



# **Achtergronddocument bij de Multidisciplinaire Richtlijn**

## **Vermindering van blootstelling aan lichaamstrillingen om rugklachten te voorkómen**

# Colofon

© NVAB, BA&O, Human Factors NL, NVvA, NVVK, 2014

*Uitgave*  
NVAB

## **Kwaliteitsbureau NVAB**

Postbus 2113  
3500 GC Utrecht  
T 030 2040620  
E [kwalitytsbureau@nvab-online.nl](mailto:kwalitytsbureau@nvab-online.nl)  
W [www.nvab-online.nl](http://www.nvab-online.nl)

## *Auteurs*

prof. dr. C.T.J. (Carel) Hulshof, bedrijfsarts, bijzonder hoogleraar Arbeids- en Bedrijfsgeneeskunde  
dr. ir. H.H.E. (Huub) Oude Vrielink, onderzoeker arbeid en gezondheid  
J. (Jan) Doornbusch, veiligheidskundige - arbeidsdeskundige  
C.P.J. (Cees) Everaert, bedrijfsarts  
Dr. F. (Frank) Krause, ergonom  
E. (Ep) Marinus, arbeidshygiënist  
M.D. (Max) Vermeij, arbeids- en organisatiedeskundige

## *Coördinatie en eindredactie*

M. (Marian) Lebbink, stafmedewerker

## *Datum autorisatie NVAB*

30 november 2014

## INLEIDING

5

Doel van de richtlijn  
Gebruikers van de richtlijn  
Inhoud van de richtlijn  
Begripsbepaling  
Lichaamstrillingen en gezondheidseffecten, met name rugklachten  
Doel van het achtergronddocument  
Systematische review  
Methode en verantwoording  
- Kerngroep  
- Projectgroep  
- Werknemers- en werkgeversperspectief  
- Commentaarfase en autorisatie  
Conflicterende belangen  
Juridische betekenis  
Evaluatie en actualisering

## ACHTERGRONDEN BIJ DE MULTIDISCIPLINAIRE RICHTLIJN VERMINDERING VAN LICHAAMSTRILLINGEN OM SCHADELIJKE GEZONDHEIDSEFFECTEN TE VOORKOMEN

<b>1. METEN VAN LICHAAMSTRILLINGEN</b> .....	<b>11</b>
Uitgangsvraag	
1.1 Inleiding	
1.2 Meten van trillingen en schatten van de blootstelling volgens NEN-ISO-2631-1	
1.3 Meten van trillingen en schatten van de blootstelling volgens NEN-ISO-2631-5	
1.4 Evaluatiemethoden van trillingsmetingen volgens NEN-ISO 2631-1 en NEN-ISO 2631-5	
1.5 Van meting naar blootstelling	
1.6 Factoren van invloed op de uitkomst van een meting	
1.7 Wanneer is een meting betrouwbaar?	
1.8 Kan blootstelling aan lichaamstrillingen, sterkte zowel als duur, worden geschat door middel van observatie en subjectieve beoordeling?	
1.9 Gebruik van door fabrikanten opgegeven of gemeten data	
1.10 Gebruik van beschikbare (gemeten) data in artikelen, rapporten en databases	
1.11 Relatie tussen meeteenheid en rugklachten	
1.12 Meten of niet? En wanneer?	
1.13 Interpreteren van meetgegevens en rapporteren	
<b>2. DIAGNOSTIEK</b> .....	<b>28</b>
Uitgangsvraag	
2.1 Aspecifieke rugklachten of een specifieke rugaandoening?	
2.2 (Gestandaardiseerde) vragenlijsten	
2.3 Lichamelijk onderzoek	
2.4 Aanvullend onderzoek, waaronder beeldvormend onderzoek	
2.5 Diagnostiek in het kader van beroepsziekten	
<b>3. INTERVENTIES</b> .....	<b>32</b>
A. <u>Werkplekgericht</u>	
Uitgangsvraag	
3.1 Werkplekgerichte technische maatregelen	

3.2 Werkplekgerichte organisatorische maatregelen	
B. <u>Werknemergericht</u>	
Uitgangsvraag	
3.3 Voorlichting en training	
3.4 Medische selectie	
3.5 Persoonlijke beschermingsmiddelen	
<b>4. BIJZONDERE GROEPEN</b> .....	<b>44</b>
Uitgangsvraag	
4.1 Zwangere werknemers	
4.2 Oudere werknemers	
4.3 Jongere werknemers	
<b>5. GEZONDHEIDSBEWAKINGSPROGRAMMA</b> .....	<b>46</b>
Uitgangsvraag	
<b>REFERENTIES</b> .....	<b>48</b>
<b>BIJLAGEN</b> .....	<b>53</b>
1. Zoekstrategie	
2. Kwaliteit evidence: EBRO- systematiek	
3. Evidencetabellen	
4. Belangenverklaringen	
5. Performance Indicatoren	
6. Referenten	
7. Begrippenlijst	

## Inleiding

In het kader van het project 'Onderzoek en informatievoorziening arbodeskundigen' zijn een aantal richtlijnen ontwikkeld. De keuze voor de onderwerpen voor deze richtlijnen kwam tot stand nadat in eerste instantie door de beroepsverenigingen van arbodeskundigen (BA&O, NVvA, NVVK en NVAB) een lijst met mogelijke onderwerpen was opgesteld. Hieruit werd vervolgens door een selectiecommissie bestaande uit vertegenwoordigers van de sociale partners een keuze gemaakt om voor de volgende zeven onderwerpen een evidence based richtlijn te ontwikkelen:

1. Tillen
2. Werkdruk
3. Agressie en Geweld
4. Veilig gedrag in productieomgevingen
5. Computerwerk
6. Balans werk – privé
7. Trillingen.

### • Doel van de richtlijn

Richtlijnen op het gebied van arbeid en gezondheid hebben tot doel te komen tot een betere bescherming en bevordering van gezondheid, veiligheid en welzijn op het werk. De doelstelling van deze multidisciplinaire richtlijn 'lichaamstrillingen' is een helpende hand te bieden bij het in beeld krijgen van problemen bij trillingen in werksituaties en aanbevelingen te geven voor oplossingen die een bijdrage leveren aan primaire en secundaire preventie van het risico op rugklachten door trillingen. In de richtlijn staat 'de werknemer' centraal. De richtlijn bevat behalve aanbevelingen op basis van de wetenschappelijke literatuur, ook aanbevelingen op basis van consensus bij de auteurs van de richtlijn.

### • Gebruikers van de richtlijn

Deze richtlijn is bedoeld voor de professional op het gebied van Arbeid en Gezondheid. De aanbevelingen in deze richtlijn zijn bestemd voor de bij de ontwikkeling betrokken beroepsgroepen (de vier kerndisciplines conform de Arbowet: arbeidshygiënist, arbeids- en organisatiedeskundige, bedrijfsarts, veiligheidkundige) en voor ergonomen. Daarnaast kunnen de aanbevelingen ook worden geraadpleegd door andere adviseurs op het gebied van Arbeid en Gezondheid zoals arboverpleegkundigen, door het management van organisaties waar mogelijk sprake is van trillingsbelasting voor werknemers en niet in de laatste plaats door werknemers zelf.

Van deze richtlijn is een samenvatting opgesteld voor werkgevers en werknemers in de vorm van een factsheet. Voor deze richtlijn is een bijzonder achtergronddocument beschikbaar met een uitgebreidere tekst, de wetenschappelijke verantwoording en de onderbouwing bij de aanbevelingen in de richtlijn. Deze documenten zijn na autorisatie door de betrokken beroepsverenigingen te downloaden via hun websites ([www.nvab-online.nl](http://www.nvab-online.nl), [www.arbeidshygiene.nl](http://www.arbeidshygiene.nl), [www.baeno.nl](http://www.baeno.nl), [www.veiligheidskunde.nl](http://www.veiligheidskunde.nl) en <http://www.humanfactors.nl/>

Het ontwikkelen van deze richtlijn kon worden gerealiseerd dankzij financiële steun vanuit het Maatschappelijke Programma Arbeidsomstandigheden (MAPA) van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). Als subsidieverstrekker heeft SZW geen invloed gehad op de inhoud van de richtlijn.

## • Inhoud van de richtlijn

In de richtlijn Trillingen worden de volgende zes uitgangsvragen beantwoord die betrekking hebben op vijf belangrijke aspecten voor lichaamstrillingen op de werkplek:

- *Meten van lichaamstrillingen*
  1. Met welke methoden en technieken (vragenlijsten, interviews, observaties op de werkplek, opgegeven waarden van fabrikanten, trillingsdatabases, directe meettechnieken) is blootstelling aan trillingen op de werkplek betrouwbaar en valide te meten en moeten daarbij andere factoren (bv werkhouding) meegenomen worden? Hoe nauwkeurig moet er gemeten worden? Kun je ook betrouwbaar blootstelling vaststellen zonder te meten?
- *Diagnostiek*
  2. Met welke diagnostische methoden kunnen de potentiële gezondheidseffecten in kaart worden gebracht?
- *Interventies*
  3. Welke werkplekgerichte maatregelen zijn effectief in het verlagen van blootstelling aan trillingen?
  4. Welke werknemersgerichte maatregelen (zoals voorlichting, medische selectie) zijn effectief in het verlagen van blootstelling aan of vermindering van gezondheidseffecten door trillingen?
- *Bijzondere groepen*
  5. Zijn er bijzondere risicogroepen te benoemen?
- *Gezondheidsbewakingsprogramma*
  6. Hoe dient een effectief gezondheidsbewakingsprogramma eruit te zien?

De werkgroep denkt dat met deze keuze recht wordt gedaan zowel aan een aantal langer bestaande dilemma's in het meten van lichaamstrillingen, het in kaart brengen van potentiële gezondheidseffecten en de interventies, als aan monitoring en preventie.

## • Begripsbepaling

We spreken van lichaamstrillingen als mechanische trillingen of schokken, meestal via het besturen van een voertuig of (lucht)vaartuig, via het steunvlak i.e. zitvlak, rug, benen en of voeten overgedragen worden op het menselijk lichaam.

Een trilling is een periodiek herhaalde beweging om een evenwichtsstand. Het aantal trillingen per seconde wordt uitgedrukt in Hertz (Hz) en de sterkte (intensiteit) van de trilling doorgaans in versnelling ( $m/s^2$ ). Trillingen die worden doorgegeven aan een bestuurder van een voertuig ontstaan meestal door het weg-wielcontact: het rijden over een niet geheel vlakke ondergrond.

Een schok of stoot is een meestal niet permanent voorkomende kortdurende trilling met een hoge intensiteit, bijvoorbeeld bij het rijden door een kuil of gat in het wegdek.

Rugklachten zijn, conform de NVAB-richtlijn rugklachten (2006), gedefinieerd als pijnklachten in het gebied onder de schouderbladen en boven de bilplooien waarbij de pijn kan uitstralen vanuit de rug tot aan de voeten. Het overgrote deel van de mensen met rugklachten (90%) valt in de categorie specifieke lage rugpijn.

Bij blootstelling aan lichaamstrillingen gaat het om een omvangrijke groep werknemers. Volgens de Arbobalans 2012 heeft in totaal 9,4% van de werknemers (circa 800.000 personen) regelmatig

te maken met trillingen in het werk (Hooftman et al. 2013). In bijna driekwart van de gevallen gaat het hierbij om lichaamstrillingen. Deze richtlijn gaat over lichaamstrillingen. In het oorspronkelijke projectvoorstel werd gesproken over 'lichaamstrillingen en hand-armtrillingen'. Gezien het feit dat blootstelling aan hand-armtrillingen een andere achtergrond van (meten van) blootstelling heeft maar ook tot totaal andere gezondheidseffecten aanleiding geeft, zou dit betekenen dat er twee geheel verschillende literatuuronderzoeken uitgevoerd zouden moeten worden en er dus in feite twee verschillende richtlijnen zouden moeten worden ontwikkeld. In overleg met de projectgroep is besloten om ons in deze richtlijn te concentreren op werkenden die blootgesteld zijn aan lichaamstrillingen. Deze keuze is mede gebaseerd op het feit dat in Nederland een aanzienlijk grotere populatie werkenden is blootgesteld is aan lichaamstrillingen dan aan hand-armtrillingen.

De begrippenlijst is opgenomen in bijlage 7.

- **Lichaamstrillingen en gezondheidseffecten, met name rugklachten**

Blootstelling aan lichaamstrillingen kan leiden tot ongemak, klachten, ziekteverzuim en schade aan de gezondheid. Hoewel deze blootstelling ook in staande of liggende houding kan voorkomen en tot verschillende effecten op de gezondheid kan leiden (zoals nekklachten en knieklachten) is verreweg het meeste onderzoek verricht naar rugklachten bij doorgaans zittende bestuurders van diverse voertuigen zoals vrachtwagens, bussen, vorkheftrucks, grondverzetmachines en terreinvoertuigen. Deze vorm van blootstelling komt ook het meeste voor. Deze richtlijn is dan ook vooral op de mogelijkheden tot vermindering van blootstelling aan lichaamstrillingen om rugklachten te voorkomen gericht. Alleen in hoofdstuk 4 (bijzondere groepen) wordt ook op andere mogelijke gezondheidseffecten (effecten op de zwangerschap bij vrouwen en prostaatklachten bij mannen) ingegaan. Onderzoek naar de effecten van langdurige blootstelling aan lichaamstrillingen op de rug is de laatste jaren samengevat in enkele systematische reviews en meta-analyses (Nilsson et al. 2013; Waters et al. 2008; Bovenzi & Hulshof 1999). De conclusie hiervan is dat blootstelling aan lichaamstrillingen vooral geassocieerd is met een verhoogd risico op het krijgen van rugklachten. Rugklachten door trillingen kunnen aanleiding zijn tot ziekteverzuim en arbeidsongeschiktheid. Als iemand rugklachten heeft, kan blootstelling aan trillingen bovendien de pijn verergeren en de terugkeer naar werk bemoeilijken. Daarmee heeft het ook een belangrijke sociaaleconomische impact. Op grond van gegevens uit verschillende cohortonderzoeken in de jaren negentig van de vorige eeuw is voor een hypothetisch cohort becijferd dat in de hoogst blootgestelde populaties het gemiddelde verlies aan werkbare dagen door ziekteverzuim met rugklachten in een arbeidsleven aanzienlijk is (Burdorf & Hulshof 2007). Blootstelling aan lichaamstrillingen gaat vaak gepaard met een slechte zithouding en bewegingsarmoede.

De aandoening rugklachten door lichaamstrillingen is in Nederland en in de ons omringende landen onder bepaalde voorwaarden erkend als beroepsziekte. Dat moet, indien aan de diagnostische criteria voldaan wordt, door bedrijfsartsen bij het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten gemeld worden. Er worden per jaar maar weinig gevallen gemeld maar vermoedelijk vindt er een forse onderrapportage plaats indien een vergelijking wordt gemaakt met landen om ons heen (Hulshof et al. 2002; Kuijer et al. 2014).

Ondanks de wetgeving komt ook in Nederland blootstelling aan potentieel gevaarlijke trillingen en schokken (waardes die hoger liggen dan de wettelijke actiewaarde terwijl er geen maatregelen volgen) nog altijd op diverse werkplekken voor (Oude Vrielink 2013; Tiemessen et al. 2008; Hulshof et al. 2007).

- **Doel van het achtergronddocument**

Het achtergronddocument heeft als doel op een overzichtelijke wijze de wetenschappelijke verantwoording en onderbouwing van de aanbevelingen in de richtlijn te presenteren.

- **Systematische review**

Nadat de uitgangsvragen waren vastgesteld werden literatuursearches uitgevoerd en werd de gevonden literatuur beoordeeld en bediscussieerd. De zoekstrategie is opgenomen in bijlage 1.

De gevonden literatuur is beoordeeld aan de hand van de door EBRO beschreven systematiek (bijlage 2). Aan de hand van de evidence uit de literatuur zijn evidencetabellen opgesteld (bijlage 3). Deze tabellen staan aan de basis van de richtlijn. Conclusies, met vermelding van het niveau van bewijs uit de evidencetabellen, zijn in de tekst van dit achtergronddocument opgenomen.

- **Methode en verantwoording**

Het ontwikkelen van deze richtlijn is mogelijk gemaakt dankzij financiële steun vanuit het Maatschappelijke Programma Arbeidsomstandigheden (MAPA) van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). Als subsidieverstrekker heeft SZW geen invloed gehad op de inhoud van de richtlijn.

Zoals gebruikelijk in multidisciplinaire richtlijntrajecten werd gebruik gemaakt van twee werkgroepen, een kerngroep en een (brede) projectgroep.

### **Kerngroep**

In de Kerngroep waren vertegenwoordigd:

- voorzitter / inhoudsdeskundige - prof. dr. C.T.J. (Carel) Hulshof, bedrijfsarts - epidemioloog
- deskundige richtlijnproces - dr. D.J. (David) Bruinvels, bedrijfsarts – epidemioloog (tot 01-03-2014)
- inhoudsdeskundige – dr. Ir. H.H.E. (Huub) Oude Vrielink, onderzoeker arbeid & gezondheid (na 01-03-2014)
- projectondersteuner – mw. M. (Marian) Lebbink, stafmedewerker NVAB.

De Kerngroep deed het voorbereidende werk aan de hand van het projectplan, bereidde de hoorzitting voor, voerde de knelpuntenanalyse uit en deed een voorstel voor de uitgangsvragen. Tevens leverde ze de epidemiologische en praktische uitwerking van het project (met name literatuursearch, critical appraisal, opstellen evidence rapport, opstellen conceptrichtlijn en uitvoeren externe commentaarronde). De Kerngroep kwam gedurende de looptijd acht maal bijeen.

### **Projectgroep**

De projectgroep bestond uit vertegenwoordigers van de gebruikers van de richtlijn, aangevuld met experts op het terrein van de richtlijn:

- BA&O, M. (Max) Vermeij, A & O deskundige
- NVAB, C. (Cees) Everaert, bedrijfsarts
- NVvA, Ep Marinus, arbeidshygiënist
- NVvE, Frank Krause, ergonom
- NVVK, Jan Doornbusch, veiligheidskundige – arbeidsdeskundige
- Extern deskundige, Dr. Ir. Huub Oude Vrielink, onderzoeker arbeid & gezondheid



De vergaderingen van de projectgroep werden voorgezeten door de kerngroepvoorzitter prof. dr. C.T.J. (Carel) Hulshof, ondersteund door mw. M. (Marian) Lebbink.

De projectgroep had als taken de knelpuntanalyse te beoordelen en aan te vullen, een bijdrage te leveren aan de hoorzitting, de concrete uitgangsvragen te formuleren en te accorderen, op basis van de door de kerngroep gemaakte evidence rapporten en overige overwegingen de concrete aanbevelingen accorderen en aanvullen, en de verschillende stadia van de richtlijn te beoordelen. De projectgroep kwam gedurende de looptijd zeven maal bijeen.

### **Werknemers- en werkgeversperspectief**

De inbreng van werknemers en werkgevers is gerealiseerd door hen bij de start van het ontwikkeltraject uit te nodigen voor een hoorzitting om de knelpunten ten aanzien van trillingsbelasting in de praktijk beter in beeld te krijgen en tijdens de commentaarfase om de conceptrichtlijn te becommentariëren. Verder heeft TNO werknemers en werkgevers via het MAPA-platform (MAPA: Maatschappelijke Programma Arbeidsomstandigheden) benaderd voor commentaar op deze richtlijn. De binnengekomen commentaren zijn meegenomen door de auteurs bij de opstelling van de definitieve tekst van de richtlijn.

### **Commentaarfase en autorisatie**

De conceptteksten van de richtlijn en het achtergronddocument worden ter becommentariëring voorgelegd aan inhoudelijk experts, en aan praktiserende leden van de BA&O, NVAB, NVvA, NVvE en NVvK: de betrokken beroepsverenigingen, alsmede aan de aanwezigen op de hoorzitting en aan werknemers- en werkgeversorganisaties. Van acht experts is commentaar ontvangen en verwerkt, alsmede dat van 16 professionals uit de betrokken beroepsgroepen. De lijst met referenten is opgenomen in bijlage 6. Een deel van het gegeven commentaar had betrekking op de praktische uitvoerbaarheid en haalbaarheid van de aanbevolen meetmethoden. Daarover heeft in de projectgroep een uitvoerige discussie plaatsgevonden en op onderdelen is de conceptrichtlijn bijgesteld.

Daarna wordt de richtlijn voorgelegd voor bestuurlijke goedkeuring, geautoriseerd door de betrokken beroepsgroepen en gepubliceerd.

- **Conflicterende belangen**

Alle leden van de kern- en de projectgroep hebben een belangenverklaring ingevuld waarin zij hun banden met commerciële bedrijven hebben aangegeven gedurende het ontwikkeltraject en in de daaraan voorafgaande jaren. Een overzicht van deze verklaringen is opgenomen in bijlage 3.

- **Juridische betekenis**

Richtlijnen zijn geen wettelijke voorschriften, maar op 'evidence' en consensus gebaseerde aanbevelingen waaraan betreffende professionals moeten voldoen om kwalitatief goede advisering en zorg te verlenen. Na autorisatie van de richtlijn door een beroepsvereniging wordt de richtlijn gezien als deel van de 'professionele standaard'. Professionals kunnen op basis van hun professionele autonomie zo nodig afwijken van de richtlijn. Afwijken van richtlijnen kan in bepaalde situaties zelfs noodzakelijk zijn. Wanneer van de richtlijn wordt afgeweken, dient dit beargumenteerd en gedocumenteerd te worden (Hulshof CTJ. *Introductie NVAB-richtlijnen*. Utrecht: 2009, Kwaliteitsbureau NVAB).

In de evidence based richtlijnen van de beroepsverenigingen NVAB, BA&O, NVvA en NVVK wordt de stand van de wetenschap vastgelegd. Werkgevers en werknemers leggen gezamenlijk in arbocatalogi vast met welke maatregelen invulling kan worden gegeven aan de voorschriften van de Arbeidsomstandighedenwetgeving. Bij deze invulling houden werkgevers en werknemers rekening met de stand van de wetenschap, de stand van de techniek en andere kennisdossiers. Positief getoetste arbocatalogi zijn maatgevend voor handhaving door de Inspectie SZW. Een bedrijf mag ervan uitgaan dat het zich aan de Arbowet houdt indien voldaan wordt aan de in de arbocatalogus gestelde veiligheids- en gezondheidseisen en de uit de arbocatalogus voortvloeiende maatregelen zijn getroffen ten aanzien van de beschreven arborisico's.

Bij de totstandkoming van deze evidence based richtlijn is de door EBRO beschreven methodiek gehanteerd (*Evidence-based richtlijnontwikkeling: handleiding voor werkgroepleden*. Update: november 2007. Utrecht: 2007, Kwaliteitsinstituut voor de Gezondheidszorg CBO).

- **Evaluatie en actualisering**

Binnen de financiering door SZW zijn geen middelen gereserveerd voor de evaluatie noch voor de actualisatie van deze richtlijn. De auteurs van de richtlijn Trillingen doen de aanbeveling om de richtlijn te herzien op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten of na maximaal 5 jaar.

# Achtergronden bij de multidisciplinaire richtlijn Vermindering van lichaamstrillingen om schadelijke gezondheidseffecten te voorkomen

Dit deel biedt de wetenschappelijke onderbouwing en de verantwoording voor de aanbevelingen in de richtlijn Vermindering van lichaamstrillingen om schadelijke gezondheidseffecten te voorkomen. De indeling van dit deel volgt die van de richtlijn. Dat maakt het mogelijk om gericht te zoeken naar achtergrondgegevens bij een bepaald deel van de richtlijn.

## 1. Meten van lichaamstrillingen

### Uitgangsvraag 1

- Met welke methoden en technieken (vragenlijsten, interviews, observaties op de werkplek, opgegeven waarden van fabrikanten, trillingsdatabases, directe meettechnieken) is blootstelling aan trillingen op de werkplek betrouwbaar en valide te meten en moeten daarbij andere factoren (bv werk- en zithouding) meegenomen worden? Hoe nauwkeurig moet er gemeten worden? Kun je ook betrouwbaar blootstelling vaststellen zonder te meten?

### 1.1 Inleiding

In algemene zin zijn trillingen herhaalde heen- en weer verplaatsingen (oscillaties) in één of meer richtingen rond een evenwichtstoestand. Trillingen worden in hun basis gekenmerkt door vier eigenschappen: de sterkte (ook wel de grootte, amplitude of uitslag van de verplaatsingen genoemd), de frequentie (het aantal keren per seconde dat de verplaatsingen zich voordoen), de duur (de periode over welke de trillingen aanwezig zijn) en de richting (in het driedimensionale vlak worden standaard de richtingen X: voor-achterwaarts, Y: zijwaarts en Z: verticaal genomen ten opzichte van de persoon die blootgesteld is). Ook kan een trilling regelmatig optreden (zoals voelbaar tijdens het rijden op een voertuig) of plotseling en onregelmatig voorkomen. Indien dit laatste het geval is en de sterkte aanzienlijk is, dan spreken we van stoten of schokken. Daar waar verder in het document gesproken wordt over trillingsbelasting gaat het impliciet ook over schokken en stoten, tenzij anders vermeld.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de wijze waarop de genoemde eigenschappen van trillingen kunnen worden bepaald. De standaard hierbij is de meting met gespecialiseerde apparatuur. En hoewel de metingen zelf – herhaald uitgevoerd onder vergelijkbare omstandigheden – goed reproduceerbare uitkomsten opleveren, kan de interpretatie van de uitkomsten van die metingen toch sterk verschillen. Voor een deel komt dit omdat de verschillende wijzen van interpretatie de eigenschappen van de trillingen verschillend laten meewegen. Maar ook omdat er zeer veel factoren invloed hebben op de uitkomst; deze factoren worden niet altijd herkend en meegenomen in onderzoeken. Als alternatief voor het uitvoeren van metingen wordt er soms voor gekozen om waarden van reeds bekende en eerder gerapporteerde uitkomsten van metingen te vermelden (uit databases, rapporten en artikelen en opgaven door fabrikanten). De voorwaarden voor het gebruik van reeds bekende data wordt besproken.

De relatie tussen de trillingen en eventuele gezondheidseffecten wordt bepaald door de blootstelling. Ingegaan wordt op de wijze van schatting van de blootstelling op grond van metingen, en ook op de betrouwbaarheid indien de blootstelling subjectief wordt geschat. Het meest belangrijk is op welke wijze de blootstelling samenhangt met het al dan niet optreden van gezondheidsschade. Hiervan geven we een overzicht en interpretatie van de huidige kennis.

Dit hoofdstuk besluit met een advies over de wijze van meting en interpretatie van trillingen in arbeidssituaties waar sprake is van blootstelling aan trillingen of waar het wordt vermoed. Ook wordt aangegeven wanneer een meting wel of juist niet zinvol lijkt.

## 1.2 Meten van trillingen en schatten van de blootstelling volgens NEN-ISO-2631-1

Voor het meten van lichaamstrillingen wordt als standaard, ook in het Nederlandse Arbobesluit trillingen, de meetmethode zoals beschreven in in de norm NEN-ISO-2631-1 (1997) gehanteerd. De eisen aan de meetapparatuur worden apart gespecificeerd in NEN-ISO-8041 (2005). NEN-ISO-2631-1 (1997) definieert terminologie, de richtingen waarin de trillingen worden gemeten, plaats en duur van de metingen en de gehanteerde methoden om metingen om te zetten in interpreteerbare uitkomsten. Hoewel trillingen zowel in termen van verplaatsing, snelheid of versnelling kunnen worden uitgedrukt, wordt als standaard versnelling gebruikt uitgedrukt in m/s<sup>2</sup> en gemeten door middel van versnellingsopnemers. Voor het meten van lichaamstrillingen wordt voor zittende personen gemeten op het grensvlak van zitvlak en stoeloppervlak, doorgaans met een platte schijf ("pannenkoek") met drie versnellingsopnemers, één voor elk van de drie richtingen. Voor staande personen gebeurt dit midden tussen de voeten meteen aan het sta oppervlak.

### Weegfactoren voor frequentie en richting

Omdat het menselijk lichaam vooral gevoelig blijkt voor trillingsfrequenties in de orde van 0.25 – 30 Hz (1 Hz = 1 trilling per seconde) beschrijft NEN-ISO 2631-1 (1997) weegfilters. Deze laten de genoemde frequenties zwaarder wegen dan hogere en lagere frequenties. Om deze reden dragen trillingen met een frequentie lager dan 0.1 Hz (één trilling met een lengte van 10 seconden) of hoger dan 100 Hz nauwelijks bij aan de uitkomst van een trillingsmeting. Ook definieert NEN-ISO 2631-1 (1997) de zogenaamde k-factor: aangegeven wordt dat het menselijk lichaam (en met name de wervelkolom) gevoeliger is voor trillingen in het horizontale vlak ten opzichte van verticaal. Om deze reden worden gemeten trillingen in het horizontale vlak met een factor 1.4 vermenigvuldigd ten opzichte van verticale trillingen.

### Uitkomstmaten: RMS en VDV

Van een trillingsmeting kunnen vervolgens verschillende uitkomstmaten worden afgeleid. Als standaard wordt gehanteerd de zogenaamde effectieve of RMS (Root-Mean-Square, in m/s<sup>2</sup>) waarde  $a_w$ . Hierbij wordt de tweedemachtswortel getrokken uit de som van het kwadratisch gemiddelde van de frequentiegewogen versnelling:

$$a_{w,r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \text{ (ms}^{-2}\text{)}$$

Ook wordt in de norm de Vibration Dose Value (VDV) methode beschreven, een vierde machts berekening van het gemeten signaal zonder tijdmiddeling. De VDV wordt uitgedrukt in m/s<sup>1.75</sup>. Een belangrijk verschil tussen beide uitkomstmaten is dat een sterke trilling, ten opzichte van een

zwakkere, bij de VDV methode hoger uitkomt dan bij de RMS methode. Dit omdat sterkere pieken door de vierde macht sterker doorwerken in de uitkomst. De uitkomsten worden berekend voor ieder van de drie trillingsrichtingen apart.

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T a_w^4(t) dt} \text{ (ms}^{-1.75}\text{)}$$

### **Overige uitkomstmaten**

NEN-ISO 2631-1 (1997) beschrijft ook additionele uitkomstmaten van een trillingsmeting: Crest factor en 'Maximum Transient Vibration Factor' (MTVV). De Crest Factor wordt berekend als de absolute waarde van de ratio tussen de hoogste (of laagste) instantane piek in het trillingssignaal en de RMS waarde  $a_w$  van de gehele meting. Een Crest Factor >9 zou op schokken wijzen, zodat niet alleen beoordeeld zou moeten worden met de RMS methode. Echter, bij erg lage trillingsniveaus kan een relatief geringe trilling al in een hoge Crest Factor resulteren. Om deze reden wordt het gebruik van de Crest Factor in deze richtlijn dan ook afgeraden. De MTVV is de hoogste waarde van het zogenoemde 'running RMS' signaal, gegeven een integratietijd voor dit signaal van 1 seconde. Indien de ratio tussen MTVV en  $a_w$  hoger dan 1,5 komt wijst dit op pieken in de blootstelling en zou niet meer alleen volstaan moeten worden met het weergegeven van alleen de RMS waarde  $a_w$ . In de literatuur echter wordt de laatstgenoemde ratio zelden gerapporteerd, zodat geen goed inzicht bestaat in de waarde ervan.

### **Beoordelen per as of de vectorsom**

Voor een evaluatie van de uitkomsten van de metingen met het oog op potentiële gezondheidseffecten wordt aanbevolen de hoogste waarde van de drie richtingen te nemen. In het geval dat er geen duidelijk onderscheid kan worden gemaakt tussen twee of meer richtingen wordt in de ISO norm het berekenen van de vectorsom over de drie richtingen aanbevolen. Dit is echter in de Europese (en Nederlandse) wetgeving niet overgenomen.

### **Kans op schadelijke gezondheidseffecten**

De norm geeft tevens een indicatie bij welk meetresultaat de kans op negatieve gezondheidseffecten gaat ontstaan. Deze zogenaamde "health caution zone" is voor  $a_w$ , bij een 8-urige werkdag, gesteld op 0.45 – 0.9  $m/s^2$  en voor VDV op 8.5 – 17  $m/s^{1.75}$  (zie ook: Griffin, 2004). Binnen deze zones is er sprake van mogelijke gezondheidseffecten; boven de genoemde hoogste waarden zijn deze effecten waarschijnlijk. Let wel dat deze grenzen verschillen ten opzichte van de door de Europese Unie vastgestelde wettelijke actiewaarde en grenswaarde:  $a_w$  0.5 – 1.15  $m/s^2$  en 9.1 – 21  $m/s^{1.75}$  VDV. Dit betekent dat de huidige wettelijke grenzen voor trillingsblootstelling aan de hoge kant liggen en er in de praktijk altijd naar gestreefd moet worden zo ver mogelijk onder deze grenzen te blijven.

De praktische uitvoering van de metingen volgens NEN-ISO 2631-1 (1997) en het schatten van blootstellingen in praktijksituaties is beschreven in de Europese norm EN-14253 (2003). Ten opzichte van de ISO norm geeft deze als extra een indicatie van minimaal 3 minuten per meting en dat de metingen moeten worden uitgevoerd op verschillende momenten van de dag, zodat de variatie over een werkdag wordt meegenomen. Benadrukt wordt dat de duur van de meting zoveel mogelijk alle variatie in de blootstelling moet omvatten. EN-14253 (2003) beschrijft de uitgangspunten bij de voorbereiding en organisatie van metingen. Elke taak die duidelijk lijkt bij te dragen aan de dagelijkse trillingsblootstelling dient gemeten te worden.

Per taak moet in ieder geval het volgende worden beschreven: de gemeten persoon of personen, de machine, de taak zelf (inclusief frequentie en duur van gebruik per werkdag), de omstandigheden waaronder de taak wordt uitgevoerd (inclusief rijsnelheid, belading en additionele werktuigen), de ondergrond (inclusief wisselingen hierin), de stoel (met name type, staat en afstelling) en, indien mogelijk, aard van de trilling, bijvoorbeeld of deze continu dan wel in schokken optreedt, wat de bron is en wat de belangrijkste trillingsrichting(en) zijn. De blootstellingsduur wordt bij voorkeur vastgesteld via directe observatie, video analyse of activiteitsmeting. Aangegeven wordt dat het bevragen hierop van werkenden vaak leidt tot een overschatting van de blootstellingstijd, omdat geen rekening gehouden wordt met momenten van geen blootstelling.

### 1.3 Meten van trillingen en schatten van de blootstelling volgens NEN-ISO-2631-5

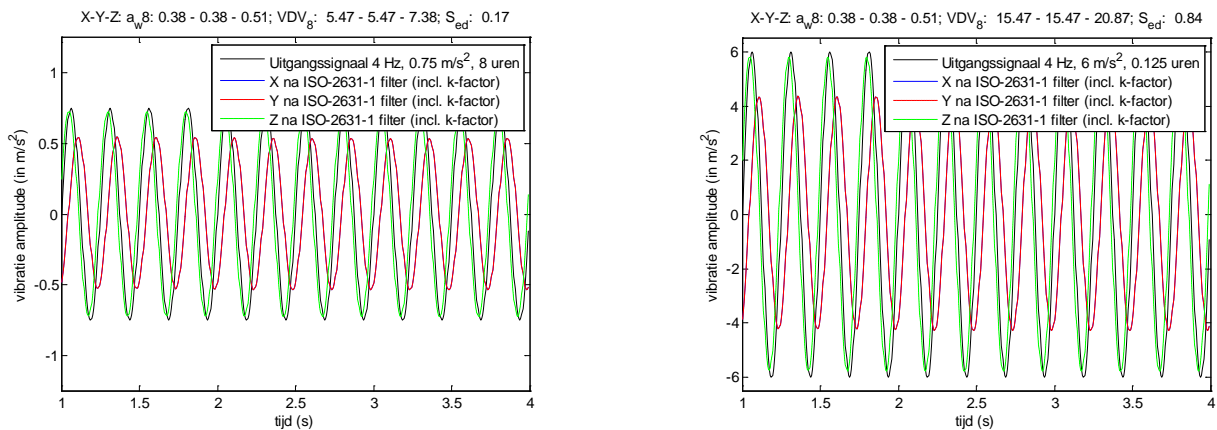
Een additionele uitkomstmaat van de gemeten trillingen wordt beschreven in ISO-2631-5 (2004). Het gemeten (niet frequentie-gewogen!) trillingssignaal wordt hiertoe modelmatig in een versnellingsdosis van de wervelkolom omgezet. Vervolgens wordt de statische compressie dosis,  $S_{ed}$ , berekend (in mPa). Essentieel in deze berekening is dat pieken in de versnellingen volgens een zesde macht functie worden opgeteld. Meer nog dan bij de VDV berekening zullen volgens deze methode hoge pieken in de meting doorwerken in het eindresultaat. Deze methode is daarom vooral bedoeld ter evaluatie van schokken. Indicatief is een gezondheidsgrens aangereikt: bij een  $S_{ed} < 0.5$  mPa is de kans op gezondheidseffecten ten aanzien van de wervelkolom laag. Evenwel is bij een  $S_{ed} > 0.8$  mPa de kans op negatieve effecten aanzienlijk.

<b>Niveau 4</b>	<p><i>De standaardmethode voor het meten van trillingen met behulp van versnellingsopnemers is in de normen NEN-ISO-2631-1 (1997), NEN-ISO-2631-5 (2004) en EN-14253 (2003) uitvoerig beschreven. Metingen kunnen worden geïnterpreteerd aan de hand van verschillende uitkomstmaten, <math>a_w</math>, VDV en <math>S_{ed}</math>, die in deze volgorde sterker rekening houden met pieken in de trillingsmeting.</i></p> <p><i>D NEN-ISO-2631-1 1997, D NEN-ISO-2631-5 2004, D EN-14253 2003</i></p>
-----------------	--

### 1.4 Evaluatiemethoden van trillingsmetingen volgens NEN-ISO 2631-1 en NEN-ISO 2631-5

Bij de evaluatie van de resultaten van trillingsmetingen aan de hand van de verschillende uitkomstmaten in NEN ISO 2631-1 ( $a_w$  en VDV) en  $S_{ed}$  in NEN ISO 2631-5 kan men tot verschillen in conclusies over de hoogte van de blootstelling komen. Dat VDV en  $S_{ed}$  sterker dan  $a_w$  rekening houden met pieken in de trillingsbelasting wordt bevestigd in diverse onderzoeken en kan ook modelmatig worden aangetoond: over een 8-urige werkdag relatief gelijkmatige trillingsbelastingen met piek-piek waarden van  $1.5 \text{ m/s}^2$  in het frequentie-gebied rond 4 Hz zal een dagblootstelling rond de actiewaarde  $a_w$  van  $0.51 \text{ m/s}^2$  opleveren (zie figuur 1, links, uitgaande van de hoogst gemeten waarde in de Z-richting). Dit terwijl VDV en  $S_{ed}$  waarden in deze situatie ruim onder de voor deze parameters gestelde ondergrenzen blijven: respectievelijk  $7.38 \text{ m/s}^{1.75}$  en  $0.17 \text{ mPa}$ . Omgekeerd zal een veel korter durende ( $7\frac{1}{2}$  minuut over een werkdag van 8 uur), maar veel sterkere trilling (piek-piek  $12 \text{ m/s}^2$ ) dezelfde als bovengenoemde dagblootstelling uitgedrukt als  $a_w$  opleveren (zie figuur 1, rechts), echter indien uitgedrukt als VDV of  $S_{ed}$  een waarde opleveren

(respectievelijk  $20.87 \text{ m/s}^{1.75}$  en  $0.84 \text{ mPa}$ ) die als veel ernstiger probleem mag worden gezien, gezien de uitkomsten die uitstijgen boven de eerder genoemde health guidance caution zone.



**Figuur 1**

Simulatie in MATLAB van een zuiver sinusvormig trillingssignaal van 4 Hz met een piek-amplitude van  $1.5 \text{ m/s}^2$  (links) en  $12 \text{ m/s}^2$  (rechts) vóór filtering (zwarte lijn) en na toepassing van de in ISO-2631-1 voorgeschreven filtering en k-factor correctie (blauw: voor-achterwaartsrichting (X); rood: zijwaarts richting (Y); groen: verticaal richting (Z)). Gesimuleerd is een identiek uitgangssignaal in elk van de drie trillingsrichtingen. Merk op de faseverschuiving voor de X en Y signalen als gevolg van de toegepaste filtering. De boven beide figuren weergegeven  $a_w$ , VDV en  $S_{ed}$  waarden zijn berekend op grond van de in het bijschrift getoonde duur van de trilling over een werkdag. Daarbij is voor de rechter figuur aangenomen dat de rest van de werkdag geen verdere trillings-blootstelling plaatsvindt.

Eger en co-onderzoekers (2008) maakten in een studie met zeven chauffeurs op verschillende steenladers een vergelijking tussen de uitkomsten indien NEN-ISO 2631-1 (1997) en NEN-ISO-2631-5 (2004) werden toegepast. De RMS en VDV methode van NEN-ISO 2631-1 (1997) vertoonden grote overeenkomst en zouden in zes van de zeven gevallen tot eenzelfde conclusie leiden, namelijk dat actie nodig is ( $n=4$ ) of verdere blootstelling onmiddellijk moet worden gestopt ( $n=2$ ). Echter in één meting bleek de VDV meting een aanzienlijk hogere waarde op te leveren ten opzichte van de RMS methode, en zou op grond van de eerste verdere blootstelling moeten worden vermeden. In slechts twee gevallen bereikte de  $S_{ed}$  de grens  $0.5 \text{ mPa}$  of net daarboven. Hierdoor zouden noodzakelijke acties op grond van NEN-ISO 2631-5 (2004) niet worden genomen. In een andere studie vanuit dezelfde onderzoeksgroep bij vrachtwagens in het goederenvervoer werden ook duidelijke verschillen in interpretatie van de blootstelling bij het gebruik van de drie uitkomstmaten gevonden (Smets et al. 2010).

Vergelijkbare uitkomsten werden gevonden door Oude Vrielink (2013) bij de meting van de trillingsblootstellingen van chauffeurs ( $n=3$ ) op verschillende zelfrijdende maaimachines in de praktijk. Voor elke machine werden de uitkomsten over de chauffeurs samengevat en per trillingsrichting gerapporteerd. Tijdens het maaien in normaal tempo bleek over alle machines de actiewaarde  $0.5 \text{ m/s}^2$  voor in totaal twee trillingsrichtingen te worden overschreden, terwijl dit zes keer bedroeg indien de VDV waarde  $9.1 \text{ m/s}^{1.75}$  als grens werd gebruikt. De  $S_{ed}$  waarde van  $0.5 \text{ MPa}$  werd overschreden bij één maaimachine; voor deze machine gold dat voor elk van de trillingsrichtingen de actiewaarde voor de VDV werd overschreden. Dus ook hier duidelijke verschillen in 'ernst' van de blootstelling.

Lewis en Johnson (2012) rapporteerden bij een groep van 13 buschauffeurs dat op grond van NEN-ISO 2631-1 (1997) evaluatie (beide methoden  $a_w$  in RMS en VDV) voor rijden over stukken

snelweg juist actie zou moeten worden ondernomen om blootstelling te verminderen ( $a_w=0.51$  m/s<sup>2</sup>; VDV=10.8 m/s<sup>1.75</sup>), terwijl op grond van de  $S_{ed}$  (0.42 MPa) dit nog net niet zou hoeven. Echter zodra een stadsparcours werd gereden of een gedeelte met verkeersdrempels, bleef de  $a_w$  onder de actiewaarde (respectievelijk 0.47 en 0.46 m/s<sup>2</sup>) maar de VDV waarden (respectievelijk 12.7 en 12.5 m/s<sup>1.75</sup>) en  $S_{ed}$  (respectievelijk 0.71 en 0.58 MPa) indiceerden te ondernemen actie.

Bovenzi (2009) voerde een tweejarige follow-up studie uit onder 537 chauffeurs in de zware industrie en civiele dienstverlening. Trillingsmetingen werd bij een representatief deel (n=68) van deze chauffeurs uitgevoerd. De auteur rapporteerde dat bijna 8% van de chauffeurs de actiewaarde 0.5 m/s<sup>2</sup> op grond van de RMS methode uit NEN-ISO 2631-1 (1997) zou overschrijden. Echter, dit percentage bedroeg bijna 29% indien de VDV grens van 9.1 m/s<sup>1.75</sup> gebruikt zou worden voor actie. De laatste groep bevatte uitsluitend chauffeurs uit de zware industrie (niet uit de publieke dienstverlening). Omdat het aannemelijk is dat de groep uit de zware industrie meer blootgesteld is aan schokken en ongelijkmatige trillingen, ondersteunt dit de voorgaande bevindingen dat de VDV methode meer dan de RMS methode moet worden toegepast indien wisseling in de sterkte van trillingen te verwachten zijn.

Ook Paddan & Griffin (2002) vonden in hun onderzoek bij 100 voertuigen, verdeeld over 14 groepen, een verschil in beoordeling indien deze werd afgeleid van de VDV methode ten opzichte van die van de RMS methode. Bekeken over de groepen vervoermiddelen bleek de beoordeling via de VDV methode meestal hoger uit te vallen.

Uit de simulaties en uit de literatuur blijkt dat de beide evaluatiemethoden volgens NEN-ISO 2631-1 (1997) en de methode volgens NEN-ISO 2631-5 (2004) voor eenzelfde situatie niet altijd tot dezelfde conclusie leiden. In de volgorde  $a_w - VDV - S_{ed}$  wordt de uitkomst meer bepaald door de aanwezigheid van schokken. Bij gelijkmatige blootstelling aan trillingen van relatief lage sterkte is de RMS methode effectief. Echter, indien trillingen periodiek optreden of wisseling in trillingsblootstelling gebeurt, zal de VDV methode sneller signaleren dat er actie zou moeten worden ondernomen. Wordt de sterkte van trillingen nog groter, zoals bij schokken, dan mag van de  $S_{ed}$  methode het eerste signaal worden verwacht. Omdat het van tevoren lastig is te voorspellen welke van de methoden het beste kan worden toegepast, wordt vanuit de literatuur (Nitti & De Santis, 2010; Lewis & Johnson, 2012) aanbevolen de drie genoemde methoden naast elkaar toe te passen en te rapporteren. Dit laatste is vooral ook bedoeld om het inzicht in de toepasbaarheid van elk van de evaluatiemethoden te vergroten.

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Bij een evaluatie van de trillingsblootstelling door middel van trillingsmetingen kan de conclusie na toepassing van de drie methoden (<math>a_w</math>, VDV en <math>S_{ed}</math>) zoals beschreven in NEN-ISO 2631-1 (1997) en NEN-ISO 2631-5 (2004) sterk uiteenlopen.</i></p> <p><i>A2 Bovenzi 2009, C Lewis &amp; Johnson 2012, B Smets 2010, B Oude Vrielink 2013, B Eger 2008, C Paddan &amp; Griffin 2002</i></p>
-----------------	--

Let er wel op dat bij het rapporteren van de VDV meetwaarden ook de meetduur en de (geschatte) duur van dagelijkse blootstelling moet worden gerapporteerd. Anders kunnen de meetwaarden niet worden herleid tot een dagelijkse blootstellingsdosis.

Omdat het voor arbodeskundigen in de praktijk in veel gevallen (nog) niet mogelijk zal zijn metingen volgens NEN-ISO-2631-5 (2004) uit te voeren, adviseren we de uitkomsten van de metingen bij voorkeur in een RMS (Root Mean Square) versnellingswaarde  $a_w$ , en Vibration Dose



Value (VDV) uit te drukken. Indien mogelijk, kan bij veelvuldige blootstelling aan schokken of stoten, aanvullend de gezondheidsindicatie ( $S_{ed}$ ) zoals genoemd in NEN-ISO-2631-5 (2004) vermeld worden.

## 1.5 Van meting naar blootstelling

De dagelijkse blootstelling wordt berekend als product van de sterkte van de trillingen en de duur. Hierbij doet de sterkte tot de tweede ( $a_w$ ), vierde (VDV) of zesde ( $S_{ed}$ ) macht mee. De precieze berekenwijze is gegeven in NEN-ISO 2631-1 (1997) en NEN-ISO 2631-5 (2004). Indien de blootstelling over een werkdag wordt bepaald door één werkmethode waarvan de intensiteit (bijvoorbeeld via metingen) en ook de blootstellingstijd bekend is, kan hiermee op eenvoudige wijze de dagelijkse blootstelling worden berekend. Indien de dagelijkse blootstelling wordt bepaald door meerdere werkmethoden (bijvoorbeeld vanwege het rijden op verschillende voertuigen) met verschillende trillingsintensiteit en duur, of indien het dagelijks werk bestaat uit verschillende activiteiten op hetzelfde voertuig, waarbij bijvoorbeeld snelheid, belading, ondergrond, etc. en ook de duur ervan kunnen wisselen, dan wordt de dagelijkse blootstelling geschat op basis van de som van de blootstellingen tijdens de individuele activiteiten. Let wel: het betreft een tweede ( $a_w$ ), vierde (VDV) of zesde ( $S_{ed}$ ) machtssom (zie de beide genoemde ISO normen en de Europese norm EN-14253 (2003)).

<b>Niveau 4</b>	<p><i>De dagelijkse blootstelling wordt berekend als product van de sterkte van de trillingen en de duur. Afhankelijk van de gekozen uitgangsmaat doet hierbij de sterkte tot de tweede (<math>a_w</math>), vierde (VDV) of zesde (<math>S_{ed}</math>) macht mee.</i></p> <p><i>D NEN-ISO 2631-1 1997, D NEN-ISO 2631-5, 2004</i></p>
-----------------	--

Het is principieel niet juist de meetresultaten van individuele activiteiten rechtstreeks om te zetten in dagelijkse blootstellingswaarden indien de werkdag is samengesteld uit meerdere activiteiten. Een betere aanpak is het opstellen van een normaal werkdagpatroon, of nog beter het aanreiken van verschillende werkdagpatronen die tezamen de uitersten in mogelijke werkdagpatronen inclusief de meest waarschijnlijke patronen omvatten. De combinatie van werkdagpatronen en trillingsgrootte per activiteit leidt tot de best mogelijke schatting van de dagelijkse blootstelling. Een voorbeeld van een dergelijke benadering is gegeven in Oude Vrielink (2013) waarbij directe metingen bij chauffeurs tijdens het maaien van plantsoenen zijn gecombineerd met tijdregistraties van chauffeurs in de plantsoenendienst.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Indien de werkdag is samengesteld uit meerdere activiteiten wordt de schatting van de dagelijkse blootstelling verkregen uit de combinatie van werkdagpatronen en trillingssterkte <u>per activiteit</u>.</i></p> <p><i>B Oude Vrielink 2013, D EN-14253 2003</i></p>
-----------------	---

## 1.6 Factoren van invloed op de uitkomst van een meting

Van een groot aantal factoren is bekend dat ze de trillingsblootstelling, theoretisch of in praktijk gemeten, beïnvloeden. In de Europese norm 14253 (EN-14253, 2003) wordt dan ook gevraagd bij elke meting eveneens de volgende factoren te beschrijven: specificatie van het voertuig of

machine (fabrikant, model, vermogen, stoeltype en –damping, bandenspanning en –toestand, mate van onderhoud, jaar van fabricage), dagelijkse werkpatronen voor elk van de activiteiten en de duur ervan, gebruikte en gemonteerde hulpmiddelen, ondergrond waarover gereden wordt, en de belading. Ook wordt gevraagd de perso(o)nen te beschrijven (lichaamsgewicht en zithouding) waarbij de metingen verricht zijn.

Tiemessen en collega's (2007) reviewden de factoren die uit laboratoriumstudies of uit de praktijk bekend waren om hun invloed op de blootstelling in termen van sterkte en/of duur. Hierbij werden sterke aanwijzingen gevonden (d.w.z. meerdere studies toonden dit aan) voor de invloed van het type stoel, de damping van de stoel, de damping van de cabine, het type voertuig, de belading van het voertuig, het lichaamsgewicht van de chauffeur, de houding van de chauffeur, diens ervaring, de rijsnelheid en de mate van ongelijkheid van de ondergrond. Ook voor de plaats van de cabine op het voertuig en de staat van onderhoud werd enige aanwijzing gevonden, zij het minder sterk.

In het voertuig komen veel invloedsfactoren bij elkaar waaronder massa van het voertuig, toegestane belading, bandenmaat, bandenspanning, afstand tussen de assen en zijwaarts tussen de wielen, positie van de cabine, type en damping van de stoel en van de cabine, houding van de chauffeur en motorvermogen. Voor al deze factoren kan vanuit een theoretisch oogpunt de invloed worden beredeneerd op de trillingsblootstelling. In de praktijk blijken veel van deze factoren niet of niet-systematisch onderzocht. Veruit het meeste is bekend over de factoren 'rijsnelheid' en 'mate van ongelijkheid van de ondergrond'. Bij metingen onder de voeten van 10 staande chauffeurs op een stapelaar (soort heftruck ook bekend onder de naam electropallettruck of EPT) werd een hogere blootstelling gemeten indien het testparcours sneller werd afgelegd (Costa & Arezes, 2009). Dit betrof de blootstelling uitgedrukt als vectorsom van de drie trillingsrichtingen. Een vergelijkbaar resultaat werd gevonden door Chen et al. (2003) na meting van 292 taxichauffeurs in Taipei. Zij rapporteerden een enigszins afgevlakte toename van de trillingsblootstelling (alleen gemeten in de verticale richting) bij toenemende gemiddelde rijsnelheid.

In een poging de relatieve bijdrage van de belangrijkste invloedsfactoren op de trillingsblootstelling te schatten, komen Nitti en De Santis (2010) via gestandaardiseerde regressie tot de conclusie dat de invloed op de verticale trillingsblootstelling in de door hen gemeten zware transporttrucks afneemt in de volgende volgorde: ongelijkheid van de weg (twee categorieën: gladde snelweg of tamelijk ruwe provinciale weg), rijsnelheid (3 categorieën: 40, 60 of 80 km/uur), type damping van de vooras (twee typen) en te vervoeren last (uitsluitend weergegeven als vol of leeg). Costa en Arezes (2009) vonden bij chauffeurs van stapelaars een lagere blootstelling naarmate het lichaamsgewicht van de chauffeur toenam. Dit werd eveneens gevonden in het eerder genoemde onderzoek onder taxichauffeurs (Chen et al., 2003). De resultaten gerapporteerd door Milosavljevic et al. (2011) doen dezelfde invloed vermoeden: zij vonden bij metingen aan 130 werkers van veebedrijven in Nieuw Zeeland rijdend op quads een afnemende blootstelling bij toenemende BMI, maar deden geen melding van hun exacte lichaamsgewicht.

Andere invloedsfactoren die in incidentele onderzoeken invloed blijken te hebben op de trillingsblootstelling zijn ervaring (positieve relatie: Costa & Arezes, 2009) en leeftijd van de chauffeur (negatieve relatie: Chen et al., 2003; Milosavljevic et al., 2011).

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Veel factoren hebben invloed op de uitkomst van trillingsmetingen, vooral mate van ongelijkheid van de ondergrond, rijsnelheid en technische aspecten van het voertuig.</i></p> <p><i>A1 Tiemessen et al., 2007, C Okunribido et al., 2007, C Costa &amp; Arezes 2009, C Chen et al. 2003, C Nitti &amp; De Santis 2010, C Milosavljevic et al., 2011</i></p>
-----------------	---

<b>Niveau 4</b>	<p><i>De waarde van de uitkomsten van trillingsmetingen zouden, met het oog op het verkrijgen van vergelijkingsmateriaal, enorm verhoogd worden indien machines, omstandigheden en personen goed en zo volledig mogelijk worden beschreven.</i></p> <p><i>D mening werkgroep, D EN-14253 2003</i></p>
-----------------	---

## 1.7 Wanneer is een meting betrouwbaar?

Pinto en Stacchini (2006) hebben lichaamstrillingen gemeten bij 18 chauffeurs van zes verschillende voertuigen (typen: heftruck, shovel, bus en vuilniswagen) en probeerden de variatie in de metingen te verklaren. Hun conclusie was dat onzekerheid over de uitkomst van een meting vooral werd bepaald door de gebruikte machines (de orde van onzekerheid was tot ongeveer 30%, dat wil zeggen dat de uitkomst van een meting aan eenzelfde persoon rijdend in twee verschillende voertuigen van vergelijkbare aard en grootte en hetzelfde werk uitvoerend tot 30% kon afwijken) en door “werkcycli” (deze term moet worden gelezen als ondergrond; de onzekerheid bleek < 15%; dat wil zeggen dat een meting aan dezelfde persoon rijdend op dezelfde machine maar via verschillende trajecten dit uitvoert – trajecten die uiteraard wel binnen de taak vallen – tot 15% kan afwijken). Ook de onzekerheid door het meten bij verschillende chauffeurs bleek beperkt van grootte, namelijk <10 %. De kleinste onzekerheid werd veroorzaakt door de meetapparatuur zelf: deze bleef beneden 4%.

Ook uit onderzoek van Oude Vrielink (2009) met twee ervaren trekkerchauffeurs en negen verschillende merken en typen zware trekkers, bleek de variatie over de chauffeurs aanzienlijk kleiner dan die veroorzaakt door de gebruikte voertuigen. Echter, in dit onderzoek bleken herhalingen van een “werkcyclus” nauwelijks af te wijken en waren de metingen in hoge mate reproduceerbaar. Hierbij moet worden aangetekend dat de vrijheid voor de trekkerchauffeurs om af te wijken van de relatief smalle betonpaden niet erg groot was. Dit zou het verschil met de uitkomst van Pinto en Stacchini (2006) kunnen verklaren. In een eerder onderzoek met trekkers van Oude Vrielink (2007) hadden de chauffeurs aanzienlijk meer vrijheid in het kiezen van het parcours. Daar bleek de spreiding tussen chauffeurs en herhaalde metingen dan ook aanmerkelijk groter. Er zijn nauwelijks studies bekend die systematisch de mogelijke oorzaken van spreiding in de uitkomsten van trillingsmetingen rapporteren. Gezien de vergelijking van bovenstaande studies mag worden afgeleid dat de uitkomsten van dergelijke studies sterk zullen afhangen van de spreiding in de gebruikte machines, omstandigheden en aard van de chauffeurs. Als voorbeeld mag hier het eerder gerefereerde onderzoek naar chauffeurs van verschillende maaimachines dienen (Oude Vrielink, 2013): als de chauffeurs werd gevraagd een vergelijkbaar traject gehaast te maaien (dit resulteerde in een daadwerkelijk verhoogde gemiddelde rijsnelheid) bleken de trillingsblootstellingen aanmerkelijk verhoogd ten opzichte van normaal rijden, maar bleken de verschillen tussen de machines nog altijd groter. Bij beheerst rijden, wat nauwelijks ten koste ging

van de gemiddelde rijsnelheid, bleek een aanzienlijke vermindering van de trillingsblootstelling op te treden en bleven de verschillen tussen de machines intact. Met andere woorden: nog steeds lijkt het voertuig de belangrijkste bron van variatie bij de uitkomst van metingen, maar het rijgedrag van de chauffeurs kan ook een belangrijke bron van variatie worden, zeker indien de vrijheid voor de chauffeurs om de taken uit te voeren beperkt is.

Duidelijk is dat de meetapparatuur zelf nauwelijks bijdraagt aan de variatie. Dit is ook de ervaring van meerdere auteurs van deze richtlijn. En hoewel de norm EN-14253 (2003) met recht vermeldt dat de meetketen van de gebruikte apparatuur met enige regelmaat geijkt dient te worden, is het eveneens de ervaring van de auteurs van deze richtlijn dat opeenvolgende ijkingen maar beperkt afwijken, en binnen de door Pinto en Stacchini (2006) genoemde spreiding van 4% vallen. Geconcludeerd mag worden dat professionele meetapparatuur (die behoort tot de klasse 1 volgens NEN-EN-ISO 8041, 2005) stabiel functioneert. Uiteraard mogen geen software- en hardwarefouten optreden, en hierop moet dan ook voorafgaand aan elke meting gecontroleerd worden. Dit kan door gebruik te maken van een ijkinstrument dat een bekende trillingssterkte en -frequentie opwekt. Vooral breuken in kabels of slechte connecties tussen datalogger en versnellingsopnemer kunnen een verkeerd resultaat geven, met bijvoorbeeld veel te hoge pieken als gevolg.

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Er kan van een betrouwbare meting van lichaamstrillingen gesproken worden indien de voor die situatie belangrijkste invloedfactoren zijn meegenomen in de meting en er een goed beeld bestaat van de verschillende uitvoeringsvormen van de werkcycli.</i></p> <p><i>B Pinto en Stacchini 2006, B Oude Vrielink 2009 en 2013, D EN-14253 2003</i></p>
-----------------	---

## 1.8 Kan blootstelling aan lichaamstrillingen, sterkte zowel als duur, worden geschat door middel van observatie en subjectieve beoordeling?

Op dit moment zijn er voor lichaamstrillingen geen studies bekend die een vergelijking maken tussen metingen van de trillingssterkte en het schatten ervan via observatie of subjectieve beoordeling. In een beperkt onderzoek tijdens de Bedrijfsgeneeskundige Dagen 2014 is aan 30 bedrijfsartsen gevraagd plaats te nemen op een stoel waaronder een trilmotor was gemonteerd. Hen werd gevraagd het trillingsniveau in te stellen op een sterkte waarvan men oordeelde dat dit nog juist acceptabel zou zijn om gedurende een werkdag in een werksituatie aan te worden blootgesteld. Hen was meegedeeld, voor het geval dit niet bekend zou zijn, dat dit in de praktijk een trillingssterkte van  $0.5 \text{ m/s}^2$  betekent. De mediane leeftijd van de groep was 53 (34-62) jaar en hun mediane lichaamsgewicht bedroeg 77 (55-110) kg. Vijf van de personen hadden rugklachten. De mediane score voor de juist acceptabele dagelijkse trillingssterkte bedroeg  $0.11 \text{ m/s}^2$ . Vier personen (13%) kwamen tot een oordeel boven  $0.5 \text{ m/s}^2$ :  $0.53 - 1.11 \text{ m/s}^2$ . Een grote meerderheid (21 personen, 70%) scoorde lager dan  $0.2 \text{ m/s}^2$ . Er bleek geen verband tussen de subjectieve score en leeftijd of lichaamsgewicht. Ook bleken de personen met rugklachten niet voorzichtiger, d.w.z. lager te scoren.

<b>Niveau 4</b>	<p><i>Het maken van een subjectieve schatting van de sterkte van aangeboden lichaamstrillingen lijkt niet valide.</i></p> <p><i>D mening werkgroep</i></p>
-----------------	--

Beter mogelijk lijkt het een subjectieve schatting te maken van de blootstellingsduur. Palmer en co-onderzoekers (2000) lieten een goede overeenkomst zien tussen een subjectieve schatting achteraf van de duur van een blootstelling aan lichaamstrillingen en de werkelijke duur, zoals verkregen via observatie op groepsniveau (n=65). Echter, de afwijking voor een individuele werker kon sterk verschillen, zowel naar boven als naar onder, tot meer dan 100% van de werkelijke waarde. Bovendien was de tijdsduur van de observatie vrij kort (1 uur), waarbij de werker steeds onmiddellijk na het uur van observatie werd gevraagd naar de blootstellingen. De vraag is of dezelfde conclusie kan worden getrokken bij langer durende blootstelling, zoals bij de meeste werkzaamheden het geval is.

Pinto en Stacchini (2006) rapporteerden de blootstellingstijd van vier chauffeurs van twee typen voertuigen (heftruck en shovel) gedurende zeven volle werkdagen. Tevens werd de chauffeurs gevraagd hun blootstellingstijd over een werkdag te schatten. De afwijking bedroeg gemiddeld 7% (op individueel niveau 0-13%), met de neiging voor de meeste personen de blootstellingstijd subjectief te lang te schatten.

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Het voldoende nauwkeurig schatten van de blootstellingsduur kan indien dit aan een groep werknemers wordt gevraagd.</i></p> <p><i>B Palmer et al. 2000, B Pinto en Stacchini 2006</i></p>
-----------------	---

Op het niveau van individuele werknemers kan de afwijking tussen werkelijke blootstellingstijd en opgegeven blootstellingstijd aanzienlijk zijn, met de neiging de werkelijke blootstellingstijd te overschatten. Het is mogelijk dat de onnauwkeurigheid van de schatting groter wordt indien de werker vaker met wisselingen (bijvoorbeeld wachten, in- en uitstappen van het voertuig) te maken krijgt.

## 1.9 Gebruik van door fabrikanten opgegeven of gemeten data

Voor alle machines verplicht de wet (Europese machinerichtlijn 42/EC 2006) de fabrikant om in de gebruiksaanwijzing gegevens aan te leveren over de grootte van de blootstelling aan trillingen. In Nederland is dat conform Warenwetbesluit machines (art.3). De waarden dienen ofwel gebaseerd te zijn op reële meetdata, ofwel op metingen volgens de meest passende normen.

Met betrekking tot de meetdata zijn de omstandigheden waaronder de metingen worden verricht gestandaardiseerd en de procedures voor een aantal groepen machines en voertuigen vast omschreven. Nitti en De Santis (2010) wijzen er terecht op dat deze omstandigheden en procedures sterk kunnen afwijken van de omstandigheden tijdens normaal gebruik in de praktijk. Bovendien geven ze aan dat voor veel voertuigen en machines een dergelijke specifieke standaard ontbreekt. Wel is een algemene standaard beschikbaar (EN-1032, 2003) gericht op het testen van mobiele machines en voertuigen.

Er zijn nauwelijks onderzoeksgegevens beschikbaar die een vergelijking maken tussen blootstellingsmetingen in de praktijk en opgegeven metingen door fabrikanten tijdens gestandaardiseerde tests. Oude Vrielink (2013) heeft voor drie zelfrijdende maaimachines deze vergelijking gerapporteerd. De standaard die hiervoor door de fabrikanten wordt gebruikt is EN-836 (1997). In de standaard is weergegeven hoe de test dient te worden uitgevoerd: rechtuit rijdend met de maaibalken in laagste positie met een constante snelheid van 6 km/uur over een vlak, pas gemaaid grasveld. In de standaard is tevens aangegeven dat de genoemde testomstandigheden waarschijnlijk niet overeen zullen komen met die in de praktijk, en de blootstelling in de praktijk mogelijk zullen onderschatten. Dat laatste bleek inderdaad uit de gerapporteerde vergelijking: de door de fabrikanten opgegeven waarden waren 18-66% lager dan de waarden gemeten in de praktijk. Ook bleken de testwaarden niet geschikt om maaimachines onderling te kunnen vergelijken: in de praktijk verschilden de blootstellingen in voor-achterwaarts en zijwaarts richting sterk tussen de geteste machines. Deze verschillen kwamen niet tot uitdrukking in de test volgens de EN-836 (1997) standaard, waarbij uitsluitend op een vlakke ondergrond en rechtuit gereden wordt.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>De door fabrikanten in de gebruiksaanwijzing gegeven informatie over blootstelling aan lichaamstrillingen kan sterk afwijken van de blootstelling in de praktijk.</i></p> <p><i>B Oude Vrielink 2013</i></p>
-----------------	--

### 1.10 Gebruik van beschikbare (gemeten) data in artikelen, rapporten en databases

De afgelopen decennia zijn veel meetgegevens verzameld over een breed scala aan voertuigen onder uiteenlopende omstandigheden. De vraag is of deze data gebruikt kunnen worden om de blootstelling aan trillingen in een huidige situatie te benaderen. Nitti en De Santis (2010) noemen in hun inleiding als voorwaarden voor dit gebruik (1) dat metingen volgens de standards zijn uitgevoerd, (2) de belangrijkste kenmerken van de gebruikte machines zijn vermeld, (3) de omstandigheden waaronder de metingen zijn verricht zijn omschreven, en (4) inzicht gegeven is in de statistische betrouwbaarheid van de weergegeven data in termen van o.a. gemiddelde, minima, maxima en SD. Met name de verschillen in omstandigheden kunnen de toepassing van dergelijke data bemoeilijken. Aanvullend hierop zou ook informatie over de perso(n)en en zijn/haar/hun rijgedrag moeten zijn vermeld (zie §1.6 Factoren van invloed op de uitkomst van een meting).

Als voorbeeld voor het niet voldoen aan bovenstaande voorwaarden mag Howard *et al.* (2009) gelden: zij hebben lichaamstrillingen van een groot aantal voertuigen gemeten. In de rapportage werd alleen de vectorsom over de drie trillingsrichtingen vermeld (dit strijdt met het rapportageformat volgens de standaard) en er ontbreekt veel informatie over de omstandigheden waaronder de metingen zijn verricht (waaronder rijsnelheid, temperatuur). Gemeten werd steeds gedurende twee minuten, terwijl de standaard een minimum van drie minuten voorschrijft. Ook ontbreekt iedere informatie over de chauffeurs van de voertuigen. Het geheel aan ontbrekende gegevens maakt dat de gepresenteerde data voor de verschillende voertuigen geen gemakkelijke toepassing vinden in een andere situatie.

Lewis en Johnson (2012) vermeldden de meeste en de meest essentiële informatie wél: metingen aan bus (type en stoel worden vermeld) en auto (geen nadere specificatie van de stoel) uitgevoerd

en gerapporteerd volgens de standaarden, rijsnelheden is weergegeven evenals de basis-karakteristieken en de wegtypen waarover gereden is. Bovendien is een tabel met de persoons-kenmerken gepresenteerd. Toch ontbreekt hier ook nog informatie, met name massa van het voertuig, bandenspanning, spoorbreedte en asafstand, en onderhoud moeten worden genoemd.

Een deel van de uitkomsten van verrichte metingen zijn, al dan niet tezamen met gegevens over voertuig, omstandigheden en personen, opgeslagen in databases. Enkele van deze databases kunnen via het Internet worden geraadpleegd:

- Database trillingen machines (<http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=en>, Umeå Universiteit, Umeå, Zweden)  
Een database met bijna 400 voertuigen gespecificeerd naar merk, type en model. Voor ieder voertuig is een (te) beperkte hoeveelheid informatie vermeld: merk, type, korte omschrijving van de verrichte taak, soms een foto, en de meetresultaten per trillingsrichting. De belangrijkste ontbrekende informatie: nadere kenmerken van het voertuig (als bouwjaar, demping, stoel, bandenspanning en –type, asafstand en spoorbreedte, onderhoud), de meeste informatie over de omstandigheden (rijsnelheid, ondergrond, temperatuur, belading en gebruikte hulpmiddelen), en alle informatie over de chauffeurs. Wel is veelal een emailadres vermeld voor navraag naar de bron waaruit de meetgegevens zijn overgenomen.
- Karla (<http://www.las-bb.de/karla/>, Landesamt für Arbeitsschutz, Potsdam, Duitsland)  
Deze database presenteert zowel meetdata in de praktijk als de door fabrikanten opgegeven data en volgens EN protocollen gemeten. De meetdata in de praktijk betreffen vooral metingen van vóór 2006. De database presenteert meetgegevens per type machine, inclusief merk, model, bouwjaar, en een zeer compacte beschrijving van de taak en de ondergrond. Ook is de meetstandaard vermeld en een foto van het voertuig afgedrukt, echter zelden de meetomstandigheden zelf. De database is voor meerdere voertuigen incompleet (bijvoorbeeld ontbrekende type of bouwjaar), ook ontbreekt informatie over factoren als demping, stoel, banden, spoorbreedte en asafstand, onderhoud. Van de omstandigheden wordt alleen het type ondergrond vermeld, waarbij alle overige factoren ontbreken. Geen informatie is weergegeven over de chauffeurs die betrokken waren. Soms is de bron van de informatie genoemd. Voor enkele typen voertuigen worden ook de door de fabrikanten opgegeven data voor trillingsblootstelling vermeld. Opvallend is dat hier uitsluitend de waarden in de verticale richting weergegeven worden.
- Physical Agents Portal (<http://www.portaleagentifisici.it/index.php?lg=EN>, Portale Agenti Fisici, Siena, IT)  
Een database met metingen aan meer dan 1000 voertuigen van verschillende aard, met soms ook meerdere meetresultaten per voertuig en soms de bij het voertuig door de fabrikant opgegeven trillingswaarde. Deze database is de meest complete van het hier vermelde trio. De gemeten trillingsdata in de drie richtingen zijn vermeld samen met een omschrijving van het voertuig (inclusief merk, model, massa en vermogen, stoel en -demping), omstandigheden tijdens de meting (ondergrondtype en specificatie, rijsnelheid) en bron van de meting. Maar ook in deze database ontbreekt iedere informatie over de chauffeurs. Tevens moet geconstateerd worden dat bij veel van de gepresenteerde voertuigen meerdere van de bovengenoemde kenmerken onbeschreven blijven.

De meeste databases en veel van de wetenschappelijke artikelen die rapporteren over blootstelling aan lichaamstrillingen bij nader gespecificeerde voertuigen zijn te summier in de beschrijving van de dempende eigenschappen van het voertuig zelf, de omstandigheden waaronder de metingen zijn verricht en de personen die als chauffeur zijn gemeten.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Het gebruik van blootstellingsdata uit rapporten, publicaties en databases wordt alleen aangeraden als voertuig, omstandigheden en chauffeurs van de metingen goed zijn beschreven en overeenkomen met die van het doel.</i></p> <p><i>C Nitti &amp; De Santis 2010</i></p>
-----------------	---

In sommige gevallen zullen voor eenzelfde voertuig meerdere metingen bekend zijn. In dat geval kan uit de spreiding van de gerapporteerde meetgegevens misschien worden afgeleid welke blootstellingen onder verschillende omstandigheden te verwachten zijn. Echter, ontbreekt de informatie over die omstandigheden of is die gering, dan is ook een dergelijke interpretatie van geringe waarde. Bij een enkele meting zonder heldere en volledige beschrijving van de omstandigheden is het gebruik van de data niet betrouwbaar en wordt dus afgeraden.

### 1.11 Relatie tussen meeteenheid en rugklachten

Ervan uitgaande dat er een relatie bestaat tussen blootstelling aan lichaamstrillingen en rugklachten, wat is dan de beste wijze van uitdrukken van die blootstelling? Hulshof en collega's (2007) vonden in hun analyse van 574 chauffeurs van een breed scala aan voertuigen (inclusief een vaartuig) in het kader van het VIBRISKS project geen duidelijke relatie tussen de dagelijkse blootstelling aan lichaamstrillingen en rugklachten. Echter, hier werd wél een relatie gevonden met de dagelijkse blootstellingstijd. Een duidelijker relatie werd gevonden tussen rugklachten, en dan met name de 12-maand prevalentie, en enkele cumulatieve doses maten. De relaties gevonden voor dosismaten gebaseerd op de VDV bleken sterker dan die gebaseerd op de RMS methode.

Tiemessen en collega's (2008) vonden in hun prospectief cohortonderzoek onder beroepschauffeurs en machinisten met één jaar follow-up, uit hetzelfde VIBRISKS project, geen relatie tussen de verschillende dosismaten met de 12-maand prevalentie van rugklachten indien gecorrigeerd werd voor verschillende werkgerelateerde en persoonsgebonden factoren. Echter, indien naar rugklachten tijdens of onmiddellijk na het rijden werd gevraagd, bleek in dat geval een relatie met de duur van de blootstelling en met enkele dosismaten (zowel gebaseerd op VDV als op  $a_w$ ).

Bovenzi (2009) deed een tweejarige follow-up studie (prospective cohort) onder 537 chauffeurs in de zware industrie en civiele dienstverlening. De grootte van de blootstellingen aan lichaamsstrillingen werd gemeten bij een representatieve steekproef van ~10% van de chauffeurs. De duur van de blootstellingen werd bepaald via vragenlijstonderzoek en ook via directe metingen van de activiteit van de voertuigen. Dosismaten gebaseerd op de VDV bleken een betere voorspeller van rugklachten te zijn dan die gebaseerd op RMS maten. Deze relatie bleek duidelijker bij toenemende ernst van de klachten en pijn. Ook Bovenzi vond een relatie tussen rugklachten en de blootstellingstijd. Ook de mate van fysieke belasting bleek gerelateerd aan het krijgen van rugklachten. In een hernieuwde analyse van de data van een deel van bovengenoemde groep vond de auteur sterkere relaties tussen het krijgen van rugproblemen met de hoogste VDV van de drie trillingsrichtingen en met de gesommeerde VDV over de drie trillingsrichtingen, dan met de dagelijkse trillingsblootstelling uitgedrukt als  $a_w$  (Bovenzi, 2010). Een kanttekening bij deze analyse is evenwel dat de grenzen in het gebruikte logistische model voor die  $a_w$  wel erg lage waarden kenden:  $<0.25 \text{ m/s}^2$ ,  $0.25\text{-}0.30 \text{ m/s}^2$ ,  $>0.30 \text{ m/s}^2$ .



In een tweede vervolganalyse van de bovengenoemde 2009-studie werd in de  $S_{ed}$  een betere voorspeller gevonden voor 12-maand sciatica (uitstralende rugpijn) dan in de hoogste  $a_w$  waarde of de VDV (Bovenzi et al., 2014). Ook werd een sterke relatie tussen sciatica en fysieke belasting gevonden. De auteur constateert dat de in ISO-2631-5 (2004) gestelde  $S_{ed}$  limietwaarden (0.5 en 0.8 mPa) niet epidemiologisch zijn gevalideerd. Omdat in de gepresenteerde studie deze varieerden tussen 0.1 en 0.5 mPa en gegeven de significante relatie geeft de auteur aan dat deze limieten wellicht naar beneden zouden moeten worden bijgesteld.

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Er zijn aanwijzingen dat VDV en <math>S_{ed}</math> als maat voor de trillingsdosis (resp. vierde en zesde machtsberekening van het signaal) een sterkere relatie vertoont met rugklachten dan een trillingsdosis op basis van <math>a_w</math>, uitgedrukt in RMS.</i></p> <p><i>A2 Hulshof et al. 2007, A2 Bovenzi 2009, A2 Bovenzi 2010, A2 Bovenzi 2014</i></p>
-----------------	---

### 1.12 Meten of niet? En wanneer? Haalbaarheid?

Omdat veel vergelijkingsmateriaal niet voldoet, zal bij verdenking van serieuze blootstelling aan lichaamstrillingen momenteel in de meeste gevallen gemeten moeten worden, tenzij uitstekend vergelijkingsmateriaal bestaat wat betreft overeenkomst in voertuig of machine, omstandigheden en chauffeurskenmerken. Om te bepalen of blootstelling aan trillingen een rol speelt in het arbeidsproces is geen eenduidige checklist voorhanden. De Europese Unie noemt in een adviesdocument (EU, 2008) de volgende criteria:

- off-road rijden, met ander woorden tijdens rijden over niet-verhard ongelijk terrein zoals gebeurt met trekkers, dump-trucks en quads;
- rijden over oppervlakken die onderhoud behoeven, hobbelig zijn, en dan speciaal zonder lading;
- elke dag gedurende langere tijd werken op trillende voertuigen;
- gebruik van voertuigen op een andere ondergrond dan waarvoor ze bedoeld zijn;
- blootgesteld worden aan schokken en stoten;
- werken in een niet-neutrale werkhouding (bijvoorbeeld voorover gebogen of gedraaid), of het moeten hanteren van lasten in combinatie met het worden blootgesteld aan lichaamstrillingen;
- de fabrikant van het voertuig vermeldt een waarschuwing voor blootstelling aan trillingen;
- het vóórkomen van rugklachten bij het type werk.

Bovenstaande criteria zijn niet voorzien van scherpe grenzen en zijn zeker ook niet compleet. Zo hoeft off-road rijden geen enkel probleem te vormen indien het met zeer lage snelheid gebeurt. Met andere woorden: de mate van ongelijkheid van de ondergrond zal in combinatie met de rijsnelheid bepalen of de blootstelling aanzienlijk wordt. Snel rijden kan daarnaast nog een zelfstandig effect hebben, namelijk bij het draaien of nemen van bochten, waarbij de zijwaartse versnellingen aanzienlijk kunnen worden, en bij het optrekken en afremmen waarbij hetzelfde gebeurt in voor-achterwaarts richting. Ook wordt geen precies oordeel gegeven over het begrip "langere tijd". Door de auteurs van deze richtlijn is dit nader omschreven als "meer dan één uur per werkdag". Voor deze één uur is echter geen wetenschappelijke onderbouwing gevonden.

Hoewel metingen de beste optie zijn om blootstelling aan lichaamstrillingen te bepalen noemen Nitti en De Santis (2010) ook meerdere mogelijke bezwaren: directe metingen worden lastig indien geen goede representatieve omstandigheden kunnen worden gemeten, metingen zijn tijdrovend

en dus kostbaar, metingen gaan gepaard met hoge onzekerheid mede door factoren die niet worden meegenomen en meetresultaten zijn afhankelijk van goede professionals met voldoende ervaring met design en uitvoering ervan. Wat betreft de onzekerheid noemt het EU rapport (EU, 2008) een marge van -40% tot +20% van de gemeten waarde (waarbij verder geen bron wordt genoemd). De afhankelijkheid van goede professionals is zeker waar. Er zullen dus voorafgaand aan metingen verstandige keuzes moet worden gemaakt wat betreft de factoren die wel en niet in een meting zullen worden meegenomen. Dit om een meting ook in tijd overzichtelijk en beperkt te houden. Welke keuzes moeten worden gemaakt is vooraf niet aan te geven; deze hangen teveel af van de specifieke situatie. Wel kunnen de eerder genoemde resultaten van Pinto en Stacchini (2006) in het achterhoofd worden gehouden, namelijk dat de variatie tussen de voertuigen zelf van grote invloed is op de uitkomst en ook dat de vrijheid die chauffeurs hebben hun routes te kiezen (en daarmee mogelijk de mate van gelijkheid van de ondergrond waarover ze rijden bepalen) een duidelijke invloed heeft op de uitkomsten. En zoals eerder geconstateerd, blijken verder rijnsnelheid en rijgedrag sterk van invloed op de meetresultaten.

<b>Niveau 4</b>	<p><i>In de praktijk voldoet veel vergelijkingsmateriaal niet! Bij verdenking van serieuze blootstelling aan lichaamstrillingen moet in de meeste gevallen gemeten worden (tenzij uitstekend vergelijkingsmateriaal bestaat wat betreft overeenkomst in voertuig of machine, omstandigheden en chauffeurskenmerken).</i></p> <p><i>D mening werkgroep</i></p>
-----------------	---

<b>Niveau 4</b>	<p><i>Om te bepalen of blootstelling aan trillingen een rol speelt in het arbeidsproces noemt de Europese Unie in een adviesdocument (EU, 2008) criteria waaronder "... gedurende langere tijd werken op trillende voertuigen". Langere tijd wordt geoperationaliseerd als: meer dan een uur per werkdag.</i></p> <p><i>D mening werkgroep</i></p>
-----------------	--

Over de (financiële) haalbaarheid van het uitvoeren van trillingsmetingen is geen gerichte literatuur gevonden. Wel komen er steeds meer, goedkopere en makkelijk(er) te bedienen meetinstrumenten op de markt. Wolfgang et al., (2014) doen verslag van het meten van lichaamstrillingen bij mijnvoertuigen in Australië met behulp van een relatief eenvoudige iPod, uitgerust met een Touch versnellingsmeter. Frequentieanalyses zijn daarmee niet mogelijk en de apparatuur voldoet ook niet aan de NEN ISO 8041 normen voor trillingsmeters. Toch bleek in een onderzoek naar de betrouwbaarheid van de uitslagen van de iPod ten opzichte van metingen met de gangbare apparatuur de overeenstemming tussen de meetwaarden in de praktijk bijzonder hoog, met name in de verticale richting. Dit opent perspectieven voor de toekomst,

### 1.13 Interpreten van meetgegevens en rapporteren

Belangrijk is – het zij hier nogmaals benadrukt – om in geval van metingen niet alleen de meetresultaten zelf zo volledig mogelijk te rapporteren, maar ook informatie te verstrekken over voertuigen, chauffeurs en omstandigheden. Zie als voorbeeld Mayton en co-onderzoekers (2008), die voor agrarische werkzaamheden enige meetdata rapporteren zonder inzicht te geven in de precieze kenmerken van de voertuigen, chauffeurs en omstandigheden. Op grond van de gepubliceerde resultaten zou geconcludeerd kunnen worden dat rijden op zware trekkers tot

minder trillingsblootstelling leidt, maar onduidelijk is of andere factoren hiervoor medeverantwoordelijk zijn zoals ondergrond, rijsnelheid, stoeldemping, etc. Ten tweede mag worden benoemd dat de door de Europese Unie bepaalde blootstellingsgrenzen (0,5 en 1,15 m/s<sup>2</sup>) door meerdere wetenschappers als te hoog worden gezien (Bovenzi & Hulshof 1999; Bovenzi et al. 2009). Als voorbeeld een Duits dwarsdoorsnede-onderzoek (Schwarze et al., 2003) bij heftruckchauffeurs (n=159), vrachtwagenchauffeurs (n=64) en machinisten in de wegenbouw (n=165). Zij werden medisch onderzocht op rugklachten. Tevens werd van hen de trillingsblootstelling geschat op grond van de gehanteerde machine, de arbeidsgeschiedenis (meegenomen in het medisch onderzoek) en meetdata die bekend waren voor vergelijkbare machines uit een database (VIBEX). Er werd uitsluitend rekening gehouden met trillingen in de verticale richting. Geen rekening werd gehouden met de werkhouding en trillingen in de andere richtingen. Bij een grens van 0.81 m/s<sup>2</sup> (de grens die in Duitsland in een VDI norm gehanteerd wordt) werden relatief veel personen met klachten geconstateerd met een dagdosis die voor iedere dag onder deze grens bleef. Als deze grens verlaagd werd naar 0.63 m/s<sup>2</sup> werd deze groep kleiner, en verkleinde niet verder meer bij een grens 0.40 m/s<sup>2</sup>. Geconcludeerd werd dat dagdosisgrens met 0.81 m/s<sup>2</sup> te hoog is en in ieder geval naar 0.63 m/s<sup>2</sup> zou moeten worden verlaagd.

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Bij de door de EU bepaalde maximale dagelijkse blootstelling aan trillingen van 1.15 m/s<sup>2</sup> is het risico op rugklachten duidelijk verhoogd. Bij een dagelijkse blootstelling beneden de actiewaarde 0.5 m/s<sup>2</sup> lijkt dit niet het geval.</i></p> <p><i>A1 Bovenzi &amp; Hulshof 1999 A2 Bovenzi 2009 C Schwarze et al., 2003</i></p>
-----------------	---

## 2. Diagnostiek

### Uitgangsvraag 2

- Met welke diagnostische methoden kunnen de potentiële gezondheidseffecten in kaart worden gebracht?

#### 2.1 Aspecifieke rugklachten of een specifieke rugaandoening?

Blootstelling aan lichaamstrillingen kan leiden tot ongemak, klachten, ziekteverzuim en schade aan de gezondheid. Verreweg het meeste onderzoek is verricht naar rugklachten. Of het hierbij gaat om aspecifieke lage rugklachten of om een specifieke aandoening is nog niet geheel duidelijk. Hoewel in de wat oudere literatuur vaak gesproken wordt over een ten gevolge van blootstelling aan lichaamstrillingen verhoogd risico op het krijgen van lage rugklachten, hernia's van de tussenwervelschijf en vervroegde degeneratie van de wervelkolom is het in de recentere studies doorgaans niet gelukt om met behulp van beeldvormend onderzoek van de wervelkolom een duidelijke relatie tussen lichaamstrillingen en pathologische bevindingen bij dit beeldvormend onderzoek aan te tonen (Bible et al. 2012), noch een specifieke 'lumbar disc disease' voor lichaamstrillingen te herkennen (Weber et al. 2002; Schwarze et al. 2002), noch een eenduidig verband tussen verschijnselen van lumboradicaal syndroom op basis van MRI-gegevens en verschillende expositiematen voor blootstelling aan trillingen te vinden (Palmer et al. 2012). Er bestaat bij rugpijn sowieso veel discussie over een pathologisch-anatomisch substraat. Veranderingen aan de tussenwervelschijf, met name de 'diagnose' degeneratieve disc disease is controversieel. Sommigen zien dit als een normaal ouderdomsverschijnsel, terwijl anderen hierin een indicatie voor chirurgisch ingrijpen zien (Ketenzorgrichtlijn aspecifieke lage rugklachten 2010). Vooral nog blijft daarom een goede anamnese, het goed navragen van klachten en verschijnselen, de belangrijkste diagnostische methode. In epidemiologische onderzoek maar ook bij gezondheidsbewaking wordt daarbij vaak van vragenlijsten gebruik gemaakt.

#### 2.2 (gestandaardiseerde) Vragenlijsten

In epidemiologisch onderzoek naar de effecten van beroepsmatige blootstelling aan lichaamsstrillingen is van veel verschillende vragenlijsten gebruik gemaakt. De meeste van deze vragenlijsten zijn bedoeld voor zelf-rapportage door al dan niet aan trillingen blootgestelde werknemers. Soms zijn de vragenlijsten gebruikt en ingevuld door (bedrijfs-)artsen of ander medisch geschoold personeel bij het face to face afnemen van de anamnese.

In een door de EU gefinancierd onderzoek (VIBRISKS, [http://www.vibrisks.soton.ac.uk/body\\_index.htm#top](http://www.vibrisks.soton.ac.uk/body_index.htm#top)) is in een multicentertrial die in vier Europese landen (Nederland, Italië, UK en Zweden) is uitgevoerd, gebruik gemaakt van een vragenlijst die wat betreft het in beeld brengen van de gezondheidseffecten grotendeels was gebaseerd op bestaande gevalideerde lijsten (Magnusson et al. 1998; Lundström et al. 2007). Voor het navragen van het voorkomen van rugklachten, de pijnintensiteit en de door rugklachten ontstane beperkingen zijn dat respectievelijk de Nordic Questionnaire on musculoskeletal symptoms (Kuorinka et al. 1983), de visual analogue scale (VAS) van de Von Korf pain intensity scale (Von Korff et al. 1992) en de Roland Morris disability scale (Roland & Morris 1983). Van de in het EU-onderzoek ontwikkelde vragenlijst is een Nederlandstalige versie beschikbaar (Tiemessen et al.

2007). In het Final Report van het VIBRISKS onderzoek wordt aanbevolen om bij toekomstig onderzoek naar de effecten van lichaamstrillingen zoveel mogelijk van deze vragenlijst gebruik te maken (<http://www.vibrisks.soton.ac.uk/reports/VIBRISKS%20Final%20Summary%20280207.pdf>). Hoewel deze vragenlijst oorspronkelijk is opgesteld voor epidemiologisch onderzoek, kan het bij een spreekuur of bij een periodiek medisch onderzoek ook dienen als een hulpmiddel om op een gestructureerde wijze zowel de blootstelling als de aard, frequentie, duur en gevolgen van de gezondheidsklachten vast te leggen. In bijlage 2 van de richtlijn is een aangepaste versie, alleen gericht op rugklachten opgenomen.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Voor het in kaart brengen van potentiële gezondheidseffecten van blootstelling aan lichaamstrillingen kan gebruik gemaakt worden van een vragenlijst, de VIBRISKS Questionnaire, die in een Europees multicenteronderzoek is ontwikkeld en gebruikt en waarvan een Nederlandstalige versie beschikbaar is.</i></p> <p><i>C Lundström 2007 C Magnusson 1998 B Tiemessen 2007</i></p>
-----------------	---

### 2.3 Lichamelijk onderzoek

Voor het vaststellen van specifieke lage rugklachten heeft het uitvoeren van een lichamelijk onderzoek in het algemeen weinig toegevoegde waarde. De bedrijfsarts stelt de diagnose 'specifieke rugpijn' op basis van pijnklachten die voornamelijk zijn gelokaliseerd in de rug, die verergeren bij bepaalde houdingen of bewegingen zonder uitstraling in de benen (althans niet voorbij de knie) en zonder andere ziekteverschijnselen. Door het uitsluiten van specifieke aandoeningen wordt de diagnose bevestigd. Er zijn geen bevindingen uit het lichamelijk onderzoek die de diagnose specifieke rugpijn bevestigen (NVAB-richtlijn rugklachten 2006). Bij individuele spreekuurcontacten of bij preventief medisch onderzoek (PMO) wordt toch aangeraden om lichamelijk onderzoek te doen, vooral omdat de cliënt dit verwacht en het een goede indruk kan geven van de ervaren beperkingen (Verbeek et al. 2004; Bovenzi & Hulshof 2007)

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Voor het in kaart brengen van potentiële gezondheidseffecten van blootstelling aan lichaamstrillingen is lichamelijk onderzoek door de (bedrijfs)arts niet vereist. Bij individuele spreekuurcontacten of bij PMO kan lichamelijk onderzoek uitgevoerd worden omdat de cliënt dit verwacht en het een indruk kan geven van de beperkingen.</i></p> <p><i>D NVAB-richtlijn rugklachten 2006 C Verbeek 2004 C Bovenzi 2007</i></p>
-----------------	--

### 2.4 Aanvullend onderzoek, waaronder beeldvormend onderzoek

In een aantal epidemiologische studies naar de effecten van blootstelling aan lichaamstrillingen is gebruik gemaakt van beeldvormend onderzoek (röntgenfoto's, CT-scan, MRI). Schwarze et al (1998) beschreven in een onderzoek onder grondverzetmachinisten een statistisch significante relatie tussen rugklachten ('lumbar syndrome'), degeneratieve symptomen bij röntgenologisch onderzoek en blootstelling aan trillingen. In een heranalyse van de lumbale röntgenfoto's zeggen dezelfde auteurs echter dat er geen duidelijk of specifiek röntgenologisch patroon in de gevonden afwijkingen te ontdekken is (Schwarze et al. 2002).

Tot een soortgelijke conclusie komt ook Weber (2002) op grond van een review van negen studies waarbij zijns inziens geen enkele studie exacte orthopedische criteria voor het optreden van tussenwervelschijfaandoeningen geeft.

In een systematisch review van vier retrospectieve cohortstudies, een case control studie en twee cross-sectionele studies die de effecten van lichaamstrillingen op de wervelkolom met beeldvormend onderzoek in kaart brengen, concluderen Bible et al. (2012) dat in de meerderheid van de studies geen relatie werd gevonden tussen objectieve bevindingen bij beeldvormend onderzoek (MRI, CT scan, röntgenonderzoek) en blootstelling aan trillingen. In sommige van deze onderzoeken was de blootstelling echter alleen op basis van het beroep bepaald en verder niet geobjectiveerd.

In een case controlonderzoek onder mannelijke patiënten die tussen 2003 en 2006 naar de radiologieafdeling van een algemeen ziekenhuis waren verwezen voor MRI-onderzoek vanwege rugklachten, vonden Palmer et al. (2012) geen significant of eenduidig verband tussen verschijnselen van lumboradiculair syndroom op basis van MRI-gegevens en verschillende expositiematen voor blootstelling aan trillingen. Op grond hiervan concluderen zij dat lichaamstrillingen mogelijk geassocieerd zijn met rugklachten maar niet zozeer met verschijnselen van een lumboradiculair syndroom.

Ook meer in het algemeen wordt bij het afwezig zijn van specifieke waarschuwingssignalen in de anamnese ('rode vlaggen') beeldvormend onderzoek bij werknemers met aspecifieke rugklachten niet aanbevolen (Ketenзорrichtlijn aspecifieke lage rugklachten 2010, Bovenzi 2007).

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Er is op grond van de literatuur geen duidelijke relatie tussen lichaamstrillingen en pathologische bevindingen bij beeldvormend onderzoek van de wervelkolom. Voor het in kaart brengen van potentiële gezondheidseffecten van blootstelling aan lichaamstrillingen is aanvullend beeldvormend onderzoek niet geïndiceerd..</i></p> <p><i>A1 Bible 2012 B Schwarze 2002 B Weber 2002 C Bovenzi 2007</i></p>
-----------------	--

## 2.5 Diagnostiek in het kader van beroepsziekten

In een aantal Europese landen worden rugklachten en rugaandoeningen als gevolg van blootstelling aan lichaamstrillingen onder bepaalde voorwaarden als beroepsziekte erkend. Op grond van een vergelijkend onderzoek naar de in deze landen gehanteerde criteria concluderen Hulshof et al. (2002) dat er tussen Frankrijk, Duitsland, België en Nederland grote verschillen in diagnostische criteria bestaan voor erkenning van deze beroepsziekte. Deze verschillen zijn deels gebaseerd op algemene verschillen in beroepsziekteregelingen maar daarnaast ook op inhoudelijke verschillen t.a.v. specifieke diagnostiek. In België is het zelfs de meest voorkomende beroepsziekte, wat overigens inmiddels tot aanscherping van de criteria en daarmee tot een daling van de incidentie heeft geleid.

In Nederland kunnen en moeten sinds 2005 aspecifieke lage rugklachten als gevolg van blootstelling aan lichaamstrillingen erkend en gemeld worden. Daarvoor is een achtergronddocument uitgewerkt en een instrument voor het bepalen van de arbeidsgelateerdheid van aspecifieke lage

rugklachten (Kuiper et al 2004). Hierbij wordt gesproken van een beroepsziekte als er sprake is van specifieke lage rugklachten bij blootstelling aan lichaamstrillingen van meer dan  $1,15 \text{ m/s}^2$  gemiddeld over een 8-urige werkdag of indien er sprake is van een blootstelling van meer dan  $0,5 \text{ m/s}^2$  gemiddeld over een 8-urige werkdag en er gelijktijdig een belasting door handmatig tillen en dragen of buigen en draaien van de romp plaatsvindt. Jaarlijks worden er echter slechts enkele gevallen gemeld, terwijl het er naar verwachting meer zouden moeten zijn (Hulshof et al. 2002; Kuijer et al 2014). De gekozen afkapwaarde van  $1,15 \text{ m/s}^2$  (de huidige grenswaarde uit de EU-richtlijn) is ons inziens te hoog. In epidemiologisch onderzoek zijn in verschillende studies associaties tussen blootstelling aan lichaamstrillingen en rugklachten gevonden bij lagere blootstellingen (Bovenzi en Hulshof 1999; Tiemessen et al. 2007; Bovenzi 2010, Nilsson et al. 2013). Bij de herziening van de registratierichtlijn door het NCvB zou ons inziens een lagere afkapwaarde gekozen dienen te worden.

Vooralsnog verwijzen we echter voor het melden van specifieke lage rugklachten als (mede) gevolg van blootstelling aan lichaamstrillingen naar de registratierichtlijn van het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten: D004 Specifieke lage rugklachten met de toevoeging dat we bij de afkapwaarden behalve de rms-waarden ook de bijpassende VDV-waarden hebben gegeven (<http://www.beroepsziekten.nl/datafiles/D004.pdf>)

## 3. Interventies

### A. werkplekgerichte maatregelen

#### Uitgangsvraag 3

- Welke werkplekgerichte maatregelen zijn effectief in het verlagen van blootstelling aan trillingen?

Bij interventies om trillingsbelasting te verminderen kan een onderscheid gemaakt worden tussen werkplekgerichte en werknemergerichte maatregelen. Overigens zal in de praktijk in veel gevallen alleen een combinatie van beide typen maatregelen tot een voldoende resultaat leiden (Smith et al. 2005; Tiemessen et al. 2007; Motmans et al. 2012).

Werkplekgerichte maatregelen zijn bedoeld om de trillingsbelasting te verminderen en de omstandigheden waaronder men blootgesteld is aan lichaamstrillingen zoveel mogelijk te verbeteren. Hierbij kan weer een onderscheid gemaakt worden in technische maatregelen en organisatorische of beleidsmaatregelen.

#### 3.1 werkplekgerichte technische maatregelen

In verreweg de meeste gevallen wordt blootstelling aan lichaamstrillingen veroorzaakt door het besturen van een voertuig. In feite vormt het weg-wielcontact tijdens het rijden de belangrijkste oorzaak van de trillingsbelasting, vooral als er over een ongelijke ondergrond wordt gereden.

Technische maatregelen aan de bron moeten er dan ook vooral op gericht zijn op het voorkómen of verminderen van trillingen of schokken die ontstaan door het weg-wielcontact.

##### *Egaliseren en onderhoud van de ondergrond*

Het zoveel mogelijk egaliseren van de ondergrond en het opvullen van gaten in het wegdek of oppervlakte waarover wordt gereden is een van de technische beheersmaatregelen met potentieel de grootste impact op de trillings- en schokbelasting.

Maeda en Morioka (1998) vonden een groot verschil in de trillingsbelasting van vuilniswagens die met dezelfde snelheid over een normale weg of over een slecht wegdek reden. Vooral in ongeladen toestand kon het verschil oplopen tot meer dan 50%.

Bij metingen aan een kleine bestelwagen en een vrachtwagen vonden de onderzoekers een hogere trillingsblootstelling (vooral in verticale richting) in de volgorde rijden over glad asfalt – slecht asfalt (een nadere beschrijving van deze werd niet gegeven) – natuursteen wegdek (Okunribido et al. 2006).

In een systematisch review van Tiemessen et al. (2007) over de effectiviteit van beheersmaatregelen in veldstudies werd in alle zeven studies die het egaliseren van de ondergrond hadden geëvalueerd een positief effect en in de meerderheid van de studies ook een statistisch significant effect gevonden op vermindering van het trillingsniveau.



Ook blijkt dat de trillingsblootstelling toeneemt met meer ongelijk wordende ondergrond waarover gereden wordt: bij het rijden op een trekker nam de blootstelling in alle meetrichtingen toe in de volgorde glad asfalt – klinkerweg – half verhard pad – grasland – ruw terrein (Oude Vrielink, 2007).

Lewis en Johnson (2012) concludeerden ook een duidelijke toename in blootstelling bij buschauffeurs voor de volgorde snelwegen – stadswegen – drempels, hoewel de mate van ongelijkheid van de drie genoemde wegtypen niet nader werd omschreven.

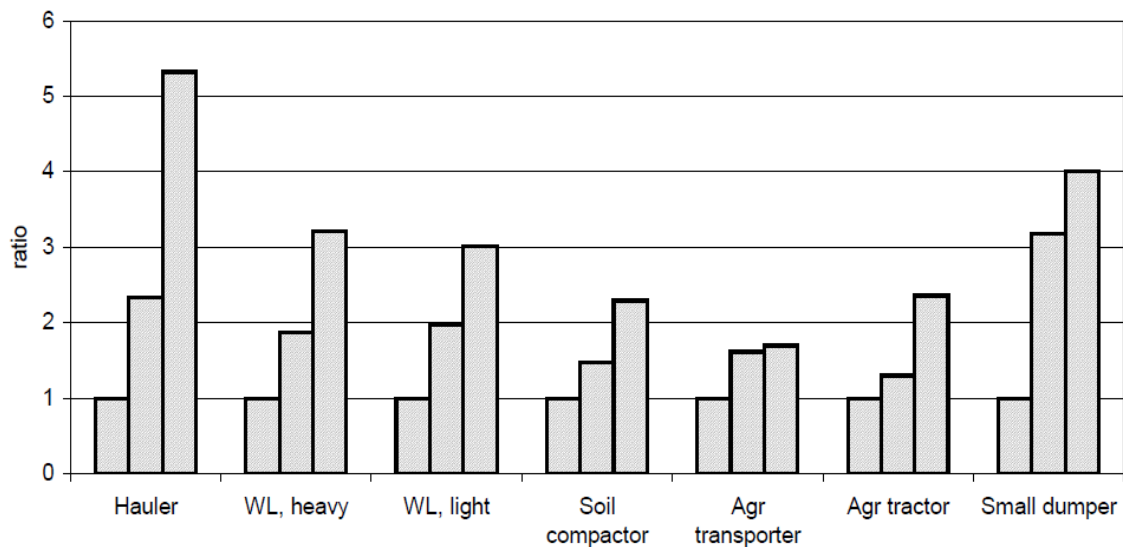
Een recent onderzoek van Motmans (2012) naar interventie maatregelen bij vorkheftruckbestuurders die een orderpicking taak uitvoerden, toonde aan dat egaliseren van de ondergrond de meest effectieve maatregel was. Het vervangen van ongelijk ruw beton door glad beton verlaagde de trillingsbelasting met gemiddeld 39%. Deze reductie was groter dan bij alle andere maatregelen.

In verschillende industriële sectoren zoals het wegvervoer, de bouw of het plantsoenenonderhoud is egaliseren van het wegdek of de ondergrond uiteraard een factor die niet of slechts ten dele in de invloedssfeer van vervoersbedrijven zelf ligt.

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Egalisering en onderhoud van het wegdek of de ondergrond waarover met voertuigen gereden wordt, leidt in de praktijk tot een aanmerkelijke daling van de trillingsbelasting.</i></p> <p><i>B Maeda 1998 C Okunribido 2006 B Tiemessen 2007 B Oude Vrielink 2007 B Lewis &amp; Johnson 2012 B Motmans 2012</i></p>
-----------------	---

### Verlagen van de rij snelheid

Het verlagen van de rij snelheid van het voertuig leidt bij de meeste voertuigen tot verlaging van de trillingsbelasting. Ook hiermee kunnen belangrijke reducties van het trillingsniveau worden bereikt (figuur 2.).



**Figuur 2.** Ratio tussen de trillingsintensiteit in de verticale (Z-) richting bij de laagste rij snelheid, twee keer de laagste snelheid en drie keer de laagste snelheid voor verschillende terreinvoertuigen (Bron: EU-project MAT1-CT940057 in: Nederlandse praktijkrichtlijn NPR-CEN/TR 15172-2:2005 Whole-body vibration - Guidelines for vibration hazards reduction - Part 2: Management measures at the workplace).

In het eerdergenoemde systematisch review van Tiemessen et al. (2007) zijn negen veldstudies opgenomen die het effect van rijsnelheid van verschillende voertuigen hebben geëvalueerd. Bij de meerderheid daarvan werd een statistisch significant verband tussen rijsnelheid en trillingsbelasting gevonden.

Een lineair tot enigszins sterker dan lineair toenemende trillingsblootstelling  $a_w$  bij oplopende rijsnelheid werd gevonden bij metingen bij zes chauffeurs van twee zware landbouwtrekkers voor trillingen in de voor-achterwaarts richting (Oude Vrielink, 2007). Uit dezelfde metingen bleek de toename van de blootstelling met rijsnelheid in de andere trillingsrichtingen lineair of afgevlakt.

Motmans (2012) onderzocht het effect van rijsnelheid bij vorkheftrucks. Verlaging van de rijsnelheid van 15 km/uur naar 8 km/uur resulteerde in een verlaging van de trillingsintensiteit van gemiddeld 26 % (1,05 vs 0,78 m/s<sup>2</sup>).

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Verlaging van de rijsnelheid van voertuigen leidt in de meeste situaties tot een aanzienlijke daling van de trillingsbelasting.</i></p> <p><i>B Tiemessen 2007 B Oude Vrielink 2007 B Motmans 2012 C NPR CEN/TR 15172-2 2005</i></p>
-----------------	--

### **Type voertuig**

Voertuigen moeten geselecteerd worden op de taak die ze moeten uitvoeren. De keuze voor een bepaald type voertuig kan ook invloed hebben op het trillingsniveau.

Paddan & Griffin (2002) voerden metingen uit aan een groot aantal voertuigen van verschillend type. Binnen één categorie (bijv. die van trekkers of die van heftrucks) bleek de variatie in trillingsblootstelling groot. Dit werd door de auteurs als volgt geïnterpreteerd: om een beeld te krijgen van de blootstelling voor een bepaald type werk kan niet worden volstaan met het kiezen van een willekeurig voertuigvoorbeeld.

In het systematische review van Tiemessen et al. (2007) zijn zes studies opgenomen waarbij dezelfde taak door dezelfde bestuurder onder gelijke omgevingscondities in verschillende typen voertuigen werd uitgevoerd. In al deze studies werden significante verschillen in trillingsbelasting gevonden. Algemene regels kunnen hieruit niet met zekerheid worden gedestilleerd maar in het algemeen laten zwaardere voertuigen lagere trillingswaardes zien dan lichtere voertuigen, elektrische vorkheftrucks lagere waarden dan dieselheftrucks, vrachtwagens met de cabine iets achter de voorwielen ('cab behind') lagere trillingswaardes dan vrachtwagens met de cabine boven het voorwiel ('cab over') en nieuwere voertuigen lagere waarden dan oudere voertuigen.

Bij landbouwtrekkers kan vergroting van de spoorbreedte of het monteren van dubbele wielen zorgen voor een aanzienlijke reductie van de zijdelingse trillingen (Y-richting) (NPR CEN/TR 15172-2 2005).

Thamsuwan et al (2013) vergeleken de trillingen op de bestuurderstoel van een 'lage instapbus' (bus met een verlaagde vloer) met die van een conventionele bus. Bij het rijden op de snelweg en de gewone stadswegen was er weinig verschil. Bij het rijden over verkeersdrempels werden bij de conventionele bus significant hogere waarden gemeten.

Bij het leasen of aanschaffen van nieuwe voertuigen wordt afgeraden om bij de selectie gebruik te maken van de trillingswaarden, onder gestandaardiseerde omstandigheden gemeten, die door de producent in het kader van de CE-markering moeten worden verstrekt. Deze waarden zijn niet of nauwelijks voorspellend voor de daadwerkelijke trillingsbelasting in het gebruik van het voertuig in de dagelijkse praktijk (Oude Vrielink 2013).

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Een keuze voor een bepaald type voertuig of machine heeft invloed op de trillingsbelasting. Hierbij spelen vele factoren een rol, met name het gebruiksdoel, de ondergrond en de rijsnelheid zijn hierbij belangrijk.</i></p> <p><i>B Tiemessen 2007 B Oude Vrielink 2013 C NPR CEN/TR 15172-1/2 2005 C Paddan &amp; Griffin 2002</i></p>
-----------------	---

Naast maatregelen die vooral de bron van trillingen en schokken proberen aan te pakken zijn er ook maatregelen die vooral gericht zijn op het vermindern van de overdracht van trillingen.

### **Banden en bandenspanning**

Luchtbanden kunnen trillingen door kleine obstakels of oneffenheden op de grond enigszins dempen. Volledig massieve banden, zoals vooral in het verleden vaak gemonteerd op vorkheftrucks, kunnen dat vaak niet. Aan de andere kant kunnen luchtbanden, met name wanneer door kuilen of gaten in de ondergrond gereden wordt, juist leiden tot opslinging, verhoging van het trillingsniveau, met name bij een verkeerde bandenspanning. Het juiste type banden en de juiste bandenspanning om de trillingsbelasting te verminderen is afhankelijk van het type voertuig, het gebruiksdoel en de ondergrond waarover vooral gereden wordt. Een te lage bandenspanning kan tot opslinging leiden bij het rijden door kuilen. Daarnaast leidt een te lage bandenspanning ook tot het eerder verslijten van de banden.

In het systematisch review van Tiemessen et al. (2007) zijn twee onderzoeken opgenomen die het effect van banden en bandenspanning hebben geëvalueerd. In een onderzoek bij vorkheftrucks werd geen verschil in trillingsbelasting gevonden tussen twee verschillende soorten rubber banden: zachte en harde 'kussenbanden'. Wel werd bij heftrucks met luchtbanden een verhoging van de trillingsbelasting gevonden bij een hogere bandenspanning. Dit werd ook gezien in een onderzoek bij combines (hooiwagens) waar een hogere bandenspanning ook leidde tot hogere trillingswaardes.

Blood et al. (2012) onderzochten het gebruik van tractiekettingen om de banden van wielladers die behalve in de sneeuw ook gebruikt worden in situaties waar meer tractie vereist is, zoals bij het manoeuvreren in zeer ongelijk of steil heuvelachtig terrein. Het gebruik van deze kettingen leidt tot een aanmerkelijke verhoging van het trillingsniveau maar bij het gebruik van een net- (of basket-) ketting was die verhoging veel minder dan bij een ladderketting.

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Met de keuze van het juiste type banden en een juist afgestelde bandenspanning kan de trillingsbelasting verlaagd worden. Dit hangt af van het type voertuig, het gebruiksdoel en de ondergrond waarover vooral gereden wordt.</i></p> <p><i>B Tiemessen 2007 B Blood 2012</i></p>
-----------------	--

## Stoelen en stoelvering

Verreweg het meeste onderzoek naar de mogelijkheden om de blootstelling aan lichaamstrillingen in de praktijk te reduceren heeft plaatsgevonden naar vering en schokabsorptie door stoelen. In de dagelijkse praktijk blijken geveerde stoelen lang niet altijd het gewenste resultaat op te leveren en in sommige gevallen worden de trillingen die het voertuig binnenkomen door de stoel juist versterkt. Een geveerde stoel (mechanische of luchtvering) moet passen bij het type voertuig en het gebruiksdoel. Als de dominante frequenties in de trillingsblootstelling samenvallen met de eigenfrequentie van de geveerde stoel kan opslinging (resonantie) optreden. Om te voorkomen dat een voertuigbestuurder door opslinging (bijvoorbeeld bij het rijden door een kuil of gat in het wegdek) wordt 'gelanceerd' en met zijn hoofd tegen het dak van de cabine komt, wordt er vaak een schokdemper ingebouwd in de stoel. Dit kan echter weer ten koste gaan van de verende werking bij het rijden over minder ongelijke oppervlakten. Kortom: in de praktijk is selectie van de goede stoel belangrijk en een zaak van deskundigen.

In het systematische review van Tiemessen et al. (2007) zijn 14 studies over het effect van geveerde stoelen in de praktijk opgenomen. In slechts drie studies werd een consistent statistisch significant gunstig effect op de trillingsbelasting gevonden. In de overige gevallen was er geen (significant) effect of werd er juist een verhoging van het trillingsniveau waargenomen.

Marcotte et al. (2010) gingen de trillingsdemping in de praktijk van een speciaal ontwikkelde mechanisch geveerde stoel in de metro van Montreal na. Daartoe werd een prototype van de stoel door 19 metrobestuurders met uiteenlopend gewicht uitgeprobeerd op twee metrolijnen in de stad. Uit de gemeten SEAT-waarden<sup>1</sup> bleek dat in het algemeen goede trillingsdemping plaatsvond. Bij sommige horizontale trillingen vond versterking plaats maar dit viel in het niet bij de demping van de dominante verticale trillingen. Ook het subjectief ervaren comfort van de stoel was goed.

In een onderzoek met een repeated measures design evalueerden Blood et al (2010) de effectiviteit van een luchtgeveerde stoel en een mechanisch geveerde stoel bij 12 ervaren vorkheftruckbestuurders tijdens hun werk. Beide stoelen zorgden voor significante verlaging van de trillingsintensiteit t.o.v. trillingen binnenkomend bij de vloer van het voertuig, gemiddeld van 1,33 m/s<sup>2</sup> naar 0,71 m/s<sup>2</sup> bij de mechanisch geveerde stoel en van 1,25 naar 0,54 m/s<sup>2</sup> bij de luchtgeveerde stoel. Ook de VDV- en de Sed-waarde vertoonden significante dalingen. De luchtgeveerde stoel dempte doorgaans iets meer, vooral bij een lager gewicht van de bestuurder.

Een soortgelijk effect werd gevonden door Motmans (2012) die de effectiviteit van een luchtgeveerde stoel bij vorkheftruckbestuurders vergeleek met die van een mechanisch geveerde stoel. De luchtgeveerde stoel gaf gemiddeld een 22% lagere blootstelling (1,02 m/s<sup>2</sup> vs 0,80 m/s<sup>2</sup>) in vergelijking met een mechanisch geveerde stoel. Het effect was afhankelijk van de ondergrond. Op een gladde betonvloer was het verschil maar 10%; op een zeer ongelijke vloer kon het verschil oplopen tot 28%.

Lewis en Johnson (2012) onderzochten het effect van stoelvering (in dit geval een luchtgeveerde stoel) bij 13 buschauffeurs op een zeven jaar oude bus bij het rijden van een standaardroute over snelwegen, stadswegen en verkeersdrempels. De stoel bleek niet effectief. Integendeel: in vrijwel alle gevallen waren de gemeten trillingswaardes op de stoel hoger dan op de vloer van het voertuig.

---

<sup>1</sup> SEAT: Seat Effective Amplitude Transmissibility, een waarde die aangeeft hoe effectief de bij de stoelbasis binnenkomende trillingen bovenop de zitting van de stoel gedempt worden. Als deze waarde minder is dan 100% dan vindt er trillingsdemping plaats, is de waarde hoger dan 100% dan worden de trillingen door de stoel versterkt..

In het onderzoek van Thamsuwan et al. (2013) bij buschauffeurs bleek dat bij het rijden over snelwegen en goed onderhouden stadswegen luchtgeveerde stoelen zorgden voor ongeveer 10% demping van de trillingen ten opzichte van de vloer maar dat bij het rijden over verkeersdrempels juist forse opslinginger plaatsvond. Bij een route met veel verkeersdrempels zou volgens de auteurs een statische stoel zonder (veel) vering wellicht te overwegen zijn.

Bij bemanningen van hoge snelheidsvaartuigen, de 'rigid inflatable boats' (RIB's) die onder andere bij inspecties en patrouilles op zee worden ingezet, is ook onderzoek gedaan naar het effect van geveerde stoelen. Vooral bij een ruwe zee zorgt de zeegang en de hoge snelheid waarmee gevaren wordt voor een hoge verticale schokbelasting. Myers et al. (2012) vonden dat mechanisch geveerde stoelen bij een ruwe zee in staat waren de kortdurende piekbelastingen met gemiddeld 50% te verlagen. Dit kwam vooral tot uiting in een lagere VDV-waarde ten opzichte van een niet-geveerde stoel.

Naast de stoelvering is in sommige studies ook nog gekeken naar het ontwerp van de stoel. Daarbij is onder andere ook gekeken naar het effect van een beweegbare rugleuning of rugsteun.

Johnson et al. (2001) testten het prototype van een autostoel met verticaal bewegende rugleuning bij 10 chauffeurs en vonden een gemiddelde trillingsdemping van 10% ten opzichte van een niet bewegende rugleuning en een vergroting van het subjectief ervaren comfort.

Bij 11 chauffeurs van een bestelbusje werd met behulp van trillingsmetingen en EMG-onderzoek van de rugspieren het effect van een verticaal beweegbare rugleuning nagegaan (Kingma & van Dieën 2009). Op grond van de uitkomsten concluderen de onderzoekers dat een beweegbare rugleuning de transmissie van trillingen over de romp licht vermindert. Of dit in de praktijk ook tot een relevant effect leidt, is echter niet duidelijk.

Viswanathan et al (2006) hebben in een quasi-experimenteel onderzoek onder 20 bestuurders van grondverzetmachines onderzocht of een stoel met continuous passive lumbar motion system (CPLMS) dat cyclisch kan opblazen en leeglopen een bijdrage kan leveren aan het verminderen van trillingsbelasting. De trillingen zelf zijn niet gemeten. Wel is het subjectief ervaren comfort nagegaan. Er bleek geen significant verschil tussen de groep met en zonder de CPLMS-stoel te bestaan maar wellicht was de groep te klein om een effect te vinden.

<b>Niveau 2</b>	<p><i>Zowel mechanisch geveerde stoelen als luchtgeveerde stoelen kunnen het trillingsniveau in verschillende voertuigen verminderen maar zorgen in sommige situaties, onder andere bij het rijden door kuilen of over verkeersdrempels, voor opslinginger en dus vergroting van de trillingsbelasting. Selectie van een goede stoel is afhankelijk van het type voertuig, het gebruiksdoel en de ondergrond en vereist specifieke deskundigheid op dit terrein</i></p> <p><i>B Tiemessen 2007 B Marcotte 2010 B Blood 2010 B Motmans 2010 B Lewis &amp; Johnson 2012 B Myers 2012 C Thamsuwan 2013 C NPR CEN/TR 15172-1/2 2005</i></p>
-----------------	---

### **Cabinevering**

Naar de mogelijkheden voor en effectiviteit van cabinevering in de dagelijkse praktijk is slechts weinig wetenschappelijk interventieonderzoek beschikbaar.

In het review van Tiemessen et al. (2007) is een studie hierover opgenomen. Het ging hierbij echter vooral om het testen van een experimenteel veringssysteem dat mogelijk zou kunnen werken bij vorkheftrucks. Echte evaluatie in de praktijk heeft niet plaatsgevonden.

In een onderzoek bij landbouwtrekkers die over een testparcours van betonnen platen reden (te vergelijken met een slechte B-weg) bleek vering en demping van assen en/of cabine samen te gaan met een verlaging van de trillingsbelasting, vooral in verticale richting, maar de omvang van de vermindering was sterk afhankelijk van het merk trekker (Oude Vrielink 2009).

### 3.2 werkplekgerichte organisatorische maatregelen

#### *Verandering van de inrichting van het productieproces*

Naast de technische maatregelen kan ook door organisatorische maatregelen getracht worden de blootstelling aan lichaamstrillingen te verminderen. Aangezien blootstelling aan lichaamstrillingen in de meerderheid van de gevallen te maken heeft met transport zou het veranderen van de inrichting van het productieproces, bijvoorbeeld het vervangen van transport door transportbanden of het verplaatsen van afdelingen waardoor de transportafstand verkleind kan worden, kunnen bijdragen aan het verlagen van de trillingsbelasting. Effectstudies daarover zijn echter niet bekend.

#### *Voorlichting en instructie*

Artikel 6.11d van het Arbobesluit over trillingen verplicht de werkgever de betreffende werknemers in begrijpelijke taal op de hoogte te stellen van het gegeven dat zij aan potentieel schadelijke trillingen worden blootgesteld en hoe dit moet leiden tot een werkwijze waarbij de werknemer de laagst mogelijke belasting ondervindt.

In een cluster-randomized controlled trial hebben Hulshof et al.(2006) geëvalueerd of een door arbodiensten uitgevoerd breed interventieprogramma voor trillingen bij vorkheftruckbestuurders in de betrokken bedrijven leidde tot een daling van het trillingsniveau. Een onderdeel van dit programma was het door bedrijfsartsen of arbodeskundigen geven van voorlichting en instructie, zowel aan het management van de bedrijven als aan de heftruckbestuurders. Het programma leidde uiteindelijk niet tot een statistisch significante daling van het trillingsniveau maar wel tot positieve effecten op het voorgenomen bedrijfsbeleid bij managers en op attitude en intentie tot gedragsverandering bij heftruckbestuurders.

Een dergelijk positief effect werd niet gevonden in een soortgelijk onderzoek door Tiemessen et al (2009). Als onderdeel van een interventieprogramma met voor- en nametingen gericht op vermindering van trillingsbelasting werd een informatieve presentatie gegeven over de risico's van trillingen en de mogelijkheden (zowel voor leidinggevendenden als voor de aan trillingen blootgestelde werknemers) om hier zelf wat aan te doen. Bij de nameting leidde dit niet tot een significante toename van kennis of verbetering van attitude.

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Er is voorsnog onvoldoende bewijs dat (incidentele) voorlichting en instructie van aan trillingen blootgestelde werknemers en hun leidinggevendenden effectief is in het verlagen van de trillingsbelasting. Een dergelijke voorlichting moet gecombineerd worden met andere maatregelen.</i></p> <p><i>A2 Hulshof 2006 A2 Tiemessen 2009</i></p>
-----------------	---

### *Reductie werkduur en/of het nemen van pauzes*

De in het Arbobesluit opgenomen grenswaarden voor blootstelling aan lichaamstrillingen zijn gebaseerd op een dagdosis. Naast verlaging van de intensiteit van de trillingen zou verlaging van de trillingsbelasting dus ook bereikt kunnen worden door verlaging van het aantal te werken uren per dag en/of het (frequenter) nemen van pauzes tijdens het werk. Hierover zijn echter geen onderzoeksgegevens beschikbaar.

## B. Werknemergerichte maatregelen

### Uitgangsvraag 4

- Welke werknemersgerichte maatregelen (zoals voorlichting en training, medische selectie, persoonlijke beschermingsmiddelen) zijn effectief in het verlagen van blootstelling aan of vermindering van gezondheidseffecten door trillingen?

Bij interventies om trillingsbelasting te verminderen kan een onderscheid gemaakt worden tussen werkplekgerichte en werknemergerichte maatregelen. Overigens zal in de praktijk in veel gevallen alleen een combinatie van beide typen maatregelen tot een voldoende resultaat leiden (Smith et al. 2005; Tiemessen et al. 2007; Motmans et al. 2012).

Werknemergerichte maatregelen zijn bedoeld om de belasting door lichaamstrillingen te verminderen door bijvoorbeeld:

- de werknemer voor te lichten over de risico's van blootstelling aan trillingen en te leren welke maatregelen de werknemer zelf kan nemen om de trillingsbelasting te verlagen, zoals aanpassing rijstijl en rijnsnelheid en correcte instelling stoel.
- alleen werknemers toe te laten die medisch geschikt zijn voor het werk met behulp van aanstellingskeuringen, indien er bijzondere functie-eisen zijn.
- het, waar mogelijk, gebruiken van persoonlijke beschermingsmiddelen.

### 3.3 Voorlichting en training

Zoals ook in hoofdstuk 3 gemeld: de EU-richtlijn op het gebied van trillingen, in Nederland geïmplementeerd in het Arbobesluit afdeling 3a Trillingen artikel 6.11D, verplicht de werkgevers tot voorlichting en training van werknemers die blootgesteld zijn aan trillingen door ze bewust maken van de risico's en ze te trainen om veilig te werken. In de praktijk vindt dit echter nog weinig plaats.

In een door Hulshof et al. (2006) uitgevoerde cluster randomized controlled trial bij 26 bedrijven met in totaal 260 vorkheftruckbestuurders was het geven van voorlichting en instructie, zowel aan het management van de bedrijven als aan de heftruckbestuurders een onderdeel van het interventieprogramma. Dit leidde wel tot positieve effecten op procesniveau, zoals voorgenomen bedrijfsbeleid bij managers en attitude en intentie tot gedragsverandering bij heftruckbestuurders, maar uiteindelijk niet tot een statistisch significante daling van het trillingsniveau. Wel bleek uit de per-protocolanalyse dat daar waar inderdaad veranderingen waren doorgevoerd dit wel leidde tot een significante daling van het trillingsniveau bij de nametingen. Waarschijnlijk was het programma dus niet intensief genoeg.

Shinozaki et al (2001) evalueerden in een prospectief cohortonderzoek een interventie onder 27 vorkheftruckbestuurders als onderdeel van een cohort van 260 werknemers van een koper-smelterij. De 1<sup>e</sup> interventie bestond uit een 'persoonlijke aanpak' (advies over gebruik lumbaalsteun (gordel), dragen warm jack en lichamelijke oefening), de 2e interventie uit een 'facilitaire aanpak': vervanging stoel door geveerde stoel en vervanging massieve banden door luchtgeveerde banden. Een jaar na de 1<sup>e</sup> interventie en 9 maanden na de 2<sup>e</sup> interventie werden de effecten gemeten. De prevalentie van lage rugklachten bij vorkheftruckbestuurders daalde van



63% naar 56% na de 1<sup>e</sup> interventie en naar 33% na de 2<sup>e</sup> interventie. In dezelfde periode daalde de prevalentie van lage rugklachten bij andere werknemers uit het cohort veel minder. Op grond hiervan concluderen de auteurs dat de werkplekgebonden aanpak moet voorafgaan aan of gecombineerd worden met de persoonlijke aanpak. Omdat geen gegevens gepresenteerd worden over blootstellingsniveaus is echter niet bekend in hoeverre de trillingsbelasting door de ingevoerde maatregelen daadwerkelijk is gedaald.

Tiemessen et al (2009) voerde via een RCT-design een interventieonderzoek uit bij negen bedrijven met in totaal 126 aan lichaamstrillingen blootgestelde bestuurders van diverse voertuigen die de EU actiegrens van 0,5 m/s<sup>2</sup> bij baseline overschreden. De interventie in de interventiegroep bestond uit een individuele afspraak van elke werknemer met de bedrijfsarts waarbij onder andere gesproken werd over de invloed van gedragsfactoren (snelheid, rijstijl), een informatiebrochure, een informatieve groepsbijeenkomst over de risico's van trillingen en wat eraan gedaan kan worden en een nieuwsbrief over de resultaten van de uitgevoerde metingen. De werknemers in de controlegroep kregen alleen de informatiebrochure en de nieuwsbrief. Zeven maanden na de start van de interventie werden de effecten gemeten. De interventie leidde niet tot de gewenste effecten (een significant en relevant verschil tussen interventie- en controlegroep), waarschijnlijk door onvoldoende implementatie ervan. Als belangrijkste belemmeringen om veranderingen in de praktijk uit te voeren kwam bij de werknemers de werkdruk naar voren en bij de werkgevers een onvoldoende geloof in de mogelijkheden om met gedragsveranderingen trillingsbelasting te verlagen. Bij die werknemers waarbij uit de procesevaluatie bleek dat meer dan 50% van de in het consult met de bedrijfsarts gemaakte afspraken m.b.t. aanpassing van het gedrag daadwerkelijk was uitgevoerd, was in twee derde van de gevallen wel sprake van een significante daling van de trillingsbelasting.

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Er is vooralsnog onvoldoende bewijs dat alleen voorlichting en training van aan trillingen blootgestelde werknemers effectief is in het verlagen van de trillingsbelasting. Voorlichting en training moet gecombineerd worden met andere maatregelen. Bij gemotiveerde werknemers zijn er wel aanwijzingen dat voorlichting mede tot gedragsverandering leidt.</i></p> <p><i>A2 Hulshof 2006 A2 Tiemessen 2009 B Shinozaki 2001</i></p>
-----------------	---

Blootstelling aan lichaamstrillingen leidt tot vermindering van de houdingsstabiliteit. Daardoor bestaat er bij een voertuigbestuurder aan het einde van een werkdag of werkperiode een groter risico op misstappen of vallen, bijvoorbeeld bij het verlaten van het voertuig. Oullier et al (2009) deden onderzoek bij 12 leerling bulldozermachinisten en een controlegroep naar de effectiviteit van lichamelijke oefeningen gericht op verbetering van de sensomotoriek en houdingsstabiliteit na belasting door lichaamstrillingen. Zij vonden dat de gerichte lichamelijke oefeningen na het rijden op een bulldozer zorgen voor een significante verbetering van houdingsstabiliteit.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Gerichte oefeningen kunnen houdingsstabiliteit na trillingsblootstelling verbeteren en daarmee mogelijk ook de veiligheid van chauffeurs na blootstelling verbeteren.</i></p> <p><i>B Oullier 2009</i></p>
-----------------	--

### 3.4 Medische selectie

Medische selectie door middel van een aanstellingskeuring is volgens de Wet op de medische keuringen in Nederland alleen toegestaan als er functie-eisen zijn die onlosmakelijk aan de functie zijn verbonden en die een bijzonder beroep doen op de medische geschiktheid van de sollicitant. In de Leidraad Aanstellingskeuringen (2005) wordt 'het tijdens het werk rijden op een voertuig met een gemiddeld trillingsniveau (over een achturige werkdag) boven  $0,5 \text{ m/s}^2$ , gedurende meer dan één uur per dag' genoemd als een mogelijke bijzondere functie-eis waarbij een aanstellingskeuring zou mogen plaatsvinden. Als bijzondere belastbaarheidseisen worden benoemd: gedurende de laatste vijf jaar geen langdurige rugklachten (meer dan drie maanden) of frequent voorkomende rugklachten; bij aanwezigheid van rugklachten: geen hernia nucleii pulposi, en geen verstijving van de wervelkolom (zoals na spondylodese). Wel vermeldt de leidraad dat er maatregelen voor reductie van het gezondheidsrisico zijn zoals taakrotatie, egaliseren van de ondergrond, technische maatregelen zoals geveerde stoelen en aanpassen van de rijsnelheid.

Artikel 6.11<sup>e</sup> van het Arbobesluit stelt dat iedere werknemer die voor de eerste keer wordt belast met lichaamstrillingen die een gevaar voor de veiligheid of gezondheid kunnen opleveren (boven de actiegrens van  $0,5 \text{ m/s}^2$ ) in de gelegenheid gesteld worden om voor de aanvang van de werkzaamheden een arbeidsgezondheidkundig onderzoek te ondergaan. In een Europees onderzoeksproject (VIBRISKS) is in de Engelse taal een document uitgewerkt voor gezondheidsbewaking van aan trillingen blootgestelde werknemers (Bovenzi & Hulshof 2007). Daarin wordt ook aandacht besteed aan de mogelijkheid van een intrede-onderzoek als onderdeel van het door het Arbobesluit verplichte gezondheidstoezicht van blootgestelde werknemers. Hiervoor zijn een vragenlijst en een lijst voor medische condities die het risico van blootstelling mogelijk verhogen uitgewerkt.

Evaluatieonderzoek naar de uitvoering en effecten van eventuele aanstellingskeuringen bij beroepen met blootstelling aan trillingen is niet gevonden. Uit meer algemeen onderzoek naar het effect van aanstellingskeuringen (Mahmud et al. 2010) bij het voorkomen van rugklachten is bekend dat er tegenstrijdig bewijs is dat aanstellingskeuringen tot minder rugklachten leiden en dat aanstellingskeuringen voor dit doel daarom niet aanbevolen worden.

<b>Niveau 4</b>	<p><i>Er is geen bewijs dat aanstellingskeuringen bij trillingen tot minder klachten van het bewegingsapparaat leiden. Aanstellingskeuringen worden daarom niet aanbevolen om de gevolgen van trillingsbelasting te verminderen. Wel moet het uitvoeren van een intredekeuring overwogen worden met name vanwege de mogelijkheid om aanstaande werknemers met rugklachten of rugproblemen te informeren over de gezondheidsrisico's en over de mogelijkheden om de blootstelling te verminderen.</i></p> <p><i>D Mening van de projectgroep D Bovenzi 2007</i></p>
-----------------	--

### 3.5 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Bij blootstelling aan lichaamstrillingen zijn er geen effectieve persoonlijke beschermingsmiddelen beschikbaar.

In een cross-sectioneel onderzoek onderzochten Joubert & London (2007) het effect van het dragen van een ruggordel bij 158 vorkheftruckbestuurders en vergeleken dat met een controlegroep van 39 bestuurders zonder gordel. Het dragen van een ruggordel bij blootstelling aan trillingen leidde niet tot afname van de prevalentie van lage rugklachten maar lijkt juist meer klachten te geven. Hoewel door het transversale karakter van het onderzoek selectie-aspecten hierbij niet uitgesloten kunnen worden, wordt het dragen van ruggordels ter preventie van klachten niet aanbevolen.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Het dragen van ruggordels geeft geen preventie van lage rugklachten bij aan trillingen blootgestelde populaties en wordt daarom niet aanbevolen.</i></p> <p><i>B Joubert 2007</i></p>
-----------------	---

## 4. Bijzondere groepen

### Uitgangsvraag 5

- Zijn er bijzondere risicogroepen te benoemen?

#### 4.1 Zwangere werknemers

Arbobesluit artikel 6.29b schrijft voor dat een zwangere of zogende werknemer niet mag worden blootgesteld aan lichaamstrillingen en schokken met een hogere waarde dan  $0,25 \text{ m/s}^2$  over een 8-urige werkdag. Dit betekent in de praktijk dat de meeste rijdende beroepen (bus- of vrachtwagenchauffeur, vorkheftruckbestuurder, bestuurder terreinvoertuig) tijdens de zwangerschap en lactatieperiode niet of slechts enkele uren per dag uitgeoefend kunnen worden. De werkgever dient dan voor vervangend werk te zorgen. Het is niet helemaal duidelijk waar de gekozen grenswaarde vandaan komt. Er is de laatste decennia slechts in beperkte mate onderzoek naar de relatie tussen zwangerschap en trillingen uitgevoerd. Dat onderzoek is overigens niet gericht op rugklachten maar op het verloop en de uitkomst van de zwangerschap.

In een case control studie onder 3.050 zwangere werkende vrouwen uit de omgeving van Lodz is via een interview enkele dagen na de bevalling nagegaan in hoeverre blootstelling aan een aantal werkgebonden risicofactoren geassocieerd was met vroeggeboorte of groeiachterstand van het kind (Makowiec-Dąbrowska et al. 2003). Voor blootstelling aan lichaamstrillingen werd geen verhoogd risico gevonden: odds ratio's (en 95% betrouwbaarheidsintervallen) resp. 0,01 (0-1100) en: 0,48 (0,06-4,0). De zeer ruime betrouwbaarheidsintervallen wijzen op de imprecisie van de resultaten.

Haelterman et al (2007) verrichtten een case control studie onder 4.582 werkende zwangeren in en rond Quebec om te onderzoeken of blootstelling aan werkgebonden risicofactoren - waaronder lichaamstrillingen - geassocieerd was met pre-eclampsie of zwangerschapshypertensie. Voor lichaamstrillingen werd geen duidelijke relatie tussen blootstelling aan lichaamstrillingen in de zwangerschap en pre-eclampsie of zwangerschapshypertensie gevonden: odds ratio's (en 95% betrouwbaarheidsintervallen) OR (95% CI): 1,2 (0,6-2,5) voor pre-eclampsie [voor (elke) blootstelling aan trillingen] en 0.9 (0,4 – 2,2) voor zwangerschapshypertensie.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>In recent onderzoek wordt niet bevestigd dat vrouwen die tijdens de zwangerschap zijn blootgesteld aan lichaamstrillingen een hogere kans op vroeggeboorte, groeiachterstand of op pre-eclampsie hebben.</i></p> <p><i>C Makowiec-Dąbrowska 2003 B Haelterman 2007</i></p>
-----------------	--

<b>Niveau 4</b>	<p><i>Het Arbobesluit art 6.29b stelt dat een zwangere of zogende werknemer niet mag worden blootgesteld aan lichaamstrillingen en schokken met een hogere waarde dan <math>0,25 \text{ m/s}^2</math> over een 8-urige werkdag. Totdat beter onderbouwde wetenschappelijke gegevens beschikbaar komen lijkt dat een veilige norm.</i></p> <p><i>D NVAB-richtlijn Zwangerschap, postpartumperiode en werk 2007 D Mening projectgroep</i></p>
-----------------	---

## 4.2 Oudere werknemers

De discussie of oudere (mannelijke) werknemers een bijzondere risicogroep zijn met betrekking tot blootstelling aan lichaamstrillingen heeft niet zozeer betrekking op rugklachten maar spitst zich de laatste jaren toe op een mogelijke relatie tussen trillingen en prostaatkanker. Hierbij worden in recente onderzoeken tegenstrijdige gegevens gevonden.

In een systematisch review en meta-analyse van 5 case control studies en 3 cohortstudies die allen tussen 1996 en 2004 gepubliceerd zijn, vergeleken Young et al. (2009) de incidentie en mortaliteit van prostaatkanker bij trillingsgerelateerde rijdende beroepen met niet-rijdende controlegroepen. De gepoolde relatief risicoschatting voor trillingen als risicofactor was 1.14 (95% CI 0.99–1.30) hetgeen door de auteurs wordt aangemerkt als een klein en niet-significant effect waarvan bovendien de rol van trillingen daarin niet duidelijk is omdat er ook andere risicofactoren voor prostaatkanker bij rijdende beroepen zijn.

In een case controlstudie onder 447 mannen met klinisch gediagnosticeerd prostaatkanker tussen 35 en 70 jaar uit de regio Montreal die vergeleken zijn met 557 controlepersonen uit de algemene bevolking, hebben Nadalin et al. (2012) op basis van interviews nagegaan of er bij de cases vaker blootstelling aan lichaamstrillingen voorkwam. Zij vonden een licht verhoogd maar net niet statistisch significant risico (OR 1,44; 0,99-2,09) met name voor grondverzetmachinisten.

In een omvangrijke population-based cohortstudie waarbij Canadese mannen (N= 1.107.700) op basis van hun beroep in 1991 tot het jaar 2003 gevolgd zijn, werden 17.921 incidentie cases van prostaatkanker gevonden (Jones et al. 2014). De auteurs vonden geen consistente relatie tussen beroepen met blootstelling aan lichaamstrillingen en prostaatkanker.

<b>Niveau 1</b>	<p><i>Er is tegenstrijdige informatie over een extra risico op prostaatkanker bij werknemers die blootgesteld zijn aan lichaamstrillingen. Als er al een verband is dan is dat slechts een zwak verband.</i></p> <p>A1 Young 2009 B Natalin 2012 B Jones 2014</p>
-----------------	---

## 4.3 Jongere werknemers

Voor jongere werknemers is geen literatuur gevonden waarin specifieke risico's van blootstelling aan lichaamstrillingen zijn beschreven. Vooralsnog gaan we ervan uit dat ze met betrekking tot blootstelling aan lichaamstrillingen als een bijzondere risicogroep beschouwd zouden moeten worden indien de voorgeschreven regels uit het arbobesluit en de in deze richtlijn verwoorde adviezen gevolgd worden. .

## 5. Gezondheidsbewakingsprogramma

### Uitgangsvraag 6

- Hoe kan een effectief gezondheidsbewakingsprogramma eruit zien?

Volgens het Arbobesluit hebben werknemers die worden blootgesteld aan mechanische trillingen die de actiegrens ( $0,5 \text{ m/s}^2$  gemiddeld over een 8-urige werkdag) overschrijden in ieder geval recht op passend gezondheidstoezicht:

1. Iedere werknemer die voor de eerste keer wordt belast met werkzaamheden die blijkens de beoordeling, gevaren kunnen opleveren voor de veiligheid of gezondheid wordt in de gelegenheid gesteld om vóór de aanvang van de werkzaamheden een arbeidsgezondheidskundig onderzoek te ondergaan.
2. Indien bij een werknemer een aandoening wordt geconstateerd die het gevolg zou kunnen zijn van blootstelling aan mechanische trillingen, worden werknemers, die op soortgelijke wijze zijn blootgesteld aan mechanische trillingen, tussentijds in de gelegenheid gesteld een arbeidsgezondheidskundig onderzoek te ondergaan.
3. Op verzoek van de werkgever of de betrokken werknemer wordt het arbeidsgezondheidskundig onderzoek opnieuw uitgevoerd. De resultaten van het hernieuwde onderzoek treden in de plaats van het daaraan voorafgaande.
4. Wanneer bij een werknemer als gevolg van blootstelling aan mechanische trillingen een aantoonbare ziekte of een schadelijke invloed op de gezondheid is vastgesteld, wordt hij door de deskundige bedrijfsarts of de arbodienst, geïnformeerd over de wijze waarop hij na beëindiging van de blootstelling in de gelegenheid wordt gesteld een arbeidsgezondheidskundig onderzoek te ondergaan.

De werkgever moet dus in dit passend toezicht voorzien. Nergens staat echter uitgewerkt wat dat passend gezondheidstoezicht moet inhouden.

Als onderdeel van een interventieprogramma dat bij negen bedrijven met in totaal 126 aan lichaamstrillingen blootgestelde bestuurders van diverse voertuigen die de EU actiegrens van  $0,5 \text{ m/s}^2$  bij baseline overschreden werd uitgevoerd, hadden alle werknemers een individueel gesprek met hun bedrijfsarts (Tiemessen et al 2009). Hierbij werd aandacht besteed aan mogelijke gezondheidsklachten (die via een vragenlijst waren verzameld) en werd vooral gesproken over wat de werknemer zelf kon en wilde doen om te trachten de blootstelling aan trillingen te verlagen, bijvoorbeeld door rustiger te rijden of meer (mini-)breaks in te lassen. Zeven maanden na de start van de interventie werden de effecten gemeten. De interventie leidde niet tot de gewenste effecten (een significant en relevant verschil tussen interventie- en controlegroep), waarschijnlijk door onvoldoende implementatie ervan. Als belangrijkste belemmeringen om veranderingen in de praktijk uit te voeren kwam bij de werknemers naar voren de werkdruk en bij de werkgevers een onvoldoende geloof in de mogelijkheden om met gedragsveranderingen trillingsbelasting te verlagen. Bij die werknemers waarbij uit de procesevaluatie bleek dat meer dan 50% van de in het consult met de bedrijfsarts gemaakte afspraken m.b.t. aanpassing van het gedrag daadwerkelijk was uitgevoerd, was in twee derde van de gevallen overigens wel sprake van een significante daling van de trillingsbelasting.

In het kader van een Europees samenwerkingsproject (VIBRISKS) is een advies opgesteld hoe gezondheidsbewaking bij blootstelling aan trillingen (met inachtneming van verschillen in nationale

wet- en regelgeving) eruit zou kunnen zien (Bovenzi & Hulshof 2007). Hierin staan aanbevelingen voor de anamnese (via een gestandaardiseerde vragenlijst), lichamelijk onderzoek, eventuele aanvullende diagnostiek (op indicatie) en relatieve contra-indicaties voor (hoge) blootstelling. De rol van de bedrijfsarts en andere arbodeskundigen bij gezondheidsbewaking is daarbij:

- de werknemers informeren over de mogelijke risico's;
- werkgevers en werknemers preventieve adviezen geven en controleren of genomen preventieve maatregelen effectief zijn;
- beroepsgebonden klachten en aandoeningen ten gevolge van trillingen in een vroeg stadium vaststellen en zo nodig hiervan melding te doen.

In de Leidraad Preventief Medisch Onderzoek (PMO) van werkenden (Sluiter et al. 2013) wordt PMO van werkenden beschreven als het vrijwillig medisch onderzoek van werkenden, de bespreking met de werknemer van de uitslag, en het op basis hiervan geven van adviezen en uitvoering van of verwijzing voor interventies. Het in bijlage 3 van de richtlijn uitgewerkte schema is een voorbeeld van een PMO dat vooral op kerndoel 1 van de bovengenoemde Leidraad: Preventie van beroepsziekten en arbeidsgebonden aandoeningen bij individuele en groepen werknemers.

<b>Niveau 3</b>	<p><i>Het opstellen en uitvoeren van een preventief medisch onderzoek (PMO) lichaamstrillingen kan invulling geven aan het door de wet verplichte passende gezondheidstoezicht. De bedrijfsarts gaat samen met andere arbodeskundige(n) de gezondheidsrisico's na, geeft voorlichting en advies aan de werknemer en zo nodig ook aan de werkgever en/of leidinggevende. De projectgroep adviseert hierbij gebruik te maken van het in Bijlage 3 van de richtlijn uitgewerkte schema.</i></p> <p><i>A2 Tiemessen 2009, D Bovenzi 2007, D NVAB Leidraad PMO 2013 D Mening Werkgroep</i></p>
-----------------	---

## Referenties

- Beukering MDM van et al. NVAB-richtlijn zwangerschap, postpartumperiode en werk. Utrecht, NVAB: 2007.
- Bible JE, Choemprayong S, O'Neill KR, Devin CJ, Spengler DM. Whole-body vibration: is there a causal relationship to specific imaging findings of the spine? *Spine* 2012; 37(21):E1348-55.
- Blood RP, Ploger JD, Johnson PW, Whole body vibration exposure in forklift operators: comparison of a mechanical and air suspension seat. *Ergonomics* 2010; 53: 1385-94.
- Blood RP, Plodger JD, Yost MG, Ching RP, Johnson PW. Whole body vibration exposure in metropolitan bus drivers: a comparison of three seats. *J Sound and Vibration* 2010; 329: 109-20.
- Bovenzi M, Hulshof CTJ. 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;72:351-365.
- Bovenzi M, Rui F, Negro C, et al. An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *J Sound Vibration* 2006;298:514-39.
- Bovenzi M, Hulshof C. Common procedures that can be applied by occupational health workers across Europe for minimizing risk, screening exposed individuals and management of individuals with symptoms of mechanical vibration injuries. Risks of Occupational Vibration Exposures VIBRISKS. EC FP5 Project No. QLK4-2002-02650. Final report, Annex 21, January 2007.
- 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): 893-917.
- Bovenzi M. 2010. A Longitudinal Study of Low Back Pain and Daily Vibration Exposure in professional Drivers. *Ind Health* 2010; 48(5): 584-595.
- Bovenzi M, Schust M, Menzel G, Hofmann J, Hinz B. A cohort study of sciatic pain and measures of internal spinal load in professional drivers. *Ergonomics* 2014 Jul 30:1-15. [Epub ahead of print, DOI: 10.1080/00140139.2014.
- Burdorf A, Hulshof CTJ. Modelling the effects of exposure to whole-body vibration on low-back pain and its long-term consequences for sickness absence and associated work disability. *J Sound Vibration* 2006; 298: 480-91.
- Chen, J. C., Chang, W.R., Shih, T.S., Chen, C.J., Chang, W.P., Dennerlein, J.T., Ryan, L.M., Christiani, D.C. Predictors of whole-body vibration levels among urban taxi drivers. *Ergonomics* 2003; 46(11): 1075-90.
- Coenen, P., Formanoy, M., Douwes, M., Bosch, T., de Kraker, H., 2014. Validity and inter-observer reliability of subjective hand-arm vibration assessments. *Appl Ergonom* 2014; 45(4): 1257-1262.
- Costa N, Arezes PM. The influence of operator driving characteristics in whole-body vibration exposure from electrical fork-lift trucks. *Int J Ind Ergon* 2009; 39(1): 34-38.
- Eger T, Stevenson J, Boileau PÉ, Salmoni A. Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 1—Analysis of whole-body vibration exposure using ISO-2631-1 and ISO-2631-5 standards. *Int J Ind Ergon* 2008; 38: 726-38.
- EN-1032, 2003. NEN-EN 1032:2003+A1:2009 Mechanische trillingen – Beproeving van mobiele machines om de trillingsemisiewaarde te bepalen. CEN, Brussel, 32 pp.
- EN-14253, 2003. Mechanical vibration - Measurement and evaluation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health - Practical guidance. CEN, Brussel, 21 pp.
- EN-836, 1997. EN 836:1997+A4:2011 Tuingereedschap – Aangedreven grasmaaiers – Veiligheid. CEN, Brussel, 90 pp.



EU, 2002. Richtlijn 2002/44/EG van het Europees Parlement en de Raad van 25 juni 2002 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (trillingen) (zestiende bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG) – Gezamenlijke verklaring van het Europees Parlement en de Raad. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L 177 (6.7.2002): 13 – 19.

EU, 2006. Richtlijn 2006/42/EG van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2006 betreffende machines en tot wijziging van Richtlijn 95/16/EG (te downloaden via <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:nl:PDF>).

EU, 2008. Non-binding guide to good practice with a view to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations). European Union (te downloaden via [http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/en\\_GB/-/EUR/ViewPublication-Start?PublicationKey=KE7007108](http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/en_GB/-/EUR/ViewPublication-Start?PublicationKey=KE7007108)).

Griffin MJ. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. *Occup Environ Med* 2004; 61(5): 387-397.

Griffin MJ et al. Risks of Occupational Vibration Exposures VIBRISKS. *EC FP5 Project No. QLK4-2002-02650. Final report*, January 2007.

Haelterman E, Marcoux S, Croteau A, Dramaix M. Population-based study on occupational risk factors for preeclampsia and gestational hypertension. *Scand J Work Environ Health* 2007; 33(4): 304-17.

Hoofman W et al. *Arbobalans 2012. Kwaliteit van de arbeid, effecten en maatregelen in Nederland*. TNO 2013 ISBN 978-90-5986-428-3.

Howard B, Sesek R, Bloswick D. Typical whole body vibration exposure magnitudes encountered in the open pit mining industry. *Work* 2009; 34(3): 297-303.

Hulshof CTJ, van der Laan G, Braam ITJ, Verbeek JHAM. The fate of Mrs Robinson: Criteria for recognition of whole-body vibration injury as an occupational disease. *J Sound Vibration* 2002;253:185-94.

Hulshof CTJ, Verbeek JHAM, Braam ITJ, Bovenzi M, van Dijk FJH. Evaluation of an occupational health intervention programme on whole-body vibration in fork-lift truck drivers, a controlled trial. *Occup Environ Med* 2006; 63: 461-8.

Hulshof C, Tiemessen I, Frings-Dresen M. Longitudinal epidemiological surveys in the Netherlands of drivers exposed to whole-body vibration. Risks of Occupational Vibration Exposures VIBRISKS. *EC FP5 Project No. QLK4-2002-02650. Final report*, Annex 15, January 2007.

Johnson DA, Nève M. Analysis of Possible Lower Lumbar Strains Caused by the Structural Properties of Automobile Seats: A Review of Some Recent Technical Literature. *J Manipulative Physiol Ther* 2001; 24: 582-8.

Jones MK, Harris MA, Peters PA, Tjepkema M, Demers PA. Prostate cancer and occupational exposure to whole-body vibration in a national population-based cohort study. *Am J Ind Med* 2014; 57(8): 896-905.

Joubert D, London L. A cross-sectional study of back belt use and low back pain amongst forklift drivers. *Int J Ind Ergon* 2007; 37: 505-13.

Kingma I, van Dieën J. Car driving with and without a movable back support: Effect on transmission of vibration through the trunk and on its consequences for muscle activation and spinal shrinkage. *Ergonomics* 2009; 52 (7): 830-39.

KNGF/NHG/NOV/NVAB/CBO. *Ketenzorgrichtlijn Aspecifieke Lage rugklachten*. 2010.

Kuijper PP, van der Molen HF, Schop A, Moeijes F, Frings-Dresen MH, Hulshof CT. Annual incidence of non-specific low back pain as an occupational disease attributed to whole-body vibration according to the National Dutch Register 2005-2012. *Ergonomics* 2014 May 13:1-7. [Epub ahead of print]

- Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergon* 1983; 18: 233–7.
- Lewis CA, Johnson PW. Whole-body vibration exposure in metropolitan bus drivers. *Occup Med* 2012; 62(7): 519-524.
- Lis A, Black K, Korn H, Nordin M. Association between sitting and occupational LBP. *European Spine Journal* 2007; 16(2): 283-98.
- Lundström R. Protocol for epidemiological studies. Risks of Occupational Vibration Exposures VIBRISKS. EC FP5 Project No. QLK4-2002-02650. Final report, Annex 12, January 2007.
- Maeda S, Morioka M. Measurement of whole body vibration exposure from garbage trucks. *Journal of Sound and Vibration* 1998; 215(4): 848-53.
- Magnusson ML, Pope MH, Hulshof CTJ, Bovenzi M. Development of a protocol for epidemiological studies of whole-body vibration and musculoskeletal disorders of the lower back. *Journal of Sound and Vibration* 1998; 215: 643-51.
- Mahmud N, Schonstein E, Schaafsma F, Lehtola MM, Fassier JB, Reneman MF, Verbeek JH. Pre-employment examinations for preventing occupational injury and disease in workers. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2010, Issue 12. Art.No.: CD008881.
- Makowiec-Dąbrowska T, Hanke W, Sobala W, Radwan-Włodarczyk Z, Koszada-Włodarczyk W. Risk of some obstetric pathologies in women employed in working conditions not complying with the current legal status on work load and working conditions admissible for pregnant women. *Medycyna Pracy* 2003; 54 (5): 415 - 25
- Marcotte P, Beaugrand S, Boutin J, Larue C. Design and Evaluation of a suspension seat to reduce vibration exposure of subway operators: A case study. *Ind Health* 2010; 48: 715–24.
- Martin CW. Whole body vibration and low back pain - First update. Work and Compensation Board of British Columbia, Richmond, Canada. 2008, 16 pp. (te downloaden via [http://www.worksafebc.com/health\\_care\\_providers/Assets/PDF/whole\\_body\\_vibration\\_low\\_back\\_pain\\_first\\_update.pdf](http://www.worksafebc.com/health_care_providers/Assets/PDF/whole_body_vibration_low_back_pain_first_update.pdf)).
- Mayton AG, Kittusamy NK, Ambrose DH, Jobes CC, Legault ML. Jarring/jolting exposure and musculoskeletal symptoms among farm equipment operators. *Int J Ind Ergon* 2008; 38(9-10): 758-66.
- Milosavljevic S, McBride DI, Bagheri N, Vasiljev RM, Mani R, Carman AB, Rehn B., Exposure to Whole-Body Vibration and Mechanical Shock: A Field Study of Quad Bike Use in Agriculture. *Ann Occup Hyg* 2011; 55(3): 286-95.
- Motmans R. Reducing whole body vibration in forklift drivers. *Work* 2012; 41: 2476-2481.
- Myers SD, Dobbins TD, King S, Hall B, Holmes SR, Gunston T, Dyson R. Effectiveness of suspension seats in maintaining performance following military high-speed boat transits. *Human Factors* 2012; 54: 264-76.
- Nadalín V, Kreiger N, Parent M-E, Salmoni A, Sass-Kortsak A, Siemiatycki J, Sloan M, Purdham J. Prostate cancer and occupational whole-body vibration exposure. *Ann Occup Hyg* 2012; 56: 968–74.
- NEN ISO-2631-1, 1997. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General Requirements. ISO, Geneva. 31 pp.
- NEN ISO-2631-5, 2004. Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks. ISO, Geneva. 22 pp.
- NEN ISO-8041, 2005. Human response to vibration - measuring instrumentation. ISO, Geneva. 90 pp.
- Nilsson T. The effects of whole body vibration on low back pain and sciatica: aspects on a systematic review and meta-analysis. Presentatie gegeven op het 5<sup>th</sup> International Conference on Whole Body Vibration Injuries, 5-7 juni 2013, Amsterdam (te downloaden via <http://www.wbvconference.com/presentations/11%20TK%20Nilsson.pdf>).

Nitti R, De Santis P. Assessment and Prediction of Whole-body Vibration Exposure in Transport Truck Drivers. *Ind Health* 2010; 48: 628-637.

Nederlandse praktijkrichtlijn NPR-CEN/TR 15172-1: 2005 Whole body vibration-guidelines for vibration hazards reduction—part 1: Engineering methods by design of machinery. .

Nederlandse praktijkrichtlijn NPR-CEN/TR 15172-2: 2005 Whole-body vibration - Guidelines for vibration hazards reduction - Part 2: Management measures at the workplace.

Okunribido OO, Magnusson M, Pope M, Delivery drivers and low-back pain: A study of the exposures to posture demands, manual materials handling and whole-body vibration. *Int J Ind Ergon* 2006; 36(3): 265-73.

Okunribido OO, Shimbles SJ, Magnusson M, Pope M. 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): 29-38.

Okunribido OO, Magnusson M, Pope M. 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): 308-329.

Oude Vrielink HHE. Analyse van de blootstelling aan trillingen bij gebruik van landbouwtrekkers. ErgoLab Research B.V., 2007 Bennekom, rapport 2007-02, 75 pp. (te downloaden via [http://www.ergolabresearch.eu/pdf/Eindrapport\\_trillingen\\_trekkerwerk.pdf](http://www.ergolabresearch.eu/pdf/Eindrapport_trillingen_trekkerwerk.pdf)).

Oude Vrielink HHE. Exposure to whole-body vibration and effectiveness of chair damping in high-power agricultural tractors having different damping systems in practice. ErgoLab Research B.V., 2009 Bennekom. 46 pp. (te downloaden via [http://www.ergolabresearch.eu/pdf/Final\\_report\\_tractor\\_suspension\\_test\\_compdef\\_all.pdf](http://www.ergolabresearch.eu/pdf/Final_report_tractor_suspension_test_compdef_all.pdf)).

Oude Vrielink, HHE. Blootstelling aan lichaamstrillingen van chauffeurs van moderne zelfrijdende cirkelmaaimachines tijdens het maaien van plantsoenen in praktijk. ErgoLab Research B.V., 2013 Bennekom. 49 pp. (te downloaden via [http://www.ergolabresearch.eu/pdf/Internetrapport\\_VHG\\_maaimachines\\_2013.pdf](http://www.ergolabresearch.eu/pdf/Internetrapport_VHG_maaimachines_2013.pdf))

Oullier O, Kavounoudias A, Duclos C, Albert F, Roll J-P, Roll R. Countering postural posteffects following prolonged exposure to whole-body vibration: a sensorimotor treatment. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105: 235–45.

Paddan GS, Griffin MJ. Evaluation of whole-body vibration in vehicles. *J Sound Vibration* 2002; 253(1): 195-213.

Palmer KT, Howard B, Griffin MJ, Bendall H, Coggon D. Validity of self reported occupational exposures to hand transmitted and whole body vibration. *Occup Environ Med* 2000; 57(4): 237-241.

Palmer KT, Griffin M, Ntani G, Shambrook J, McNee P, Sampson M, Harris EC, Coggon D. Professional driving and prolapsed lumbar intervertebral disc diagnosed by magnetic resonance imaging: a case-control study. *Scand J Work Environ Health* 2012; 38(6):5 77-81.

Pinto I, Stacchin N. Uncertainty in the evaluation of occupational exposure to whole-body vibration. *J Sound Vibration* 2006; 298(3): 556-62.

Roland M, Morris R. A study of the natural history of back pain. Part 1: development of a reliable and sensitive measure of disability on low-back pain. *Spine* 1983; 8: 141–44.

Schwarze S, Notbohm G. Dose-response relationships between whole body vibration and lumbar disk disease- a field study on 388 drivers of different vehicles. *J Sound Vibration* 1988; 215: 613–28.

Schwarze S, Blome O, Notbohm G. Das Spannungsfeld zwischen klinischer Diagnose und anerkannter Berufskrankheit. Dargestellt am Beispiel der bandscheidenbedingte Erkrankungen der LWS. *Orthopäde* 2002; 31: 957-72.

Schwarze S, Notbohm G, Dupuis H, Hartung E. Dosiskonzept für Belastung und Beanspruchung durch Ganzkörperschwingungen. *Zeitblatt für Arbeitsmedizin* 2003; 53: 15-23.

Seidel H. On the relationship between whole-body vibration exposure and spinal health risk. *Ind Health* 2005; 43(3): 361-377.

Shinozaki T, Yano E, Murata K. 2001. Intervention for prevention of low back pain in Japanese forklift workers. *Am J Ind Med* 2001; 40, 141–144.

Sluiter J, Weel A, Hulshof C. *Leidraad preventief medisch onderzoek van werkenden*. Utrecht, NVAB en KMKA 2013..

Smets MPH, Eger TR, Grenier SG. Whole body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations. A comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks. *Appl Ergon* 2010; 41: 763-70.

Smith SD. Seat vibration in military propeller aircraft: characterization, exposure assessment, and mitigation. *Aviat Space Environ Med* 2006; 77:32-40.

Thamsuwan O, Blood RP, Ching RP, Boyle L, Johnson PW. Whole body vibration exposures in bus drivers: A comparison between a high-floor coach and a low-floor city bus. *Int J Ind Ergon* 2013; 43: 9-17.

Tiemessen IJ, Hulshof CTJ, Frings-Dresen MHW. An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review. *Int J Ind Ergon* 2007; 37(3): 245-256.

Tiemessen IJ, Hulshof CTJ, Frings-Dresen MHW. Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: Analysis of a dose-response pattern. *Occup Environ Med* 2008;65(10):667-75.

Tiemessen IJ, Hulshof CT, Frings-Dresen MH. Effectiveness of an occupational health intervention program to reduce whole body vibration exposure: An evaluation study with a controlled pretest-post-test design. *Am J Ind Med* 2009;52(12):943-52.

Young E, Kreiger N, Purdham J, Sass-Kortsak A. Prostate cancer and driving occupations: could whole body vibration play a role? *Int Arch Occup Environ Health* 2009; 82 :551–56.

Verbeek J, Sengers MJ, Riemens L, Haafkens J. Patient expectations of treatment for back pain: a systematic review of quantitative and qualitative studies. *Spine* 2004; 29 (20): 2309-18.

Verbeek JHAM et al. NVAB-richtlijn Handelen van de bedrijfsarts bij werknemers met rugklachten. Utrecht, NVAB: 2006

Viswanathan M, Jorgensen MJ, Kittusamy NK. Field evaluation of a continuous passive lumbar motion system among operators of earthmoving equipment. *Int J Ind Ergon* 2006; 36: 651–59.

Von Korff M, Ormel J, Keefe FJ. Clinical section: grading the severity of chronic pain. *Pain* 1992;50:133–49.

Waters T, Genaidy A, Viruet HB, Makola M. The impact of operating heavy equipment vehicles on lower back disorders. *Ergonomics* 2008; 51(5): 602-636.

Weber M. Die Berufskrankheit 2110. *Z Orthop* 2002; 140; 512-17.

**Wolfgang** R, Di Corleto L, Burgess-Limerick R. Can an iPod Touch be used to assess whole-body vibration associated with mining equipment? *Ann Occup Hyg*. 2014; 58(9): 1200-4.

Zwart BCH de, Weel ANH, Rayer CWG, Heymans MW, Hulshof CTJ, Duvekot JA. *Leidraad Aanstellingskeuringen: handelen van de arbodienst en de keurend arts bij een aanstellingskeuring*. Den Haag: Ministerie van SZW, 2005.

# Bijlage 1. Zoekstrategie

Omdat de zoekterm 'whole body vibration' op zichzelf al een specifieke zoekterm is en al snel een inperking van de zoekresultaten geeft zijn de zoekstrategieën voor de verschillende uitgangsvragen in eerste instantie ruim geformuleerd. Er is zowel in PubMed als in EMBASE (via Ovid SP) gezocht. Diverse artikelen bevatten informatie voor meerdere uitgangsvragen en komen dus ook meerdere keren in de per uitgangsvraag gepresenteerde evidencetabellen terug. De zoekperiode bedroeg 15 jaar: 1999-2014.

## Zoekstrategie voor het meten van trillingen

PubMed:

( "Occupational exposure assessment"[tw] OR "Occupational Exposure/adverse effects"[Mesh] OR "Occupational Exposure/analysis"[Mesh] OR "Occupational Exposure/classification"[Mesh] OR "Occupational Exposure/history"[Mesh] OR "Occupational Exposure/prevention and control"[Mesh] OR "Occupational Exposure/standards"[Mesh] OR "Occupational Exposure/statistics and numerical data"[Mesh] ) AND "whole body vibration"[tw]

EMBASE:

exp occupational exposure/ or exp exposure/ or exp measurement/ AND exp whole body vibration/

Samen leverde dit 343 referenties op waarvan na ontdubbeling 198 titels overbleven die allemaal op titel en abstract zijn beoordeeld. Hiervan zijn er 33 full tekst gelezen en aanvullende referenties uit de literatuurlijsten bekeken. Uiteindelijk bleven 23 artikelen over die zijn beoordeeld.

## Zoekstrategie voor interventies

Voor het zoeken naar interventies ter vermindering van de blootstelling aan lichaamstrillingen is onder andere gebruik gemaakt van een systematisch review van Tiemessen et al. (2007) en van de sensitieve en specifieke zoekstrategie voor interventies op het gebied van Occupational Safety and Health van de Cochrane Occupational Safety and Health review Group.

Sensitief: whole body vibration AND (effect\*[tw] OR control[tw] OR controls\*[tw] OR controla\*[tw] OR controle\*[tw] OR controli\*[tw] OR controll\*[tw] OR evaluation\*[tw] OR program\*[tw]) AND (work[tw] OR works\*[tw] OR work\*[tw] OR worka\*[tw] OR worke\*[tw] OR workg\*[tw] OR worki\*[tw] OR workl\*[tw] OR workp\*[tw] OR occupation\*[tw] OR prevention\*[tw] OR protect\*[tw]). Dit leverde 448 referenties op.

Specifiek:

whole body vibration AND (program[tw] OR "prevention and control"[sh]) AND (occupational[tw] OR worker\*[tw]). Dit leverde 61 referenties op.

Uiteindelijk bleven na combinatie van de drie bestanden en na ontdubbeling 102 mogelijk relevante referenties over die op titel en abstract zijn beoordeeld. Hiervan zijn 42 artikelen full tekst gelezen. De literatuurlijsten van deze publicaties leverden 2 extra artikelen op. In totaal zijn 20 artikelen geïncorporeerd en in de evidence tabel opgenomen.

## Zoekstrategieën voor bijzondere groepen

Voor artikelen over *jongeren* als bijzondere risicogroep werd gezocht met

“Adolescent” AND “whole body vibration”. In PubMed leverde dat 81 hits op en in EMBASE 21 hits. Maar geen enkele daarvan ging over speciale gezondheidsrisico's ten gevolge van lichaamstrillingen bij adolescenten.

Voor artikelen over *ouderen* als bijzondere groep is gebruik gemaakt van de zoektermen ( “Aging” OR “Aged workers”) AND “whole body vibration”. Dit leverde in totaal 7 hits op. In verband met enkele terugkerende publicaties over de relatie prostaatcancer en blootstelling aan lichaamstrillingen is hier nog specifiek op gezocht met 8 referenties als resultaat. Hiervan zijn 3 publicaties (waaronder een review) beoordeeld en samengevat.

Voor *zwangere werknemers* is in PubMed gezocht met "Pregnancy"[Mesh] OR "Pregnancy Outcome"[Mesh] AND “whole body vibration”[tw] en in EMBASE met (exp pregnancy/ AND whole body vibration). Dit leverde 11 referenties op waarvan na ontdubbeling en full tekst lezing uiteindelijk 3 artikelen ter beoordeling overbleven.

### **Zoekstrategie voor gezondheidsbewakingsprogramma**

Hierbij is vooral op ‘health surveillance’ en whole body vibration gezocht middels de zoekstring: exp health/ or exp occupational health/ or exp health survey/ or exp methodology/ or health surveillance.mp. or exp occupational medicine/ or exp occupational disease/ AND exp health/ or exp occupational health/ or exp health survey/ or exp methodology/ or health surveillance.mp. or exp occupational medicine/ or exp occupational disease/ AND occupational exposure.mp. or exp occupational exposure/ AND whole body vibration.

Dit gaf 121 hits die allemaal op titel en abstract zijn gescreend. Een kleine minderheid van de artikelen ging echt over een gericht gezondheidsbewakingsprogramma voor trillingen. Slechts één artikel bevatte een evaluatie van het programma.

## Bijlage 2. EBRO- Systematiek

### EBRO-methode

De beoordeling van de kwaliteit van het bewijs dat we in de literatuur vonden is op de volgende manier gebeurd.

**Tabel 1** Indeling van methodologische kwaliteit van individuele studies

	Interventie	Diagnostisch accuratesse onderzoek	Schade of bijwerkingen, etiologie, prognose*
<b>A1</b>	Systematische review van tenminste twee onafhankelijk van elkaar uitgevoerde onderzoeken van A2-niveau		
<b>A2</b>	Gerandomiseerd dubbelblind vergelijkend klinisch onderzoek van goede kwaliteit van voldoende omvang	Onderzoek ten opzichte van een referentietest (een 'gouden standaard') met tevoren gedefinieerde afkapwaarden en onafhankelijke beoordeling van de resultaten van test en gouden standaard, betreffende een voldoende grote serie van opeenvolgende patiënten die allen de index- en referentietest hebben gehad	Prospectief cohort onderzoek van voldoende omvang en follow-up, waarbij adequaat gecontroleerd is voor 'confounding' en selectieve follow-up voldoende is uitgesloten.
<b>B</b>	Vergelijkend onderzoek, maar niet met alle kenmerken als genoemd onder A2 (hieronder valt ook patiënt-controle onderzoek, cohortonderzoek)	Onderzoek ten opzichte van een referentietest, maar niet met alle kenmerken die onder A2 zijn genoemd	Prospectief cohort onderzoek, maar niet met alle kenmerken als genoemd onder A2 of retrospectief cohort onderzoek of patiënt-controle onderzoek
<b>C</b>	Niet-vergelijkend onderzoek		
<b>D</b>	Mening van deskundigen		

\* Deze classificatie is alleen van toepassing in situaties waarin om ethische of andere redenen gecontroleerde trials niet mogelijk zijn. Zijn die wel mogelijk dan geldt de classificatie voor interventies

**Tabel 2.** Niveau van bewijs van de op de artikelen gebaseerde conclusies

1	Onderzoek van niveau A1 of tenminste 2 onafhankelijk van elkaar uitgevoerde onderzoeken van niveau A2
2	1 onderzoek van niveau A2 of tenminste 2 onafhankelijk van elkaar uitgevoerde onderzoeken van niveau B
3	1 onderzoek van niveau B of C
4	Mening van deskundigen, bijvoorbeeld de werkgroepleden

## Bijlage 3 Evidencetabellen

**Uitgangsvraag 1: Met welke methoden en technieken kan de blootstelling aan lichaamstrillingen op de werkplek worden gemeten? Met welke invloedsfactoren moet rekening gehouden worden? Is meten altijd noodzakelijk en zijn er betrouwbare alternatieven? Is er een eenduidige relatie tussen de uitkomst van metingen en gezondheidseffecten?**

### Evaluatiemethoden

Studie	Bewijs Niveau	Type Studie	Populatie	Interventie	Controle	Uitkomst	Resultaten	Conclusie
Bovenzi, 2009	A2	prospectief cohortonderzoek	537 chauffeurs in industrie en publiek transport op 10 typen voertuigen	vergelijking blootstellingsmaten lichaams-trillingen in relatie tot ontwikkeling rugklachten	geen rugklachten	risico op ontstaan rugklachten bij verschillende blootstellingsmaten (tijd, $a_w$ , VDV) en cumulatieve blootstellingsmaten ( $n=7$ )	ontwikkelen rugklachten relateert sterkst met vierde macht trillingsdosis en met blootstellingsduur	trillingsblootstelling uitgedrukt als VDV of andere vierde macht trillingsdosis is betere voorspeller voor ontstaan rugklachten ten opzichte van tweede macht (RMS) benadering
EN-14253, 2003	D	norm	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
ISO-2631-1, 1997	D	norm	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
ISO-2631-5, 2004	D	norm	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Lewis & Johnson, 2012	C	experimenteel vergelijkend onderzoek	13 buschauffeurs (één bus) en 5 chauffeurs één personenauto	vergelijking 3 straattypen (rijsnelheid verschilt per type)	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	beoordeling van de blootstelling per straattypen is sterk afhankelijk van de gekozen blootstellingsmaat	beoordeling van de blootstelling kan niet goed worden gebaseerd op één van de blootstellingsmaten
Oude Vrielink, 2013	B	experimenteel vergelijkend onderzoek	3 chauffeurs op 3 zelfrijdende maaimachines	vergelijking maaimachines gedrag / rijsnelheid, en ondergrond	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$ en dagpatroon	blootstellingen volgens normaal dagpatroon tussen 0.55 en $0.62 \text{ m/s}^2$ (hoogste $a_w$ machines) en $11.8-14.4 \text{ m/s}^{1.75}$	VDV maat levert vaker overschrijding op van wettelijke grenswaarde dan $a_w$ of $S_{ed}$ . Dagpatroon gecombineerd met blootstellingen per activiteit levert een schatting van de dagelijkse blootstelling



							VDV	
<i>Paddan &amp; Griffin, 2002</i>	C	transversaal onderzoek	chauffeurs van 14 verschillende groepen vervoermiddelen	vergelijking tussen groepen (n=14) vervoermiddelen	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten gebaseerd op $a_w$ en VDV	bij de meeste groepen vervoermiddelen leverde een evaluatie volgens de VDV methode een hogere equivalente waarde op dan de $a_w$ methode (hoogste richting)	blootstellingen bepaald volgens methode $a_w$ (vectorsom) $a_w$ (hoogste as) en VDV leiden tot verschillende conclusies
<i>Factoren van invloed op de uitkomst en betrouwbaarheid van metingen</i>								
<i>Chen et al., 2003</i>	C	transversaal onderzoek	247 taxichauffeurs	vergelijking type rit	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaat $a_w$ (alleen Z-richting)	$a_{wz}$ nam afgevlakt (minder dan lineair) toe met toenemende gemiddelde rijsnelheid; $a_{wz}$ gemiddeld 0.35 (0.2-0.55) $m/s^2$ bij 30 km/h	Let wel dat interactie met type straat niet is gegeven.
<i>Costa &amp; Arezes, 2009</i>	C	experimenteel observationeel onderzoek	10 chauffeurs van één stapelaar (type heftruck)	vergelijking individuele parameters en prestatie	nvt (onderlinge vergelijking)	$a_w$ vectorsom en correlatie-coëfficiënten	trillingsblootstelling staande persoon negatief gecorreleerd met lichaamsgewicht en tijd van de taak, en positief met toenemende ervaring	toenemende handigheid en ervaring met het werk leidt tot toegenomen blootstelling, mogelijk vanwege de hogere rijsnelheid
<i>Lewis &amp; Johnson, 2012</i>	C	experimenteel vergelijkend onderzoek	13 buschauffeurs (één bus) en 5 chauffeurs één personenauto	vergelijking 3 straattypen (rijsnelheid verschilt per type)	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	$a_w$ blijft voor autoweg, stadsparcours en verkeersdrempels ongeveer gelijk, maar rijsnelheid in die volgorde lager	experiment biedt geen inzicht in relatieve bijdrage straattypen en rijsnelheid

<i>Milosavljevic et al., 2011</i>	C	transversaal onderzoek	130 quadrijders veebedrijven	vergelijking bedrijfstype, ondergrond, demping, voertuigkenmerken, rijsnelheid, persoonskenmerken	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$ en multivariate regressiecoëfficiënten	trilling dominant in Z-richting. $VDV_z$ dagdosis gerelateerd aan leeftijd en demping op quad (negatief), en positief met duur	Extreem hoge niveau's met ~20% van de rijders overschrijding van VDV dag-grenswaarde
<i>Nitti &amp; De Santis, 2010</i>	C	experimenteel vergelijkend onderzoek	vrachtwagen-chaffeur(s) (één of meer) in twee trucks	vergelijking demping, rijsnelheid, ondergrond	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaat $a_w$ (alleen Z-richting) en regressiecoëfficiënten (multivariaat)	$a_{wz}$ in afnemende volgorde gerelateerd aan ruwheid van de weg, rijsnelheid en belading (vol of leeg)	ook (en uiteraard) is er een relatie tussen $a_{wz}$ en het tegepast dempingssysteem
<i>Okunribido et al., 2006</i>	C	transversaal onderzoek	9 chauffeurs van 3 typen vrachtwagens	vergelijking straattypen, belading, vrachtwagentypen	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ en VDV	blootstelling meer afhankelijk van type straat (ruwheid) dan van type truck. Effect belading (afname blootstelling) alleen zichtbaar in kleine vrachtwagen	definitieve conclusies lastig bij deze studie omdat er geen rijsnelheden zijn gerapporteerd
<i>Okunribido et al., 2007</i>	C	transversaal onderzoek	buschauffeur (n=1)	vergelijking typen bussen en straattypen	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ en VDV	hoogste versnellingsrichting afhankelijk van bustypen; blootstelling hoger bij ruwer straattypen; relatieve verschillen tussen bustypen dezelfde bij verschillende straattypen	geen rijsnelheden gerapporteerd

<i>Oude Vrielink, 2007</i>	<i>B</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	7 chauffeurs op 11 landbouw-trekkers	vergelijking rijsnelheid, type trekker, bandentype, -spanning, massa trekker, vermogen trekker en agrarische activiteit	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	trend rijsnelheid lineair tot iets sterker dan lineair oplopend met toenemende rijsnelheid over verschillen ondergronden;	ook: hogere blootstelling bij dezelfde rijsnelheid bij meer ruwe ondergrond; aanzienlijke verschillen tussen chauffeurs en machines
<i>Oude Vrielink, 2009</i>	<i>B</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	2 chauffeurs op 9 zware landbouw-trekkers	vergelijking rijsnelheid, type trekker, getrokken belading	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	betonpad met ongelijke delen: herhaalde meting met zelfde chauffeur vrijwel identieke blootstelling; verschillen tussen chauffeurs <10%	verschil tussen hoge (~23 km/uur) en lage (~15 km/h) rijsnelheid vooral groot met getrokken lading en tot 100%; grote verschillen ook tussen machines
<i>Oude Vrielink, 2013</i>	<i>B</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	3 chauffeurs op 3 zelfrijdende maaimachines	vergelijking maaimachines gedrag / rijsnelheid, en ondergrond	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$ en dagpatroon	dagblootstellingn normale snelheid (5.9-6.1 km/h) $0.55 - 0.62 \text{ m/s}^2$ (hoogste $a_w$ bij machines); gehaast maaien (7-8.3 km/h) $0.61 - 0.73 \text{ m/s}^2$	bij beheerst rijden (rijsnelheid 4.9-6.1 km/h) was variatie in dagblootstelling over machines $0.49 - 0.53 \text{ m/s}^2$
<i>Paddan &amp; Griffin, 2002</i>	<i>C</i>	transversaal onderzoek	chauffeurs van 14 verschillende groepen vervoer-middelen	vergelijking tussen groepen (n=14) vervoer-middelen	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten gebaseerd op $a_w$ en VDV	variatie in blootstelling tussen machines is groot: kan 100% van groepsgemiddelde zijn. Ook variatie door herhaalde meting kan tot >50% van gemiddelde	blootstelling tijdens werken met type machine kan niet simpelweg bij één machine worden bepaald. ook zijn voldoende herhalingen van een meting nodig  blootstelling bepaald volgens methode $a_w$ (vectorsom) $a_w$ (hoogste as) en VDV leiden tot verschillende conclusies

							afwijken	
<i>Palmer et al., 2000</i>	<i>B</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	65 bestuurders van 6 typen voertuigen	subjectieve opgave blootstellingsmomenten	observatie blootstellingsmomenten	ratio subjectieve vs objectieve duur van blootstelling	mediaan over alle waarnemingen was ratio 1.1 (interkwartielen: 1-1.2); grootste spreiding bij lorry: 1.2 (1-1.5)	over gehele groep werd blootstellingsduur licht overschat; afwijking bleef binnen 10%
<i>Pinto en Stacchini, 2006</i>	<i>B</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	18 chauffeurs industriële voertuigen en bus	vergelijking personen, voertuigen en werkcyclus (i.e. route)	nvt (onderlinge vergelijking)	relatieve onzekerheid in schatting blootstellingsmaat $a_w$ (hoogste richting)  subjectieve vs. objectieve schatting blootstellingstijd	bij vergelijkbare taak en omstandigheden kan uitkomst tussen machines 30% afwijken, tussen chauffeurs 10% en tussen verschillen in gekozen parcours 15% let wel: verschil in blootstelling door verschillende typen werk kunnen enorm zijn (>100%)	blootstellingstijd gemeten en bevraagd bij 4 personen over 7 dagen: werkelijke blootstellingstijd (gemiddeld per dag) varieerde tussen 5.1 en 7.1 uur; subjectieve schatting varieerde tussen 5.5 en 8 uur
<i>Tiemessen et al., 2007</i>	<i>A1</i>	systematisch review	36 studies naar invloedsfactoren op de trillingsblootstelling	effect van breed scala aan invloedsfactoren onder praktijk- en testomstandigheden	geen effect	beoordeling richting en significantie effect	type stoel, stoeldemping, cabinedemping, gewicht en houding chauffeur significant effect onder gecontroleerde omstandigheden; onder praktijkomstandigheden grotere onzekerheid	veel factoren lijken een invloed te hebben op de blootstelling aan lichaamstrillingen; door de grote variatie aan omstandigheden is de richting en mate van invloed vaak niet goed gekwantificeerd

*Alternatieven voor metingen*

<i>Nitti &amp; De Santis, 2010</i>	<i>C</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	vrachtwagen-chaffeur(s) (één of meer) in twee trucks	vergelijking demping, rijsnelheid, ondergrond	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaat $a_w$ (alleen Z-richting) en regressie-coëfficiënten (multivariaat)		voorwaarden voor gebruik meetdata van derden: meting volgens standaard en vermelding machinekenmerken, omstandigheden en inzicht in meetwaarden en spreidingsmaten
<i>Oude Vrielink, 2013</i>	<i>B</i>	experimenteel vergelijkend onderzoek	3 chauffeurs op 3 zelfrijdende maaimachines	vergelijking maai-machines gedrag / rijsnelheid, en ondergrond	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$ en dagpatroon	vergelijking opgave door fabrikanten (f) met metingen (m) (gemiddelde 3 chauffeurs): machine 1: 0.29 (f) vs. 0.76 (m) $m/s^2$ machine 2: 0.54 (f) vs. 0.66 (m) $m/s^2$ machine 3: <0.5 (f) vs. 0.72 (m) $m/s^2$	opgave blootstellingswaarden door fabrikant te laag ten opzichte van praktijk (verklaring: omdat voorgeschreven test niet voorziet in praktijkomstandigheden)
<i>Relatie tussen beroepsmatige blootstelling en het ontstaan of hebben van rugklachten</i>								
<i>Bovenzi, 2009</i>	<i>A2</i>	prospectief cohortonderzoek	537 chauffeurs in industrie en publiek transport op 10 typen voertuigen	vergelijking blootstellingsmaten lichaams-trillingen in relatie tot ontwikkeling rugklachten	geen rugklachten	risico op ontstaan rugklachten bij verschillende blootstellingsmaten (tijd, $a_w$ , VDV) en cumulatieve blootstellingsmaten (n=7)	Vergoot risico voor ontwikkelen rugklachten met vierde macht trillingsdosis en met blootstellingsduur	Trillingsblootstelling uitgedrukt als VDV of andere vierde macht trillingsdosis betere voorspellers ontstaan rugklachten ten opzichte van tweede macht (RMS) benadering
<i>Bovenzi, 2010</i>	<i>A2</i>	prospectief cohortonderzoek	202 chauffeurs in industrie en	effect toenemende	incidentie bij laagste dosis	risico op ontstaan rugklachten bij	sterkere relatie dosismaten VDV	VDV maten beter geschikt als indicatie voor kan op

			publieke dienstverlening op 10 typen voertuigen	dosis trillingsbelasting in relatie tot ontwikkeling rugklachten	lichaams-trillingen (3 groepen)	verschillende blootstellingsmaten (tijd, $a_w$ , VDV)	met incidentie duur en intensiteit van pijn en arbeidsongeschiktheid; $a_w$ vectorsom of simpele dagelijkse blootstellingstijd beter dan $a_w$ hoogste richting	gezondheidsschade dan op RMS gebaseerde maten
<i>Bovenzi, 2013</i>	A2	prospectief cohortonderzoek	537 chauffeurs in industrie en publiek transport op 3 typen voertuigen	effect toenemende dosis trillingsbelasting in relatie tot ontwikkeling rugklachten	incidentie bij laagste dosis lichaams-trillingen (kwartiel)	risico op ontstaan rugklachten bij verschillende blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	kans op ontstaan van uitstralende rugpijn neemt verder toe met toenemende dosis trillingsbelasting uitgedrukt als $S_{ed}$ , niet als $a_w$ of VDV.	huidige dosisgrenzen in 2631-5 (2004) lijken te hoog
<i>Hulshof et al., 2007</i>	A2	prospectief cohortonderzoek	574 chauffeurs in industrie en publieke dienstverlening op 10 typen voertuigen (incl. 1 vaartuig)	effect toenemende dosis trillingsbelasting in relatie tot ontwikkeling rugklachten	incidentie bij laagste dosis lichaams-trillingen (kwartiel)	risico op ontstaan rugklachten bij verschillende blootstellingsmaten (tijd, $a_w$ , VDV) en cumulatieve blootstellingsmaten (n=8)	geen significante toename incidentie rugklachten 12 maanden bij dagelijkse dosismaten duur, $a_w$ en VDV. Wél bij cumulatieve dosismaten (m.n. vierde	blootstellingsmaten leveren een verschillend beeld indien verschillende uitkomsten van rugklachten worden beschouwd. Over het geheel bezien iets betere voorspelling van het ontstaan rugklachten bij vierde macht dosismaten.

							macht)	
<i>Lis et al., 2007</i>	A2	systematisch review	8 studies over trillings-blootstelling van in totaal 24 studies	effect beroepsmatig zitten >50% van werktijd, in combinatie met trillingen en belastende werkhouding op rugklachten	laag blootgesteld	risicoaanduiding d.m.v. odds ratio	blootstelling aan lichaams-trillingen geassocieerd met hebben van rugklachten. Associatie sterker indien belastende werkhoudingen ook rol spelen	combinatie van verschillende werkbelastingen heeft duidelijke relatie met rugklachten. Relatie voor blootstelling aan lichaamstrillingen alleen vooral gebaseerd op transversaal onderzoek
<i>Martin, 2008</i>	A2	review	review 35 studies van wisselende kwaliteit	rugklachten bij beroepsmatig blootgestelden aan lichaamstrillingen	geen / lage blootstelling	kwalitatieve beschrijving	15 nieuwe studies ten opzichte van voorgaande review in 2001	onvoldoende hard bewijs voor causale relatie tussen rugklachten en blootstelling aan lichaamstrillingen
<i>Nilsson, 2013</i>	A1	systematisch review	25 studies over trillings-blootstelling waarvan in totaal 11 van hoge kwaliteit	rugklachten en sciatica bij beroepsmatig blootgestelden aan lichaams-trillingen	geen / lage blootstelling	risicoaanduiding d.m.v. odds ratio en betrouwbaarheidsinterval	effectschatting trillingen op rugklachten 1.7; op sciatica: 1.4; effect lage vs hoge blootstelling: 1.5-1-7	lichaamstrillingen lijken risico voor rugklachten en uitstralende rugpijn.  Nb: gewezen op gevaar publicatiebias: ontbrekend verband wordt minder makkelijk gepubliceerd
<i>Okunribido et al., 2008</i>	C	transversaal onderzoek	onbekend aantal chauffeurs voertuigen en machines	beroepsmatig blootstelling aan lichaams-trillingen, belastende werkhouding en hanteren van lasten op	laagste categorieën blootstellingen	risicoaanduiding d.m.v. odds ratio	12-maand en 7-dagen prevalentie: relatie met o.a. trillingsdosis x houding	vóórkomen rugklachten relateert vooral aan interactie lichaamstrillingen met houding, meer dan aan dosis trillingen alleen

				rugklachten				
<i>Schwarze et al., 2003</i>	<i>C</i>	transversaal onderzoek	388 chauffeurs (heftruck, vrachtwagen en grondverzet)	effect toenemende dosis trillingsbelasting in relatie tot prevalentie rugklachten	prevalentie bij laagste dosis lichaams-trillingen	risico van hebben rugklachten bij blootstellingsmaat $a_w$ (alleen Z-richting) en cumulatieve dagdosis	Blootstelling op basis database data. Onder Duitse norm van $0.81 \text{ m/s}^2$ relatief veel klachten; onder $0.63 \text{ m/s}^2$ geen verdere vermindering prevalentie.	Duitse norm maximale dagelijkse blootstelling $0.81 \text{ m/s}^2$ is te hoog met oog op voorkómen rugklachten. Zou in ieder geval moeten worden verlaagd tot onder $0.63 \text{ m/s}^2$ .
<i>Waters et al., 2008</i>	<i>A1</i>	systematisch review	18 studies over besturen van zware industriële voertuigen, waarvan 13 dwarsdoorsnede onderzoeken nader geanalyseerd	effect beroepsmatig blootstelling tijdens rijden op zware industriële voertuigen op rugklachten	prevalentie bij geen / lage blootstelling	risicoaanduiding d.m.v. odds ratio en betrouwbaarheidsinterval	effectschatting rijden op zware voertuigen op rugklachten 2.2	Relatie tussen rijden op industriële voertuigen en rugklachten is minimaal "mogelijk", en neigt voorzichtig naar iets sterker.  Nb.: blootstelling is steeds combinatie van houding en lichaamstrillingen



## Uitgangsvraag 2: Met welke diagnostische methoden kunnen de potentiële gezondheidseffecten in kaart worden gebracht?

Publicatie	Type studie	Populatie	Interventie	Controle	Uitkomstmaten	Resultaten	Conclusie
Bible 2012	systematisch review van 4 retrospectieve cohortstudies, 1 case control studie en 2 cross-sectionele studies	studies die de effecten van WBV op de wervelkolom met beeldvormend onderzoek in kaart brengen	Blootstelling aan lichaamstrillingen	geen trillingen	Afwijkingen bij beeldvormend onderzoek van de wervelkolom	de meerderheid van de studies vond geen relatie tussen objectieve bevindingen bij beeldvormend onderzoek (MRI, CT scan, Röntgenonderzoek) en blootstelling aan trillingen	geen relatie tussen WBV en pathologische bevindingen bij beeldvormend onderzoek van de wervelkolom
Hulshof 2002	review	vergelijking diagnostische criteria voor erkenning rugklachten als beroepsziekte in 4 EU-landen	erkenning als beroepsziekte	geen beroepsziekte	diagnostische criteria	Aan de hand van casus (Mrs Robinson als heftruckbestuurder) komt naar voren dat grote verschillen in diagnostische criteria voor erkenning in de 4 EU-landen (NL, DE, BE, FR) bestaan.	verschillen deels gebaseerd op algemene verschillen in beroepsziekteregelingen; daarnaast ook inhoudelijke verschillen t.a.v. specifieke diagnostiek
Kuijer 2014	cohortstudie	Door bedrijfsartsen gemelde beroepsziekten in het nationale register van het Nederlands centrum voor Beroepsziekten 2005-2012.	Alle gemelde gevallen van aspecifieke lage rugklachten a.g.v. trillingen en/of tillen en/of draaien van de romp als beroepsziekte	Alle gemelde beroepsziektes	Jaarlijkse incidentie van aspecifieke lage rugklachten als beroepsziekte	Minder dan 1% van de gemelde gevallen van rugklachten als beroepsziekte wordt door de melders toegeschreven aan lichaamstrillingen	Slechts weinig meldingen vinden plaats, mogelijk ook door te weinig aandacht voor trillingen.

Lundström 2007	protocol voor een multicenter EU-project, deels gebaseerd op een review van de literatuur	Aan trillingen blootgestelde bestuurders van voertuigen in 4 EU-landen: NL, SE, IT, UK.	bestuurders van voertuigen met hoge blootstelling	bestuurders van voertuigen met lage blootstelling	prevalentie en incidentie van rugklachten en daarmee gepaard gaande beperkingen	Gestandaardiseerde, in 4 talen beschikbare, vragenlijst (Vibrisks Questionnaire)	Vragenlijst ontwikkeld die gebruikt is in een multicenter epidemiologische onderzoek in 4 Europese landen.
Palmer 2012	case control studie	Mannelijke patiënten die tussen 2003 en 2006 naar de radiologieafdeling van een algemeen ziekenhuis waren verwezen	Cases: patiënten verwezen voor MRI-onderzoek vanwege rugklachten (N=237)	Controles: patiënten verwezen voor radiologisch onderzoek vanwege andere redenen (geen rugklachten) (N=820), gematched op geslacht en leeftijd	blootstelling aan lichaamstrillingen	geen significant of eenduidig verband tussen verschijnselen van lumboradicaal syndroom op basis van MRI-gegevens en verschillende expositiematen voor blootstelling aan trillingen	Lichaamstrillingen zijn mogelijk geassocieerd met rugklachten maar niet zozeer met verschijnselen van een lumboradicaal syndroom (hernia).
Schwarze 2002	review en analyse gegevens eerdere cohortstudie bij grondverzetmachinisten	bestuurders van grondverzetmachines blootgesteld aan lichaamstrillingen	beroepsziektediagnostiek o.a. met röntgenologisch onderzoek	geen beroepsziekte	diagnostische criteria	Hoewel er wel een relatie was tussen rugklachten ('lumbar syndrome'), degeneratieve symptomen bij röntgenologisch onderzoek en blootstelling aan trillingen was er geen duidelijk of specifiek röntgenologisch patroon in de gevonden afwijkingen te ontdekken	specifieke diagnostiek m.b.t. door trillingen veroorzaakte rugklachten is moeilijk. Relatie met ernst klachten onduidelijk Aandacht voor technische preventie blijft noodzakelijk

Weber2002	review	werknemers blootgesteld aan WBV (9 studies)	Blootstelling aan lichaamstrillingen	geen trillingen	Tussenwervelschijfa andoeningen volgens orthopedische criteria	Geen enkele studie geeft exacte orthopedische criteria voor het optreden van tussenwervelschijfaandoeni ngen	weinig evidence voor specifieke 'lumbar disc disease' a.g.v. blootstelling aan WBV
-----------	--------	---	---	-----------------	--	---	---

### Uitgangsvraag 3: Welke werkplekgerichte maatregelen zijn effectief in het verlagen van blootstelling aan trillingen

Publicatie	Type studie	Populatie	Interventie	Controle	Uitkomstmaten	Resultaten	Conclusie
Tiemessen 2007	systematisch review van literatuur 1985-2005	proefpersonen of werknemers blootgesteld aan lichaamstrillingen (37 studies: 15 laboratoriumstudies, 17 veldstudies, 4 gecombineerd en 1 interventieonderzoek)	technische, organisatorische of gedragsmaatregelen om blootstelling te verlagen	Geen of andere maatregelen	reductie in blootstelling	De meeste studies richten zich op technische factoren (stoelen, veringssystemen) terwijl gedrags- en vaardigheidsfactoren (rijgedrag, snelheid) wel degelijk succesvol kunnen zijn.	voor de ontwikkeling van succesvolle interventieprogramma's moeten technische, organisatorische en gedragsmaatregelen gecombineerd worden
Johnson 2001	review	autobestuurders	prototype autostoel met verticaal bewegende ruglening	normale autostoel	blootstelling trillingen en zitcomfort	SEAT-coefficient verbeterde met 10%; 6 van de 10 chauffeurs met rugklachten ervoeren verbetering comfort en afname klachten met prototype	autostoel met bewegende rugsteun lijkt bij te dragen aan demping van trillingen en vergroting van subjectief ervaren comfort

Hulshof 2006	RCT	15 arbodiensten, 32 arboprofessionals, 26 bedrijven, 269 heftruckbestuurders+	meervoudig interventieprogram ma gericht op meten, evalueren en geven van advies over verlagen van blootstelling aan lichaamstrillingen bij heftruckbestuurders	care as usual	primaire uitkomstmaat: trillingsniveau Procesmaten: kennis en attitude bij arboprofessionals; kennis en voorgenomen bedrijfsbeleid bij managers; kennis, attitude en gedrag bij heftruckbestuurders	(net geen) statistisch significante daling van het trillingsniveau; wel positieve effecten op voorgenomen bedrijfsbeleid bij managers en op attitude en intentie tot gedragsverandering bij heftruckbestuurders	programma slechts gedeeltelijk effectief op een aantal procesmaten; nader onderzoek naar effecten op langere termijn nodig
Tiemessen 2009	RCT	9 bedrijven met in totaal 126 aan lichaamstrillingen blootgestelde bestuurders van diverse voertuigen die de EU actiegrens bij baseline overschrijden.	Programma bestaande uit: 1. individuele afspraak met bedrijfsarts met nadruk op invloed gedragsfactoren (snelheid, rijstijl) 2. informatiebrochure 3.informatieve presentatie over risico van trillingen 4.nieuwsbrief over resultaten uitgevoerde metingen	Alleen de informatiebrochu re en de nieuwsbrief	primaire uitkomstmaat: trillingsniveau zeven maanden na start interventie. Procesmaten: kennis, attitude en gedrag over trillingen bij voertuigbestuurders en hun werkgevers	Het programma leidde niet tot een significante daling van het blootstellingsniveau vergeleken met de hoog blootgestelde care as usual groep. Wel is er een positief effect op individueel niveau: meer bestuurders in de interventiegroep dalen relevant in blootstelling t.o.v. de controlegroep.	Het ontwikkelde programma is op groepsniveau vooralsnog onvoldoende effectief, mogelijk door een te lage intensiteit van het programma

Viswanathan 2006	quasi-experimenteel onderzoek met voor- en nameting	20 bestuurders van grondverzetmachines: 11 in interventiegroep en 9 in controlegroep	stoel met continuous passive lumbar motion system (CPLMS) dat cyclisch kan opblazen en leeglopen	standaardstoel	body parts discomfort scale	Ervaren discomfort in de rug met CPLMS stoel minder dan met standaardstoel maar verschil is niet significant. Tevredenheid met CPLMS stoel in interventiegroep hoog.	CPLMS stoel kan bijdrage leveren aan verhoging subjectief ervaren comfort bij blootstelling aan lichaamstrillingen
Shinozaki 2001	Prospectief cohortonderzoek met times series design	27 vorkheftruckbestuurders uit een cohort van 260 werknemers van een kopersmeltbedrijf	1e interventie: 'persoonlijke aanpak': advies over gebruik lumbaalsteun (gordel), dragen warm jack en lichamelijke oefening; 2e interventie: 'facilitaire aanpak': vervanging stoel door geveerde stoel en vervanging massieve banden door luchtgeveerde banden	1 jaar na 1e interventie en 9 maanden na 2e interventie	Prevalentie van lage rugklachten (LBP)	Prevalentie van LBP bij vorkheftruckbestuurders daalde van 63 % naar 56% na de 1e interventie en naar 33% na de 2e interventie. In dezelfde periode daalde de prevalentie van LBP bij andere werknemers uit cohort veel minder	de werkplekgebonden aanpak moet voorafgaan aan of gecombineerd worden met een persoonlijke aanpak

Blood 2010	cross-sectioneel met repeated measures design	12 ervaren vorkheftruck bestuurders tijdens hun eigen werk (1 uur) en rijdend over een gestandaardiseerde route (15 minuten)	trillingsmeting	mechanisch geveerde stoel vs een luchtgeveerde stoel	$A_w$ , VDV, $D_k$ , $S_{ed}$ en SEAT value	Beide stoelen zorgen voor trillingsdemping t.o.v. trillingen binnenkomend bij de vloer van het voertuig. De luchtgeveerde stoel dempt i.h.a. iets meer vooral bij een lager gewicht van de bestuurder.	Beide stoelen (zelfde fabrikant) verlagen het trillingsniveau. De luchtgeveerde stoel presteert marginaal beter
Marcotte 2010	cross-sectioneel	19 metrobestuurders met uiteenlopend gewicht die een prototype van de geveerde stoel hebben uitgetest op 2 metrolijnen in Montreal	trillingsmeting	trillingsdemping in de praktijk van luchtgeveerde stoel	versnellingswaarden en SEAT value en subjectief ervaren comfort	in het algemeen vond volgens de bestuurders goede trillingsdemping plaats. Bij sommige horizontale trillingen vond versterking plaats maar dit viel in het niet bij de demping van de dominante verticale trillingen. Ook het subjectief ervaren comfort van de stoel was goed.	Prototype werd als gunstig ervaren. Langdurige evaluatie vindt nog plaats.

Motmans 2012	cross-sectioneel	5 ervaren vorkheftruckbestuurders die een orderpicking taak uitvoeren	trillingsmeting	ondergrond (ongelijk beton vs glad nieuw beton); rijsnelheid (15 km/uur vs 8 km/uur); stoelvering (mechanisch vs luchtvering)	versnellingswaarden ( $A_w$ volgens ISO 2631-1)	egaliseren van de ondergrond gaf de grootste reductie in blootstelling (39%); verlaging snelheid gaf 26 % reductie en een luchtgeveerde stoel gaf 22% lagere blootstelling vergeleken met een mechanisch geveerde stoel	Alleen combinatie van de drie maatregelen resulteerde in verlaging trillingsniveau beneden de actiegrens van $0,5 \text{ m/s}^2$
Kingma 2009	experimenteel	11 chauffeurs van een Toyota Picnic	trillingsmeting en EMG-sigitaal rugspieren	effect van verticaal beweegbare rugleuning	versnellingswaarden, transmissie tussen S2 en C7,	Een beweegbare rugleuning vermindert het trillingsniveau bij 5 Hz op C7 met 12% en vermindert ook het EMG-sigitaal t.h.v. L5.	een beweegbare rugleuning vermindert de transmissie van trillingen over de romp.
Lewis & Johnson, 2012	experimenteel vergelijkend onderzoek	13 buschauffeurs (één bus) en 5 chauffeurs één personenauto	vergelijking 3 straattypen (rijsnelheid verschilt per type)	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	beoordeling van de blootstelling per straattype is sterk afhankelijk van de gekozen blootstellingsmaat maar verschilt wel in uitkomst.	duidelijke toename in blootstelling bij buschauffeurs voor de volgorde snelwegen – stadswegen – drempels, hoewel de mate van ongelijkheid van de drie genoemde wegtypen niet nader wordt omschreven.



Okunribido et al., 2006	transversaal onderzoek	9 chauffeurs van 3 typen vrachtwagens	vergelijking straattypen, belading, vrachtwagen-type	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ en VDV	een hogere trillingsblootstelling (vooral in verticale richting) in de volgorde rijden over glad asfalt – slecht asfalt – natuursteen wegdek	blootstelling meer afhankelijk van type straat (ruwheid) dan van type truck. Effect belading (afname blootstelling) alleen zichtbaar in kleine vrachtwagen
Oude Vrieling, 2007	experimenteel vergelijkend onderzoek	7 chauffeurs op 11 landbouwtrekkers	vergelijking rijsnelheid, type trekker, bandentype, -spanning, massa trekker, vermogen trekker en agrarische activiteit	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$	trend rijsnelheid lineair tot iets sterker dan lineair oplopend met toenemende rijsnelheid over verschillen ondergronden;	ook: hogere blootstelling bij dezelfde rijsnelheid bij meer ruwe ondergrond; aanzienlijke verschillen tussen chauffeurs en machines
Oude Vrieling, 2013	experimenteel vergelijkend onderzoek	3 chauffeurs op 3 zelfrijdende maaimachines	vergelijking maaimachines gedrag / rijsnelheid, en ondergrond	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_w$ , VDV en $S_{ed}$ en dagpatroon	fabrikanten (f) met metingen (m) (gemiddelde 3 chauffeurs): machine 1: 0.29 (f) vs. 0.76 (m) $m/s^2$ machine 2: 0.54 (f) vs. 0.66 (m) $m/s^2$ machine 3: <0.5 (f) vs. 0.72 (m) $m/s^2$	opgave blootstellingswaarden door fabrikant te laag ten opzichte van praktijk (verklaring: omdat voorgeschreven test niet voorziet in praktijkomstandigheden)

Thamsuwan 2013	Experimenteel vergelijkend onderzoek	27 buschauffeurs, 2 bussen en 4 typen ondergrond (vlakke snelweg, oneffen snelweg, stadsweg, weg met verkeersdrempels	12 buschauffeurs in een hoog-chassis bus en 15 buschauffeurs in een laag-chassis bus	nvt (onderlinge vergelijking)	blootstellingsmaten $a_{wv}$ , VDV en $S_{ed}$	Op de snelwegen en stadsweg was de trillingsblootstelling in de hoog-chassis bus iets lager dan in de laag- chassis bus maar op de weg met verkeersdrempels was de blootstelling in alle blootstellingsmaten veel hoger (bijna twee keer zo hoog)	Grote verschillen in bustype bij het rijden over verkeersdrempels. Bij wegen met veel verkeersdrempels verdienen laag-chassis bussen de voorkeur.
Joubert 2007	cross- sectioneel	158 vorkheftruckbestuurders met een ruggordel en 39 bestuurders zonder gordel	trillingsmeting, Nordic Questionnaire	ruggordelgebruik , rugklachten (LBP) en trillingsniveaus	prevalentie en intensiteit van LBP	het dragen van een ruggordel bij blootstelling aan trillingen leidt niet tot afname van LBP maar lijkt juist meer klachte te geven.	ruggordels geven geen preventie van LBP bij aan trillingen blootgestelde populaties

**Uitgangsvraag 4: Welke werknemersgerichte maatregelen (zoals voorlichting en training, medische selectie, persoonlijke beschermingsmiddelen) zijn effectief in het verlagen van blootstelling aan of vermindering van gezondheidseffecten door trillingen?**

Publicatie	Type studie	Populatie	Interventie	Controle	Uitkomstmaten	Resultaten	Conclusie
Tiemessen 2007	systematisch review van literatuur 1985-2005	werknemers blootgesteld aan lichaamstrillingen (37 studies: 15 laboratoriumstudies, 17 veldstudies, 4 gecombineerd en 1 interventieonderzoek)	technische, organisatorische of gedragsmaatregelen om blootstelling te verlagen	Geen of andere maatregelen	reductie in blootstelling	De meeste studies richten zich op technische factoren (stoelen, vering) terwijl gedrags- en vaardigheidsfactoren (rijgedrag, snelheid) wel degelijk succesvol kunnen zijn.	voor de ontwikkeling van succesvolle interventieprogramma's moeten technische, organisatorische en gedragsmaatregelen gecombineerd worden
Hulshof 2006	RCT	15 arbodiensten, 32 arboprofessionals, 26 bedrijven, 269 heftruckbestuurders+	meervoudig interventieprogramma gericht op meten, evalueren en geven van advies over verlagen van blootstelling aan lichaamstrillingen bij heftruckbestuurders	care as usual	primaire uitkomstmaat: trillingsniveau Procesmaten: kennis en attitude bij arboprofessionals; kennis, voorgenomen en bedrijfsbeleid bij managers; kennis, attitude en gedrag bij heftruckchauffeurs	(net geen) statistisch significante daling van het trillingsniveau; wel positieve effecten op voorgenomen bedrijfsbeleid bij managers en op attitude en intentie tot gedragsverandering bij heftruckbestuurders	programma slechts gedeeltelijk effectief op een aantal procesmaten; nader onderzoek naar effecten op langere termijn nodig

Tiemessen 2009	RCT	9 bedrijven met in totaal 126 aan lichaamstrillingen blootgestelde bestuurders van diverse voertuigen die de EU actiegrens bij baseline overschrijden.	Programma bestaande uit: 1. individuele afspraak met bedrijfsarts met nadruk op invloed gedragsfactoren (snelheid, rijstijl) 2. informatiebrochure 3.informatieve presentatie over risico van trillingen 4.nieuwsbrief over resultaten uitgevoerde metingen	Alleen de informatiebrochure en de nieuwsbrief	primaire uitkomstmaat: trillingsniveau zeven maanden na start interventie. Procesmaten: kennis, attitude en gedrag over trillingen bij voertuigbestuurders en hun werkgevers	implementatie van het programma in hoog blootgestelde groep leidde niet tot een significante daling van het blootstellingsniveau vergeleken met de hoog blootgestelde care as usual groep. Wel is er een positief effect op individueel niveau: meer bestuurders in de interventiegroep dalen relevant in blootstelling t.o.v. de controlegroep.	Het ontwikkelde programma is op groepsniveau vooralsnog onvoldoende effectief, mogelijk door een te lage intensiteit van het programma
Shinozaki 2001	Prospectief cohortonderzoek met timeseries design	27 vorkheftruckbestuurders uit een cohort van 260 werknemers van een kopersmeltbedrijf	1e interventie: 'persoonlijke aanpak': advies over gebruik lumbaalsteun (gordel), dragen warm jack en lichamelijke oefening;	1 jaar na 1e interventie	Prevalentie van lage rugklachten (LBP)	Prevalentie van LBP bij vorkheftruckbestuurders daalde van 63 % naar 56% na de 1e interventie	de werkplekgebonden aanpak moet voorafgaan aan of gecombineerd worden met een persoonlijke aanpak

Oullier 2009	experimenteel onderzoek	12 leerling bulldozer machinisten en 12 niet-rijdende proefpersonen	Lichamelijke oefeningen gericht op verbetering sensomotoriek en houdingsstabiliteit na belasting door lichaamstrillingen	voor, 2 uur na en 4 uur na blootstelling aan lichaamstrillingen	verplaatsingen t.ov Center of Pressure bij simpele Balanstaak op een platform	Gerichte lichamelijke oefeningen na het rijden op een bulldozer zorgen voor significante verbetering van houdingsstabiliteit	Gerichte oefeningen kunnen houdingsstabiliteit na trillingsblootstelling verbeteren en daarmee mogelijk ook veiligheid van chauffeurs na blootstelling verbeteren
-----------------	----------------------------	--	--	--	--	--	--

## Uitgangsvraag 5: Zijn er bijzondere risicogroepen te benoemen?

### Zwangeren

	Type studie	Populatie	Cases	Controles	Uitkomstmaten	Resultaten	Conclusie
Haelterman 2007	case control studie	werkende zwangere vrouwen in zes regio's in Quebec (N=4582)	vrouwen met pre-eclampsie (N=102) en zwangerschapshypertensie (N=99)	vrouwen met een normale bloeddruk tijdens de zwangerschap (N=4381)	blootstelling aan lichaamstrillingen	OR (95% CI) pre-eclampsie voor (elke) blootstelling aan trillingen: 1,2 (0,6-2,5) en OR voor zwangerschapshypertensie: 0.9 (0,4-2,2)	Geen duidelijke relatie tussen blootstelling aan lichaamstrillingen in de zwangerschap en pre-eclampsie of zwangerschapshypertensie
Makowiec 2003	case control studie	representatieve steekproef uit groep tijdens zwangerschap werkende vrouwen uit de regio Lodz, Polen (N=3050)	vrouwen met vroeggeboorte (preterm delivery; N=38) en intra-uteriene groeiachterstand (small for gestational age, N=34)	vrouwen zonder vroeggeboorte of groeiachterstand (N=2470)	blootstelling aan lichaamstrillingen (interview enkele dagen na bevalling)	OR (95% CI) vroeggeboorte voor blootstelling aan trillingen: 0,01 (0-1100) en OR voor groeiachterstand: 0,48 (0,06-4)	Op basis van deze cijfers geen extra risico van blootstelling aan lichaamstrillingen tijdens zwangerschap op vroeggeboorte of groeiachterstand

Ouderen							
Nadalin 2012	case control studie	Population-based case control studie in de regio Montreal	mannen met klinisch gediagnosticeerd prostaat­kanker tussen 35 en 70 jaar (N=447)	Controlepersone n uit de algemene bevolking (n=557)	Blootstelling aan WBV (volgens interview; tevens schatting hoogte blootstelling)	OR (95% CI) voor WBV exposure: 1,44 (0,99-2,09)	Met name voor bestuurders van grondverzetmachines lijkt er een licht verhoogd risico op het optreden van prostaat­kanker
Young 2009	systematic review	syst. Review van 5 case control en 3 cohortstudies tussen 1996 en 2004	Chauffeurs met prostaat­kanker	niet-rijdende controlegroepen	blootstelling aan trillingssgerelateerde rijdende beroepen	Overall pooled RR estimate voor WBV was 1.14 (95% CI 0.99–1.30)	slechts klein en niet-significant effect; rol van trillingen daarin niet duidelijk
Jones 2014	population-based cohortstudie	Canadese mannen (N= 1.107.700) die van 1991 tot het jaar 2003 gevolgd zijn	Mannen met prostaat­kanker	Mannen zonder prostaat­kanker	Blootstelling aan WBV geschat op basis van beroep	17.921 incidente cases van prostaat­kanker  In 'Natural and Applied Sciences' hadden beroepen met WBV-blootstelling een 37% verhoogde kans op prostaat­kanker (95% CI 1.09–1.72) terwijl WBV-geëxponeerde mannen in Trades, Transport, and Equipment'' een 9% verlaagde kans hadden (95% CI 0.86–0.97)	geen consistente relatie tussen beroepen met blootstelling aan lichaamstrillingen en prostaat­kanker.

## Uitgangsvraag 6: Hoe kan een effectief gezondheidsbewakingsprogramma eruit zien?

Publicatie	Type studie	Populatie	Interventie	Controle	Uitkomstmaten	Resultaten	Conclusie
Tiemessen 2009	RCT	9 bedrijven met in totaal 126 aan lichaamstrillingen blootgestelde bestuurders van diverse voertuigen die de EU actiegrens bij baseline overschrijden.	Programma bestaande uit: 1. individuele afspraak met bedrijfsarts met nadruk op invloed gedragsfactoren (snelheid, rijstijl) 2. infobrochure 3. presentatie over risico van trillingen 4. nieuwsbrief over resultaten metingen	Alleen de informatiebrochure en de nieuwsbrief	primaire uitkomstmaat: trillingsniveau zeven maanden na start interventie. Procesmaten: kennis, attitude en gedrag over trillingen bij voertuigbestuurders en hun werkgevers	implementatie van het programma in hoog blootgestelde groep leidde niet tot een significante daling van het blootstellingsniveau vergeleken met de hoog blootgestelde care as usual groep. Wel is er een positief effect op individueel niveau: meer bestuurders in de interventiegroep dalen relevant in blootstelling t.o.v. de controlegroep.	Het ontwikkelde programma is op groepsniveau vooralsnog onvoldoende effectief, mogelijk door een te lage intensiteit van het programma
Bovenzi 2007	Richtlijn	Aan lichaamstrillingen blootgestelde werknemers	Preventief Medisch Onderzoek (PMO)	NVT		Aanbevelingen voor: - anamnese (via gestandaardiseerde vragenlijst) - lichamelijk onderzoek - aanvullende diagnostiek (op indicatie) - relatieve contra-indicaties voor (hoge) blootstelling	Een gezondheidsbewakingsprogramma moet meerdere facetten bevatten; medisch, gedragsmatig (informatie over het effect van beleids- en gedragsfactoren) en re-integratie



## Bijlage 4. Belangenverklaringen

De leden van de **kerngroep** hebben verklaard kennis te hebben genomen van de 'Code ter voorkoming van oneigenlijke beïnvloeding door belangenverstremgeling' (KNAW) en hebben een opgave gedaan van alle relevante relaties en belangen in relatie tot het onderwerp van de richtlijn.

Naam	Relevante relaties en belangen
dr. D.J. (David) Bruinvels	Geen
prof.dr. C.T.J. (Carel) Hulshof	Geen
mw. M. (Marian) Lebbink	Geen
dr. Ir. H.H.E. (Huub) Oude Vrielink	Geen

De leden van de **projectgroep** hebben verklaard kennis te hebben genomen van de 'Code ter voorkoming van oneigenlijke beïnvloeding door belangenverstremgeling' (KNAW) en hebben een opgave gedaan van alle relevante relaties en belangen in relatie tot het onderwerp van de richtlijn.

Naam	Relevante relaties en belangen
J. (Jan) Doornbusch	Geen
Drs. C.P.J. (Cees) Everaert	Geen
Dr. F. (Frank) Krause	Geen
E. (Ep) Marinus	Geen
dr. Ir. H.H.E. (Huub) Oude Vrielink	Geen
M.D. (Max) Vermeij	Geen

De belangenverklaringen liggen ter inzage bij Kwaliteitsbureau NVAB.

## Bijlage 5. Performance Indicatoren

**Performance indicatoren geven de key-issues van de richtlijn weer. Ze laten zien waar het in de richtlijn om gaat en geven daar meetbare normen bij.**

Adviezen Meten	Voldaan?
<p>Bij blootstelling aan lichaamstrillingen van werknemer(s) van meer dan een uur per dag heb ik de blootstelling in kaart gebracht door:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inzicht te krijgen in de trillingsbelastende activiteiten over de werkdag.</li> <li>2. Indien mogelijk, de dagelijkse blootstelling te schatten door bestaande meetgegevens te gebruiken.</li> <li>3. Indien nodig, trillingsmetingen volgens de normen NEN-ISO 2631-1 en EN 14253 te (laten) verrichten.</li> </ol>	<p>Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT</p>
<p>Bij het beoordelen en rapporteren van de trillingsblootstelling heb ik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. De uitkomsten van de schattingen of de metingen vergeleken met de actie- en grenswaarden voor <math>a_w</math> en VDV voor een 8-urige werkdag.</li> <li>5. Nagegaan of er tevens sprake is van veelvuldig buigen en draaien van de romp en/of het handmatig tillen van lasten &gt; 15 kg.</li> <li>6. Voor een zo volledig mogelijke rapportage gezorgd, inclusief een beschrijving van de belangrijkste factoren die op het trillingsniveau van invloed zijn.</li> </ol>	<p>Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT</p>
Diagnostiek	
<p>Bij het in kaart brengen van rugklachten bij werknemers die aan lichaamstrillingen zijn blootgesteld heb ik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. De individuele blootstelling en de aard, frequentie, duur en gevolgen van rugklachten vastgelegd, evt via de VIBRISKS Questionnaire, NL</li> <li>8. De registratierichtlijn van het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten [D004 Aspectieke lage rugklachten] gehanteerd en bij blootstelling aan lichaamstrillingen van meer dan <math>1,15 \text{ m/s}^2</math> (<math>a_w</math>) of <math>21 \text{ m/s}^{1,75}</math> (VDV) gemiddeld over een 8-urige werkdag of bij blootstelling van meer dan <math>0,5 \text{ m/s}^2</math> (<math>a_w</math>) of <math>9,1 \text{ m/s}^{1,75}</math> (VDV) met gelijktijdige belasting door handmatig tillen en dragen van lasten of buigen en draaien van de romp een beroepsziektemelding naar het NCvB verzorgd.</li> </ol>	<p>Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT</p>
Adviezen Werkplekgerichte interventie	
<p>Bij blootstelling aan lichaamstrillingen boven de actiegrens heb ik:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Indien mogelijk, een andere vorm van transport aanbevelen</li> <li>10. Het kiezen van het juiste type voertuig voor de juiste taak aanbevelen</li> <li>11. Het egaliseren of markeren van de oneffen ondergrond aanbevelen</li> <li>12. Het verlagen van de rijsnelheid (of vaarsnelheid) aanbevelen</li> <li>13. Het kiezen van het juiste type banden en bandenspanning aanbevelen</li> <li>14. Het selecteren van een goede geveerde stoel voor het type voertuig, het gebruiksdoel en de ondergrond aanbevelen</li> <li>15. Voorlichting en instructie over gezondheidsrisico's en trillingsverlagende</li> </ol>	<p>Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT Ja / Nee / NVT</p>

<p>maatregelen, als een dergelijke voorlichting <u>gepaard gaat</u> met de bovengenoemde technische maatregelen, aanbevolen.</p> <p>16. Reductie van de duur van de blootstelling per dag en het inlassen van meer korte pauzes indien het met de bovengenoemde maatregelen niet lukt om de blootstelling beneden de actiegrens te krijgen aanbevolen.</p>	<p>Ja / Nee / NVT</p> <p>Ja / Nee / NVT</p>
<b>Adviezen werknemergerichte maatregelen</b>	
<p>Bij blootstelling aan lichaamstrillingen boven de actiegrens heb ik:</p> <p>17. Individuele voorlichting en instructie over gezondheidsrisico's, al of niet als onderdeel van een PMO aanbevolen of uitgevoerd.</p> <p>18. Oefeningen gericht op verbetering van de sensomotoriek en houdingsstabiliteit na trillingsblootstelling aanbevolen.</p>	<p>Ja / Nee / NVT</p> <p>Ja / Nee / NVT</p>
<b>Adviezen bijzondere groepen</b>	
<p>Bij zwangere werknemers heb ik:</p> <p>19. Geadviseerd hen niet bloot te stellen aan lichaamstrillingen en schokken met een trillingsniveau van meer dan 0,25 m/s<sup>2</sup> over een 8-urige werkdag.</p>	<p>Ja / Nee / NVT</p>
<b>Gezondheidsbewakingsprogramma</b>	
<p>Bij werknemers die meer dan 1 uur per dag zittend of staand op voertuigen of machines worden blootgesteld aan lichaamstrillingen:</p> <p>20. Heb ik een PMO trillingen aanbevolen of uitgevoerd volgens bijlage 3 van de richtlijn.</p>	<p>Ja / Nee / NVT</p>
<b>Evaluatie</b>	
<p>Bij alle interventies: binnen een half jaar na de aanbevelingen heb ik geëvalueerd of:</p> <p>21. De aanbevolen maatregelen zijn uitgevoerd.</p> <p>22. De blootstelling aan lichaamstrillingen is verminderd.</p>	<p>Ja / Nee / NVT</p> <p>Ja / Nee / NVT</p>

### Berekenen score performance indicatoren

Ja =1 Nee = 0 NVT = 0

Sommeer alle Ja-antwoorden: Score = som(Ja)

Sommeer alle NVT: Score = 22 – som(NVT).

Performance Score = (som(Ja) / (22 – som(NVT))) \* 100

Een performance score van meer dan 80% is uitstekend.

Voorbeeld 12x Ja, 5x Nee, 5x NVT: Performance Score: (12 /17) \* 100 = 71 procent.

## Bijlage 6. Referenten

De conceptteksten van richtlijn en achtergronddocument zijn ter commentaar voorgelegd aan de leden van de beroepsverenigingen van arbeids- en organisatiedeskundigen, arbeidshygiënist, bedrijfsartsen, ergonomen en veiligheidskundigen, alsmede aan experts op het terrein van de richtlijn.

### Leden

Commentaar is ontvangen van 20 leden van vier beroepsverenigingen [arbeids- en organisatiedeskundigen (1), arbeidshygiënist (5), bedrijfsartsen (3) en veiligheidskundigen (11)]. Van leden van Human Factors NL is geen commentaar ontvangen.

- Hilbrand Baar
- Ron S.S.J. Bos
- H. van den Born
- Gerard Drost
- Kees Halm
- Willie Kocken
- Robert Kaspersma
- L.J. Van Remmerden
- Arnold Schriemer
- Erwin P. Weststrate
- anoniem = 10

### Experts

Van acht experts op het terrein van de richtlijn is commentaar ontvangen:

- Michiel van Eeden
- Monique Frings-Dresen
- Sjoek van der Maarl
- Bas Möllenkramer
- Lou Peukens
- Ad de Rooij
- Marike Schooneveldt
- Peter Tamsma

## Bijlage 7. Begrippenlijst

**$a_{(w)}$**  De gewogen effectieve of RMS (Root-Mean-Square, in  $m/s^2$ ) waarde. Hierbij wordt de tweedemachtswortel getrokken uit de som van het kwadratisch gemiddelde van de frequentiegewogen versnelling. Voor de beoordeling van de trillingsblootstelling wordt de hoogste waarde van de drie gemeten trillingsrichtingen gebruikt. In formule:

$$a_{wk} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T a_{wk}^2(t) \cdot dt}$$

$a_{wk}(t)$  = de instantane waarde in de trillingsrichting  $k$  (met  $k=X, Y$  of  $Z$ ) van het gewogen trillingssignaal op tijdstip  $t$  en  $T$  de duur van de meting. De actie- en grenswaarde voor  $a_{(w)}$  (over 8 uur) zijn respectievelijk 0,5 en 1,15  $m/s^2$ .

**$a(8)$**  Dagelijkse blootstelling aan lichaamstrillingen berekend op basis van 8 bedrijfsuren en uitgedrukt in meter per secondekwadraat ( $m/s^2$ ) voor een werknemer, met inbegrip van alle lichaamstrillingen waaraan de werknemer in de loop van de dag is blootgesteld.

**Actiewaarde** Waarde voor de dagelijkse blootstelling aan lichaamstrillingen van werknemers [ $a(8) = 0,5m/s^2$ , of de dagelijkse trillingsdosiswaarde, VDV =  $9,1m/s^{1,75}$ ] boven welke de risico's die gepaard gaan met blootstelling aan trillingen door de werkgever gecontroleerd moeten worden.

**Beroepsziekte** Een ziekte of aandoening als gevolg van een belasting die in overwegende mate in arbeid of arbeidsomstandigheden heeft plaatsgevonden.

**Crest-factor** De crest-factor is de absolute waarde van de hoogste instantane piek in de trillingsblootstelling, gedeeld door de RMS trillingswaarde over de meetperiode. NEN ISO-2631-1 (1997) geeft aan dat voor waarden groter dan 9 schokbelasting een rol speelt en uitsluitend een evaluatie op grond van  $a_{(w)}$  mogelijk niet voldoende is.

**Frequentie** Het aantal trillingen per seconde, uitgedrukt in Hertz (Hz)

**Frequentieweging** Filter dat wordt toegepast op trillingsmetingen om de frequentieafhankelijkheid van het risico op gezondheidsschade weer te geven. Voor lichaamstrillingen worden twee wegingen gehanteerd:

- $W_d$  voor trillingen op zowel de voorwaartsachterwaartse ( $x$ ) als de zijdelingse ( $y$ ) as,
- $W_k$  voor trillingen op de verticale ( $z$ ) as.

**Grenswaarde** Waarde voor de dagelijkse blootstelling aan lichaamstrillingen van werknemers [ $a(8) = 1,15m/s^2$ , of de dagelijkse trillingsdosiswaarde, VDV =  $21m/s^{1,75}$ ] die niet overschreden mag worden.

<b>Hand-armtrillingen</b>	Mechanische trillingen of schokken die via het bedienen van werktuigen op de handen en armen van de bediener worden overgedragen.
<b>Lichaamstrillingen</b>	Mechanische trillingen of schokken die, meestal via het besturen van een voertuig of (lucht)vaartuig, via het steunvlak (zitvlak, rug, benen en of voeten) overgedragen worden op het menselijk lichaam.
<b>Meta-analyse</b>	Het samenvoegen van de resultaten van vergelijkbare onderzoeken tot één samenvattende schatting van het in deze onderzoeken bestudeerde effect, in combinatie met de analyse van de invloed van verschillen tussen de onderzoeken op deze schatting.
<b>Rugklachten</b>	Pijnklachten in het gebied onder de schouderbladen en boven de bilplooien waarbij de pijn kan uitstralen vanuit de rug tot aan de voeten. Het overgrote deel van de mensen met rugklachten (90%) valt in de categorie 'aspecifieke lage rugpijn'
<b>Trillingen</b>	Periodiek herhaalde bewegingen om een evenwichtsstand.
<b>Trillingsrichting of-as</b>	In het driedimensionale vlak worden drie richtingen onderscheiden ten opzichte van de persoon die blootgesteld is: X: voor-achterwaarts, Y: zijwaarts en Z: verticaal.
<b>Schokken of stoten</b>	Kortdurende trillingen met een hoge intensiteit
<b>SEAT</b>	Seat Effective Amplitude Transmissibility, de gewogen RMS trillingswaarde gemeten op de stoel als percentage van die van het chassis gemeten aan de stoelbasis. Het is een maat voor de effectiviteit van de stoeldemping. Een waarde 100% geeft aan dat de stoel de trillingen gewoon doorgeeft. Bij een waarde van 60% treedt er een aanzienlijke demping op, namelijk 40%. Bij een waarde boven 100% worden de trillingen door de stoel versterkt.
<b>Sed</b>	Equivalent van de dagelijkse statische compressie dosis, in milipascal (mPa), volgens NEN ISO-2631-5 (2004) als hulpmiddel bij het beoordelen van schokken. Met behulp van de in de norm gegeven Matlab functie worden hierbij de gemeten ongewogen versnellingen van de stoelzitting modelmatig in een versnellingsrespons van de wervelkolom omgezet. Op grond van pieken in die versnellingsrespons wordt een versnellingsdosis D (in m/s <sup>2</sup> ) berekend voor elk van de drie versnellingsrichtingen. Deze versnellingsdosis wordt vervolgens omgerekend naar een equivalent van de statische compressiedosis S <sub>ed</sub> . In formule:
	$S_{ed} = \left[ \sum_{k=x,y,z} (m_k D_{kd})^6 \right]^{1/6}$
	waarin de volgende waarden voor m <sub>k</sub> worden aanbevolen: m <sub>x</sub> = 0.015 MPa / (m/s <sup>2</sup> ), m <sub>y</sub> = 0.035 MPa / (m/s <sup>2</sup> ), m <sub>z</sub> = 0.032 MPa / (m/s <sup>2</sup> ). Bij een dagelijkse blootstelling gedurende het gehele jaar (240

dagen / jaar) wordt in de norm aangegeven dat de kans op schade aan de wervelkolom laag is indien de Sed onder 0.5 mPa blijft. Een hoge kans ontstaat bij een Sed boven 0.8 mPa. Voor een kleiner aantal dagen gelden hogere grenzen.

**Systematische review** Overzicht van primaire onderzoeksartikelen waarbij gebruikgemaakt wordt van expliciete en reproduceerbare methoden voor selectie en beoordeling.

**VDV** Vibration Dose Value: cumulatieve trillingsdosis waarde die gebaseerd is op de vierdemachtswortel van het tot de vierdemacht verheven versnellingssignaal  $a_w$  en uitgedrukt in  $m/s^{1.75}$ . De VDV is meer gevoelig voor pieken in de blootstelling dan de  $a_{(w)}$ . In formule:

$$VDV_k = \sqrt[4]{\int_0^T a_{wk}^4(t) \cdot dt}$$

$VDV_k$  = de VDV waarde van de meting met tijdsduur T voor de trillingsrichting k. De actie- en grenswaarde voor de VDV (over 8 uur) zijn respectievelijk 9,1 en 21  $m/s^{1.75}$ .

**Werkcyclus** Een samenhangend geheel van handelingen of werkzaamheden dat bij herhaling kan optreden.