be categorised in two types, namely rotatory and percussive. The document gives example of the relation between vibration values obtained during type testing of vibration at the handles according to ISO 8662, and corresponding vibration value measured according to ISO 5349. The relation shows that the use of vibration values obtained through type testing is may inadequate for the assessment of work with a special type of tool. Type tested values should only be used for comparison of machines tested under the same conditions. At the end of the document a review is presented of different technical possibilities for exposure reduction.

## 9. Referenser

1. Abrams C, & Suggs C. *Chain saw vibration: Isolation and transmission through the human arm*. Transaction of the ASAE (1969) 423-425.
2. AFS 86:7. *Vibrationer från handhållna maskiner*. Arbetskyddsstyrelsens författningssamling 7, 1986.
3. AFS 93:32. *Slipmaskiner och slipverktyg*. Arbetskyddsstyrelsens författningssamling 32, 1993.
4. AFS 93:42. *Röjsågar*. Arbetskyddsstyrelsens författningssamling 42, 1993.
5. AFS 93:46. *Motorkedjesågar*. Arbetskyddsstyrelsens författningssamling 46, 1993.
6. AFS 94:48. *Maskiner och vissa andra tekniska anordningar*. Arbetskyddsstyrelsens författningssamling 48, 1994.
7. AFS 96:6. *Internkontroll av arbetsmiljön*. Internkontroll av arbetsmiljön AFS 1996:6, Arbetskyddsstyrelsens författningssamling 6, 1996.
8. Anderson J, & Boughtflower R. Measurement of the energy dissipated in the hand and arm whilst using vibratory tools. *Applied Acoustic* 11 (1978) 219-224.
9. Andersson R. *Vibrationsdämpande handtag för handhållna arbetsmaskiner*. Kungliga Tekniska Högskolan, Arbetsvetenskap, Byggergonomilaboratoriet, TRITA-BEL 0033, 1986.
10. Arbetsgivarföreningen SFO. *Åtgärder mot vibrationssskador*. Arbetsgivarföreningen - SFO, SFOs skriftserie 222, 1989.
11. Arbetslivsinstitutet. *Programmet för Teknisk Yrkeshygien, Databas för hand-arm vibrationer*. <http://umetech.niwl.se>
12. Areskoug A, Hellström P-A, Lindén B, Kähäri K, Zachau G, Olsson J, Häll A, Sjösten P, & Forsman M. *Auto-Balancing on angle grinders*. In Lundström R, Lindmark A (Eds). Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration 9-12 June 1998, Umeå, Sweden, Arbetslivsinstitutet, 2000:4 (2000) 367-368.
13. Björing G, Wikström B-O, & Hägg G. *Soft handle surfaces on powered drills*. In Lundström R, Lindmark A (Eds). Eighth International Conference on Hand-Arm Vibration 9-12 June 1998, Umeå, Sweden, Arbetslivsinstitutet, 2000:4 (2000) 345-349.
14. Burström L. *Absorption of vibration energy in the human hand and arm*. Luleå University of Technology, Doctoral thesis 87 D, 1990.
15. Burström L. The influence of biodynamic factors on the absorption of vibration energy in the human hand and arm. *Nagoya Journal of Medical Science* 57 (1994) 159-167.
16. Burström L. The influence of individual factors on the absorption of vibration energy in the hand and arm. *Journal of Low Frequency Noise & Vibration* 13 (1994) 115-122.
17. Burström L. The influence of noise and temperature on the absorption of vibration energy in the hand. *Archives of Complex Environmental Studies* 7 (1995) 91-97.
18. Burström L. The influence of individual factors on the absorption of vibration energy in the hand and arm. *Central European Journal of Public Health* 4 (1996) 50-52.
19. Burström L, & Bylund H S. Relationship between vibration dose and the absorption of mechanical power in the hand. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 26 (2000) 32-36.
20. Burström L, & Lundström R. Absorption of vibration energy in the human hand and arm. *Ergonomics* 37 (1994) 879-890.
21. Burström L, Lundström R, Hagberg M, & Nilsson T. Comparison of different measures for hand-arm vibration exposures. *Safety Science* 28 (1998) 3-14.



22. Burström L, Lundström R, Lindmark A, & Landström U. *Handskars vibrationsisolerande förmåga*. Arbetsmiljöinstitutet, Undersökningsrapport 19, 1989.
23. Burström L, Lundström R, Lindmark A, & Landström U. *Handtags vibrationsisolerande förmåga*. Arbetsmiljöinstitutet, Undersökningsrapport 18, 1989.
24. Burström L, & Sörensson A. The influence of shock-type vibrations on the absorption of mechanical energy in the hand and arm. *International Journal of Industrial Ergonomics* 23 (1999) 585-594.
25. Council of the European Union. Council directive 80/1107/EEC of 27 November 1980 on the protection of workers from the risks related to exposure to chemical, physical and biological agents at work. *Official Journal* no L 327 03.12.1980: 8.
26. Council of the European Union. Council directive 89/391/EEC of 12 June 1989 on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. *Official Journal* no L 183 29.06.1989: 9.
27. Council of the European Union. Council directive 91/369/EEC of 20 June 1991 amending directive 89/391/EEC on the approximation of laws of the member states, Relating to machinery- part 1. *Official Journal* no L 198 22.07.1991: 16.
28. Council of the European Union. Council directive 93/44/EEC of 14 June 1993 amending directive 89/391/EEC on the approximation of laws of the member states, Relating to machinery. *Official Journal* no L 175 19.07.1993: 12.
29. Council of the European Union. *Amendment proposal for a Council Directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (nth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)*. Council of the European Union, 5322/00 LIMITE, 2000.
30. Eklund L, Hansson L-E, & Kihlberg S. Slipskivans inverkan på vibrationsnivån i slipmaskiner. Arbetsmiljöinstitutet, *Arbete och Hälsa* 5, 1986.
31. EN 1033. *Hand-Arm-Vibration - Laboratory measurement of vibration at the grip surface of hand-held or hand-guided machinery - General*. CEN, European Committee for Standardization 1995.
32. EN 12096. *Mechanical vibration - Declaration and verification of vibration emission values*. CEN, European Committee for Standardization 1997.
33. Fröjd N, & Lindell H. *Okonventionell vibrationsdämpning av handhållna slipmaskiner samt effektivitet vid grovslipning*. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning - IVF, IVF-rapport 91040, 1991.
34. Fröjd N, & Lindell H. *Vibrationskontroll av handhållna maskiner : erfarenheter av en underhållsrutin för förbättrad arbetsmiljö och ekonomi*. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning - IVF, IVF-skrift 91817, 1991.
35. Gemne G, & Lundström R. Kunskapsunderlag för åtgärder mot skador och besvär i arbete med handhållna vibrerande maskiner - Medicinska aspekter. Arbetslivsinstitutet, *Arbete och Hälsa* 18, 2000.
36. Gemne G, Lundström R, & Hansson J. Skador och besvär av arbete med handhållna vibrerande maskiner. Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation. Arbetsmiljöinstitutet, *Arbete och Hälsa* 49, 1992.
37. Griffin M. *Handbook of human vibration*. Academic Press, London, 1990.
38. Griffin M, Macfarlane C, & Norman C. *The transmission of vibration to the hand and the influence of gloves*. In Brammer A, Taylor W (Eds). *Vibration effects on the hand and arm in industry*. John Wiley & Sons, New York, (1982) 103-116.
39. Grönkvist L. *Nya grepp på handmaskiner*. Arbetskyddsnämnden, 1995.
40. H Bylund S. Skador och besvär av vibrationer - en jämförelse mellan kvinnor och män. Arbetslivsinstitutet, *Arbete och Hälsa* 26, 1998.

41. Hall C, Kilbom Å, Foss A, Lindell H, Liedberg L, Areskoug A, Kadefors R, Lindén B, & Sperling L. *Ergonomiska principer för utformning av handhållna maskiner*. Lindholmen Utveckling, 1996.
42. IEC 61260. *Electroacoustics - Octaveband and fractional octave band filters*. International Electrotechnical Commission 61260, 1995.
43. ISO 2041. *Vibration and shock - Vocabulary*. International Organization for Standardization, 1990.
44. ISO 5348. *Mechanical vibration and shock - Mechanical mounting of accelerometers*. International Organization for Standardization 1998.
45. ISO 5349. *Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration*. International Organization for Standardization 1986.
46. ISO 5805. *Mechanical vibration and shock - Human exposure - Vocabulary*. International Organization for Standardization, 1997.
47. ISO 7505. *Forestry machinery - Chain saw - Measurement of hand-transmitted vibration*. International Organization for Standardization 1986.
48. ISO 7916. *Forestry machinery - Portable brush-saws - Measurement of hand-transmitted vibration*. International Organization for Standardization 1989.
49. ISO 8041. *Human response to vibration - Measuring instrumentation*. International Organization for Standardization 1990.
50. ISO 8041/Amd 1. *Human response to vibration - Measuring instrumentation - Amendment 1*. 1999.
51. ISO 8662-1. *Handheld portable power tools - Measurement of vibration at the handle - Part 1: General*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1988.
52. ISO 8662-2. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle- Part 2: Chipping hammers and riveting hammers*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1992.
53. ISO 8662-3. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle- Part 3: Rock drills and rotary hammers*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1992.
54. ISO 8662-4. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 4: Grinders*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1994.
55. ISO 8662-5. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle- Part 5: Pavement breakers and hammers for construction work*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1992.
56. ISO 8662-6. *Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 6: Impact drills*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1994.
57. ISO 8662-7. *Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 7: Wrenches, screwdrivers and nut runners with impact, impulse or ratchet action*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1997.
58. ISO 8662-8. *Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 8: Polishers and rotary, orbital and random orbital sanders*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1997.
59. ISO 8662-9. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 9: Rammers*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1996.

60. ISO 8662-10. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 10: Nibblers and shears*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1998.
61. ISO 8662-11. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle- Part 11: Fastener driving tools*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1999.
62. ISO 8662-12. *Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 12: Saws and files with reciprocating action and saws with oscillating or rotating action*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1997.
63. ISO 8662-13. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 13: Die grinders*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1997.
64. ISO 8662-14. *Handheld portable power tools - Measurement of vibrations at the handle - Part 14: Stone-working tools and needle scalers*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1996.
65. ISO 8727. *Mechanical vibration and shock - Human exposure - Biodynamic coordinate systems*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1997.
66. ISO 10819. *Mechanical vibration and shock - Hand-arm vibration - Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1996.
67. ISO 13753. *Mechanical vibration and shock - Hand-arm vibration - Method for measuring the vibration transmissibility of resilient materials when loaded by the hand-arm system*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1998.
68. ISO/CD 7505. *Forestry machinery - Chain saw - Measurement of hand-transmitted vibration*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1997.
69. ISO/CD 7916. *Forestry machinery - Portable brush-saws - Measurement of hand-transmitted - Measurement of hand-transmitted vibration*. International Organization for Standardization 1997.
70. ISO/DIS 5349-1. *Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General guidelines*. International Organization for Standardization, Draft International Standard 1999.
71. ISO/DIS 5349-2. *Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 2: Practical guidelines for measurement in the workplace*. International Organization for Standardization, Draft International Standard 1999.
72. ISO/WD 2041. *Vibration and shock - Vocabulary*. International Organization for Standardization, International Organization for Standardization 1998.
73. Kihlberg S. Biodynamic response of the hand-arm system exposed to random vibration. *Journal of Industrial Ergonomics* 16 (1995) 1-8.
74. Lindell H, & Thuvesen D. *Automatisk balansering av roterande maskiner*. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning - IVF, IVF-skrift 97858, 1997.
75. Lindqvist B. *Verktygsergonomi - Utvärdering av industriverktyg*. Atlas Copco Tools, Stockholm, 1998.
76. Lindqvist B, Ahlberg E, & Skogsberg L. *Verktyg utformade för människor*. Atlas Copco Tools, Stockholm, 1986.
77. Norrblom HL. *Minska slipningen*. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning - IVF, IVF-skrift 97852, 1997.

78. Pull J. *Mindre buller och vibrationer i svetsverkstäder genom ändrad konstruktion och tillverkning*. Sveriges Mekanförbund, IVF-resultat 87504, 1987.
79. Pull J, & Brömssen B. *Möjligheter att minska manuell slipning i svetsverkstäder*. Mekanförbundets förlag, IVF-resultat 88505, 1988.
80. Pull J, & Zackrisson M. *Vibrationsmätningar av vinkelslipmaskiner - metod för jämförande mätningar - slipskivans inverkan*. Sveriges Mekanförbund, IVF-Resultat 87503, 1987.
81. Reynolds D, & Angevine E. Hand-arm vibration, Part II: Vibration transmission characteristics of the hand and arm. *Journal of Sound and Vibration* 51 (1977) 255-265.
82. Robotssystem. *Robotisering av vibrations-skadade arbetsmoment i industrin*. Robotssystem i Lund AB, 1988.
83. Sundström E. *Utveckling av befintlig patentsökt teknik för att vibrationsdämpa tryckluftsdrivna mindre mejselhammare*. Arbetsmiljöfonden, Sammanfattningar 1169, 1988.
84. Sveriges Byggindustrier. *Maskiner för Byggare*. <http://mcd.bygg.org>
85. Sörensson A, & Burström L. Transmission of vibration energy to different parts of the human hand-arm system. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 70 (1997) 199-204.
86. Sörensson A, & Lundström R. Transmission of vibration to the hand. *Journal of Low Frequency Noise and Vibration* 11 (1992) 14-22.
87. Tokita Y, & Ohkuma T. *Hand-arm transmitted vibration dosimeter*. In Okada A, Taylor W, Dupuis H (Eds). *Hand-Arm Vibration*. Kyoei Press, Kanazawa, (1990) 53-57.
88. Zackrisson M. *Vibrationsdämpning av vinkelslipmaskin*. Arbetsmiljöfonden, Sammanfattningar 1350, 1990.
89. Zackrisson M. *Internkontroll - ett verktyg för produktutveckling*. Institutet för Verkstadsteknisk Forskning - IVF, IVF-skrift 96822, 1996.
90. Zackrisson M, Pull J, & Fröjd N. *Vibrationskontroll av handhållna slip- och putsmaskiner*. Arbetsmiljöfondens Sammanfattningar 1287, 1989.

## 10. Index

- 1/3-oktavband, 6, 11, 17
- 8-timmars ekvivalent acceleration, 7
- 8-timmars ekvivalent värde, 7
  
- absorption av vibrationsenergi, 8
- acceleration, 2, 3
- accelerationssumma, 6
- accelerometer, 12, 16, 17
- accelerometersmontering, 17
- accelerometersplacering, 17
- accelerometersvikt, 17
- ackreditering, 13
- AFS, 10
- AFS 86: 7, 14
- AFS 93: 32, 15
- AFS 93: 42, 15
- AFS 93: 46, 15
- AFS 94: 48, 15
- aktiv effekt, 8
- amplitud, 2
- Arbetskyddsstyrelsen, 10
- arbetslokal, 23
- arbetsmetod, 26
- Arbetsmiljölagen, 10
- arbetsplats, 23
- arbetsredskap, 14
- arbetsrotation, 23
- arbetsteknik, 25
- arbetsuppgift, 25, 26
- armställning, 7
- automatisering, 23
  
- balansblock, 23
- balansenhet, 24
- balansering, 23
- bandbredd, 6
- bearbetningsfrekvens, 18
- biodynamiskt, 11
- brus, 4
- brusvibration, 3, 10
  
- CE, 13, 27
- CEN, 9
- CENELEC, 9
  
- crest factor, 3
  
- daglig exponeringstid, 7, 16
- databas, 25
- DC-shift, 17
- deklarering, 3, 12, 13, 20 - 22, 25, 27
- deterministiska, 3
- direktiv, 9, 13
- dämpning, 12, 25
  
- effektivmedelvärde, 2
- effektivvärde, 2, 3, 15, 16, 19, 20
- EN 1033, 13
- EN 12096, 13
- energi, 8
- ergonomisk utformning, 23, 25
- EU, 9, 13, 20, 25
- EU-direktiv, 9
- europaisk standard, 13
- exponeringsminskning, 23
- exponeringstid, 7, 10, 11, 16
  
- fjärrstyrning, 23
- Fourieranalys, 5
- frekvens, 2, 5
- frekvensanalys, 5, 6
- frekvensplan, 5
- frekvensspektrum, 5, 6, 18, 19
- frekvensvägd, 11, 14, 16, 18
- frekvensvägning, 6, 11
- frekvensvägningsfilter, 11, 17
- frekvensvägt, 12, 20
- fältmätning, 18, 21
- fältmätta, 20, 21, 22
- föreskrift, 10, 14
- författningssamling, 10
- förskjutning, 2
- förutsägbar, 3, 4
  
- givare, 11, 12
- gripkraft, 7, 25
- gräsklippare, 13
  
- handadapter, 17

hand-arm vibrationer, 1  
handkraft, 10  
handledsvinkel, 7  
handskar, 12, 26  
handstorlek, 24  
handstyr, 13  
handtag, 8, 12, 17, 24, 25  
handtagsmaterial, 24  
handtagsutformning, 24  
handöverförda vibrationer, 1  
hastighet, 2  
Hertz, 5  
hygienisk bedömning, 22

icke-periodisk, 3, 10  
icke-stationär, 3, 4  
IEC, 9  
importör, 14  
information, 14, 25  
instrument, 11, 16  
internationell standard, 10  
internkontroll, 23  
ISO, 9  
ISO 10819, 12  
ISO 13753, 12  
ISO 5348, 12  
ISO 5349, 10, 11, 18 - 21, 25, 27  
ISO 7505, 12  
ISO 7916, 12  
ISO 8662, 12, 13, 14, 20, 27  
ISO 8727, 11  
ISO/DIS 5349-1, 10  
ISO/DIS 5349-2, 10

kalibrator, 17  
konstant relativ bandbredd, 6  
konstruktionsförändring, 23  
kontaktyta, 10, 13, 17, 24  
kontinuerlig, 3  
koordinatsystem, 6, 11  
korttidsvärde, 14  
kortvarig vibration, 18  
kroppsbyggnad, 7  
krosspektrum, 8  
kyla, 24

leverantör, 12, 14  
lokala vibrationer, 1

lägesförändring, 2

maskindirektiv, 13, 15, 20  
maskineffektivitet, 25  
maskininköp, 25  
maskinspecifik, 12, 20  
maskintröghet, 24  
maskinvikt, 24  
matningskraft, 7, 24, 25  
mekanisk montering, 12  
mekaniskt filter, 17  
momentanvärde, 2  
montering, 11  
monteringsmetod, 17  
mothåll, 25  
motorsåg, 12, 15  
mätanvisningar, 12  
mätfel, 11, 16  
mätning, 16, 26  
mättid, 10, 16

nivå, 2  
nollpunktsförskjutning, 17  
NSS, 9

oktavband, 6, 11, 17  
omkonstruktion, 23  
oscillerande, 18, 19  
osäkerhet, 13, 17

paus, 16, 23  
peak, 2  
periodisk, 3, 10  
periodtid, 2, 5  
physical agent, 13  
piezoelektrisk accelerometer, 16  
produktinformation, 15  
produktionsteknik, 23  
produktionstekniska åtgärder, 23

reaktiv effekt, 8  
riktning, 6  
rms-värde, 2, 3  
root mean square, 2  
roterande, 18, 19, 21, 22, 23, 27  
röjsåg, 12, 15  
rörelseriktning, 6

SEK, 9  
service, 26  
signal, 3  
sinus, 4  
sinusvibration, 3  
SIS, 9  
skenbar effekt, 8  
skenbara, 8  
skyddsutrustning, 26  
slipmaskin, 15  
slipverktyg, 15  
slumpmässig, 3, 4  
slående, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 27  
SMS, 9  
standard, 9  
stationär, 3  
stokastiska, 3  
stoppur, 16  
styrhandtag, 13  
stödhandtag, 24  
stöt, 3, 10, 11, 12, 13, 18  
summavektor, 6, 11  
svensk standard, 14

takvärde, 14  
tersband, 6  
tidsintervall, 7  
tidsplan, 5  
tidsstudier, 16  
tillverkardeklaration, 13  
tillverkare, 9, 12, 14, 16, 25  
toppfaktor, 3, 19, 20  
toppvärde, 2, 3, 19, 20  
totala exponeringstid, 7

transient, 3  
transmission, 7  
typgodkänd, 15

underhåll, 26  
utbildning, 25

varaktighet, 7  
vektor, 6  
vektorsumma, 11, 12, 14  
verktyg, 1, 14, 16, 26  
vibrationsenergi, 8  
vibrationsfrekvens, 5  
vibrationsisolering, 17, 24, 25  
vibrationskälla, 16  
vibrationsnivå, 7  
vibrationsriktning, 6  
vibrationsvärde, 12, 13, 20  
vibrationsöverföring, 12, 24  
videoinspelning, 16  
viktning, 6  
viloläge, 2  
vägningsfilter, 11, 16

Yrkesinspektion, 10

åtgärdsnivå, 14

ändläge, 2

ögonblicksvärde, 2, 3  
överförd effekt, 8  
överföring, 7, 25