



# Arbete och helkroppsvibrationer – hälsorisker

# Kunskapsöversikt

Rapport 2011:8

# **Arbete och helkroppsvibrationer – hälsorisker**

Lage Burström  
Tohr Nilsson  
Jens Wahlström

UMEÅ UNIVERSITET  
Folkhälsa och klinisk medicin  
Yrkes- och miljömedicin

Rapport 2011:8

ISSN 1650-3171

# Förord

Arbetsmiljöverket har fått i uppdrag av regeringen att informera och sprida kunskap om områden av betydelse för arbetsmiljön. Under kommande år publiceras därför ett flertal kunskapsöversikter där välrenommerade forskare sammanfattat kunskapsläget inom ett antal teman. Manuskripten har granskats av externa bedömare och behandlats vid respektive lärosäte.

Rapporterna finns kostnadsfritt tillgängliga på Arbetsmiljöverkets webbplats. Där finns även material från seminarieserien som Arbetsmiljöverket arrangerar i samband med rapporternas publicering.

Den arbetsgrupp vid Arbetsmiljöverket som har initierat och organiserat framtagandet av översikterna har inletts av professor Jan Ottosson och övertagits av omvärldsanalytiker Magnus Falk. Samordningen har Johanna Värlander svarat för. Vi vill även tacka övriga kollegor vid Arbetsmiljöverket som varit behjälpliga i arbetet med rapporterna.

De åsikter som uttrycks i denna rapport är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis Arbetsmiljöverkets uppfattning.

*Magnus Falk, fil.dr.*

# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b> .....	1
<b>1. Exponering i arbetet</b> .....	2
<b>2. Mätning av helkropps vibrationer</b> .....	2
<b>3. Avgränsningar och litteratururval</b> .....	5
<b>4. Hälsorisker vid exponering för helkropps vibrationer</b> .....	7
Påverkan på ländrygg.....	7
Påverkan på nacke/skuldra.....	17
Fynd vid röntgenundersökningar.....	19
Påverkan på höft och knä.....	20
Påverkan på gravida och foster.....	20
Påverkan på manlig fertilitet .....	22
Påverkan på inre organ .....	22
Påverkan på ögon.....	23
Påverkan på hjärta.....	23
Påverkan som kan ge prostatacancer .....	23
Inverkan på rörelsesjuka .....	24
Påverkan på prestation.....	24
Påverkan på mortalitet .....	25
<b>5. Sårbarhetsfaktorer</b> .....	26
Kön .....	26
Ålder.....	26
Ärftlighet .....	26
Kroppskonstitution .....	27
Tidigare ryggbesvär .....	27
Tobaksbruk.....	27
<b>6. Samverkan mellan helkropps-vibrationer och andra arbetsmiljöfaktorer</b> .....	28
<b>7. Sammanfattning</b> .....	29
<b>8. Referenser</b> .....	30
<b>Bilaga 1</b> – Epidemiologiska, tekniska och medicinska begrepp .....	
<b>Bilaga 2</b> – Exempel på vibrationsnivåer för olika fordon .....	
<b>Bilaga 3</b> – Använd söksträng i litteratordatabaserna.....	

# Inledning

Denna kunskapsöversikt om helkroppsvibrationers inverkan på exponerade arbetare har skrivits på uppdrag av Arbetsmiljöverket. Arbetsmiljöverkets uppdrag har omfattat en sammanställning av tillgängliga forskningsresultat om sambandet mellan exponering för helkroppsvibrationer och olika sjukdomar och besvär. I uppdraget har också ingått att granska och värdera olika metoder för riskbedömning av exponering för helkroppsvibrationer samt belysa samverkans effekter mellan vibrationer och andra arbetsmiljöfaktorer. Vidare har uppdraget omfattat att beskriva faktorer som bidrar till ökad känslighet/risk hos exponerade samt risker för gravida arbetstagare. Uppdraget betonar också att skillnaden mellan exponeringar för mer regelbundna vibrationer och exponeringar där vibrationerna även innehåller stötar särskilt ska beaktas.

Umeå i juni 2011

*Lage Burström*

*Tohr Nilsson*

*Jens Wahlström*

*Lage Burström* är forskare vid Yrkes- och miljömedicin, Umeå Universitet

*Tohr Nilsson* är överläkare vid Arbets- och miljömedicin, Sundsvalls sjukhus och lektor vid Yrkes- och miljömedicin, Umeå Universitet

*Jens Wahlström* är belastningsergonom vid Arbets- och miljömedicin, Norrlands Universitetssjukhus

# 1. Exponering i arbetet

Helkroppsvibrationer (HKV) förekommer när någon står, sitter, eller ligger på ett vibrerande underlag och där exponeringen är sådan att hela kroppen utsätts för vibrationer. Denna typ av vibrationer förekommer i till exempel bussar, tåg, anläggningsmaskiner, flygplan och fartyg, men även i arbetslokaler där golvet satts i rörelse av någon vibrationskälla.

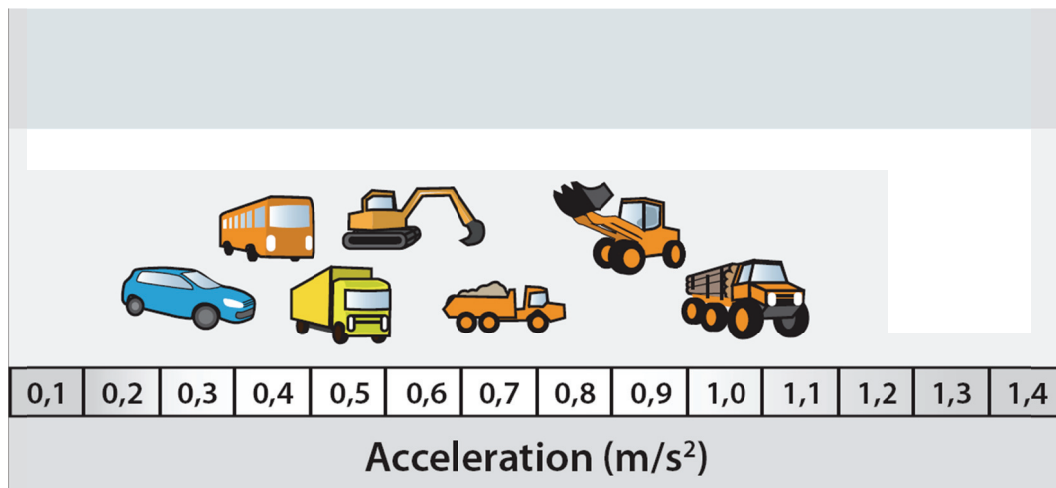
I Sverige utsätts ungefär 300 000 anställda regelbundet för helkroppsvibrationer och i SCB:s arbetsmiljöundersökning för år 2009 uppgav 12 procent av männen och 2 procent av kvinnorna att de utsattes för helkroppsvibrationer minst en fjärdedel av sin arbetstid (1). Antalet som utsätts för helkroppsvibrationer är lägre bland dem i högre ålder. De yrken som är mest utsatta för helkroppsvibrationer är maskin- och fordonsförare inom framförallt skogs- och jordbruk, bygg- och transportverksamhet.

## 2. Mätning av helkroppsvibrationer

Den internationella standarden SS-ISO 2631-1 (2) anger generella riktlinjer för hur mätning och utvärdering av helkroppsvibrationers inverkan på hälsan ska genomföras. Vibrationer ska, enligt SS-ISO 2631-1 mätas inom ett frekvensområde från 0,5 Hz till 80 Hz på den vibrerande sittyta där föraren kommer i kontakt med vibrationer. Den grundläggande storheten för vibration som uppmäts är accelerationen, ( $a$ ), i tre mot varandra vinkelräta riktningar (framåt – bakåt [ $x$ ], sidled [ $y$ ] och vertikalt [ $z$ ]). Uppmätta värden i de olika riktningarna ska därefter viktas ( $w$ , efter eng. weighted) för att ta hänsyn till att människans känslighet för vibrationer är olika vid olika frekvenser. För vibrationer i de horisontella riktningarna gäller en annan frekvensvägning än för den vertikala. Vibrationernas magnitud bestäms som effektivvärdet av acceleration utifrån den viktade accelerationen,  $a_w$ , och anges i enheten  $m/s^2$ .

Vid exponering för helkroppsvibrationer som även innehåller stötar framgår av SS-ISO 2631-1 att det maximala transienta vibrationsvärdet (Maximum Transient Vibration Value–MTVV), dvs. maximala toppvärdet i någon riktning, kan uppmätas. Vidare kan toppfaktorn beräknas, dvs. maximal acceleration dividerad med effektivvärdet. Som alternativ för att ta hänsyn till inslag av stötar kan också vibrationsdosvärdet (VDV) beräknas genom att accelerationen upphöjs till fyra. Vidare anger standarden SS-ISO 2631-5 (3) en alternativ metod, som mer explicit beskriver hur mekanisk påverkan av ländryggen vid upprepad exponering för stötar ska behandlas. Påverkan på ländryggen baseras på beräkning av det tryck som ryggen utsätts för vid stötar. I denna beräkning ingår parametrar som hur kraftiga dessa stötar är, hur många stötar som föraren utsätts för och hur mycket av energin i stöten som överförs till ländryggen. ISO-standarderna utgår från att det enbart är mekanisk kompression av ländryggen som ger upphov till hälsoriskerna. Standarderna syftar därför till att uppskatta vilket kompressionstryck ländryggen utsätts för vid stötarna. Utifrån trycket beräknas sedan en så kallad ekvivalent dos för statistiskt kompressionstryck,  $S_{ed}$ .

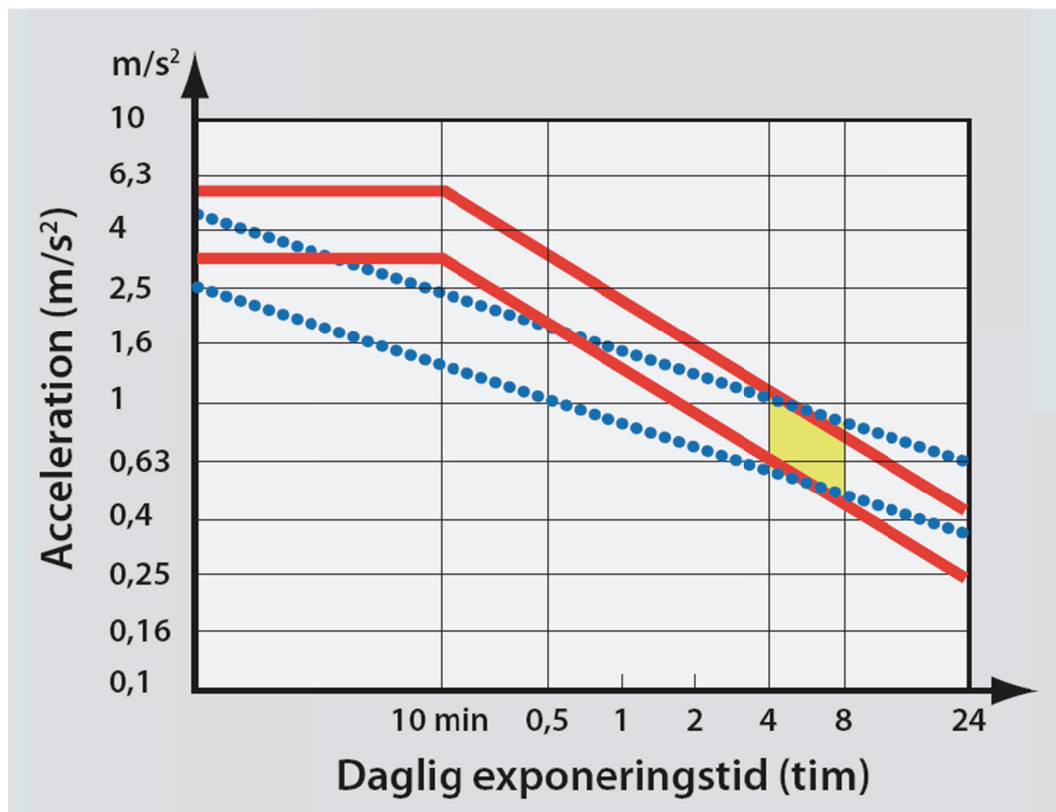
Mätningar av helkroppsvibrationer har mer regelbundet gjorts sedan mitten av 70-talet och ett stort antal uppmätta värden har publicerats. I figur 1 illustreras exempel på de exponeringsnivåer som uppmätts vid arbete med olika fordon (4–26). I bilaga 2 finns en utförlig beskrivning av vibrationsbelastningen i olika fordon (totalt cirka 1100).



**Figur 1.** Medelvärde av uppmätt (SS-ISO 2631-1) vibrationsexponeringsnivå i m/s<sup>2</sup> i några typfordon (personbil, buss, lastbil, grävmaskin, dumper, hjullastare, skogsmaskin-skotare, för mer exakta uppgifter se bilaga 2).

I vissa studier (5-8, 10, 17, 27-29) har också beräknats den kumulativa vibrationsbelastningen för varje exponerad över hela dennes livstid som år multiplicerad med dagliga accelerationen i kvadrat (enhet år\*m<sup>4</sup>/s<sup>2</sup>). Detta utvärderingssätt är inte något som standardiserats utan är fortfarande under utveckling.

I en bilaga till standarden SS-ISO 2631 (2) presenteras ett förslag på sambandet mellan exponering för helkroppsvibrationer och biomekanisk påverkan. Förslaget är baserat på antagandet att det finns ett samband mellan risk för skada och en kombination av vibrationsnivå och daglig exponeringstid, enligt figur 2. Standarden anger att de skadeeffekter som omfattas i huvudsak antas vara "påverkan på ländryggen och närliggande nerver". Dock bygger presenterade samband i standarden (figur 2) inte på några epidemiologiska eller experimentella studier med uppgifter om både hälsoutfall och vibrationsexponering, utan på en allmän konsensus (30). Sambandet bygger på högsta värdet uppmätt i någon av de tre riktningarna efter det att de horisontella riktningarnas värde (framåt-bakåt och sidledes) multiplicerats med 1,4. Denna multiplikering har tillförts då det enligt standarden sker en motsvarande undervärdering av påverkan i dessa riktningar.



*Figur 2. Samband mellan antagen risk för negativ hälsopåverkan och kombination av vibrationsnivå och daglig exponeringstid enligt i ISO 2631-1. Helt dragen linje anger kontinuerliga vibrationer medan streckad linje anger motsvarande för stötar.*

Enligt standarden innebär en vibrationsexponering, vars kombination av acceleration och exponeringstid ligger under den lägre kurvan, att negativa hälsoeffekter "inte tydligt har dokumenterats", medan det för kombinationer som ligger över den övre linjen bedöms som "sannolik negativ hälsopåverkan". I området mellan de båda linjerna finns en så kallad "försiktighetszon". De helt dragna linjerna i figur 2 avser kontinuerliga vibrationer uppmätta som effektivvärdet medan de streckade linjerna gäller om vibrationerna också innehåller stötar motsvarande ungefär vibrationsdosvärdet. Linjerna sammanfaller vid en daglig exponeringstid på 4–8 timmar.

SS-ISO 2631-1 är även grunden för det europeiska vibrationsdirektivet (31) som används i Sverige och inom EU för värdering av riskerna med exponering för helkroppsvibrationer. Det europeiska vibrationsdirektivet beskriver två exponeringsvärden, ett insatsvärde och ett gränsvärde. Värdena gäller daglig exponering under en period av 8 timmar. Om insatsvärdet överskrids kommer arbetsgivaren att vara tvungen att utarbeta och genomföra ett program för tekniska och/eller organisatoriska åtgärder. Syftet med programmet ska vara att minska exponeringen för vibration till ett minimum. Arbetstagare får inte utsättas för värden som ligger över gränsvärdet. I direktivet finns dessa exponeringsgränser fastställda för både effektivmedelvärde och vibrationsdosvärdet. Gränsvärdet för den dagliga exponeringen, normaliserat till en referensperiod på 8 timmar, är för effektivvärdet 1,15 m/s<sup>2</sup> och för vibrationsdosvärdet 21 m/s<sup>1,75</sup>. Insatsvärdet för den dagliga exponeringen är för effektivvärdet 0,5 m/s<sup>2</sup>, och för vibrationsdosvärdet 9,1 m/s<sup>1,75</sup>. Bedömningen grundar sig på det högsta värdet



uppmätt i någon av de tre riktningarna. Vid användning av effektivvärdet ska uppmätta värden i de horisontella riktningarna först multipliceras med 1,4 innan bedömningen sker.

Arbetsmiljöverket har överfört vibrationsdirektivet till en svensk föreskrift (32). Av föreskriften framgår att i Sverige används enbart effektivvärdet. De två exponeringsvärdena för en period av 8 timmar, har fastställts till 1,1 m/s<sup>2</sup> respektive 0,5 m/s<sup>2</sup>.

### 3. Avgränsningar och litteratururval

Kunskapsgenomgången syftar till att utifrån originalrapporter publicerade i engelskspråkig vetenskaplig litteratur svara på följande två frågor:

1. Vilka hälsorisker (hälsoutfall) kan exponering för helkroppsvibrationer medföra (faroidentifiering)?
2. Hur stora är de rapporterade riskerna (riskbestämning)?

För att besvara den första frågan krävs resultat från studier där information redovisats om sådana aspekter (studiedesign, studiestorlek, undersökta variabler, exponeringsbedömningens tillförlitlighet, samverkande faktorer och tydlighet i hur hälsoutfallet avgränsats) som har betydelse för tolkningen av studiernas tillförlitlighet (studiens bevisvärde). I denna kunskapsöversikt redovisas väsentligen alla hälsoutfall som publicerats. Kunskapsöversikten innefattar förutom observationsstudier (kohortstudier, studier med fall-kontrollupplägg samt tvärsnittsstudier) även experimentella studier, när dessa kan ge kunskap om samband som talar för en exponerings-svareffekt. För att besvara frågan om helkroppsvibrationer som orsak till sjukdomens uppkomst (etiologisk betydelse) krävs studier med ett kohortupplägg. I kunskapsöversikten anger vi genomgående vilken typ av studie som använts.

För att besvara frågeställningen om riskens storlek krävs information om riskvärdet och hur tillförlitligt det angivna resultatet är. Risk uttryckt som oddskvot, prevalenskvot, incidens, incidenskvot eller relativ risk (beroende på studieupplägg) talar om styrkan i sambandet. Tillförlitligheten i riskvärdet anges av konfidensintervallet (det intervall inom vilket 95 % av fynden bedöms ligga) eller som signifikans ( $p < 0,05$ ). Vi har i kunskapsöversikten valt att i första hand ange vilket riskmått som använts samt dess konfidensintervall och i andra hand klassificering utifrån signifikans.

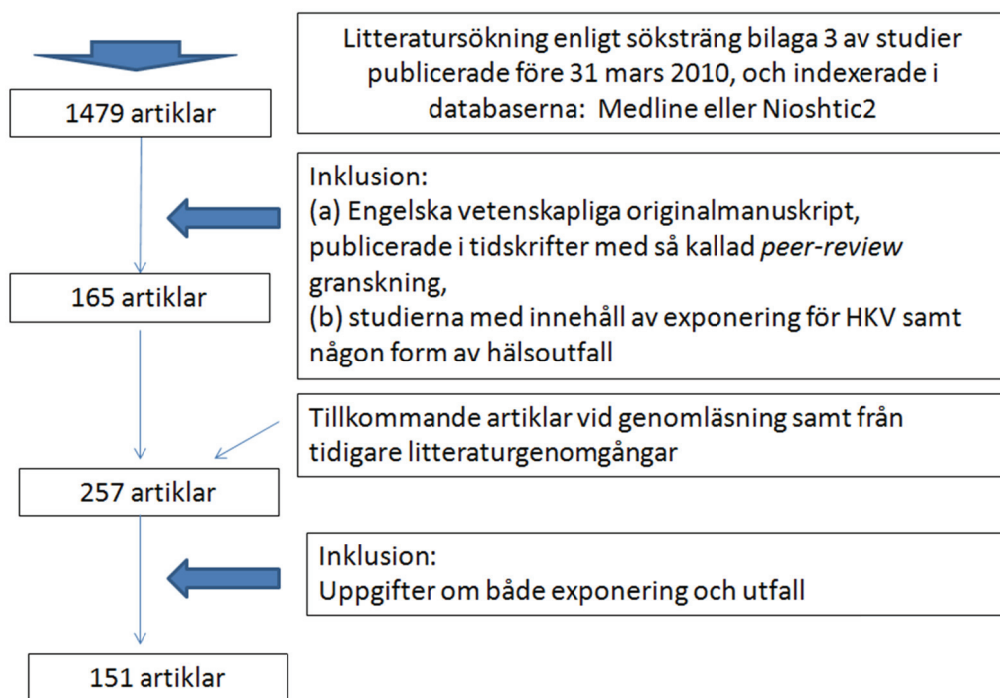
Varje avsnitt som beskriver ett hälsoutfall avslutas med en "slutsats". Författarna ger där sin bedömning av studiernas tillförlitlighet och i tillämpliga fall hur stor risken anses vara.

Hur stor risk som krävs för bedömning av ett samband beror på vilka beslut som det ska ligga till grund för. Vid juridiska ställningstaganden om straff tillämpas högre beviskrav än vid till exempel bedömning av arbetsskadeersättning eller vid ställningstagande om exponeringsförändringar. I det sistnämnda exemplet tillämpas i vissa fall "försiktighetsprincipen". Försiktighetsprincipen används när det föreligger osäkerhet om en misstänkt risk i relation till aktuell exponering.

Kunskapsammanställningen har mot bakgrund av uppdragets utformning och med beaktande av försiktighetsprincipen även tagit med ett antal hälsorisker där det

vetenskapliga underlaget bedömts som svagt och riskerna låga. Värderingen av huruvida risken kan accepteras eller vid vilket gränsvärde den kan accepteras ligger därför på samhället och utanför denna kunskapsgenomgång.

Litteratururvalet har skett genom att en söksträng skapats för att täcka olika hälsoeffekter. Söksträngen bygger på sökorden "exponering" och "hälsoutfall". Dessa sökord har sedan specificerats och söksträngen som konstruerades presenteras i Bilaga 3. Studiernas sammanfattningar granskades med avseende på relevans för litteraturgenomgångens syfte. Granskningen gjordes av två av författarna oberoende av varandra och utifrån på förhand fastställda inklusionskriterier (figur 3). Vid oenighet diskuterade alla författare respektive artikel till dess att konsensus uppnåddes. I denna kunskapsöversikt har inga studier med relevans för området exkluderats, vilket innebär att även studier med vetenskapliga brister medtagits, men dessa brister diskuteras och en slutsats presenteras i anslutning till respektive hälsoutfall.



Figur 3. Litteratururval samt kriterier för inklusion av artiklar.

Sökningen resulterade i 1 479 sammanfattningar som lästes och bedömdes enligt de uppsatta inklusionskriterierna. Av dessa bedömdes 165 artiklar som relevanta. Vid genomgång av dessa artiklar samt litteraturgenomgångar identifierades ytterligare 92 artiklar. Det totala antalet artiklar som använts som underlag för denna kunskapsöversikt är därmed 257. Av dessa uteslöts 106 efter genomläsning eftersom det saknades uppgifter om både exponering och hälsoutfall.

## 4. Hälsorisker vid exponering för helkroppsvibrationer

### Påverkan på ländrygg

Majoriteten av befolkningen i den industrialiserade världen upplever någon gång under sitt liv ryggsmärta (33). Bland dem som drabbats kvarstår smärtan hos 10–50 % längre än tre månader. En smärtperiod på tre månader eller längre definierar långvarig smärta. Studier visar att smärtan i fyra av fem fall är ospecifik och utan känd bakomliggande sjukdom eller patologi. Exempel på specifik ryggsmärta är diskbräck, spinal stenos, uttalad diskdegeneration, spondylolistes, instabilitet och inflammatoriska rygg-sjukdomar (34). Många läkare och forskare utgår emellertid från att ryggsmärta speglar en skada eller en degenerativ förändring med åtföljande smärtupplevelse förmedlad via stimulering av smärtreceptorer i det skadade området. Nyare forskning talar för att smärtan alternativt kan ses som en förändring i nervsystemets beredskap, bearbetning och upplevelse än som en isolerad aktivitet från smärtreceptorer i ett skadat område (35). Detta senare synsätt kan förklara bland annat variation i smärta utan känd yttre belastning, avsaknad av ett tydligt samband mellan röntgenverifierad degeneration och smärta, den ökade samsjukligheten med andra smärtsyndrom samt affektiva och psykosociala faktorer starka samband med smärta. Smärtans utbredning i rörelse-apparaten upplevs vara lokal, alternativt förlagd till en kroppsregion eller är allmänt spridd. Smärtans spridning (35) bestäms i första hand av den primära skadans smärtintensitet och smärtans duration.

I de flesta studier av samband mellan exponering för HKV och ländryggssmärta har enbart ospecifika ryggbesvär studerats.

### Ländryggsbesvär vid exponering för vibrationer som innehåller stötar

Exponering för vibrationer som innehåller stötar, uppmätta som VDV-värden, förekommer i ett flertal arbetsmiljöer, som exempelvis i samband med användning av jordbrukstraktorer (36, 37), rälsfordon (38), anläggningsfordon (39, 40), gruvfordon (41), militärfordon (16, 42) och skogsmaskiner (21).

Det har föreslagits (bland annat 18, 38, 40, 43–45) att upprepad exponering för stötar kan öka risken för smärta i ländryggen jämfört med mer kontinuerliga vibrationer, men det finns lite data som stöd för detta. I en meta-analys av Waters et al 2008 (46) utifrån cirka 170 vetenskapliga artiklar drar författarna slutsatsen att eftersom förekomsten av ländryggsbesvär i olika studier inte direkt kan förklaras av uppmätta kontinuerliga vibrationer kan skillnaden bero på förekomsten av stötar. Vidare visade Bovenzi (10) att VDV värdet var bättre relaterat till ländryggsbesvär jämfört med effektivmedelvärdet. En av de få studier som direkt visat på en skillnad mellan olika exponering genomfördes av Brinckmann et al (41). De visade på en betydande minskning av mellanskivornas höjd bland gruvarbetare som körde fordon utan stötdämpning jämfört med arbetare från en annan kohort som körde fordon med dämpade säten (utrustade med stötdämpare) som inte visade några tecken på minskning av mellanskivornas höjd.

## Ländryggsbesvär vid exponering för helkroppsvibrationer

### Tvårsnittsstudier av yrkesgrupper (inga mätningar av HKV medtagna i analyserna)

#### *Med kontrollgrupp*

Fyra tvårsnittsstudier identifierades där man jämfört exponerade yrkesgrupper med oexponerade (38, 47-49). De yrkesgrupper som studerades var operatörer av vibratorbord (47), kranoperatörer (48), järnvägsingenjörer (38) och truckförare (49). Studierna är av varierande vetenskaplig kvalitet, i tre av studierna var de ojusterade oddskvoterna för exponerade jämfört med oexponerade 3,0 och 4,3 (38, 48, 49) och i den fjärde studien så visade en subanalys att det fanns en ökad risk för dem som var exponerade för helkroppsvibrationer ( $p=0,01$ ) (47). I studien av järnvägsingenjörer (38) fann man att antalet timmar som man upplevde sig besvärad av HKV på arbetet hade samband med ländryggsbesvär och för varje timmes exponering för HKV ökade risken att rapportera besvär med cirka 20 % (OR = 1,19; 95 % CI 1,12-1,27).

#### *Utan kontrollgrupp*

Fyra tvårsnittsstudier identifierades där man studerat en yrkesgrupp och använt exponeringstiden för att kunna jämföra lågexponerade med högexponerade (23, 50-52). De yrkesgrupper som studerades var lastbilschaufförer (51), försäljare (52), yrkeschaufförer av allmänna kommunikationsmedel (bussar, pendeltåg och spårvagnar) (50) och taxichaufförer (23). I tre av studierna fann man att förekomsten av ländryggsbesvär var högre hos dem som körde långt (km/år) eller länge (timmar/dag) (23, 50, 52). Bland lastbilschaufförer observerades däremot det motsatta där de som körde längst (km/vecka) hade lägre förekomst av ländryggsbesvär än de som körde kortare sträckor (50).

#### *Populationsstudier*

En tvårsnittsstudie från Danmark (53) och en från Sverige (54) har använt slumpmässigt urval från den allmänna populationen. I den svenska studien användes data insamlat av statistiska centralbyrån på uppdrag av Arbetsmiljöverket, den så kallade arbetsmiljöundersökningen från 1999 där 9 798 individer deltog i en telefonintervju och besvarade en enkät (54). Frågan som användes för att beskriva exponeringen var: "Har du varit utsatt för vibrationer som får hela din kropp att skaka/vibrera" och för att klassas som exponerad skulle man ange att man varit utsatt för detta minst halva arbetstiden. Prevalenskvoten för dem som exponerades mer än halva arbetsdagen att ha ländryggsmärta minst en gång per vecka var 2,18 (95 % CI 1,72-2,76), när analysen justerades för kön, ålder, tunga lyft (15-25 kg) och frekventa vridningar sjönk prevalenskvoten till 1,4 (95 % CI 1,16-1,71). I studien från Danmark ingick 5 185 personer och en liknande fråga om exponering som i den svenska studien användes, men för att klassas som exponerad räckte det med att vara utsatt  $\frac{1}{4}$  av arbetstiden (53). Oddskvoten för dem som exponerades mer än  $\frac{1}{4}$  av arbetsdagen att ha ländryggsbesvär minst en gång det senaste året var 1,28 (95 % CI 1,00-1,64) efter justering för kön, koncentrationskrav, stående och sittande arbete, frekventa böjningar och vridningar och fysiskt tungt arbete. När enbart vibrationsexponering analyserades fanns det inget tydligt exponerings-responssamband med ländryggsmärta.

I en liknande studie från Storbritannien (55) skickades en enkät med frågor om bland annat exponering för helkroppsvibrationer och ländryggsbesvär till 21 000 personer. Totalt besvarade 12 907 personer enkäten (58 %) och efter exklusion kvarstod 4 250 män och 3 061 kvinnor. Exponeringen för HKV bedömdes genom att de fordon man angivit i enkäten bedömdes utifrån tidigare mätningar av liknande fordon och i kombination med den uppgivna exponeringstiden beräknades det daglig vibrationsdosvärdet (VDV). Resultaten visade ökade risker för ländryggsbesvär senaste året och dagliga tunga lyft (>10 kg) för både män och kvinnor, men enbart för kvinnorna observerades en ökad risk för dem med exponering för HKV (PR = 1,6; 95 % CI 1,2–2,0).

### *Övriga*

Från USA har det publicerats flera artiklar som bygger på patienter som besökt en läkarmottagning under åren 1975–78 (56–58). Man gick igenom alla journaler på dem mellan 18–55 år och registrerade ålder, kön, yrke, ländryggsbesvär med mera i en databas. Vidare karaktäriserades exponeringen genom expertbedömningar där yrken bedömdes ha olika risk avseende till exempel tunga lyft, böjda och vridna arbetsställningar, bilkörning, lastbilskörning etc. I den ena studien (58) jämfördes de som haft ländryggsbesvär (n=399) med dem som inte haft besvär (n=3 521). Resultatet visar att det var vanligare med ländryggsbesvär bland män som var lastbilschaufförer (p<0,02). För kvinnor fanns dock inte detta samband. I den andra studien skickades en enkät ut till alla män som identifierats med smärta och man såg att de som hade mest smärta hade en något ökad frekvens av att köra olika motorfordon, dock redovisas inga statistiska test över eventuella skillnader (57). I nästa studie valdes 303 män slumpmässigt från de olika smärtgrupperna ut och de besvarade en enkät om sin arbetsmiljö (56). Hos dessa individer observerades det att det var vanligare bland dem med svår smärta att köra lastbil, i medeltal 6 timmar per vecka jämfört med 2 timmar i de andra två grupperna. Författarna presenterar vidare en statistisk modell som förklarar cirka 27 procent av variansen mellan dem med moderat smärta och de med svår smärta och där ingick bland annat vibrationsexponering.

I en annan studie från USA besvarade 150 patienter med ländryggsbesvär och 138 patienter med annan problematik en enkät (59). Patienterna rekryterades från en sjukgymnastpraktik och resultaten visade att de som åkte bil mer än en timme per dag hade en ökad risk för ländryggsbesvär (OR = 2,16; 95 % CI 1,18–3,93), men det fanns inget exponerings-responssamband.

### **Tvårsnittsstudier av yrkesgrupper (mätningar gjorda)**

Det finns relativt många studier som är gjorda i olika yrkesgrupper där man också har gjort mätningar av exponeringen för HKV. Från en del av dessa studier är det svårt att dra några slutsatser om betydelsen av helkroppsvibrationers betydelse för ländryggsbesvär då mätningarna inte använts i analysen utan bara för att beskriva exponeringsnivåer och inte använts för att beskriva eventuella exponerings-responssamband (11, 14, 60).

I en studie från Indien jämfördes 50 jordbrukare som använde traktor med 50 lantbrukare som inte använde traktor med avseende på ländryggsbesvär som klassades utifrån enkät och klinisk undersökning (61). Deltagarna intervjuades om hälsotillstånd, bland annat ländryggsbesvär. Det var vanligare med ländryggsbesvär bland lantbrukare som körde traktor, men grupperna skilde sig inte åt avseende hur länge besvären

pågick. Det fanns inga skillnader mellan grupperna avseende de kliniska undersökningarna.

I en italiensk undersökning av hamnarbetare studerades 4 olika grupper: truckförare, kranförare, grensletruckförare och arbetare med manuella arbetsuppgifter (7). Vibrationsnivåerna mättes på ett urval av fordon (n=18) och kombinerades med uppgifter från arbetsgivaren om exponeringstid, hur många år och hur länge per arbetsdag, för att kunna beräkna den individuella dagliga och kumulativa exponeringen. Ländryggsbesvär mättes med frågeformulär som rörde besvär under senaste året eller någonsin; de som rapporterat besvär som föregick anställning exkluderades från analyserna. Den biomekaniska exponeringen mättes genom frågeformulär. Ett index beräknades utifrån frågorna om olika arbetsställningar med fyra svarsalternativ. Utifrån detta beräknades ett medelvärde för varje förare och sedan delades hela gruppen in i fyra grupper. I de justerade analyserna fanns statistiskt signifikanta samband mellan HKV och ländryggsbesvär, men prevalenskvoterna var enbart måttligt ökade i den mest exponerade gruppen. För ländryggsbesvär senaste året och de med högst kumulativ vibrationsexponering var prevalenskvoten 1,27 (95 % CI 1,02–1,58), det fanns inte heller något tydligt exponerings-responssamband. Resultatet när den ekvivalenta vibrationsexponeringen användes var liknande med en prevalenskvot på 1,24 (95 % CI 1,01–1,53) för dem med högst exponering och ländryggsbesvär senaste året. Här fanns dock antydning till ett exponerings-responssamband. Prevalenskvoten för dem med de ogynnsammaste arbetsställningarna var 1,98 (95 % CI 1,38–2,85) efter justering för bland annat HKV. När man jämförde de fyra olika yrkesgrupperna var det bara truckförarna som hade en ökad förekomst av ländryggsbesvär det senaste året (cirka 80 %), i de andra tre grupperna var nivåerna jämförbara (cirka 50 %). Från mätningarna som gjordes framkom att det var truckförarna som var mest exponerade för HKV.

Vibrationsnivåerna mättes på ett urval av fordon (n=74) i en italiensk tvärsnittsstudie bestående av 598 yrkesförare (8). Dessa data kombinerades med svar på frågor (intervju med strukturerat frågeformulär) om daglig exponeringstid och hur länge (antal år) man haft den aktuella exponeringen. Den dagliga vibrationsexponeringen uttrycktes som den ekvivalenta accelerationen över 8 timmar (A(8)) eller vibrationsdosvärdet (VDV). För varje förare beräknades sju olika mått på kumulativ exponering. Den biomekaniska exponeringen mättes med frågeformulär och ett index beräknades utifrån 11 frågor om bland annat stående, gående arbete, arbete med ryggen framåtböjd, tunga lyft etc. Varje förares medelvärde beräknades och gruppen delades in i fyra grupper baserat på fördelningen (kvartiler). På likartat sätt beräknades ett index för den psykosociala arbetsmiljön. Ländryggsbesvär mättes på tre olika sätt: 1) ländryggsbesvär senaste året (ja/nej), 2) hög smärtintensitet (>5 på en skala 0–10) och funktionsnedsättning i ländryggen ( $\geq 12$  på Roland & Morris disability score). Inget av de olika utfallen hade något samband med den dagliga vibrationsexponeringen, A(8). HKV uttryckt som exponeringsduration (år) hade samband med hög smärtintensitet och dosen där accelerationen gavs högst vikt hade samband med funktionsnedsättning. För ländryggsbesvär under det senaste året var det doserna med den kumulativa dagliga exponeringstiden och dosen med den genomsnittliga accelerationen (oviktad) som uppvisade samband. Alla ovan nämnda samband uppvisade tendenser till exponerings-responssamband.

I en annan italiensk tvärsnittsstudie jämfördes en grupp busschaufförer med en grupp servicearbetare i samma företag (9). Mätningar gjordes bara på 6 olika bussar under 15–30 minuter och på detta baserades, tillsammans med enkätinformation, två

olika vibrationsdoser. Busschaufförerna hade högre förekomst av ryggbesvär jämfört med de andra arbetarna, men det fanns inga tydliga exponerings-respons samband.

En undersökning från Italien undersökte samband mellan HKV och ländryggsbesvär hos traktorförare (n=1 155) och en jämförelsegrupp av kontorsarbetare (n=255) (6). Vibrationsnivåerna mättes på ett urval av fordon (n=53) och den individuella ekvivalenta (A(8)) och kumulativa exponeringen för HKV såväl som den biomekaniska exponeringen (ogynnsamma arbetsställningar och tunga lyft) konstruerades som beskrivits ovan. Ländryggsbesvär mättes med frågeformulär som besvär under senaste året, senaste månaden eller någonsin besvär; de som arbetat mindre än 5 år exkluderas från analyserna. I de justerade analyserna fanns statistiskt signifikanta samband mellan HKV (uttryckt som accelerationsnivå ( $m/s^2$ ), kumulativ vibrationsdos ( $\text{år } m^2/s^4$ ) och antal år som traktorförare) och ländryggsbesvär när kontrollgruppen användes som jämförelsegrupp. Resultaten antydde att den ekvivalenta vibrationsdosen inte hade lika starkt samband med ländryggsbesvär som antal exponeringsår och den kumulativa dosen (kombination av nivå och duration). Resultaten visade exponerings-respons-samband mellan HKV och ländryggsbesvär.

Hamnarbetare i Holland undersöktes och mätningar av de fordon som användes, olika typer av gaffeltruckar och lastmaskiner för att lasta och lossa containrar från fartyg, genomfördes och kombinerades med data från frågeformulär för att bestämma vibrationsexponeringen (4). Man fann att yngre förare (under 35 år, n=196) hade högre förekomst av ländryggsbesvär än jämförelsegruppen (n=107). Denna skillnad fanns inte hos de äldre och författarna föreslår att detta mest troligt beror på hälsoselektion ut ur yrket.

Mätningar från bepansrade militärfordon i Malaysia (n=102) genomfördes på två grupper av fordon: antingen med hjul eller med band (16). Totalt ingick 159 soldater i undersökningen, men mätningar kunde bara utföras på 102 av dem. Mätningarna genomfördes på samma testbana under trettio minuter för varje förare. Exponeringen rapporteras dels som accelerationen ( $m/s^2$ ) och som det ekvivalenta vibrationsdosvärdet (VDV). Ländryggsbesvär rapporteras som besvär under senaste året. Ländryggsbesvär var vanligare i gruppen som körde bepansrade fordon med band jämfört med de som körde bepansrade fordon med hjul (82 % vs. 67 %). Fordonen med band hade högre vibrationsnivåer jämfört med de hjulförsedda fordonen. I analyserna som var justerade för andra riskfaktorer var det bara sittställning under körning (framåtböjd) och VDV i x-axeln (framåt - bakåt) som var signifikanta riskfaktorer.

Truckförare (n=23) och en jämförelsegrupp (n=23) från ett företag inom pappersmassaindustri i Storbritannien undersöktes i en tvärsnittsstudie (12). Jämförelsegruppen kom från samma företag men var inte exponerade för helkroppsvibrationer i sitt arbete. Exponering för HKV mättes under 12 olika betingelser och rapporterades som acceleration (viktad), maximal acceleration, toppfaktor och vibrationsdosvärdet (VDV). Exponering för obekväma arbetsställningar i sittande bedömdes genom att truckförarna videofilmades och observerades avseende hur ofta och hur länge man var exponerad för ogynnsamma arbetsställningar. Två validerade observationsmetoder användes för att bedöma arbetsställningarna. Truckförarna hade högre förekomst av ländryggsbesvär under det senaste året jämfört med kontrollgruppen (OR = 3,5; 95 % CI 1,04–11,8). De uppmätta medelvärdena för HKV-exponering var  $0,57 m/s^2$  och för VDV var medelvärdet  $26,5 m/s^{1,75}$ . Även de observerade arbetsställningarna bedömdes ligga i riskzonen för att utveckla besvär.

En holländsk studie undersökte ländryggsbesvär och bedömde vibrationsexponering hos 221 yrkesförare, svarsfrekvens 47 %, av olika fordon från personbilar och små

lastbilar till tunga lastbilar och schaktmaskiner (15). Mätningar på ett urval av fordon gjordes (n=30); för de fordonstyper som inte mättes användes mätvärden från databaser eller tidigare studier för att få ett värde för det aktuella fordonet. Mätdata kombinerades med uppgifter från frågeformulär om exponeringsduration och en ekvivalent vibrationsnivå, A(8), beräknades utifrån detta för alla förare. Inga justeringar för psykosociala faktorer eller biomekanisk exponering gjordes. Författarna skriver att man inte fann några samband mellan HKV och ländryggsbesvär senaste året, dessa resultat är dock svårtolkade då en oddskvot på 0,46 (95% CI 0,15-1,39) rapporteras, men inga uppgifter på klassificeringen av exponerade och oexponerade redovisas i metodbeskrivningen.

I en tvärsnittsstudie av 163 holländska helikopterpiloter och en jämförelsegrupp bestående av 297 oexponerade flygvapenofficerare bedömdes exponering för HKV med mätningar av accelerationsnivåer och exponeringsduration hämtades från piloternas individuella flygloggar (27). Ländryggsbesvär av både kortvarig och långvarig karaktär var vanligare bland helikopterpiloterna än hos jämförelsegruppen. De långvariga ländryggsbesvärerna var mer relaterade till det totala antalet flygtimmar och den kumulativa exponeringsdosen än det genomsnittliga antalet flygtimmar per dag vilket var mer relaterat till kortvariga besvär. Analyserna justerades för en rad andra möjliga riskfaktorer men HKV och sittande i böjda och vridna positioner kvarstod som riskfaktorer för ländryggsbesvär.

I en studie från Storbritannien, publicerad i två artiklar, jämfördes yrkesförare med avseende på exponering för HKV och ländryggsbesvär (20, 62). I studien finns helikopterpiloter, traktorförare, lastbilsförare, taxichaufförer och förare av entreprenadmaskiner. Mätningar (n=20) gjordes på ett urval av olika fordon och kombinerades med uppgifter om exponeringsduration till en vibrationsdos. Från frågeformulär konstruerades även doser för manuell hantering och arbetsställningar. I de justerade analyserna fanns inga statistiskt signifikanta samband mellan exponering för HKV och ländryggsbesvär. Förekomsten av ländryggsbesvär hos helikopterpiloterna var dock 81 % och i de andra grupperna varierade förekomsten från 43 till 63 %. Piloterna hade också den högsta exponeringen för HKV.

I en holländsk tvärsnittsstudie jämfördes kranförare (n=94), truckförare (n=95) och kontorsarbetare (n=86) avseende riskfaktorer för ländryggsbesvär (63). Vid upprepade mätningar fann man att exponeringen för HKV var låg för både kran- och truckförare, mindre än 0,25 m/s<sup>2</sup>, och ansågs inte vara någon riskfaktor av betydelse i den undersökta gruppen.

### *Fall-kontrollstudier*

En brittisk fall-kontrollstudie undersökte samband mellan de som blivit remitterade för magnetkameraundersökning på grund av ländryggsbesvär (252 fall) och personer som blivit röntgade av andra orsaker (820 kontroller) (64). Exponering för HKV bedömdes från frågor om exponeringstid och vilka fordon man använt och kombinerades med information från databaser av mätningar av accelerationsnivåer för liknande fordon. Information om psykosocial arbetsmiljö och biomekanisk exponering inhämtades via samma frågeformulär och alla exponeringsfrågor i enkäten efterfrågade hur förhållanden var i deras nuvarande eller senaste arbete. Resultaten visade inga statistiskt signifikanta samband med något av de sex olika exponeringsmått av HKV som testades i analyserna, men författarna poängterar att resultaten från denna studie inte



ska användas för att argumentera mot ett samband i yrkesgrupper som är mer exponerade då exponeringsnivåerna generellt var låga.

### *Prospektiva studier*

Nio prospektiva studier identifierades där utfallet var ländryggsbesvär och man på något sätt tagit hänsyn till exponering för HKV i analyserna (5, 10, 17, 28, 65-69).

Av dessa nio studier användes frågeformulär i fem för att bestämma både exponering för HKV samt utfallet i form av ländryggsbesvär. I en av dessa studier rapporterades en minskad risk om man körde gaffeltruck (68), men författarna diskuterar att den minskade risken kunde bero på att de arbetstagare de jämfördes med hade ett arbete som karaktäriserades av mycket tunga lyft och manuell hantering. I en annan av studierna fann man inga samband mellan att köra lastbil eller bil och en ökad förekomst av ländryggsbesvär under uppföljningstiden (66). Två av studierna fann något ökade risker hos de som körde fordon (OR = 1,16; 95 % CI 1,01-1,33) (65) och de som körde bil mer än 10 timmar per vecka (OR = cirka 4,0; 95 % CI cirka 1,4-16,4) (69). I en finländsk studie (67) mätte man med frågeformulär om man i sitt arbete var utsatt för tunga lyft (>25 kg), arbetade med ryggen i "obekväma" (awkward) arbetsställningar (>2 timmar per dag), arbetade med vriden rygg eller nacke >1 timme per dag och om man angav att man var exponerad för helkroppsvibrationer >4 timmar per dag. Resultaten (justerade för ålder, kön, tunga lyft, obekväma arbetsställningar, rökning, BMI och fysisk aktivitet) visade att för de yngre än 40 år och de äldre än 50 år fanns en ökad risk att utveckla ländryggsbesvär om man var exponerad för HKV mer än 4 timmar per arbetsdag, oddskvoterna var 1,9 (1,3-2,9) och 1,8 (1,1-3,0). För åldersgruppen mellan 40 och 50 år fanns en något ökad risk men den var inte statistiskt signifikant (OR = 1,2; 0,8-1,8). I den slutliga modellen hade de arbetare som var exponerade för tre av faktorerna (tungas lyft, obekväma arbetsställningar för ryggen och helkroppsvibrationer) en ökad risk för ländryggsbesvär jämfört med de som inte var exponerade för någon av dessa faktorer (OR = 2,4; 95 % CI 1,4-4,2).

I en studie från Tyskland använde man en intervju i kombination med en databas över olika fordons vibrationsnivåer för att bestämma den individuella vibrationsexponeringen (28). I denna studie var utfallsmåttet ryggsyndrom och definitionen var någon form av symtom i ländryggsregionen. Diagnosen sattes av en läkare som kliniskt undersökte patienten och hade tillgång till slätröntgen i två plan av deras ländryggar. Resultaten av den prospektiva delen visade att nya ländryggsbesvär var vanligare i den högexponerade gruppen (RR = 1,27; 95 % CI 0,86-2,17).

I tre av de prospektiva studierna har man använt sig av mätningar (vibrationsnivå) och frågeformulär (exponeringstid) för att beräkna individuella vibrationsdoser hos dem som ingått i studierna (5, 10, 17). I en holländsk studie (5) följdes 577 arbetare upp 11 år efter att de anställdes vid ett av två företag. Exponering för HKV kom huvudsakligen från traktorkörning. De som hade regelbunden smärta eller stelhet i ländryggen definierades som fall. Analyserna visade att prevalensen av ländryggsbesvär ökade med ökad kumulativ vibrationsdos och när man stratifierade och justerade analyserna fanns en ökad förekomst av ländryggsbesvär vid ökad exponeringstid men inte vid ökad vibrationsnivå. Vidare konkluderar författarna att ländryggsbesvären antagligen orsakas av HKV, men att långvarigt sittande och arbetsställningar kan ha betydelse.

Vibrationsnivåerna mättes på ett urval av fordon i en italiensk kohort bestående av 537 yrkesförare som följdes under två år (10). Dessa data kombinerades med svar på

frågor (intervju med strukturerat frågeformulär) om daglig exponeringstid och hur länge (antal år) man haft den aktuella exponeringen. Den dagliga vibrationsexponeringen uttrycktes som den ekvivalenta accelerationen över 8 timmar (A(8)) eller vibrationsdosvärdet (VDV). För varje förare beräknades sju olika mått på kumulativ exponering. Den biomekaniska exponeringen mättes genom att kombinera direktobservation, indirekt observation (foto och videofilm) med förarnas egna skattningar. Data från observationer verkar man dock inte ha tagit hänsyn till i analyserna, utan de data som använts där verkar uteslutande baseras på det index som beräknades utifrån 11 frågor om bland annat stående, gående arbete, arbete med ryggen framåtböjd, tunga lyft etc. Varje förares medelvärde beräknades och hela gruppen delades in i fyra grupper baserat på fördelningen (kvartiler). På likartat sätt beräknades ett index för den psykosociala arbetsmiljön. Ländryggsbesvär mättes på tre olika sätt: 1) ländryggsbesvär senaste året (ja/nej), 2) hög smärtintensitet (>5 på en skala 0-10) och funktionsnedsättning i ländryggen ( $\geq 12$  på Roland & Morris disability score). Den kumulativa incidensen av ländryggsbesvär var 36,3 % för 12-månaders LBP, 24,6 % för hög smärtintensitet och 19,2 % för funktionshinder i nedre delen av ryggen. Det fanns starkare samband när vibrationsexponeringen uttrycktes som VDV jämfört med A (8). Exponeringsduration, uttryckt som daglig dos eller livstidsexponering, uppvisade också goda indikationer på risk för ländryggsbesvär över tid. Den biomekaniska exponeringen (tung lyft, obekväma arbetsställningar) visade samband med ländryggsbesvär, det gjorde däremot inte den psykosociala arbetsmiljön. Slutligen understryker författarna att exponerings-responssambanden var tydligare för samband mellan exponering och intensiteten av ländryggsbesvär samt funktionsnedsättningen än med förekomst av ländryggsbesvär under det senaste året.

I en holländsk studie deltog 229 förare (40 % svarsfrekvens) i en prospektiv studie genom att besvara ett frågeformulär vid baslinje och efter 1 år (17). Mätningar genomfördes på 49 individer, och för att skatta exponeringen på övriga användes dessa data om det var liknande maskiner eller också använde man data från databaser eller tidigare studier. Dessa data kombinerades med enkätfrågor om daglig exponeringstid och hur länge (antal år) man haft den aktuella exponeringen. För varje förare beräknades fem olika mått på exponering för helkroppsvibrationer. Den biomekaniska exponeringen mättes genom frågeformulär. Ett index beräknades utifrån ett okänt antal frågor om olika arbetsställningar med fyra svarsalternativ. Utifrån detta beräknades ett index för varje förare. På likartat sätt beräknades ett index för den psykosociala arbetsmiljön utifrån nio frågor. Ländryggsbesvär mättes på två olika sätt: 1) ländryggsbesvär mer än en dag senaste året (ja/nej), 2) ländryggsbesvär under eller direkt efter att du kört ett fordon. Resultaten visade samband mellan exponering för helkroppsvibrationer och "körningsrelaterade" ländryggsbesvär, det fanns också en antydning till exponerings-responssamband. Inga samband observerades mellan ländryggsbesvär under det senaste året och exponering för HKV.

### *Interventionsstudier*

Intervention omfattar prevention, såväl primär (för att förhindra ohälsa), sekundär (att bota och lindra ohälsa) som tertiär (begränsa negativa effekter av ohälsa).

Shinozaki et al (70) intervenerade mot rapporterade ländryggsbesvär bland 27 vibrationsexponerade truckförare i relation till 233 arbetare och 55 tjänstemän. Två olika interventioner infördes, dels individuellt extra justerbara ryggstöd, varma jackor och ett fysiskt träningsprogram. Den andra interventionen bestod av reduktion av

vibrationsbelastningen genom bättre säten och däck samt minskad köldb belastning. Resultaten efter knappt 1 års uppföljning visar att båda interventionerna minskade förekomsten av rapporterade ländryggsbesvär bland de 27 truckförarna men att reduktion av vibrationsbelastningen var mer effektiv som intervention. Viswanathan et al (71) införde ett extra ryggstöd där luften automatiskt pumpas in, hålls uppumpad och släpps ut under upprepat förlopp på totalt cirka 2 minuter. Hårdheten av luftkud-den kunde regleras av försökspersonen. 11 förare av terränggående fordon ingick i interventionsgruppen och 9 förare i kontrollgruppen. Efter 8 dagars användning antyder resultaten att användningen minskade graden av besvär i ländryggen.

Perkiö-Mäkelä och Riihimäki intervenerade genom justering av sätesinställningen samt med hjälp av extra ryggstöd. Ingen skillnad förelåg mellan grupperna vid uppföljning efter 14 dagar (72). Värt att notera är dock att båda grupperna rapporterade minskad smärta, stelhet och trötthet.

### *Systematiska litteraturgenomgångar och meta-analyser*

De senaste åren har två genomgångar av samband mellan exponering för HKV och ländryggsbesvär publicerats (46, 73). I båda dessa har meta-analyser av risken för ländryggsbesvär beräknats och båda studierna kom fram till liknande riskestimater. Waters et al. (46) baserade sin beräkning från resultatet i 15 studier och den meta-relativa risken estimerades till 2,4 (95 % CI 1,85–3,04). Bovenzi och Palmer (73) presenterade också en meta-relativ risk på 2,4 (95 % CI 2,0–2,8). Dessa två studier baserar sina beräkningar på i princip samma material, men det finns vissa skillnader. Det faktum att de kommer fram till nästan identiska resultat talar för att det finns ett samband mellan ländryggsbesvär det senaste året och exponering för HKV.

## **Ischias**

I ett antal studier har man med hjälp av frågeformulär eller intervju undersökt förekomst av ischias (dvs. när smärtan strålar ut i benet och man misstänker en påverkan på ischiasnerven) under det senaste året och undersökt samband med exponering för HKV (4-7, 9, 38, 55, 60, 74). I en översikt där 6 av dessa studier ingick genomförde författarna en så kallad metaanalys och den sammanvägda prevalensoddskvoten blev 2,0 (95 % CI 1,3–2,9) (75), trots att det bara i 3 av 6 originalartiklar fanns en statistiskt signifikant ökad risk (6, 9, 13).

I studier publicerade efter denna genomgång har man i studier av skiftande vetenskaplig kvalitet funnit samband mellan exponering för HKV och ischiasbesvär i två av tre studier (7, 38, 55). I en prospektiv studie från Riihimäki et al. (74) fann man ökad risk för maskinförare (gaffeltrucksförare, grävmaskinister, förare av bandschaktare, mfl) då de jämfördes med kontorsarbetare (OR = 1,4; 95 % CI 1,0–1,9). I denna studie jämfördes också en grupp snickare med kontorsarbetarna och de hade en riskökning i paritet med maskinförarna.

## **Diskbråck**

Få studier har studerat samband mellan diskbråck i ländryggen och exponering för HKV. I en fall-kontrollstudie från USA fann man att män som tillbringade hälften eller mer av sin arbetstid med att köra fordon hade ungefär tre gånger så stor risk att drabbas av diskbråck i ländryggen jämfört med de som inte har sådana jobb (76). I samma studie gjordes också en analys av lastbilschaufförer, och det var nästan 5 gånger vanli-

gare att lastbilschaufförer drabbades av diskbråck. I en annan fall-kontrollstudie från samma författare fann man att ju fler timmar man uppskattade att man tillbringat i ett motorfordon desto större var risken för diskbråck (77).

I ett antal studier har man genom att gå igenom medicinska journaler tagit reda på om individer tidigare i livet haft diskbråck i ländryggen (4-7, 9). Ingen av dessa studier fann någon statistiskt signifikant ökad risk för de grupper som var exponerade för HKV när de jämfördes med kontrollgrupperna. När resultaten från fyra av dessa studier slagits samman i en så kallad metaanalys blev prevalensoddskvoten 1,5 (95 % CI 0,9-2,4) (75).

I detta sammanhang bör nämnas att de studier som funnit samband mellan HKV och diskbråck är genomförda på 1970-talet och det är sannolikt så att vibrationsnivåerna då var betydligt högre i dessa fordon än vad de är idag.

Betydelsen av HKV i patomekanismer för ländryggsbesvär är osäker. En hypotes är att vibrationer orsakar en mekanisk överbelastning som i sin tur leder till en ökad degeneration av diskar och kotor i ryggen. Det finns studier som stödjer denna hypotes (78, 79), men det finns andra studier som inte observerat samband mellan exponering för HKV och degeneration i ländryggraden och som talar för att genetiska faktorer är viktigare än exogena faktorer, som till exempel tunga lyft, ogynnsamma arbetsställningar och HKV, för utveckling av degeneration i ländryggraden (80-82). Det är dock viktigt att påpeka att det finns dålig överensstämmelse mellan fynd vid röntgenundersökning, inklusive magnetkameraundersökning, och smärta i ländryggen (83). De studier som visat på betydelsen av genetiska faktorer har studerat individer utan symtom (81). Resultat från biodynamiska och fysiologiska studier antyder att flera mekanismer kan samverka, till exempel muskeltrötthet, nedsatt höjd i mellankotsskivor och böjning av ryggraden, vilket kan leda till höga belastningar på ryggraden (84). En faktor som undersökts i många studier är trycket inne i disken (mellankotsskivan). Trycket är till exempel högre i sittande än i stående ställning och det minskar om man använder ryggstöd eller avlastar armarna (85). Det har också visats att trycket i disken beror på vibrationens frekvens. Vid frekvensen 5 Hz var trycket som störst i mellankotsskivan och detta är nära den frekvens som visats ge den högsta relativa rörligheten i ländryggraden vid exponering för helkroppsvibrationer i sittande, den så kallade resonansfrekvensen som är 4,5 Hz och är en vanligt förekommande frekvens för HKV i tunga fordon (84).

## Förtidspension

I en retrospektiv, 10 års studie av traversförare (n=743) jämfördes dessa med en kontrollgrupp (n=662) med avseende på funktionsnedsättning på grund av ländryggsbesvär efter exponering för HKV (86). Incidens density ration (IDR) uppgick till 2,95 (90 % CI 1,20-7,25) för ökad degenerering av intervertebrala diskarna. Vidare framgick att besvären var relaterade till exponeringstiden. Efter 5 års exponering var IDR för diskbesvär 2,95. Slutsatsen var att en kombination av helkroppsvibrationer, olämpliga arbetsställningar och klimatförhållanden var orsaken till uppkomna risker. Upprepat på en annan grupp av traversförare (n=341) samt för traktorförare (n=455) kunde någon skillnad inte påvisas (87).

En studie bland 4 215 manliga anställda (88) visade vid en 15 års uppföljning där exponeringen av HKV rapporterades med frågeformulär (kriterium  $\frac{1}{4}$  av arbetstiden) att Hazard ratio (HR) för förtidspensionerade uppgick till 1,61 (95 % CI 1,07-2,40) efter justering för ålder, rökning, BMI, fysiska krav och olämpliga arbetsställningar. Studien

visade att 5,6 % av männens förtidspensionering var relaterad till helkroppsvibrations-exponering.

**Slutsats:** Det finns vetenskapligt stöd för att exponering för HKV innebär ökad risk för ländryggssmärta. Kunskapsläget avseende samband mellan HKV och ischias respektive diskbräck är mer oklart och det behövs fler studier av god kvalitet för att bedöma sambandet.

Det stora flertalet av genomgångna studier visar på ett samband mellan arbete som innebär exponering för HKV och ländryggssmärta. De flesta studierna är tvärsnittsstudier, men det finns också ett mindre antal prospektiva kohortstudier och fall-kontrollstudier. Ogynnsamma arbetsställningar och långvarigt sittande samvarierar med HKV-exponering och har endast i enstaka undantagsfall kunnat kontrolleras. Det är dock osannolikt att det sammantagna riskmönstret kan förklaras av enbart andra samvarierande faktorer, men i framtida studier bör stor vikt läggas vid att även försöka mäta dessa exponeringar på ett bättre sätt än vad som gjorts i tidigare studier.

Det finns även ett visst stöd för ett exponering-responssamband mellan ländryggsbesvär och HKV-exponering. De studier som tillåter att exponeringsrespons-samband studeras visar ett tydligare samband när den kumulativa exponeringstiden använts framför när exponeringsnivåerna för HKV tilldelats större tyngd i analyserna.

Metaanalyser anger sammantaget en dubblerad risk för ländryggssmärta som medelvärde utifrån nuvarande underlag.

I flera studier diskuterar författarna att sådan HKV-exponering som innehåller slag och stötar medför en ökad skaderisk. Det saknas för närvarande vetenskapligt stöd för att dra några sådana säkra slutsatser.

## Påverkan på nacke/skuldra

I en svensk tvärsnittsstudie av 234 skogsmaskinförare (45) genomfördes en klassificering av exponering för HKV baserat på data insamlat med enkät. Resultaten visade inga exponerings-responssamband, dvs. att ju högre exponering desto vanligare med smärta, vare sig för nacksmärta eller för nacksmärta och samtidig armsmärta.

Tola et al. (89) undersökte förekomsten av nack-skuldersmärta i tre olika yrkesgrupper, maskinförare (gaffeltrucksförare, grävmaskinister, förare av bandschaktare, med flera), snickare och kontorsarbetare. När analyserna justerades för ålder, böjda och vridna arbetsställningar, drag och hur man trivdes på jobbet så hade maskinförarna en ökad relativ risk för att ha haft nack-skuldersmärta under det senaste året jämfört med både kontorsarbetarna (RR = 1,7; 95 % CI 1,5-2,0) och snickarna (RR = 1,3; 1,1-1,4).

Tre år efter den första undersökningen genomfördes en uppföljning och där fann man att maskinförarna hade en ökad risk att utveckla svår nacksmärta, definierad som smärta mer än 30 dagar senaste året, jämfört med kontorsarbetare (90). Vidare fann man att både maskinförare och snickare hade en ökad risk jämfört med kontorsarbetare att ha bestående svår nacksmärta, dvs. att man både vid den första undersökningen och tre år senare hade nacksmärta mer än 30 dagar under det senaste året.

I en svensk tvärsnittsstudie av 85 191 manliga arbetare, förmän och tjänstemän inom svensk bygg- och anläggningsverksamhet, undersöktes samband mellan olika yrken och förekomsten av smärta i bland annat nacken (91). Resultaten visar att yrkesgrupper som exponeras för HKV hade högre förekomst av nacksmärta, definierat som smärta någon gång under det senaste året, jämfört med förmän och tjänstemän.

Hagberg et al (54) studerade ett representativt urval av den svenska arbetande populationen och fann en ökad förekomst av nackbesvär (besvär mer än en gång per vecka) för dem som varit utsatta för helkroppsvibrationer mer än halva arbetstiden. Prevalensoddskvoten var 1,4 (95 % CI 1,16–1,67) efter justering för kön, ålder, frekvensen av lyft (15–25 kg) och hur ofta man var tvungen att böja/vrida sig.

Rehn et al. (44) undersökte 60 personer med nacksmärta, varav tre grupper exponerade för helkroppsvibrationer (skogsmaskinförare, snöskoterförare och pistmaskinförare) och en kontrollgrupp. Alla fyra grupper undersöktes med en omfattande läkarundersökning. Förekomsten av asymmetriska perifera nervstörningar var vanligare i grupperna som var exponerade för helkroppsvibrationer (47 %–79 %) jämfört med kontrollgruppen (27 %). Resultaten antydde också att exponering för HKV innehållande "stötter och slag" och samtidigt ogynnsamma arbetsställningar kan ha samband med perifera nervskador.

I en undersökning från USA studerades ingenjörer som exponerades för helkroppsvibrationer vid framförandet av lokomotiv ("railroad engineers") och jämfördes med civilingenjörer som inte exponerades för HKV i sitt arbete (38). I den multivariata modellen fanns en ökad risk för nack-skuldsmärta hos dem som upplevde att de besvärades av vibrationer i arbetet; för varje timme som man upplevde detta ökade risken med cirka 16 procent (OR 1,16; 95 % CI 1,10–1,23). Detta var en tvärsnittsstudie och svarsfrekvensen var mindre än 50 % i båda grupperna, vilket begränsar generaliserbarheten av resultaten.

I en tvärsnittsstudie från USA studerades 1 449 yrkeschaufförer av allmänna kommunikationsmedel (bussar, pendeltåg och spårvagnar) (50). Resultaten visade en oddskvot för nack- och ryggsmärta hos dem som arbetat mer än 10 år på 2,55 (95 % CI 1,12–5,82) efter justering för kön, ålder, längd, vikt och hur förarmiljön upplevdes (säte, bromsar, styrning, hur man nådde och styrde olika kontroller). Resultaten visade också ett exponerings-responssamband mellan hur många år man arbetat som förare och nack- och ryggsmärta.

I Danmark besvarades en enkät av 1 306 försäljare och resultaten visade samband mellan hur många mil man körde bil varje år och förekomsten av nacksmärta (52). Ett exponerings-responssamband förelåg och risken ökade ju fler mil man körde.

## Diskbråck i nacken

Avseende diskbråck i nacken har två studier identifierats. I en studie från Danmark fann man en ökad förekomst av sjukhusvård för diskbråck i halsryggen hos olika grupper av yrkeschaufförer (92). I en studie från USA fann man inga statistiskt signifikanta samband mellan diskbråck i halsryggen och tid tillbringad i motorfordon (93).

**Slutsats:** Flertalet tvärsnittsstudier påvisar en ökad risk för nacksmärta hos individer med arbeten som innebär exponering för HKV. I dessa studier har de exponerade för HKV oftast jämförts med tjänstemän eller personer med kontorsarbete, varför betydelsen av andra modifierande och förväxlingsfaktorer inte kan särskiljas. Detta betyder att smärta i nacke/skuldra kan uppstå av att man arbetar med nacken i en ogynnsam position eller statiska arbetsställningar för armar och axlar, och att det inte är vibrationerna i sig som leder till att man utvecklar smärta.

# Fynd vid röntgenundersökningar

## Röntgenverifierad artros i rygg, knä- och höftled

Artros kännetecknas av nedbrytning av ledbrosk, åtföljt av smärta, deformation och funktionsnedsättning. Karakteristiska röntgenfynd bekräftar förekomst av artros i en led. Röntgenfynd förenliga med artros behöver inte innebära att det förekommer smärta. Artros ökar med stigande ålder. Uppkomsten kan hänföras till mekanisk belastning i samspel med inflammatoriska faktorer (94). Den tidigare förhärskande föreställningen att artros är en direkt följd av mekanisk "nötning"/"utslitning" (degeneration) och utgör en naturlig del i åldringsprocessen har ersatts av kunskapen om ett intimt samspel mellan mekanisk belastning och de levande cellernas svar på belastning (95). Mekanisk belastning är en förutsättning för normal ledfunktion. Brist på belastning medför nedbrytning av ledbrosk och medför därmed även en ökad risk för artros. Interaktionen mellan biomekanisk påverkan och proinflammatoriska mediatorer ingår i utvecklingen av artros.

I en fall-kontroll studie av arbetare med knäledsartros som erhållit knäledsprotos (96) erhöles ingen signifikant riskökning för dem som exponerats för vibrationer OR 1,0 (95 % CI 0,6-1,7) och OR 1,3 (95 % CI 0,9-2,1) för låg respektive högexponerade. På samma sätt visar resultaten från en kohortstudie på byggnadsarbetare ett icke-positivt samband, RR 0,82 (95 % CI 0,51-1,24) mellan helkroppsvibration och att få höftledsprotos (97).

I en tvärsnittstudie av piloter för olika typer av flygplan visar resultatet att röntgenverifierad artros förekommer frekventare bland helikopterpiloter än bland jämförbara kontrollpersoner (98) och andra piloter. Skillnaden var tydligast för artros i halsryggraden jämfört med ländryggen. Förekomsten av artros i dessa grupper varierade mellan 4 % och 14 % vilket kan jämföras med en förekomst i andra chaufförsgrupper mellan 10 % och 87 % refererat av Dupuis och medarbetare (99). I ett flertal studier där röntgen genomförts redovisas inte röntgenresultaten separat utan innefattas i "ryggsmärtsyndrom". Röntgenfynden har i vissa fall främst legat till grund för differentialdiagnostik (28) och i andra fall utgjort en icke redovisad del i "ryggsyndromet" (99).

Sedan mitten av 1990-talet har röntgenundersökningar (slätröntgen och skiktröntgen) kompletterats med magnetröntgenundersökningar. Magnettröntgen medger högre upplösning på bilderna än vid röntgen samt åskådliggör även strukturerna i tre dimensioner. Magnettröntgenidentifierade förslitningseffekter (degeneration) på ryggradens mellankotsskivor i relation till exponering för helkroppsvibrationer har studerats i en nyligen publicerad gemensam finsk, kanadensisk och amerikansk serie av tvillingstudier (81). Resultatet visade att helkroppsexponering från fordonskörning inte hade något samband med uppkomsten av diskdegeneration (80).

I en tvärsnittstudie från 1998 av chaufförer, byggnads- och kontorsarbetare uppvisade maskinförargruppen magnetröntgenfynd förenliga med diskutbuktning på L5/S1 nivå (OR 4,2; 95 % CI 1,2-14,1) (79). Tidigare ryggolycksfall var även associerat till en ökad risk för diskpåverkan. Drerup och medarbetare (100) kombinerade MRI med undersökning av hållning, elasticitet, vatteninnehåll i ändkotplattorna bland 20 helkroppsexponerade schaktmaskinförare. De fann ingen skillnad mellan de långtids-exponerade och kontrollgruppen.

I en tvärsnittsstudie från 2008 undersöktes ryggraden med högupplöst MRI på 69 arbetare med stillasittande arbete och 159 med verkstadsarbete. Förutom en tydlig överrisk för degeneration för ålder, vikt och bukomsfång visade undersökningen även på en antytt ökad risk för ryggradspåverkan efter 11 års vibrationsexponering med OR 1,05 (95 % CI 1,00–1,11) oavsett nivå samt OR 1,08 (95 % CI 1,01–1,14) för nivån L5/S1 (78). I en fall-kontroll studie från samma tid undersöktes 252 fall med ryggsmärta som remitterats till MRI och 820 kontrollpersoner med avseende på samband med helkroppsvibrationer. Resultatet visade inget signifikant samband mellan MRI och vibrationsexponering (OR 1,8; 95 % CI 0,8–4,1) (64).

Kumar et al. (61) undersökte 50 jordbrukare som använde traktor med 50 lantbrukare som inte använde traktor med MRI. Det fanns inga skillnader mellan grupperna avseende degenerativa förändringar, men det bör nämnas att prevalensen av degeneration var så hög som 96 % i båda grupperna.

Påverkan på ryggradslängd till följd av korttidsexponering för helkroppsvibrationer har anförts som ett möjligt stöd för helkroppsvibrationers betydelse för störningar i kotpelaren. Magnusson och medarbetare exponerade 12 kvinnor för 5 minuters exponering av 0,98 m/s<sup>2</sup> och fann en signifikant reduktion med en medelvärdeskillnad mellan exponerade och oexponerade på 0,84 mm (101). Betydande variation i effekt och riktning har dock påvisats i ett flertal studier (102-104).

**Slutsats:** Tillförlitligt vetenskapligt stöd saknas för samband mellan HKV-exponering och röntgenverifierad artros i rygg, knä- och höftled.

## Påverkan på höft och knä

I en prospektiv studie från Danmark studerades samband mellan höftsmärta och exponering för helkroppsvibrationer (105). Både smärta senaste året och exponering mättes med frågeformulär och för att räknas som exponerad för helkroppsvibrationer skulle man ange att man var exponerad mer än ¼ av arbetsdagen. Resultaten visade att de som exponerats för helkroppsvibrationer hade en OR 1,86 (95 % CI 1,09–2,71) för höftsmärta det senaste året vid uppföljning efter fem år.

I en svensk prospektiv undersökning fann man ingen ökad risk för artros i höftleden hos förare av tunga fordon jämfört med en kontrollgrupp (RR = 0,82; 95 % CI 0,51–1,24) (97).

I en svensk fall-kontroll studie observerades en något ökad risk för knäledsartros hos de individer som hade högst exponering för helkroppsvibrationer (OR = 1,3; 95 % CI 0,9–2,1) (96).

**Slutsats:** Det finns få vetenskapliga studier publicerade inom området. De studier som studerat samband mellan artros i höft och knä har inte kunnat påvisa någon ökad risk för arbeten som innebär exponering för HKV.

## Påverkan på gravida och foster

Hos gravida kvinnor med normala trötthets- och smärtsymtom från buk och ländrygg kan långvarig exponering för helkroppsvibrationer förväntas öka besvären. Belastningen från tyngden av foster och livmoder samverkar ogynnsamt till ökad ländryggsbe-



lastning (106). Det är även välkänt att helkroppsvibrationer vid vissa frekvenser kan medföra resonanseffekter som påverkar livmodern. Vid värdering av kunskapsunderlaget för ogynnsamma effekter av HKV bör hänsyn tas till att de vanliga utfallsmåtten: för tidig födsel, låg födelsevikt, missbildning, utvecklingsstörning och lågt Apgarvärde utgör trubbiga indikatorer för risk (107) Seidel har i en ofta citerad översikt av hälsorisker vid exponering för HKV angivit ett flertal ogynnsamma utfall för gravida (108). Dock har ingen av de i hans översiktsartikel refererade studierna publicerats i tillgängliga eller "peer-reviewed" engelskspråkiga tidskrifter, vilket innebär att Seidels slutsatser inte medtagits i denna kunskapsöversikt.

Croteau et al (109) visade i en fall-kontrollstudie med 1 242 fall av för tidig födsel (före graviditetsvecka 34) och 4 513 kontroller, en ökad risk på 1,8 (95 % CI 1,1-2,7) för de som i ett frågeformulär svarat ja på att de varit utsatta för helkroppsvibrationer, även efter det att hänsyn tagits till andra yrkesrelaterade riskfaktorer. Resultaten antydde också ett exponeringsrespons samband, vilket här innebär att för yrkesgrupper där den skattade andelen HKV-exponerade var högre var risken för tidig födsel högre (109). Konfidensintervallen visade dock att riskerna inte var säkert (signifikant) förhöjda.

Havandeskapsförgiftning och förhöjt blodtryck hos den gravida i relation till exponering för HKV undersöktes i en fall-kontroll studie (110) med 10 fall av havandeskapsförgiftning och 8 fall av förhöjt blodtryck. Exponeringsuppgifter om HKV inhämtades via en standardiserad telefonintervju. Som HKV-exponerad klassades såväl förare av fordon som användare av vibrerande maskiner. Resultatet visade en oddskvot på 1,2 (95 % CI 0,6-2,5) och 0,9 (95 % CI 0,4-2,2) för havandeskapsförgiftning respektive förhöjt blodtryck. Författarna hänvisar till att även tidigare studier inte påvisat något samband mellan HKV och förhöjt blodtryck eller havandeskapsförgiftning hos gravida. Studiens låga bevisvärde och resultatets vida konfidensintervall gör att den inte kan anses tillföra vare sig stöd för eller emot en risk.

Experimentella studier stödjer antagandet att helkroppsvibrationer påverkar foster. När 13 friska kvinnors foster exponerats för kortvarig, låggradig exponering av vibrationer har detta medfört en övergång från att fostret vilat till ökad vakenhet indikerat med förändrad hjärt- och andningsfrekvens (111). Kraftig exponering har misstänkts kunna medföra ogynnsamma hälsoeffekter på fostret. Lagstiftning för att skydda gravida och foster mot ogynnsam inverkan av helkroppsvibrationer har varierat över tid och mellan olika länder (112). Feinberg et. al (113) redovisade 1998 förutsättningarna i Kalifornien. Med hänvisning till sin litteraturstudie föreslår Feinberg en ökad uppmärksamhet på bland annat vibrationer. Slutsatsen bygger bland annat på fynd av Mamelle et al. (114) som visade i en retrospektiv undersökning av 3 437 kvinnor av vilka 1 928 varit i arbete under graviditeten att exponering för fukt, buller, temperatur och vibration medför en ökad risk för förtidig födsel. De fann att när två eller fler av dessa fysiska faktorer förekom samtidigt ökade risken för förtidig födsel. Risken för spontanabort samt förlösning av dödfött barn utan samtidig missbildning har studerats bland 22 613 kvinnor i olika yrkesgrupper av McDonald et al (115). De fann en ökad risk för sen abort, mellan graviditetsvecka 16 och 28, observerad/förväntad kvot 1,35 ( $p < 0,05$ ) och för dödfött barn (>28 veckor) O/F 2,8 ( $p < 0,01$ ). De fann även ett signifikant ( $p < 0,01$  för trend) exponering-respons samband mellan vibrationsexponering och ökande förekomst av abort när vibrationsexponeringen delats in i tre klasser (ingen/låg, medium och hög).

**Slutsats:** Tillförlitligt vetenskapligt stöd saknas för samband mellan HKV-exponering och flertalet utfallsparametrar speglande hälsorisk för såväl gravid som foster. Hälsorisk i form av förtidig förlossning och spontanabort har påvisats endast i enstaka studier. För ett samband mellan HKV-exponering och spontanabort talar en studie som även visar på ett exponerings-respons samband. Experimentella studier har visat att fostrets vakenhetsgrad kan påverkas av HKV-exponering, men det finns inget stöd för att det på sikt skulle innebära en hälsorisk för fostret.

## Påverkan på manlig fertilitet

Gruvarbetare exponerade för helkroppsvibrationer har rapporterat störningar i potens efter 3-5 års arbete (116). Penkov et al. undersökte i en tvärsnittstudie av 276 vibrations-exponerade (gruvarbetare, fordonsförare, maskinförare) och 142 kontrollpersoner den reproduktiva funktionen genom att studera olika spermieparametrar. Resultaten visade att det oftare förekom avvikelser bland vibrationsexponerades spermier vad gällde mängd, rörlighet, hastighet och normal form jämfört med kontrollers (116). I en nyligen publicerad fallserie av arbetare som genomgått infertilitetsutredning visade vibrationsexponerade (gaffeltruckförare, jordbrukare, snickare, borrare) förhöjda risker för oligospermi (minskat antal spermier) (OR 1,9; 95 % CI 1,2-3,1) astenospermi (nedsatt rörlighet) (OR 1,3; 95 % CI 0,8-2,0) respektive teratospermi (missbildade) (OR 2,0; 95 % CI 1,3-3,2) (117). I en retrospektiv fall-kontrollstudie med 650 fall av infertila män och 698 kontroller fanns ingen statistiskt signifikant ökad risk för infertilitet bland de som i ett frågeformulär svarat att de varit exponerade för vibrationer (OR = 1,2; 95 % CI 0,8-1,6) (118).

**Slutsats:** Få studier belyser HKV-exponering som ensam risk för störd spermiefunktion. Enstaka studier har rapporterat nedsatt spermiekvalitet för de personer som exponerats för HKV i sitt arbete. Dessa studier saknar tillförlitlighet att påvisa HKV som riskfaktor skild från andra förväxlingsfaktorer i arbetet som till exempel långvarigt sittande.

## Påverkan på inre organ

Förändringar i urinblåsa (n=108) och magsäck (n=109) har studerats med mikroskopi (histologiskt) hos sammanlagt 217 patienter med vibrationsskadesyndrom (119) till följd av att de hel- eller delkroppsexponerats för vibrationer. Författarna tolkade fynd på störd blåsfunktion, förtunnade slemhinneväggar, minskad mängd kärl som tecken på vibrationskada och som tecken på mikrokärlskador (119). Exponering för HKV har även relaterats till besvär från magtarmkanalen (120). Miyashita et al (49) fann i en tvärsnittstudie av 355 HKV-exponerade (bandschakttraktor-, grävmaskin-, gaffeltrucksförare) och 44 kontrollpersoner, ingen ökad förekomst av magtarmsymptom bland de HKV-exponerade. Experimentella studier där försökspersoner utsatts för kortvarig exponering för helkroppsvibrationer via sittunderlaget har dock visat på en kortvarig övergående reduktion av tarmmotilitet (121, 122).

**Slutsats:** Det saknas vetenskapligt stöd för uppkomst av sjukdom på urinblåsa respektive magtarmkanal av exponering för HKV.

## Påverkan på ögon

Enstaka fall av ögonlinsluxation efter exponering för helkroppsvibration har rapporterats (123). Luxationen har uppkommit efter träning på vibratorplatta. Tidigare utfördes operation med ersättningslins uteslutande på patienter med åldersbetingad starr. Sådana linsoperationer förekommer på senare år även bland yngre i övrigt ögonfriska individer som vill undvika glasögon. Härigenom kan antalet arbetsföra med inopererad ersättningslins förväntas öka i framtiden. För närvarande finns inget vetenskapligt underlag som visar på en ökad risk för linsluxation för de åldersgrupper och vid de exponeringsnivåer som förekommer i dagens arbetsliv.

**Slutsats:** Det saknas idag vetenskapligt stöd för en ökad risk för linsluxation vid exponering för HKV i arbetslivet. Enstaka fallrapporter av linsluxation hos äldre personer i samband med exponering för HKV på vibratorplatta har rapporterats som ett observation.

## Påverkan på hjärta

Risk för död i hjärtinfarkt har studerats i en kohort av gruvarbetare exponerade för HKV där exponeringsdosen kunnat bestämmas och där studiepopulationen kunnat följas under lång tid (1923 till 1996) (124). Resultatet visade en relativ risk på 1,39 (95 % CI 1,13–1,72) för HKV-exponerade att avlida i hjärtinfarkt jämfört med icke exponerade. Vid analys av exponerings-responssamband indelades de exponerade i låg- (mindre än 2 m/s<sup>2</sup>xår), medel- (2–8 m/s<sup>2</sup>xår) och högexponerade (mer än 8 m/s<sup>2</sup>xår). Resultaten visade på ett exponerings-responssamband. Gruvarbete innebär även exponering för ett flertal samvarierande riskfaktorer för hjärtinfarkt, exempelvis exponering för såväl buller som luftburna föroreningar/partiklar. Den förhöjda risken kvarstod även efter kontroll för dammexponering.

Björ et al. (124) fann i en fall-kontroll studie med 94 fall av förstagångs hjärtinfarkt och 82 kontroller en risk på 1,84 (95 % CI 1,16–2,90) för hjärtinfarkt för gruppen hand-arm och helkroppsvibrationsexponerade sammantaget.

Korttidsstudier visar att exponering för HKV medför en kardiovaskulär belastning som är jämförbar med lättare arbete hos både kvinnor (125) och män (126). Den fysiologiska effekten (syreupptag, hjärtfrekvens) av HKV samvarierade med körunderlaget och olika traktorkörningsuppgifter (127).

**Slutsats:** Ökad risk för hjärtinfarkt respektive död i hjärtinfarkt i relation till exponering för HKV har stöd i ett fåtal fall-kontroll och kohortstudier. Studiernas tillförlitlighet påverkas av att förväxlingsfaktorer endast delvis har kontrollerats. Exponerings-responssamband talar dock för ett möjligt samband mellan HKV och en ökad risk för hjärtinfarkt. Ytterligare vetenskapliga studier behövs för att bekräfta risken.

## Påverkan som kan ge prostatacancer

Ökad risk för prostatacancer (OR 1,21; 95 % CI 1,01–1,46) har i en kanadensisk populationsbaserad fall-kontrollstudie av 760 fall påvisats för arbetare, som vid telefonintervju

uppgett att de arbetat inom branscher som innefattar transport och arbete med tunga fordon eller kranförare. När analysen baserades på yrkesklassificerad exponering och begränsades enbart till yrken som kan innefatta exponering för helkroppsvibrationer erhöles en risk på 1,38 (95 % CI 1,06–1,78) (128). Mot bakgrund av dessa fynd genomförde författarna en efterföljande systematisk litteraturgenomgång samt en metaanalys av de fem fall-kontrollstudier och tre kohortstudier som uppfyllde uppsatta kriterier. Metaanalysen gav en sammantagen risk på 1,14 (95 % CI 0,99–1,30) för prostatacancer för exponerade för HKV. Samtliga studier i metaanalysen omfattade chaufförer varför den enskilda exponeringsfaktorn helkroppsvibrationer inte kan särskiljas från andra möjliga samverkande faktorer som till exempel fordonskörning, stillasittande, kroppsvikt.

**Slutsats:** Ökad risk för prostatacancer hos HKV-exponerade förare har ett mycket begränsat stöd i litteraturen. Samtliga studier som påvisat ett samband har omfattat chaufförer varför den enskilda exponeringsfaktorn helkroppsvibrationer inte kan särskiljas från andra möjliga samverkande förväxlingsfaktorer som exempelvis långvarigt sittande.

## Inverkan på rörelsesjuka

Rörelsesjuka är ett inte ovanligt sjukdomstillstånd eller sjukdomsliknande tillstånd som följd av helkroppsvibrationer (rörelser) hos kroppen eller omgivningen. Rörelsesjuka inbegriper ett flertal olika symtom såsom yrsel, svettning, blekhet, huvudvärk och illamående samt nedsättning av prestationsförmågan (129). Till miljöer i arbetslivet med särskild risk för utveckling av rörelsesjuka på grund av lågfrekventa vibrationer kan räknas båtar, svävare, tåg, bilar, bussar och terränggående fordon.

Risken för rörelsesjuka beror både på vibrationernas magnitud och frekvens samt riktning och rotation (130). Vidare påverkas symtomen av exempelvis sjukdom, medicinering, födointag och psykologiska faktorer. Vidare föreligger också stora individuella skillnader i benägenheten att utveckla rörelsesjuka. Genom tillvänjning kan benägenheten att bli rörelsesjuk minskas (129, 130).

**Slutsats:** Det finns vetenskapligt stöd för att åksjuka/rörelsesjuka kan uppstå i samband med exponering för lågfrekventa vibrationer på båtar, tåg, bussar, bilar och terränggående fordon.

## Påverkan på prestation

Påverkan på visuell prestation under HKV-exponering studerades hos 15 försökspersoner genom att antingen bildskärmen eller försökspersonen vibrerade (131). Påverkan på lästid och läsfel var beroende av vibrationsfrekvensen och vibrationsnivån. Vibrerande bildskärm gav högsta påverkan medan samtidig exponering av försöksperson och bildskärm gav lägsta inverkan.

Proprioception, dvs. förmågan att kunna avgöra de egna kroppsdelarnas position, studerades hos 10 försökspersoner under inverkan av helkroppsvibrationer (132). Resultaten visade att positioner, hastighet och kraft påverkades av exponeringen.

Inverkan på psykologiska och känslomässiga egenskaper undersöktes (133) hos en grupp truckförare (n=137) samt en kontrollgrupp (n=156) som inte exponerades för HKV. Mätningar med enkät av sinnesstämningen hos deltagarna visade att exponerade skattade sig högre i samtliga dimensioner jämfört med kontrollgruppen. Vidare förelåg ett tydligt samband mellan exponeringstid och grad av påverkan.

Inverkan på vakenhet av kortvarig (24 min) exponering för helkroppsvibrationer studerades hos 7 försökspersoner (134) och resultaten visade sänkt vakenhet uppmätt med EEG. Liknande resultat har även redovisats i tidigare studier (135, 136).

**Slutsats:** För ett samband mellan HKV-exponering och påverkan på visuell prestation, proprioception, psykologiska och känslomässiga egenskaper samt vakenhet talar enstaka tvärsnittsstudier som visar på ett exponeringssamband. Underlaget behöver ytterligare stöd för att bekräfta risken samt för bestämning av riskens storlek.

## **Påverkan på mortalitet**

Endast ett fåtal studier har specifikt efterfrågat om helkroppsvibrationer förekommit bland de yrkesgrupper där dödlighet studerats (137, 138). Exponeringen har klassificerats utifrån yrkestitel. Piloter liksom gruvarbetare uppvisar ökad dödlighet för vissa sjukdomar men utsätts även för en mångfald hälsofarliga exponeringar. Effekten av helkroppsvibrationer redovisas ej separat. Komplexiteten i kombinerade exponeringar låter sig inte enkelt studeras i mortalitetsstudier särskilt när ett flertal olika sjukdomar utgör dödsorsak.

**Slutsats:** Det saknas för närvarande stöd för ökad mortalitet på grund av exponering för HKV.

## 5. Sårbarhetsfaktorer

Ett flertal individfaktorer har angetts kunna medföra ökad risk för nack- och rygg-symptom. Till de faktorer som identifierats hör ålder, kön, längd, vikt, tobaksbruk, annan sjukdom och ärftliga (genetiska) förutsättningar. För närvarande finns ingen enkel sammanställning som beskriver hur dessa faktorer samverkar med exponering för helkroppsvibrationer och som besvarar frågan om effekten blir större än faktorerna och vibrationsexponeringen var och en för sig? Frågan kan även omformuleras till "Har vissa individer ökad sårbarhet att skadas av helkroppsvibrationer"?

### Kön

Flertalet studier rapporterar högre förekomst av besvärssymptom bland kvinnor jämfört med män (54, 65, 139). Utifrån "sårbarhetshypotesen" skulle kvinnor, förutsatt samma exponering som män löpa större risk för besvär än män. I en nyligen rapporterad (65) prospektiv kohortstudie med tre års uppföljningstid studerades effekten av körning utifrån risken för "ryggbesvär". När effekten av likartad exponering jämfördes var resultaten inte beviskraftiga för att ange en skillnad i sårbarhet. Ett resultat som är förenligt med en tidigare rapporterad metaanalys (140) av risken för män och kvinnor att få ryggbesvär av helkroppsvibrationer. I metaanalysen uppfyllde sex studier av olika kvalitet och design kriterierna. När design och kvalitet även vägdes in var resultaten inkonsistenta. Det saknas för närvarande underlag för att kvinnor (se separat avsnitt för gravida) har ökad sårbarhet.

### Ålder

Muskuloskeletala besvär och artrosförekomst ökar med stigande ålder. Ålder är korrelerat till den exponering man utsätts för vilket gör att riskberäkningar oftast innefattar kontroll för ålder. Få studier har undersökt om det finns något åldersspann där man uppvisar ökad sårbarhet. Miranda och medarbetare (67) undersökte i en prospektivstudie, med 1-års uppföljning, en kohort med industriarbetare och deras risk för ländryggsbesvär vid arbete med vibrationer. I resultaten uppvisade åldersgruppen under 40 år en något högre relativ risk RR 2,0 (95 % CI 1,4-2,9) jämfört med åldersgruppen 40-50 år (RR 1,5; 95 % CI 1,0-2,2) och arbetare äldre än 50 år (RR 1,7; 95 % CI 1,1-2,6) även när analysen kontrollerats för kön och ålder (67).

### Ärftlighet

Tvillingstudier visar att degeneration av kotmellanskivor till stor del kan tillskrivas genetiska faktorer (81). Effekten av samtidig vibrationsexponering tolkas som en additiv risk till den ärftliga komponenten utifrån resultat erhållna i en tvärsnittsstudie av 150 finska tågindustriarbetare (141) och 61 pappersbruksarbetare utan exponering för helkroppsvibrationer. Det intrikata samspelet mellan sårbarhet utifrån individ- och ärftlighetsfaktorer och exponeringsfaktorer betonas återkommande i översiktsartiklar (142).

## Kroppskonstitution

Eventuellt ökad sårbarhet för ländryggsbesvär till följd av HKV har undersökts i relation till body mass index (BMI) i en tvärsnittsstudie av 467 chaufförer av olika fordon (15). Resultaten tolkades som om det inte fanns någon interaktion mellan helkroppsvibrationsexponering och BMI i relation till ländryggsbesvär. Svarefrekvensen var dock endast 47 %. Vi har inte funnit några studier som specifikt undersökt sårbarhet för nacksmärta till följd av HKV i relation till body mass index (BMI). Det finns studier som observerat samband mellan högt BMI och nacksmärta, men det finns också studier som inte kunnat observera dessa samband (143).

Vi har funnit en studie som påvisat en lägre incidens av nacksmärta hos korta individer, under 158 cm för kvinnor och under 173 cm för män, med datorarbete (144). Det har visats i flera studier att långa individer löper ökad risk att drabbas av diskbråck i ländryggen (145, 146). Vi har dock inte funnit några studier om ökad sårbarhet för långa individer vare sig för nack- eller ländryggssmärta till följd av HKV.

## Tidigare ryggbesvär

Tidigare episoder med ryggbesvär är förknippat med att utveckla nya episoder av ryggbesvär även om hur många som drabbas kan ha överskattas i många studier (147). Vi har dock inte identifierat någon studie som specifikt studerat hur sambandet mellan ländryggssmärta och HKV påverkas av eventuell tidigare ryggsjukdom. Det är tänkbart att individer som tidigare i livet haft ryggsmärta har en ökad sårbarhet att utveckla nya besvär vid exponering för HKV.

## Tobaksbruk

Rökning har associerats med ökad risk för självrporterad ischiassmärta (148), ökad risk att genomgå operation för lumbalt diskbråck (149, 150) och ökad risk att vårdas på sjukhus för ländryggssmärta (151). Flera kardiovaskulära riskfaktorer (diabetes, högt blodtryck och högt kolesterol) har visat sig ha samband med lumbalt diskbråck (152). Högt uppmätt totalkolesterol, LDL-kolesterol och triglycerider för män hade samband med ökad risk för ischias (153).

## 6. Samverkan mellan helkropps- vibrationer och andra arbetsmiljö- faktorer

De komplexa sambanden mellan ländryggssmärta och en rad faktorer i miljön, såväl som individrelaterade faktorer, gör att det är svårt att särskilja effekterna från HKV jämfört med andra exponeringar. Ett flertal faktorer i arbetsmiljön har angetts kunna medföra ökad risk för nack- och ryggsmärta. Både psykosociala och fysiska faktorer har identifierats. Exempel på psykosociala faktorer är höga krav och låg kontroll, upplevd tidspress och upplevd stress (till exempel 143, 154). Exempel på fysiska faktorer är tunga lyft, långvarigt sittande samt ogynnsamma arbetsställningar och arbetsrörelser (143). Det senare brukar operationaliseras som till exempel hur stor del av arbetsdagen man arbetar med ryggen framåtböjd eller samtidigt böjd och vriden och på liknande sätt för nackens arbetsställning. För närvarande finns ingen enkel sammanställning som beskriver hur dessa faktorer samverkar med exponering för helkropps vibrationer och som besvarar frågan om effekten blir större än faktorerna och vibrationsexponeringen var och en för sig.

En av de få studier som rapporterats är en studie av Bovenzi et al. (6) som visade att traktorförare med hög exponering för både biomekaniska faktorer och HKV hade en mer än tredubblad risk för ländryggsbesvär jämfört med de som hade låg exponering för båda faktorerna.

De flesta som exponeras för HKV i fordon exponeras också till viss del för andra biomekaniska faktorer som ogynnsamma arbetsställningar, tunga lyft och långvarigt sittande. Även om man försökt att kontrollera för andra möjliga riskfaktorer i många av studierna som beskrivits så finns det ett problem med att separera risken från långvarigt sittande och HKV. Trycket i diskarna ökar vid sittande så långvarigt sittande är en möjlig "confounder" eftersom båda faktorerna i princip alltid förekommer samtidigt. I en systematisk litteraturgenomgång konkluderade dock författarna att långvarigt sittande i sig inte innebar en ökad risk för ländryggssmärta eller ischias (155). Däremot konkluderade de att långvarigt sittande i kombination med exponering för HKV och ogynnsamma arbetsställningar innebär en ökad risk för både ländryggsbesvär och ischias.

För att kunna studera eventuella samverkans effekter i framtida studier bör också exponering för andra faktorer än HKV mätas så noggrant som möjligt. I den litteratur som finns fram till idag har stor vikt lagts vid att bestämma exponeringen för HKV, genom bland annat mätningar, men andra fysiska faktorer har nästan uteslutande bedömts via frågeformulär, vilket är behäftat med problem (156).



## 7. Sammanfattning

Rapporten ger en kunskapsöversikt om hälsorisker där arbetet medför exponering för helkroppsvibrationer. Rapporten beskriver exponering för helkroppsvibrationer i arbetslivet, hur mätningar sker och ger exempel på vilka exponeringsnivåer som kan förväntas i samband med användning av olika fordon. Rapporten innehåller en genomgång av den vetenskapliga litteraturen inom området med fokus på hur människors hälsa påverkas. Vidare beskrivs hur individuella sårbarhetsfaktorer (kön, längd, vikt, annan sjukdom etc.) och samverkan med andra faktorer i arbetsmiljön påverkar sambanden mellan helkroppsvibrationer och hälsa.

Slutsatsen från den genomgångna vetenskapliga litteraturen är att det finns vetenskapligt stöd för att exponering för helkroppsvibrationer innebär ökad risk för ländryggssmärta. Vid sammanvägning av risker från flera studier anges sammantaget en dubblerad risk för ländryggssmärta vid exponering för helkroppsvibrationer. Ogynnsamma arbetsställningar och långvarigt sittande samvarierar med exponering för helkroppsvibrationer och har endast i enstaka undantagsfall kunnat kontrolleras i de genomgångna studierna. Det är dock osannolikt att det sammantagna riskmönstret kan förklaras av enbart andra samvarierande faktorer, men i framtida studier bör stor vikt läggas vid att även försöka mäta dessa exponeringar på ett bättre sätt än vad som gjorts i den nu tillgängliga litteraturen.

För nack-skuldern smärta visar flera studier en ökad risk hos individer med arbeten som innebär exponering för HKV, men betydelsen av andra faktorer kan inte särskiljas.

Det finns vetenskapligt stöd för att övergående åksjuka/rörelsesjuka kan uppstå i samband med exponering för lågfrekventa vibrationer på båtar, tåg, bussar, bilar och terränggående fordon.

Det saknas tillförlitligt vetenskapligt underlag för ogynnsam påverkan från helkroppsvibrationer i arbetslivet på gravida och foster, manlig fertilitet, urinblåsa och magtarmkanal, höft- och knäsmärta, ögon, hjärt-kärlsjukdom, prostatacancer samt mortalitet.

## 8. Referenser

1. SCB, *Arbetsmiljön 2009. Sveriges officiella statistik. . Vol. Arbetsmiljöstatistik Rapport 2010:3.* 2010, Stockholm: Statistiska Centralbyrån.
2. SS-ISO 2631-1, *Vibration och stöt – Vägledning för bedömning av helkropps vibrationers inverkan på människan – Del 1: Allmänna krav.* Utgåva 1. 1998, Stockholm: SIS Swedish Standards Institute.
3. SS-ISO 2631-5, *Vibration och stöt - Bedömning av helkropps vibrationers inverkan på människan - Del 5: Metod för bedömning av vibrationer med många stötar.* Utgåva 1. 2004, Stockholm: SIS Swedish Standards Institute.
4. Boshuizen, H.C., P.M. Bongers and C.T. Hulshof, *Self-reported back pain in fork-lift truck and freight-container tractor drivers exposed to whole-body vibration.* Spine (Phila Pa 1976), 1992. 17(1): p. 59-65.
5. Boshuizen, H.C., P.M. Bongers and C.T. Hulshof, *Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration.* Int Arch Occup Environ Health, 1990. 62(2): p. 109-115.
6. Bovenzi, M. and A. Betta, *Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress.* Appl Ergon, 1994. 25(4): p. 231-241.
7. Bovenzi, M., I. Pinto and N. Stacchini, *Low back pain in port machinery operators.* Journal of sound and vibration, 2002. 253(1): p. 3-20.
8. Bovenzi, M., F. Rui, C. Negro, F. D'Agostin, G. Angotzi, S. Bianchi, L. Bramanti, G. Festa, S. Gatti and I. Pinto, *An epidemiological study of low back pain in professional drivers.* Journal of Sound and Vibration, 2006. 298(3): p. 514-539.
9. Bovenzi, M. and A. Zadini, *Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration.* Spine (Phila Pa 1976), 1992. 17(9): p. 1048-1059.
10. Bovenzi, M., *Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study.* Int Arch Occup Environ Health, 2009. 82(7): p. 893-917.
11. Futatsuka, M., S. Maeda, T. Inaoka, M. Nagano, M. Shono and T. Miyakita, *Whole-body vibration and health effects in the agricultural machinery drivers.* Ind Health, 1998. 36(2): p. 127-132.
12. Hoy, J., N. Mubarak, S. Nelson, M. Sweerts de Landas, M. Magnusson, O. Okunribido and M. Pope, *Whole body vibration and posture as risk factors for low back pain among forklift truck drivers.* Journal of Sound and Vibration, 2005. 284(3): p. 933-946.
13. Johanning, E., D.G. Wilder, P.J. Landrigan and M.H. Pope, *Whole-body vibration exposure in subway cars and review of adverse health effects.* J Occup Med, 1991. 33(5): p. 605-612.
14. Joubert, D.M. and L. London, *A cross-sectional study of back belt use and low back pain amongst forklift drivers.* International Journal of Industrial Ergonomics, 2007. 37(6): p. 505-513.
15. Noorloos, D., L. Tersteeg, I.J. Tiemessen, C.T. Hulshof and M.H. Frings-Dresen, *Does body mass index increase the risk of low back pain in a population exposed to whole body vibration?* Appl Ergon, 2008. 39(6): p. 779-785.

16. Rozali, A., K.G. Rampal, M.T. Shamsul Bahri, M.S. Sherina, S. Shamsul Azhar, H. Khairuddin and A. Sulaiman, *Low back pain and association with whole body vibration among military armoured vehicle drivers in Malaysia*. Med J Malaysia, 2009. 64(3): p. 197-204.
17. Tiemessen, I.J., C.T. Hulshof and M.H. Frings-Dresen, *Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a dose-response pattern*. Occup Environ Med, 2008. 65(10): p. 667-675.
18. Okunribido, O.O., S.J. Shimbles, M. Magnusson and M. Pope, *City bus driving and low back pain: a study of the exposures to posture demands, manual materials handling and whole-body vibration*. Appl Ergon, 2007. 38(1): p. 29-38.
19. Salmonia, A., A. Cannb and K. Gillina, *Exposure to whole-body vibration and seat transmissibility in a large sample of earth scrapers*. Work 2010. 35 p. 63-75.
20. Okunribido, O.O., M. Magnusson and M.H. Pope, *The role of whole body vibration, posture and manual materials handling as risk factors for low back pain in occupational drivers*. Ergonomics, 2008. 51(3): p. 308-329.
21. Rehn, B., T. Nilsson, B. Olofsson and R. Lundstrom, *Whole-body vibration exposure and non-neutral neck postures during occupational use of all-terrain vehicles*. Ann Occup Hyg, 2005. 49(3): p. 267-275.
22. Funakoshi, M., K. Taoda, H. Tsujimura and K. Nishiyama, *Measurement of whole-body vibration in taxi drivers*. J Occup Health, 2004. 46(2): p. 119-124.
23. Chen, J.C., W.R. Chang, W. Chang and D. Christiani, *Occupational factors associated with low back pain in urban taxi drivers*. Occup Med (Lond), 2005. 55(7): p. 535-540.
24. Chen, J.C., W.R. Chang, T.S. Shih, C.J. Chen, W.P. Chang, J.T. Dennerlein, L.M. Ryan and D.C. Christiani, *Predictors of whole-body vibration levels among urban taxi drivers*. Ergonomics, 2003. 46(11): p. 1075-1090.
25. Chen, J.C., W.R. Chang, T.S. Shih, C.J. Chen, W.P. Chang, J.T. Dennerlein, L.M. Ryan and D.C. Christiani, *Using exposure prediction rules for exposure assessment: an example on whole-body vibration in taxi drivers*. Epidemiology, 2004. 15(3): p. 293-299.
26. Vibrationsdatabasen. <http://www.vibration.db.umu.se/>. 2010.
27. Bongers, P.M., C.T. Hulshof, L. Dijkstra, H.C. Boshuizen, H.J. Groenhout and E. Valken, *Back pain and exposure to whole body vibration in helicopter pilots*. Ergonomics, 1990. 33(8): p. 1007-1026.
28. Schwarze, S and G. Notbohm, *Dose-response relationships between whole-body vibration and lumbar disk disease - a field study on 388 drivers of different vehicles*. Journal of sound and vibration, 1998. 215(4): p. 613-628.
29. Bovenzi, M., *Low back pain disorders and exposure to whole-body vibration in the workplace*. Semin Perinatol, 1996. 20(1): p. 38-53.
30. Stayner, R., *Whole Body vibration and shock. A literature review - Extension of a study of overtravel of seat suspensions, Contract research report 333/2001*. 2001, Health and safety executive: London.
31. 2002/44/EG, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/44/EG av den 25 juni 2002 om minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens (vibration) i arbetet (sextonde särdirektivet enligt artikel 16.1 i direktiv 89/391/EEG) - Gemensamt uttalande från Europaparlamentet och rådet. nr L. Europeiska gemenskapernas officiella tidning, 2002. L 177(06/07/2002): p. 13-20.*
32. Föreskrift AFS 2005:15, *Vibrationer*. 2005, Stockholm: Arbetsmiljöverket.

33. Manchikanti, L., V. Singh, S. Datta, S.P. Cohen and J.A. Hirsch, *Comprehensive review of epidemiology, scope, and impact of spinal pain*. Pain Physician, 2009. 12(4): p. E35-70.
34. Hansson, T., *Ländryggsbesvär och arbete.*, in *Arbete och besvär i rörelseorganen - en vetenskaplig värdering av frågor om samband.*, T. Hansson and P. Westerholm, Editors. 2001, Arbetslivsinstitutet: Stockholm. p. 19-56.
35. Apkarian, A. and J. Robinson, *Low back pain*. Pain clinical updates, 2010. August XVIII(7): p. 1-6.
36. Sandover, J., *High acceleration events: An introduction and review of expert opinion*. Journal of Sound and Vibration, 1998. 215: p. 927-945.
37. Mayton, A.G., N.K. Kittusamy, D.H. Ambrose, C.C. Jobes and M.L. Legault, *Jarring/jolting exposure and musculoskeletal symptoms among farm equipment operators*. International Journal of Industrial Ergonomics, 2007. 38(9-10): p. 758-766.
38. Johanning, E., P. Landsbergis, S. Fischer, E. Christ, B. Gores and R. Lührman, *Whole-body vibration and ergonomic study of US railroad locomotives*. Journal of Sound and Vibration, 2006. 298(3): p. 594-600.
39. Kittusamy, N.K. and B. Buchholz, *Whole-body vibration and postural stress among operators of construction equipment: a literature review*. 2004. 35(3): p. 255-261.
40. Johanning, E., *Vibration and shock exposure of maintenance-of-way vehicles in the railroad industry*. Appl Ergon, 2010.
41. Brinckmann, P., W. Frobin, M. Biggemann, M. Tillotson and K. Burton, *Quantification of overload injuries to thoracolumbar vertebrae and discs in persons exposed to heavy physical exertions or vibration at the workplace Part II Occurrence and magnitude of overload injury in exposed cohorts*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1998. 13 Suppl 2: p. S1-S36.
42. Alem, N., *Application of the new ISO 2631-5 to health hazard assessment of repeated shocks in U.S. Army vehicles*. Ind Health, 2005. 43(3): p. 403-412.
43. Waters, T., C. Rauche, A. Genaidy and T. Rashed, *A new framework for evaluating potential risk of back disorders due to whole body vibration and repeated mechanical shock*. Ergonomics, 2007. 50(3): p. 379-395.
44. Rehn, B., T. Nilsson and B. Jarvholm, *Neuromusculoskeletal disorders in the neck and upper extremities among drivers of all-terrain vehicles--a case series*. BMC Musculoskelet Disord, 2004. 5: p. 1.
45. Rehn, B., T. Nilsson, R. Lundstrom, M. Hagberg and L. Burstrom, *Neck pain combined with arm pain among professional drivers of forest machines and the association with whole-body vibration exposure*. Ergonomics, 2009. 52(10): p. 1240-1247.
46. Waters, T., A. Genaidy, H. Barriera Viruet and M. Makola, *The impact of operating heavy equipment vehicles on lower back disorders*. Ergonomics, 2008. 51(5): p. 602-636.
47. Burdorf, A., G. Govaert and L. Elders, *Postural load and back pain of workers in the manufacturing of prefabricated concrete elements*. Ergonomics, 1991. 34(7): p. 909-918.
48. Burdorf, A. and H. Zondervan, *An epidemiological study of low-back pain in crane operators*. Ergonomics, 1990. 33(8): p. 981-987.
49. Miyashita, K., I. Morioka, T. Tanabe, H. Iwata and S. Takeda, *Symptoms of construction workers exposed to whole body vibration and local vibration*. Int Arch Occup Environ Health, 1992. 64(5): p. 347-351.

50. Krause, N., D.R. Ragland, B.A. Greiner, J.M. Fisher, B.L. Holman and S. Selvin, *Physical workload and ergonomic factors associated with prevalence of back and neck pain in urban transit operators*. Spine (Phila Pa 1976), 1997. 22(18): p. 2117-2126; discussion 2127.
51. Robb, M.J. and N.J. Mansfield, *Self-reported musculoskeletal problems amongst professional truck drivers*. Ergonomics, 2007. 50(6): p. 814-827.
52. Skov, T., V. Borg and E. Orhede, *Psychosocial and physical risk factors for musculoskeletal disorders of the neck, shoulders, and lower back in salespeople*. Occup Environ Med, 1996. 53(5): p. 351-356.
53. Xu, Y., E. Bach and E. Orhede, *Work environment and low back pain: the influence of occupational activities*. Occup Environ Med, 1997. 54(10): p. 741-745.
54. Hagberg, M., L. Burstrom, A. Ekman and R. Vilhelmsson, *The association between whole body vibration exposure and musculoskeletal disorders in the Swedish work force is*. Journal of Sound and Vibration, 2006. 298(3): p. 492-498.
55. Palmer, K.T., M.J. Griffin, H.E. Syddall, B. Pannett, C. Cooper and D. Coggon, *The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain*. Occup Environ Med, 2003. 60(10): p. 715-721.
56. Damkot, D.K., M.H. Pope, J. Lord and J.W. Frymoyer, *The relationship between work history, work environment and low-back pain in men*. Spine (Phila Pa 1976), 1984. 9(4): p. 395-399.
57. Frymoyer, J.W., M.H. Pope, J.H. Clements, D.G. Wilder, B. MacPherson and T. Ashikaga, *Risk factors in low-back pain. An epidemiological survey*. J Bone Joint Surg Am, 1983. 65(2): p. 213-218.
58. Frymoyer, J.W., M.H. Pope, M.C. Costanza, J.C. Rosen, J.E. Goggin and D.G. Wilder, *Epidemiologic studies of low-back pain*. Spine (Phila Pa 1976), 1980. 5(5): p. 419-423.
59. Levangie, P.K., *Association of low back pain with self-reported risk factors among patients seeking physical therapy services*. Phys Ther, 1999. 79(8): p. 757-766.
60. Johanning, E., *Back disorders and health problems among subway train operators exposed to whole-body vibration*. Scand J Work Environ Health, 1991. 17(6): p. 414-419.
61. Kumar, A., M. Varghese, D. Mohan, P. Mahajan, P. Gulati and S. Kale, *Effect of whole-body vibration on the low back. A study of tractor-driving farmers in north India*. Spine (Phila Pa 1976), 1999. 24(23): p. 2506-2515.
62. Okunribido, O.O., M. Magnusson and M.H. Pope, *Low back pain in drivers: The relative role of whole-body vibration, posture and manual materials handling*. Journal of Sound and Vibration, 2006. 298(3): p. 540-555.
63. Burdorf, A., B. Naaktgeboren and H.C. de Groot, *Occupational risk factors for low back pain among sedentary workers*. J Occup Med, 1993. 35(12): p. 1213-1220.
64. Palmer, K.T., C.E. Harris, M.J. Griffin, J. Bennett, I. Reading, M. Sampson and D. Coggon, *Case-control study of low-back pain referred for magnetic resonance imaging, with special focus on whole-body vibration*. Scand J Work Environ Health, 2008. 34(5): p. 364-373.
65. Hooftman, W.E., A.J. van der Beek, P.M. Bongers and W. van Mechelen, *Is there a gender difference in the effect of work-related physical and psychosocial risk factors on musculoskeletal symptoms and related sickness absence?* Scand J Work Environ Health, 2009. 35(2): p. 85-95.

66. Macfarlane, G.J., E. Thomas, A.C. Papageorgiou, P.R. Croft, M.I. Jayson and A.J. Silman, *Employment and physical work activities as predictors of future low back pain*. Spine (Phila Pa 1976), 1997. 22(10): p. 1143-1149.
67. Miranda, H., E. Viikari-Juntura, L. Punnett and H. Riihimäki, *Occupational loading, health behavior and sleep disturbance as predictors of low-back pain*. Scand J Work Environ Health, 2008. 34(6): p. 411-419.
68. van Poppel, M.N., B.W. Koes, W. Deville, T. Smid and L.M. Bouter, *Risk factors for back pain incidence in industry: a prospective study*. Pain, 1998. 77(1): p. 81-86.
69. Pietri, F., A. Leclerc, L. Boitel, J.F. Chastang, J.F. Morcet and M. Blondet, *Low-back pain in commercial travelers*. Scand J Work Environ Health, 1992. 18(1): p. 52-58.
70. Shinozaki, T., E. Yano and K. Murata, *Intervention for prevention of low back pain in Japanese forklift workers*. Am J Ind Med, 2001. 40(2): p. 141-144.
71. Viswanathan, M., M.J. Jorgensen and N.K. Kittusamy, *Field evaluation of a continuous passive lumbar motion system among operators of earthmoving equipment*. International Journal of Industrial Ergonomics, 2006. 36(7): p. 651-659.
72. Perkiö-Mäkelä, M. and H. Riihimäki, *Intervention on seat adjustment among drivers of forest tractors*. International Journal of Industrial Ergonomics, 1997. 19(3): p. 231-237.
73. Bovenzi, M. and K. Palmer, *Whole Body Vibration, in Hunter's disease of occupations*. 10th ed, Baxter P, Aw T-C, Cockcroft A, Durrington P, and Harrington M, Editors. 2010, Arnold: London. p. 513-522.
74. Riihimäki, H., E. Viikari-Juntura, G. Moneta, J. Kuha, T. Videman and S. Tola, *Incidence of sciatic pain among men in machine operating, dynamic physical work, and sedentary work. A three-year follow-up*. Spine (Phila Pa 1976), 1994. 19(2): p. 138-142.
75. Bovenzi, M. and C.T. Hulshof, *An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997)*. Int Arch Occup Environ Health, 1999. 72(6): p. 351-365.
76. Kelsey, J.L. and R.J. Hardy, *Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc*. Am J Epidemiol, 1975. 102(1): p. 63-73.
77. Kelsey, J.L., P.B. Githens, T. O'Conner, U. Weil, J.A. Calogero, T.R. Holford, A.A. White, 3rd, S.D. Walter, A.M. Ostfeld and W.O. Southwick, *Acute prolapsed lumbar intervertebral disc. An epidemiologic study with special reference to driving automobiles and cigarette smoking*. Spine (Phila Pa 1976), 1984. 9(6): p. 608-613.
78. Kuisma, M., J. Karppinen, M. Haapea, J. Niinimäki, R. Ojala, M. Heliovaara, R. Korpelainen, K. Kaikkonen, S. Taimela, A. Natri and O. Tervonen, *Are the determinants of vertebral endplate changes and severe disc degeneration in the lumbar spine the same? A magnetic resonance imaging study in middle-aged male workers*. BMC Musculoskelet Disord, 2008. 9: p. 51.
79. Luoma, K., H. Riihimäki, R. Raininko, R. Luukkonen, A. Lamminen and E. Viikari-Juntura, *Lumbar disc degeneration in relation to occupation*. Scand J Work Environ Health, 1998. 24(5): p. 358-366.
80. Battie, M.C., T. Videman, L.E. Gibbons, H. Manninen, K. Gill, M. Pope and J. Kaprio, *Occupational driving and lumbar disc degeneration: a case-control study*. Lancet, 2002. 360(9343): p. 1369-1374.

81. Battie, M.C., T. Videman, J. Kaprio, L.E. Gibbons, K. Gill, H. Manninen, J. Saarela and L. Peltonen, *The Twin Spine Study: contributions to a changing view of disc degeneration*. Spine J, 2009. 9(1): p. 47-59.
82. Videman, T., R. Simonen, J. Usenius, K. Osterman and M. Battie, *The long-term effects of rally driving on spinal pathology*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2000. 15(2): p. 83-86.
83. Savage, R.A., G.H. Whitehouse and N. Roberts, *The relationship between the magnetic resonance imaging appearance of the lumbar spine and low back pain, age and occupation in males*. Eur Spine J, 1997. 6(2): p. 106-114.
84. Wilder, D.G. and M.H. Pope, *Epidemiological and aetiological aspects of low back pain in vibration environments - an update*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1996. 11(2): p. 61-73.
85. Andersson, B.J., R. Ortengren, A.L. Nachemson, G. Elfstrom and H. Broman, *The sitting posture: an electromyographic and discometric study*. Orthop Clin North Am, 1975. 6(1): p. 105-120.
86. Bongers, P.M., H.C. Boshuizen, C.T. Hulshof and A.P. Koemeester, *Back disorders in crane operators exposed to whole-body vibration*. Int Arch Occup Environ Health, 1988. 60(2): p. 129-137.
87. Boshuizen, H.C., P.M. Bongers and C.T.J. Hulshof, *Back disorders and occupational exposure to whole-body vibration*. International Journal of Industrial Ergonomics, 1990. 6(1): p. 55-59.
88. Tuchsen, F., H. Feveile, K.B. Christensen and N. Krause, *The impact of self-reported exposure to whole-body-vibrations on the risk of disability pension among men: a 15 year prospective study*. BMC Public Health, 2010. 10: p. 305.
89. Tola, S., H. Riihimaki, T. Videman, E. Viikari-Juntura and K. Hanninen, *Neck and shoulder symptoms among men in machine operating, dynamic physical work and sedentary work*. Scand J Work Environ Health, 1988. 14(5): p. 299-305.
90. Viikari-Juntura, E., H. Riihimaki, S. Tola, T. Videman and P. Mutanen, *Neck trouble in machine operating, dynamic physical work and sedentary work: a prospective study on occupational and individual risk factors*. J Clin Epidemiol, 1994. 47(12): p. 1411-1422.
91. Holmström, E. and G. Engholm, *Musculoskeletal disorders in relation to age and occupation in Swedish construction workers*. Am J Ind Med, 2003. 44(4): p. 377-384.
92. Jensen, M.V., F. Tuchsen and E. Orhede, *Prolapsed cervical intervertebral disc in male professional drivers in Denmark, 1981-1990. A longitudinal study of hospitalizations*. Spine (Phila Pa 1976), 1996. 21(20): p. 2352-2355.
93. Kelsey, J.L., P.B. Githens, S.D. Walter, W.O. Southwick, U. Weil, T.R. Holford, A.M. Ostfeld, J.A. Calogero, T. O'Connor and A.A. White, 3rd, *An epidemiological study of acute prolapsed cervical intervertebral disc*. J Bone Joint Surg Am, 1984. 66(6): p. 907-914.
94. Prisby, R.D., M.H. Lafage-Proust, L. Malaval, A. Belli and L. Vico, *Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: what we know and what we need to know*. Ageing Res Rev, 2008. 7(4): p. 319-329.
95. Shane Anderson, A. and R. Loeser, *Why is osteoarthritis an age-related disease?* Best Pract Res Clin Rheumatol, 2010 24(1): p. 15-26.
96. Sandmark, H., C. Hogstedt and E. Vingard, *Primary osteoarthrosis of the knee in men and women as a result of lifelong physical load from work*. Scand J Work Environ Health, 2000. 26(1): p. 20-25.

97. Jarvholm, B., R. Lundstrom, H. Malchau, B. Rehn and E. Vingard, *Osteoarthritis in the hip and whole-body vibration in heavy vehicles*. *Int Arch Occup Environ Health*, 2004. 77(6): p. 424-426.
98. Aydog, S.T., E. Turbedar, A.H. Demirel, O. Tetik, A. Akin and M.N. Doral, *Cervical and lumbar spinal changes diagnosed in four-view radiographs of 732 military pilots*. *Aviat Space Environ Med*, 2004. 75(2): p. 154-157.
99. Dupuis, H. and G. Zerlett, *Whole-body vibration and disorders of the spine*. *Int Arch Occup Environ Health*, 1987. 59(4): p. 323-336.
100. Drerup, B., M. Granitzka, J. Assheuer and G. Zerlett, *Assessment of disc injury in subjects exposed to long-term whole-body vibration*. *Eur Spine J*, 1999. 8(6): p. 458-467.
101. Magnusson, M., M. Almqvist, H. Broman, M. Pope and T. Hansson, *Measurement of height loss during whole body vibrations*. *J Spinal Disord*, 1992. 5(2): p. 198-203.
102. Klingenstierna, U. and M.H. Pope, *Body height changes from vibration*. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1987. 12(6): p. 566-568.
103. Sullivan, A. and S.M. McGill, *Changes in spine length during and after seated whole-body vibration*. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990. 15(12): p. 1257-1260.
104. Hampel, G.A. and W.-R. Chang, *Body height change from motor vehicle vibration*. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1999. 23(5-6): p. 489-498.
105. Tuchsén, F., H. Hannerz, H. Burr, T. Lund and N. Krause, *Risk factors predicting hip pain in a 5-year prospective cohort study*. *Scand J Work Environ Health*, 2003. 29(1): p. 35-39.
106. Van Dyke, P., *A literature review of air medical work hazards and pregnancy*. *Air Med J*, 2010. 29(1): p. 40-47.
107. Abrams, R.M. and D.E. Wasserman, *Occupational vibration during pregnancy*. *Am J Obstet Gynecol*, 1991. 164(4): p. 1152.
108. Seidel, H., *Selected health risks caused by long-term, whole-body vibration*. *Am J Ind Med*, 1993. 23(4): p. 589-604.
109. Croteau, A., S. Marcoux and C. Brisson, *Work activity in pregnancy, preventive measures, and the risk of preterm delivery*. *Am J Epidemiol*, 2007. 166(8): p. 951-965.
110. Haelterman, E., S. Marcoux, A. Croteau and M. Dramaix, *Population-based study on occupational risk factors for preeclampsia and gestational hypertension*. *Scand J Work Environ Health*, 2007. 33(4): p. 304-317.
111. Gagnon, R., J. Foreman, C. Hunse and J. Patrick, *Effects of low-frequency vibration on human term fetuses*. *Am J Obstet Gynecol*, 1989. 161(6 Pt 1): p. 1479-1485.
112. Flournoy, A.C., *Selected legal issues related to sound and vibration in pregnancy*. *Semin Perinatol*, 1990. 14(4): p. 334-339.
113. Feinberg, J.S. and C.R. Kelley, *Pregnant workers. A physician's guide to assessing safe employment*. *West J Med*, 1998. 168(2): p. 86-92.
114. Mamelie, N., B. Laumon and P. Lazar, *Prematurity and occupational activity during pregnancy*. *Am J Epidemiol*, 1984. 119(3): p. 309-322.
115. McDonald, A.D., J.C. McDonald, B. Armstrong, N.M. Cherry, R. Cote, J. Lavoie, A.D. Nolin and D. Robert, *Fetal death and work in pregnancy*. *Br J Ind Med*, 1988. 45(3): p. 148-157.
116. Penkov, A., R. Stanislavov and D. Tzvetkov, *Male reproductive function in workers exposed to vibration*. *Cent Eur J Public Health*, 1996. 4(3): p. 185-188.



117. De Fleurian, G., J. Perrin, R. Ecochard, E. Dantony, A. Lanteaume, V. Achard, J.M. Grillo, M.R. Guichaoua, A. Botta and I. Sari-Minodier, *Occupational exposures obtained by questionnaire in clinical practice and their association with semen quality*. J Androl, 2009. 30(5): p. 566-579.
118. Gracia, C.R., M.D. Sammel, C. Coutifaris, D.S. Guzick and K.T. Barnhart, *Occupational exposures and male infertility*. Am J Epidemiol, 2005. 162(8): p. 729-733.
119. Nepomnyashchikh, G.I., N.A. Abdullaev, S.V. Aidagulova, D.L. Nepomnyashchikh, G.A. Lapii and V.I. Isaenko, *Structural and functional modification of hollow organs (urinary bladder and stomach) in vibration syndrome*. Bull Exp Biol Med, 2006. 142(6): p. 734-738.
120. Seidel, H. and R. Heide, *Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature*. Int Arch Occup Environ Health, 1986. 58(1): p. 1-26.
121. Ishitake, T., M. Kano, Y. Miyazaki, H. Ando, A. Tsutsumi and T. Matoba, *Whole-body vibration suppresses gastric motility in healthy men*. Ind Health, 1998. 36(2): p. 93-97.
122. Ishitake, T., Y. Miyazaki, H. Ando and T. Matoba, *Suppressive mechanism of gastric motility by whole-body vibration*. Int Arch Occup Environ Health, 1999. 72(7): p. 469-474.
123. Vela, J.I., D. Andreu, J. Diaz-Cascajosa and J.A. Buil, *Intraocular lens dislocation after whole-body vibration*. J Cataract Refract Surg, 2010. 36(10): p. 1790-1791.
124. Bjor, B., L. Burstrom, K. Eriksson, H. Jonsson, L. Nathanaelsson and T. Nilsson, *Mortality from myocardial infarction in relation to exposure to vibration and dust among a cohort of iron-ore miners in Sweden*. Occup Environ Med, 2010. 67(3): p. 154-158.
125. Maikala, R.V. and Y.N. Bhambhani, *Cardiovascular responses in healthy young women during exposure to whole-body vibration*. International Journal of Industrial Ergonomics, 2008. 38(9-10): p. 775-782.
126. Maikala, R.V., S. King and Y.N. Bhambhani, *Acute physiological responses in healthy men during whole-body vibration*. Int Arch Occup Environ Health, 2006. 79(2): p. 103-114.
127. Muzammil, M., S.S. Siddiqui and F. Hasan, *Physiological effect of vibrations on tractor drivers under variable ploughing conditions*. J Occup Health, 2004. 46(5): p. 403-409.
128. Sass-Kortsak, A.M., J.T. Purdham, N. Kreiger, G. Darlington, and N.E. Lightfoot, *Occupational risk factors for prostate cancer*. Am J Ind Med, 2007. 50(8): p. 568-576.
129. Chan, G., S.M. Moochhala, B. Zhao, Y. Wl and J. Wong, *A comparison of motion sickness prevalence between seafarers and non-seafarers onboard naval platforms*. Int Marit Health, 2006. 57(1-4): p. 56-65.
130. Joseph, J.A. and M.J. Griffin, *Motion sickness: effect of changes in magnitude of combined lateral and roll oscillation*. Aviat Space Environ Med, 2008. 79(11): p. 1019-1027.
131. Moseley, M.J. and M.J. Griffin, *Effects of display vibration and whole-body vibration on visual performance*. Ergonomics, 1986. 29(8): p. 977-983.
132. Gauthier, G.M., J.P. Roll, B. Martin and F. Harlay, *Effects of whole-body vibrations on sensory motor system performance in man*. Aviat Space Environ Med, 1981. 52(8): p. 473-479.

133. Abbate, C., E. Micali, C. Giorgianni, F. Munao, R. Brecciaroli, L. Salmaso and D. Germano, *Affective correlates of occupational exposure to whole-body vibration. A case-control study.* *Psychother Psychosom*, 2004. 73(6): p. 375-379.
134. Satou, Y., T. Ishitake, H. Ando, K. Nagatomi, M. Hoshiko, Y. Tsuji, H. Tamaki, A. Shigemoto, M. Kusano, M. Mori and K. Hara, *Effect of short-term exposure to whole body vibration in humans: relationship between wakefulness level and vibration frequencies.* *Kurume Med J*, 2009. 56(1-2): p. 17-23.
135. Landstrom, U. and P. Lofstedt, *Noise, vibration and changes in wakefulness during helicopter flight.* *Aviat Space Environ Med*, 1987. 58(2): p. 109-118.
136. Landstrom, U. and R. Lundstrom, *Changes in wakefulness during exposure to whole body vibration.* *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1985. 61(5): p. 411-415.
137. Ahlman, K., R.S. Koskela, P. Kuikka, M. Koponen and M. Annanmaki, *Mortality among sulfide ore miners.* *Am J Ind Med*, 1991. 19(5): p. 603-617.
138. Nicholas, J.S., D.T. Lackland, M. Dosemeci, L.C. Mohr, Jr., J.B. Dunbar, B. Grosche and D.G. Hoel, *Mortality among US commercial pilots and navigators.* *J Occup Environ Med*, 1998. 40(11): p. 980-985.
139. Barnekow-Bergkvist, M., G.E. Hedberg, U. Janlert and E. Jansson, *Determinants of self-reported neck-shoulder and low back symptoms in a general population.* *Spine (Phila Pa 1976)*, 1998. 23(2): p. 235-243.
140. Hoofman, W.E., M.N. van Poppel, A.J. van der Beek, P.M. Bongers and W. van Mechelen, *Gender differences in the relations between work-related physical and psychosocial risk factors and musculoskeletal complaints.* *Scand J Work Environ Health*, 2004. 30(4): p. 261-278.
141. Virtanen, I.M., J. Karppinen, S. Taimela, J. Ott, S. Barral, K. Kaikkonen, O. Heikkila, P. Mutanen, N. Nojonen, M. Mannikko, O. Tervonen, A. Natri and L. Ala-Kokko, *Occupational and genetic risk factors associated with intervertebral disc disease.* *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007. 32(10): p. 1129-1134.
142. Zhang, Y., Z. Sun, J. Liu and X. Guo, *Advances in susceptibility genetics of intervertebral degenerative disc disease.* *Int J Biol Sci*, 2008. 4(5): p. 283-290.
143. Cote, P., G. van der Velde, J.D. Cassidy, L.J. Carroll, S. Hogg-Johnson, L.W. Holm, E.J. Carragee, S. Haldeman, M. Nordin, E.L. Hurwitz, J. Guzman and P.M. Peloso, *The burden and determinants of neck pain in workers: results of the Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders.* *Spine*, 2008. 33(4 Suppl): p. S60-74.
144. Gerr, F., M. Marcus, C. Ensor, D. Kleinbaum, S. Cohen, A. Edwards, E. Gentry, D.J. Ortiz and C. Monteilh, *A prospective study of computer users: I. Study design and incidence of musculoskeletal symptoms and disorders.* *Am J Ind Med*, 2002. 41(4): p. 221-235.
145. Heliövaara, M., *Body height, obesity, and risk of herniated lumbar intervertebral disc.* *Spine (Phila Pa 1976)*, 1987. 12(5): p. 469-472.
146. Hrubec, Z. and B.S. Nashold, Jr., *Epidemiology of lumbar disc lesions in the military in World War II.* *Am J Epidemiol*, 1975. 102(5): p. 367-376.
147. Stanton TR, Henschke N, Maher CG, Refshauge KM, Latimer J and McAuley JH, *After an episode of acute low back pain, recurrence is unpredictable and not as common as previously thought.* *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 33(26): p. 2923-2928.
148. Shiri, R., J. Karppinen, P. Leino-Arjas, S. Solovieva, H. Varonen, E. Kalso, O. Ukkola and E. Viikari-Juntura, *Cardiovascular and lifestyle risk factors in lumbar radicular pain or clinically defined sciatica: a systematic review.* *Eur Spine J*, 2007. 16(12): p. 2043-2054.

149. An, H.S., C.P. Silveri, J.M. Simpson, P. File, C. Simmons, F.A. Simeone and R.A. Balderston, *Comparison of smoking habits between patients with surgically confirmed herniated lumbar and cervical disc disease and controls*. J Spinal Disord, 1994. 7(5): p. 369-373.
150. Mattila, V.M., L. Saarni, J. Parkkari, L. Koivusilta and A. Rimpela, *Early risk factors for lumbar discectomy: an 11-year follow-up of 57,408 adolescents*. Eur Spine J, 2008. 17(10): p. 1317-1323.
151. Mattila, V.M., L. Saarni, J. Parkkari, L. Koivusilta and A. Rimpela, *Predictors of low back pain hospitalization--a prospective follow-up of 57,408 adolescents*. Pain, 2008. 139(1): p. 209-217.
152. Jhawar, B.S., C.S. Fuchs, G.A. Colditz and M.J. Stampfer, *Cardiovascular risk factors for physician-diagnosed lumbar disc herniation*. Spine J, 2006. 6(6): p. 684-691.
153. Leino-Arjas, P., L. Kauppila, L. Kaila-Kangas, R. Shiri, S. Heistaro and M. Heliovaara, *Serum lipids in relation to sciatica among Finns*. Atherosclerosis, 2008. 197(1): p. 43-49.
154. Bongers, P.M., S. Ijmker, S. van den Heuvel and B.M. Blatter, *Epidemiology of work related neck and upper limb problems: psychosocial and personal risk factors (part I) and effective interventions from a bio behavioural perspective (part II)*. J Occup Rehabil, 2006. 16(3): p. 279-302.
155. Lis, A.M., K.M. Black, H. Korn and M. Nordin, *Association between sitting and occupational LBP*. Eur Spine J, 2007. 16(2): p. 283-298.
156. Hansson, G.A., I. Balogh, J.U. Bystrom, K. Ohlsson, C. Nordander, P. Asterland, S. Sjolander, L. Rylander, J. Winkel and S. Skerfving, *Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands*. Scand J Work Environ Health, 2001. 27(1): p. 30-40.

# Epidemiologiska, tekniska och medicinska begrepp

## A

Accelerationen:	Vibrationens storlek anges vanligen som vibrationsrörelsens accelerationsamplitud, uttryckt i enheten m/s <sup>2</sup> .
Affektiv:	Känslöpåverkan, med känsloreaktion eller sinnesrörelse som medför ändring i stämningsläget.
Apgar-värde (Apgar-score):	Enhet för bedömning av hälsotillstånd hos ett nyfött barn. Barnet bedöms efter 1, 5 och 10 minuter efter förlossning. Poängbedömningen baseras på hjärtfrekvens, andning, muskeltonus, reflexer och hudfärg.
Artros:	Artros är ett ospecifikt samlingsnamn för leddestruktion. Artros är ett ospecifikt tillstånd som kan uppträda efter leddskada, leddsjukdom eller missbildning. Artros domineras av smärta men kan även innefatta deformitet och instabilitet.
Astenospermi:	Nedsatt spermierörlighet.

## B

Baslinje-undersökning:	Inledande undersökning av en studiegrupp som kommer att följas i tid, för att i ett senare skede undersökas igen.
Bevisbaserat:	Baserat på resultat ("evidence") givna i originalrapporter ("Evidence based").
Biomekaniska faktorer:	Med biomekanisk exponering avses de fysiska belastningar som uppkommer på och i kroppen vid arbete. Denna exponering uttrycks ofta som arbetsställningar, arbetsrörelser och tunga lyft.

## C

C.I.:	Se konfidensintervall.
Confounder:	Förväxlingsfaktor. Confounding (förväxling), innebär en situation där sambandet mellan en exponeringsfaktor och utfallet på ett betydelsefullt sätt, påverkas av ytterligare faktorer, vars effekter inte särskiljs i studien. En förväxlingsfaktor (confoundingfaktor), är alltså dels associerad med den exponering man studerar, dels utgör den i sig en riskfaktor för den beroendefaktor som undersökning avser att mäta.

## D

Daglig vibrationsexponering, A(8):	Tidsmedelvärde för accelerationen under en åttatimmarsperiod, A(8). Den dagliga vibrationsexponeringen är beroende både av vibrationernas storlek (acceleration) och den tid en person utsätts för vibrationerna.
Degenerativ förändring:	Degenerativ ledsjukdom används som ospecifik term för leddestruktion (se artros). Alla människor får åldersbetingade förändringar i ryggen, vilka med en sammanfattande röntgenologisk term kallas för spondylos: sänkning av diskhöjd, benpålagring på kotkropparna och artros i facettlederna.
Diskbråck:	Utbuktning av broskskivorna (diskarna mellan kotorna i ryggen). Genom tryck på nervrötter, är diskbråck en vanlig orsak till smärtor som strålar ut i benet (läs ischias), nedsatt känsel och även förlamning.
Diskdegeneration:	Broskskivorna (diskarna) mellan kotkropparna saknar, vid vuxen ålder, kärlförsörjning. Tillbakabildandet av kärlen anges som en möjlig orsak till att degenerativa förändringar ibland uppkommer redan i 20-års åldern. Ett av de tidigaste tecknen på diskdegeneration, är minskad vattenhalt, vilket kan åskådliggöras med magnetröntgenundersökning, där degenererade diskar framträder svarta.

## E

Effektivvärdet:	Tidsmedelvärdet av accelerationen kallas effektivvärde eller RMSvärde, efter engelskans Root Mean Square.
Evidence baserat:	(“Evidence based”, ”bevis baserat) se bevisbaserat.
Exponerings-	Sambandet mellan exponering och effekt i en

respons samband: population, dvs. hur stor andel av en befolkning som drabbas av en viss effekt, vid en viss exponering.

## F

Fall-kontroll studie: (Fall-referensstudie, Case control studie, Case referent studie) är en studiedesign där man utgår från den studerade sjukdomen (fall). Man väljer sålunda först ut de individer som har den aktuella sjukdomen och därefter väljer man ett antal referenter eller kontroller som saknar sjukdomen i fråga.

Frekvensvägning: Innebär att olika vibrationsfrekvenser ges olika betydelse för påverkan på den som utsätts. Detta innebär att vibrationsvärdena för olika frekvensband viktas olika mycket för att bedöma påverkan på människan. Frekvensvägningen finns definierad i SS-ISO 2631 och beskrivs som den frekvensvägda acceleration,  $a_w(t)$ , uppmätt i enheten  $m/s^2$ , där  $a$  står för acceleration,  $w$  = vägning (eng weighted) och  $t$  för mättiden.

## G

Gränsvärde: Värde för daglig vibrationsexponering,  $A(8)$ , som inte får överskridas, enligt Arbetsmiljöverket föreskrift ASF 2005:15.

## H

Havandeskapsförgiftning: (Preeklampsi, Graviditetsförgiftning). Sjukdomstillstånd som uppkommer under graviditet och kännetecknas av förhöjning av blodtrycket och protein (äggvita) i urinen.

## I

Insatsvärde: Värde för daglig vibrationsexponering,  $A(8)$ , som innebär krav på insatser från arbetsgivaren om det överskrids enligt Arbetsmiljöverket föreskrift ASF 2005:15.

Interventionsstudie: Undersökning som avser att undersöka ett orsaks-samband, genom att intervensera (förändra) en antagen orsaksfaktor till sjukdom.

Ischias: Smärtor i nedre extremiteter, oftast utstrålande från ländryggen. Orsakat av tryck mot nervrot i ryggen, vanligen av ett diskbräck (se diskbräck).

## K

Kardiovaskulär: Samlingsnamn för hjärta och blodkärl.

Kohortstudie: (Uppföljningsstudie, prospektiv undersökning, longitudinell undersökning, incidensstudie). Studiedesign där man följer en studiegrupp utsatt för en exponering, jämfört med en eller flera grupper som inte har exponerats. I de fall som studien genomförs efter det att exponeringen har ägt rum, betecknas kohortstudien som retrospektiv, i annat fall som prospektiv.

Konfidensintervall: (Confidence interval, CI) intervall som med definierad grad av sannolikhet (ex 95%) innefattar det verkliga värdet av den aktuella variabel som studeras.

## M

Maximala transienta vibrationsvärdet (MTVV): Den högsta accelerationen som uppmäts under mättiden.

Meta-analyser: (Efterstudie). Analys av fynd från ett flertal empiriska studier. Meta-analysen försöker, med hjälp av olika tekniker, värdera tidigare forskningsresultat.

Mikroangiopatier: Skada i de små kärlen.

Mortalitet: Dödlighet eller antal dödsfall.

Mortalitetsstudier: Metod för att skatta förekomst, uppkomst eller båda, av dödlighet.

MRI: (Magnetic Resonance Imaging). Magnetisk resonansundersökning. Avbildande medicinsk undersökning med "magnetkamera". Bilderna kan datorbehandlas och framställas samt har likheter med röntgendatortomografi. Magnetisk resonansundersökning ger ofta överlägsna bilder.

## O

Oddsquot: (Odds Ratio, OR). Kvoten mellan två odds. Oddsquoten uttrycker hur mycket större risken för sjukdom är bland

exponerade, jämfört med icke exponerade. I de fall oddskvoten baseras på låga förekomster, blir oddskvoten en skattning av relativ risk, för att redovisa hur mycket större risken är för en individ som har viss exponering, än för den individ som inte har denna exponering.

Ojusterade: Undersökning där analyserna inte har tagit hänsyn till andra samverkande faktorer.

Oligospermi: Nedsatt antal spermier.

## P

Patomekanism: Inverkan av en eller flera sjukdomsframkallande mekanismer, som leder till den slutliga sjukdomsuttritingen.

Peer-reviewed: En fristående värdering och bedömning av ett vetenskapligt arbete av andra professionella inom området.

Prevalenskvot: (Prevalence Rate, PR). Förekomsten (prevalensen) dividerad med antalet personer med risk att få sjukdomen eller egenskapen vid samma tidpunkt eller period.

Prevalensoddskvot: För oddskvoter för förekomst (prevalens).

Proprioception: Förmågan att känna av kroppshållning, ledposition, balans och rörelse.

Prospektiva studier: Longitudinell undersökning. Utfallsvariabeln undersöks vid en senare tidpunkt. Se kohortstudie.

## R

Relativ risk: Risken för en viss händelse bland exponerade, jämfört med risken bland oexponerade. Den relativa risken fås genom att riskmättet, vanligen uppkomst (incidens), dödlighet eller förekomst bland de exponerade, delas med motsvarande för oexponerade.

## S

Signifikant: Så kallad "statistisk säkerställd effekt". Nivån för säkerhet bestäms utifrån vilka gränser som accepteras, vanligen 95 %.



Spinal stenos:	Förträngning av spinalkanalen, som kan ge utstrålande smärta i benen. Symptomen kallas oftast för nervutlöst eller spinal vadsmärta.
Spondylolistes:	Avser en kotglidning till följd av medfödd eller förvärvad defekt av kotbågen, beroende på spondylolys, missbildning eller trauma.
Statiskt kompressionstryck:	Beräkning, enligt standarden SS-ISO 2631-5, av påverkan på ländryggen vid upprepad exponering för stötar, uttryckt som ekvivalent dos för statiskt kompressionstryck, $S_{ed}$ (MPa).
Stratifierade:	Uppdelning av ett material i olika skikt eller lager (stratum).

## T

Teratospermi:	Spermier med abnorm morfologi (missbildade).
Toppfaktorn:	Maximala topp (eng. peak) acceleration dividerad med effektivvärdet.
Tvillingstudie:	Metod för att upptäcka sjukdomar till följd av ärftliga/genetiska orsaker.
Tvärsnittsstudie:	(Förekomststudie, prevalensstudie, frekvensundersökning). Undersökning som studerar sambandet mellan sjukdom och exponering vid en viss tidpunkt, vilket innebär att såväl exponeringen som sjukdomsutfallet studeras samtidigt.

## V

Vibrationsdosvärdet (VDV):	För beräkning av inslag av stötar i en vibrations-exponering, enligt SS-ISO 2631-1. Enheten för vibrationsdosvärdet (VDV) är $m/s^{1,75}$ .
----------------------------	---

## Exempel på vibrationsnivåer för olika fordon

Uppmätta vibration, enligt SS-ISO 2631-1, uttryckta som effektivmedelvärdet av accelerationen,  $a(t)$ , i de tre mot varandra vinkelräta riktningar (framåt – bakåt  $a_x$ , sidled  $a_y$  och vertikalt  $a_z$ ) för olika grupper av fordon (totalt cirka 1 100). Inom parantes anges standardavvikelsen.

Fordon	Acceleration $a_x$ (m/s <sup>2</sup> )	Acceleration $a_y$ (m/s <sup>2</sup> )	Acceleration $a_z$ (m/s <sup>2</sup> )
Asfaltkompaktor	0,10 (0,06)	0,19 (0,11)	0,06 (0,01)
Asfaltfräsmaskiner	0,81 (0,35)	0,86 (0,44)	1,28 (0,35)
Asfaltläggare	0,12 (0,09)	0,21 (0,10)	0,15 (0,06)
Bandschaktare	0,76 (0,39)	0,66 (0,42)	0,78 (0,35)
Bergtruck	0,59 (0,09)	0,58 (0,05)	0,83 (0,13)
Betongblandarbil	0,53 (0,16)	0,42 (0,13)	0,66 (0,15)
Borrigg	0,06 (0,03)	0,08 (0,08)	0,15 (0,12)
Buss	0,16 (0,06)	0,18 (0,08)	0,42 (0,14)
Dragtraktor	0,40 (0,08)	0,43 (0,09)	0,52 (0,03)
Dumper	0,34 (0,15)	0,34 (0,20)	0,69 (0,27)
Gaffeltruck	0,40 (0,26)	0,46 (0,63)	0,85 (0,61)
Grensletruck	0,23 (0,04)	0,08 (0,04)	0,33 (0,04)
Grävmaskin	0,45 (0,24)	0,26 (0,12)	0,42 (0,18)
Hamnkran	0,23 (0,35)	0,08 (0,02)	0,12 (0,02)
Helikopter	0,54 (0,23)	0,56 (0,22)	0,51 (0,24)
Hjulgrävmaskin	0,41 (0,16)	0,26 (0,01)	0,57 (0,35)
Hjullastare	0,81 (0,59)	0,51 (0,36)	0,84 (0,48)
Jordbrukstraktor	0,47 (0,21)	0,49 (0,17)	0,62 (0,24)
Kompaktlastare (Bobcat)	0,81 (0,34)	0,77 (0,30)	0,99 (0,47)
Lastbil	0,34 (0,12)	0,43 (0,19)	0,52 (0,18)
Militärfordon	0,32 (0,13)	0,25 (0,12)	1,09 (0,39)
Minibuss	0,16 (0,12)	0,23 (0,25)	0,34 (0,09)
Mobilkran	0,17 (0,23)	0,28 (0,41)	0,24 (0,29)
Personbil (taxi)	0,21 (0,07)	0,15 (0,07)	0,30 (0,10)
Pistmaskin	0,40 (0,02)	0,39 (0,07)	0,79 (0,21)
Skrotare	0,45 (0,19)	0,52 (0,20)	0,57 (0,23)
Skåpbil	0,26 (0,09)	0,25 (0,11)	0,35 (0,12)
Skogsmaskin - skotare	0,70 (0,39)	1,10 (0,42)	0,60 (0,35)
Skogsmaskin - skördare	0,22 (0,17)	0,22 (0,15)	0,39 (0,19)
Skördetröska	0,25 (0,18)	0,22 (0,13)	0,51 (0,29)
Snöskoter	0,73 (0,26)	0,72 (0,23)	0,76 (0,23)
Soplastbil	0,12 (0,03)	0,18 (0,01)	0,31 (0,09)
Spårfordon (lok, spårvagn, tunnelbana)	0,29 (0,05)	0,24 (0,08)	0,37 (0,12)
Traktor	0,38 (0,16)	0,40 (0,15)	0,46 (0,22)
Traktorgrävare	0,43 (0,21)	0,31 (0,17)	0,44 (0,23)
Väghyvel	0,37 (0,17)	0,38 (0,15)	0,52 (0,19)
Vägvält	0,45 (0,34)	0,38 (0,19)	0,48 (0,29)

### Använd söksträng i litteraturlödbaserna

Söksträngen bygger på sökorden "*Exponering, Lokal (del av kroppen), Sjukdom, Symptom och Övrigt*". Dessa sökord har sedan specificerats och söksträngen som konstruerats fick följande utseende: *Exponering* (Vibration, Whole Body, Vibration exposure, Occupat\*, driving, work, Impact, shock), *Lokal* (Back, neck, shoulder, Urogenital, Knee, Cardio vascular, heart, intevertebral), *Sjukdom* (Stroke, Low back pain, Disc degeneration, Hernia, Rhizopathia, Spinal stenosis, Myocardial infarction, Spinal degeneration, Lumbar disc, arthritis, sciatica), *Symptom* (Pain, Radiating pain) och *Övrigt* (Pregnancy, Foetus, Abortion, Work ability).



ARBETSMILJÖ  
VERKET

Arbetsmiljöverket  
112 79 Stockholm  
Besöksadress Lindhagensgatan 133  
Telefon 010-730 90 00  
Fax 08-730 19 67  
E-post: [arbetsmiljoverket@av.se](mailto:arbetsmiljoverket@av.se)  
[www.av.se](http://www.av.se)

ISSN 1650-3171

This publication can be download from  
[www.av.se/publikationer/rapporter/](http://www.av.se/publikationer/rapporter/)

Vår vision: *Alla vill och kan skapa en bra arbetsmiljö*