

Ser. 4
S 116
2^e lex.

SZW

Ministerie van Sociale Zaken
en Werkgelegenheid

Arbeidsomstandigheden in de chemische industrie

Overzicht van de voornaamste knelpunten wat
betreft de blootstelling aan geluid, trillingen,
gassen, dampen en stof

S 116

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



NIA0047007

Arbeidsinspectie

Arbeidsomstandigheden in de chemische industrie

Overzicht van de voornaamste knelpunten wat betreft de blootstelling aan geluid, trillingen, gassen, dampen en stof

P.F.M. Beumer (NIPG-TNO, Leiden)
A.B. Hessels (NIPG-TNO, Leiden)
J.H.M.M. Musson (NIA, Amsterdam)
W.E. Verhoeven (NIPG-TNO, Leiden)

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

ISN-nr. 5840
plaats Ser. 4, 8116 (2^e ex.)
datum 06 MEI 1991

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het
Directoraat-Generaal van de Arbeid door het
Nederlands Instituut voor Praeventieve
Gezondheidszorg TNO

april 1991

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

Arbeidsomstandigheden

Arbeidsomstandigheden in de chemische industrie: overzicht van de voornaamste knelpunten wat betreft de blootstelling aan geluid, trillingen, gassen, dampen en stof/P.F.M. Beumer ... [et al.]. - Den Haag: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. - Ill. - ([Studie]/Directoraat-Generaal van de Arbeid, [Arbeidsinspectie], ISSN 0921-9218; S 116)

Een studie uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO, in samenwerking met het Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden.

- NIPG-publikatienummer 91007. -

Met lit. opg.

ISBN 90-5307-162-8

Trefw.: arbeidsomstandigheden; chemische industrie.

INHOUD

pagina

1. INLEIDING	1
1.1 Vooraf	1
1.2 Selectie van al dan niet opnemen	3
1.3 Beoordeling	3
1.3.1 Geluid	3
1.3.2 Trillingen	5
1.3.2.1 Handarmtrillingen	5
1.3.2.2 Lichaamstrillingen	6
1.3.3 Toxische stoffen	7
1.4 Algemene informatie over maatregelen	9
1.4.1 Algemeen	9
1.4.1.1 Meerdere bronnen	9
1.4.1.2 Arbeidshygiënische strategie	9
1.4.1.3 Taakrotatie	10
1.4.2 Geluid	11
1.4.2.1 Werkcabines en omkastingen	11
1.4.2.2 Geluidschermen	12
1.4.2.3 Geluidabsorberend plafond	13
1.4.3 Trillingen	14
1.4.3.1 Het isoleren van mechanische trillingen	14
1.4.3.2 Handschoenen en handvatten	18
1.4.3.3 Oplossingen door keuzen in het ontwerpproces	19
1.4.3.4 Effecten van de verschillende soorten oplossingen	24
1.4.4 Toxische blootstelling	24
1.4.4.1 Afzuiging	24

	pagina
1.4.4.2 Ventilatie	25
1.4.4.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen	25
1.5 Chemische Industrie	26
1.6 Overige belastende arbeidsomstandigheden	27
2. VERWERKING VAN GRONDSTOFFEN TOT HALFFABRIKATEN	29
2.1 Ruwe olie	29
2.2 Steenkool	31
2.3 Aardgas	32
3. VERWERKING VAN HALFFABRIKATEN TOT EINDPRODUKTEN	34
3.1 Kunstmestproduktie	34
3.2 Kunstharsproduktie	37
3.2.1 Thermoharders	37
3.2.2 Thermoplasten	41
3.2.3 Overige toxische stoffen	45
3.3 Verf- en drukinktproduktie	46
3.4 Produktie farmaceutische artikelen	48
3.5 Produktie reinigingsmiddelen	52
3.6 Produktie cosmetische artikelen	54
3.7 Chemische bestrijdingsmiddelenproduktie	57
3.8 Oplosmiddelenproduktie	60
4. OVERIGE WERKZAAMHEDEN	65
4.1 Reinigen	65
4.1.1 Zuigen	65
4.1.2 Blazen	67
4.1.3 Ontvetten met oplosmiddelen	68

	pagina
4.2 Onderhoud	69
4.2.1 Onderhoudswerk	69
4.3 Intern transport	73
4.3.1 Heftrucks	73
LITERATUUR	77
BIJLAGEN	85

1. INLEIDING

1.1 Vooraf

In dit rapport zijn de bevindingen weergegeven van een literatuuronderzoek naar de arbeidsomstandigheden in de chemische industrie. Het doel van het onderzoek is een inventarisatie van de voornaamste knelpunten. De inventarisatie is beperkt tot geluid, trillingen en blootstelling aan gassen, dampen en stof.

De informatie over knelpunten op het gebied van trillingen is voor een belangrijk deel aangeleverd door het NIA (Y. Musson). De rest van de informatie is grotendeels door het NIPG (Beumer, Hessels en Verhoeven) geïnventariseerd.

Algemeen

De schrijvers zijn zich bewust dat een dergelijk een overzicht van de voornaamste knelpunten in de chemische industrie niet het stempel van volledigheid toekomt. De literatuurstudie is beperkt gebleven tot de belangrijkste publikaties, op grond waarvan wordt aangenomen dat de meeste problemen zijn gedekt. Hiaten in de informatie komen vooral voort uit de grote diversiteit in arbeidssituaties: de verschillen tussen grote en kleine bedrijven en tussen relatief moderne en relatief oudere bedrijven. Daarnaast is het zo dat in de literatuur van een groot aantal problemen weinig of geen met name kwantitatieve informatie is te vinden. Door het verwerken van commentaar van deskundigen op een concept-versie van het rapport zijn de genoemde beperkingen van dit overzicht zoveel mogelijk ondervangen.

Kwantitatieve informatie

Een belangrijk deel van de hier opgenomen informatie over de mate van blootstelling is gebaseerd op incidentele situaties. Het generaliseren van dergelijke informatie vereist voorzichtigheid.

Mogelijke maatregelen

De weergegeven verbeteringsmogelijkheden zijn de voornaamste mogelijkheden die in de literatuur zijn genoemd. Uiteraard staat niet zonder meer vast dat ze zinvol zijn in ogenschijnlijk vergelijkbare situaties. Voordat ze in andere situaties worden toegepast is vaak in ieder geval enige aanpassing nodig.

Trillingen

De presentatie van de informatie over trillingsproblematiek is enigszins afwijkend: over de verbeteringsmogelijkheden is (vergeleken met geluid- en toxische problemen) relatief de meeste informatie te vinden in het algemene deel (paragraaf 1.4.3). Voor de andere aspecten is de meeste informatie over de verbeteringsmogelijkheden te vinden bij het betreffende knelpunt. De voornaamste reden voor deze afwijkende presentatievorm is dat anders voor trillingen te vaak herhaling van informatie zou plaatsvinden. Een andere belangrijke reden hiervoor is dat relatief weinig informatie is gevonden over specifieke trillingsproblemen en over de oplossingsmogelijkheden die daarvoor gelden. Een gevolg hiervan is wel dat voor een juist begrip van de informatie per knelpunt (hoofdstuk 2 en verder) het algemene deel (hoofdstuk 1) als bekend moet worden verondersteld.

Aanvullend onderzoek

Gezien de beperkingen van een literatuurstudie zoals deze (zie algemeen) is ons inziens aanvulling met praktijkervaringen zinvol. Hierbij denken we aan het inventariseren van praktijkervaringen van arbo-deskundigen zoals arbeidshygiënisten, ergonomen en veiligheidskundigen. Dit kan een belangrijke aanvulling geven van kwantitatieve informatie over de blootstelling en van informatie over de praktische haalbaarheid van maatregelen.

1.2 Selectie van al dan niet opnemen

Het voorliggend rapport bevat een overzicht van de voornaamste knelpunten bij de blootstelling aan geluid, trillingen en toxische stoffen in de chemische industrie. De keuze om een bepaalde belastende situatie in het overzicht op te nemen is in de eerste plaats gebaseerd op twee overwegingen:

- aantal mensen dat er aan blootgesteld is,
- niveaus, met name de kans op nadelige gezondheidseffecten.

Bedoelde kwantitatieve informatie over deze twee aspecten is beperkt in de geraadpleegde literatuur te vinden. Het zelf verzamelen van die informatie in de praktijk maakt geen deel uit van de opdracht. Daarom is de wijze van selecteren voor een deel die van een "educated guess", die middels de commentaarronde bij deskundigen nader getoetst wordt.

1.3 Beoordeling

Voor een selectie van welke belastende situaties wel en niet in het overzicht zijn opgenomen heeft centraal gestaan de kans op nadelige gezondheidseffecten door die blootstelling. Dit houdt met name in dat hinderlijke situaties, die geen kans op nadelige gezondheidseffecten met zich meebrengen, in principe buiten het overzicht zijn gebleven.

1.3.1 Geluid

Mogelijke gezondheidseffecten

Blootstelling aan lawaai kan leiden tot gehoorschade. Bij gemiddelde geluidsniveaus op de arbeidsplaats boven 80 dB(A) loopt men kans op den duur gehoorschade op te lopen. Andere mogelijke gezondheidseffecten van lawaai tijdens het werk zijn vooral stress-achtige verschijnselen zoals hinder, verhoogde bloeddruk, slechtere nachtrust enz. Dergelijke, vaak reversible verschijnselen kunnen over het algemeen bij aanzienlijk lagere geluidsniveaus optreden (globaal boven 60

dB(A)).

Richtlijnen

De voornaamste richtlijn voor de beoordeling van lawaai op de arbeidsplaats is de wettelijke bepaling op dit punt. Deze komt globaal neer op het volgende [Iping, 1987]:

- gemiddelde geluidsniveaus boven 80 dB(A) kunnen schadelijk zijn voor het gehoor. De werkgever is verplicht boven deze grens afdoende gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking te stellen,
- bij gemiddelde geluidsniveaus boven 85 dB(A) wordt de werkgever geacht geluidreducerende maatregelen te treffen, voorzover dit redelijkerwijs gevergd kan worden,
- bij gemiddelde geluidsniveaus boven 90 dB(A) is de werknemer verplicht gehoorbeschermingsmiddelen te gebruiken.

Situaties in het overzicht

Bij de afweging om een situatie wel of niet op te nemen in dit rapport is uitgegaan van een gemiddeld geluidsniveau tijdens de werkdag, uitgedrukt in dB(A). Als het daggemiddelde boven 80 dB(A) is, is de situatie in principe opgenomen (tenzij de situatie op zeer beperkte schaal voorkomt). Als het gemiddeld geluidsniveau tijdens een werkzaamheid duidelijk boven 80 dB(A) is en waarschijnlijk is dat het daggemiddelde ook boven 80 dB(A) kan zijn, is de situatie ook opgenomen. Er is van afgezien ook situaties met niveaus tussen 60 en 80 dB(A) op te nemen, omdat dan grofweg vrijwel alle produktieruimtes in de chemische industrie in het overzicht zouden voorkomen en het onderscheid tussen ernstige en minder ernstige situaties verdwenen is.

1.3.2 Trillingen

1.3.2.1 Handarmtrillingen

Mogelijke gezondheidseffecten

Het bekendste gezondheidseffect is het ontstaan van witte of dode vingers. Witte vingers zijn een resultaat van perifere vaat- en zenuwaandoeningen. Andere gezondheidseffecten die in de literatuur worden genoemd zijn verminderde spierkracht, pijn en stijfheid in spieren, afwijkingen aan botten en gewrichten en een aantal algemene klachten [Musson, Burdorf & Van Drimmelen, 1986].

Richtlijnen

In Nederland bestaan nog geen wettelijke grenzen of advieswaarden voor trillingsbelasting. Door de Nederlands Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) is een voorstel ontwikkeld voor grenswaarden [NVVA, 1988]. Als uitgangspunt wordt daarin voor een dagelijkse blootstellingsduur van 4 uur een grenswaarde van 3 m/s^2 gehanteerd. Bij deze grenswaarde wordt dan toegestaan dat 10 % van de populatie na 10 jaar symptomen van witte vingers krijgt. Om een absolute limiet te stellen ongeacht de blootstellingsduur wordt een maximaal toelaatbare waarde aanbevolen van 10 m/s^2 . Deze grenswaarden zijn bij langdurige blootstelling geen veilige grens, waaronder geen gezondheidseffecten zijn te verwachten. Lichtere stadia van witte vingers kunnen ook onder deze grenswaarden optreden. Voor andere mogelijke gezondheidseffecten ontbreken dosis-effect relaties, zodat het niet mogelijk is veilige grenswaarden hiervoor aan te geven. Brammer [1982] geeft als veilige grens 1 m/s^2 aan.

De Nederlandse overheid heeft onlangs ook voorstellen gedaan voor richtlijnen [Iping, 1989]. De in het beleidsvoornemen genoemde grenswaarden hebben betrekking op een effectieve dagelijkse blootstelling van 4 uur. Deze voorstellen voor richtlijnen komen neer op het volgende:

- gezondheidsgrens van $1,5 \text{ m/s}^2$. Dit is in feite een streefwaarde,
- actiegrens van 3 m/s^2 . Hierboven dient een werkgever, voorzover dat rede-

lijkerwijs kan worden verlangd, maatregelen te nemen om het trillingsniveau op of onder 3 m/s^2 te brengen. Wanneer technische maatregelen niet mogelijk zijn dient de werkgever over te gaan op organisatorische maatregelen in de vorm van verkorting van de blootstellingsduur.

Zoals uit de toelichting op het voorstel van de NVvA moge blijken is ook de door de overheid voorgestelde actiegrens geen veilige grens: onder die grens zijn nog steeds gezondheidseffecten mogelijk, zeker bij zeer langdurige blootstelling.

Situaties in het overzicht

Als centrale beoordelingsgrootte wordt in principe uitgegaan van het zogenaamde 4-uurs equivalent gewogen versnellingsniveau. Deze waarde kan worden berekend uit de gewogen effectieve versnelling gedurende de blootstelling en uit de blootstellingsduur per dag (zie bijlage). Als grenswaarde die hier wordt gehanteerd voor het al dan niet opnemen van een situatie in het overzicht wordt uitgegaan van de gezondheidsgrens van $1,5 \text{ m/s}^2$, zoals weergegeven in de ontwerp-richtlijn van de overheid [Iping, 1989].

1.3.2.2 Lichaamstrillingen

Mogelijke gezondheidseffecten

In volgorde van toenemende intensiteit kunnen lichaamstrillingen aanleiding geven tot verminderd comfort, vermoeidheid, en tenslotte (acute) gezondheidsschade. De gezondheidseffecten kunnen zeer divers zijn, met name klachten aan spieren, gewrichten en ingewanden, hoofdpijn en beïnvloeding van de bloedsomloop [Musson, Burdorf & Van Drimmelen, 1986].

Richtlijnen

Door de Nederlandse overheid zijn voorstellen gepresenteerd voor richtlijnen [Iping, 1989]. Dit beleidsvoornemen komt globaal neer op het volgende:

- gezondheidsgrens $0,25 \text{ m/s}^2$. Dit is in feite een streefwaarde. Deze waarde komt overeen met de waarde die in een ontwerp-richtlijn van de EEG

- voorkomt voor fabrikanten van trillende machines en gereedschappen,
- actiegrens $0,5 \text{ m/s}^2$. Boven deze waarde zijn maatregelen noodzakelijk, analoog aan de ontwerp-richtlijn voor handarmtrillingen. De actiegrens is geen absoluut veilige grens, waar beneden gezondheidseffecten zeker voorkomen worden.

De waarden gelden voor een 8-urige blootstelling per dag. Bij korter durende blootstelling gelden overeenkomstig de rekenregels van de ISO hogere grenswaarden (zie bijlage 1).

Situaties in het overzicht

Als grenswaarde voor het al dan niet opnemen van situaties in het rapport is uitgegaan van de gezondheidsgrens van $0,25 \text{ m/s}^2$, zoals aangegeven in de ontwerp-richtlijn van de overheid.

1.3.3 Toxische stoffen

Mogelijke gezondheidseffecten

De gezondheidseffecten die mensen kunnen ondervinden als gevolg van blootstelling aan gassen, dampen en stof zijn zeer divers. Ze hangen met name af van de volgende aspecten:

- chemische samenstelling van de blootstelling (met name ook bij mengsels);
- deeltjesgrootte (met name bij stof);
- andere belastingsvormen, zowel tijdens als voor en na de blootstelling (met name hitte, fysieke inspanning, roken);
- intensiteit van blootstelling (met name concentratie en tijdsduur);
- gezondheid;
- inwerkingsweg op het lichaam (via de ademhaling, via de huid, via de ogen of via de spijsvertering).

Mede door de boven aangegeven diversiteit aan invloedsfactoren kunnen de gezondheidseffecten ook sterk uiteenlopen. Een relevant onderscheid voor de effecten is [Arbojaarboek, 1989]:

- acute effecten. Deze bereiken vaak binnen enkele minuten na de blootstel-

ling hun hoogtepunt en zijn vaak omkeerbaar. Ook mogelijk is dat de effecten met enige vertragingstijd optreden, bijvoorbeeld enige uren na de blootstelling;

- chronische effecten, door langdurige of herhaaldelijke blootstelling. Dergelijke effecten nemen na beëindiging van de blootstelling meestal niet of zeer langzaam in sterkte af.

Grenswaarden voor beoordeling

Voor de beoordeling staan de zogenaamde MAC-waarden van de stoffen centraal. De MAC-waarde van een gas, damp, nevel of stof is die concentratie in de lucht op de werkplek die,

- voorzover de huidige kennis reikt;
- bij herhaalde blootstelling;
- ook gedurende een langere, tot zelfs het arbeidsleven omvattende periode;
- in het algemeen;
- de gezondheid van werknemers;
- zowel als hun nageslacht, niet benadeelt [Arbojaarboek, 1989].

Enige kanttekeningen:

- MAC-waarden houden geen rekening met opname van de stof via de huid en/of door de mond;
- MAC-waarden gelden in principe niet bij mengsels. Voor enkele mengsels zijn grenswaarden opgesteld, zoals voor lasrook;
- MAC-waarden zijn geen absoluut veilige grenzen voor iedere werknemer;
- ook in bijzondere werksituaties (bijvoorbeeld bij fysiek zware arbeid) kunnen de MAC-waarden onvoldoende bescherming bieden;
- voor zeer veel stoffen bestaan (nog) geen MAC-waarden.

Situaties in het overzicht

Als grenswaarde voor het al dan niet opnemen van situaties in het rapport is in principe uitgegaan van een concentratie ter grootte van de helft van de MAC-waarde. Daar waar geen kwantitatieve gegevens beschikbaar waren over de voorkomende concentraties is geschat of dergelijke concentraties redelijkerwijs kun-

nen optreden. Daar waar geen MAC-waarde beschikbaar is of bij complexe mengsels is het criterium voor vermelding in het overzicht of er sprake is van ernstige hinder.

1.4 Algemene informatie over maatregelen

In deze paragraaf is informatie opgenomen over algemene principes voor maatregelen en algemene aspecten die een rol spelen bij het treffen van maatregelen.

1.4.1 Algemeen

1.4.1.1 Meerdere bronnen

Typend voor een groot deel van de in het rapport vermelde situaties is dat de blootstelling niet wordt veroorzaakt door slechts een bron, maar vaak door meerdere bronnen. Voor het treffen van maatregelen is dan van groot belang dat het uiteindelijk effect van de maatregel aan een bron sterk wordt bepaald door de relatieve bijdrage van die bron aan de totale blootstelling op de arbeidsplaats. Dit is een van de voornaamste redenen dat generaliseren van het effect van een bepaald type maatregel grote voorzichtigheid vereist.

1.4.1.2 Arbeidshygiënische strategie

In het algemeen is bij het treffen van maatregelen de zogenaamde arbeidshygiënische strategie de beste benadering. Deze strategie houdt de volgende volgorde in:

1. *Elimineren van de bron.*

Eerst wordt gekeken naar mogelijkheden om te voorkomen dat de bron wordt gebruikt, bijvoorbeeld door toepassing van een andere bewerkingswijze.

2. *Maatregelen aan de bron.*

Als de bron niet kan worden voorkomen is het zaak de productie van belastende omstandigheden door de bron zoveel mogelijk te beperken. Dit houdt

bijvoorbeeld in een zo stil mogelijke motor.

3. *Maatregelen direct om de bron.*

Vervolgens is het zaak te kijken naar mogelijkheden de geproduceerde belastende omstandigheden te omkapselen, bijvoorbeeld door het omkassen van een bron of het afschermen of afzuigen direct bij de bron.

4. *Maatregelen in omgeving.*

Vervolgens komen maatregelen in de verdere omgeving aan de orde, bijvoorbeeld een geluidsabsorberend plafond of een goede ventilatie.

5. *Organisatorische maatregelen.*

Bij organisatorische maatregelen moet men denken aan het beperken van de blootstellingsduur, bijvoorbeeld door roulatie.

6. *Persoonlijke beschermingsmiddelen.*

Tenslotte, als geen van de boven genoemde principes voldoende effect oplevert, moet men denken aan persoonlijke beschermingsmiddelen: gehoor-
kappen, handschoenen, ademhalingsbescherming enz.

De genoemde mogelijkheden voor maatregelen moet men daarom zien in het licht van de boven toegelichte arbeidshygiënische strategie. Dit houdt bijvoorbeeld in dat een schoner productieproces in principe de voorkeur verdient boven het aanbrengen van een afzuig- en ventilatiesysteem.

1.4.1.3 Taakroulatie

Men kan de blootstelling per persoon beperken door een taak door meer mensen uit te laten voeren. Om te beoordelen of hierdoor betere arbeidsomstandigheden worden bereikt moeten de volgende punten in aanmerking worden genomen:

- Voor de tot dan toe meest blootgestelde mensen is het een verbetering, voor de mensen die voortaan meer blootgesteld worden echter een verslechtering.
- Als in plaats van dit belastende werk werkzaamheden worden uitgevoerd die zeker zo belastend zijn (bijvoorbeeld in plaats van lawaai veel trillingen), is ook voor de tot dan toe meest blootgestelde mensen eerder sprake van een verschuiving van problemen in plaats van een verbetering.
- In het algemeen is bij korter durende blootstelling aan belastende arbeidsomstandigheden de kans groter dat persoonlijke beschermingsmiddelen niet worden gebruikt ("het duurt maar even"). Daardoor kan de effectieve bloot-

stelling zelfs groter worden.

- Uit het oogpunt van de functieinhoud kan het een verbetering betekenen, als tenminste sprake is van een taakverrijking (bijvoorbeeld een meer samenhangend takenpakket) en niet van verbreding met hetzelfde type werk.

1.4.2 Geluid

1.4.2.1 Werkcabines en omkastingen

Beschrijving

Het principe is dat werk in een aparte, afgescheiden ruimte wordt uitgevoerd. Dit betreft dan werk dat overlast voor de omgeving veroorzaakt, met name lawaai en de produktie van gassen, dampen en stof.

Effect

Afhankelijk van de uitvoering van de cabine of omkasting en de frequentie van het geluid zijn geluidreducties tot 40 dB(A) goed realiseerbaar. De kleinste reducties worden bereikt met name bij laagfrequent geluid en tamelijk lichte panelen of wanden. Ook kieren, gaten, openingen bij de in- en uitvoer van het produkt en openingen en doorvoer van afzuigleidingen en deursluitingen beperken al snel het maximaal te bereiken effect. Als het oppervlak van de opening 1 % is van het totale oppervlak is de maximaal te bereiken reductie nog 20 dB(A). De grootste reducties worden bereikt wanneer zeer goed afgedichte cabines met zware wanden worden geïnstalleerd, vooral bij middenfrequent geluid.

Praktische aspecten

- geluidsisolatie.
Een zeer belangrijke eis aan de uitvoering is dat de wand van de omkasting of cabine voorzien zal moeten zijn van geluidsisolierend en -absorberend materiaal en trillingsvrij en goed afgedicht op de vloer gemonteerd moet worden [Steenbrugge, Gerretsen & Tukker 1985, blz. 149].
- transport van werkstukken.

Voor omvangrijke en/of zware werkstukken is het vaak erg moeilijk om deze naar een aparte ruimte te vervoeren. Dit probleem is nog groter als deze ruimte niet over een kraanbaan beschikt die goed aansluit op de kranen in de aangrenzende ruimte, of als grondvervoer moeilijk is,

- benodigde tijd voor die werkzaamheden.

Als de overlast veroorzakende werkzaamheden relatief kort duren ten opzichte van de transporttijd van het werkstuk van en naar deze ruimte, dan is het niet realistisch te verwachten dat men deze ruimte voor dit werk gebruikt. Het is daarom in ieder geval gunstig om de overlast gevende werkzaamheden in zo lang mogelijk aaneengesloten tijdsdelen te clusteren.

1.4.2.2 Geluidschermen

Beschrijving

Door rondom een geluidbron schermen te plaatsen kan het geluid enigszins worden afgeschermd. Voor een afschermend effect is minimaal vereist dat de bron aan het zicht wordt onttrokken.

Effect

Het geluidreducerend effect is vaak beperkt tot ca. 5 dB(A), maximaal wordt ca. 10 dB(A) reductie bereikt. De grootste reductie wordt bereikt als een groot scherm dicht bij de bron wordt geplaatst en de ruimte over een absorberend plafond beschikt. De kleinste reducties bereikt men in akoestisch harde ruimtes als het scherm tamelijk ver van de bron is geplaatst.

Praktische aspecten

- routing

Het voornaamste nadeel van schermen is dat ze de doorgang bemoeilijken,

- benodigde ruimte

Schermen nemen ook ruimte in, niet alleen door het scherm zelf, maar ook doordat met schermen de vrije ruimte aan weerszijden van het scherm niet meer gecombineerd kan worden benut.

1.4.2.3 Geluidsabsorberend plafond

Beschrijving

Door een geluidsabsorberend plafond wordt de geluidreflectie tegen het plafond beperkt. Dergelijke plafonds worden tegenwoordig op grote schaal toegepast, zowel in kantoren als in fabrieken.

Effect

Over het algemeen is het effect van een geluidsabsorberend plafond beperkt tot een reductie van het algemeen halniveau met ca. 3 dB(A). In de directe omgeving van geluidsbronnen is het effect meestal nihil. De subjectieve verbetering is over het algemeen aanzienlijk groter dan de gemeten geluidreductie zou doen vermoeden, waarschijnlijk doordat het geluid minder diffuus is ("het komt niet meer van alle kanten op je af"). In het algemeen heeft een geluidsabsorberend plafond vooral zin als het achtergrondniveau in de ruimte wezenlijk bijdraagt aan het totale geluidsniveau op de arbeidsplaats. Dit is bijvoorbeeld het geval als er sprake is van een groot aantal min of meer even lawaaiige machines in dezelfde ruimte.

Praktische aspecten

Geluidsabsorberende plafonds zijn in een grote verscheidenheid standaard te koop. De keus uit het marktaanbod vereist een zorgvuldige afweging van aspecten zoals kans op vervuiling, vereiste lichtreflectie, bouwfysische aspecten (bijvoorbeeld combineren met thermische isolatie), kans op mechanische beschadiging en eventuele hygiënische eisen.

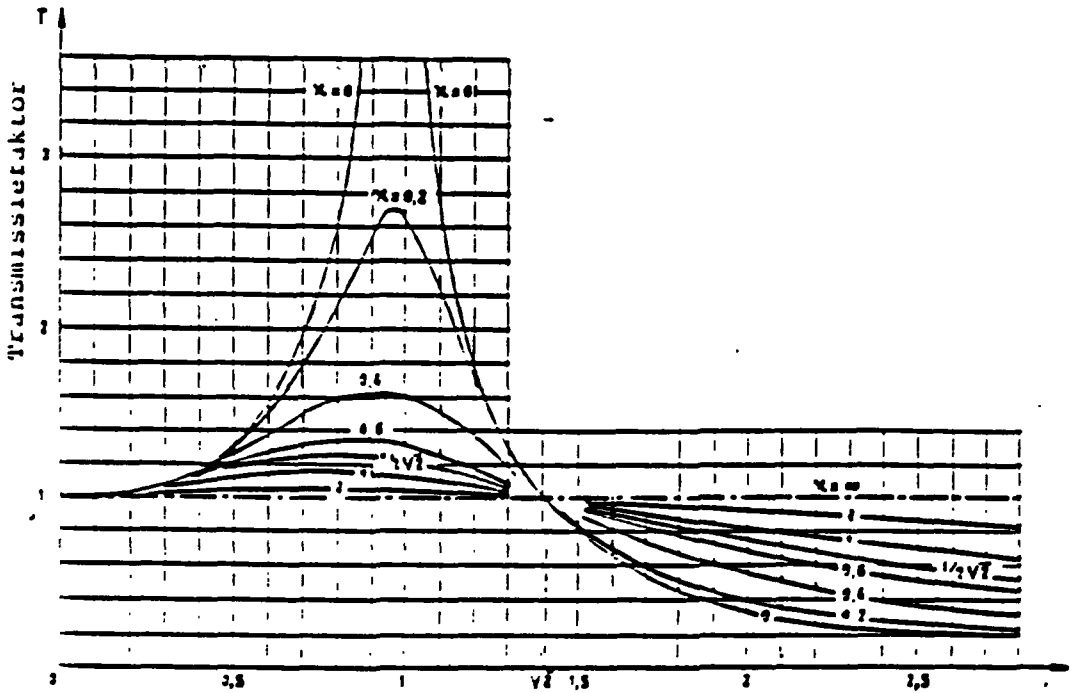
1.4.3 Trillingen

1.4.3.1 Het isoleren van mechanische trillingen

Isoleren van trillingen geschiedt meestal door de eigenfrequentie van een systeem (bijvoorbeeld handgrepen + handen of stoel + chauffeur) lager te kiezen dan de frequentie van de trillingsbron. Dit is passieve trillingsisolatie. De eigenfrequentie van een systeem is de frequentie waarmee het systeem uittrilt nadat het in trilling is gebracht. Deze is afhankelijk van constructieve eigenschappen. Een trillingsbron is veelal gegeven: voor roterend handgereedschap zijn dit meestal niet-gebalanceerde draaiende delen, voor slaand gereedschap het slagmechanisme en bij voertuigen vooral het wiel-wegcontact.

Een voorbeeld kan het principe van trillingsisolatie duidelijk maken. Een niet-machine hangt vrijwel stil aan een (slap) elastiekje dat wordt vastgehouden door een snel op- en neergaande hand. De nietmachine is door het elastiekje geïsoleerd van de trillingen van de hand, de trillingsbron. Het systeem elastiekje plus nietmachine heeft een lage eigenfrequentie ten opzichte van de frequentie van de trillingsbron. Deze lage eigenfrequentie is een gevolg van de combinatie van een relatief grote massa en een relatief slap veerelement. Het gevaar van een dergelijke isolatie komt naar voren wanneer de frequentie van de trillingsbron in de buurt komt van de eigenfrequentie. Bij een langzaam op- en neergaande hand kan de nietmachine zelfs een veel grotere uitwijking (amplitude) vertonen dan de hand; we noemen dit opslingering (resonantie). Het is mogelijk om deze opslingering te verminderen door het toevoegen van demping. Om dit duidelijk te maken gebruiken we een diagram (figuur 1) en het begrip (trillings)transmissiefactor. Deze laatste geeft aan hoe groot de uitwijking (amplitude) van het systeem is in vergelijking met de uitwijking van de trillingsbron. Een transmissiefactor kleiner dan 1 duidt op trillingsisolatie, een factor groter dan 1 op opslingering. De transmissiefactor is uitgezet tegen de verhouding van de (opgedrongen) bronfrequentie en de (door de ontwerper gekozen) eigenfrequentie. Voor een nauwelijks gedempt systeem zoals de nietmachine aan het elastiekje, is de lijn met $K = 0$ van toepassing. Deze factor K (Kappa) staat voor de dempingsgraad.

Figuur 1 Transmissiefactor ten opzichte van de verhouding bronfrequentie/eigenfrequentie
 [Fockens, 1981 in: Van Drimmelen et al., 1986].



De opslinging in het kritische gebied kan worden verminderd door het toepassen van meer demping: een grotere factor K in de figuur. Bij demping wordt energie geabsorbeerd uit de trilling. Iedere veer bezit een zekere demping. Wanneer deze demping onvoldoende is, zoals in geval van stalen veren of luchtvering, moeten aparte dempingselementen worden aangebracht. Op deze wijze wordt de demping van het systeem vergroot en de opslinging in het kritische gebied beperkt. Met het diagram van figuur 1 wordt duidelijk dat het trillingsprobleem van een laadschop op rupsen eenvoudiger is op te lossen dan dat van een op grote luchtbanden, een wiellader. De eerste produceert frequenties in de orde 5 - 8 Hz en de wiellader veel lagere: 1 - 2 Hz. Een moderne afgeveerde stoel met een eigenfrequentie van 1,5 Hz levert op het rupstuig een goed resul-

taut. Op de wiellader echter isoleert deze stoel slechts een gedeelte van de trillingen (boven de $4^{\frac{1}{2}} \times 1,5$ Hz) en versterkt de lagere. Om deze versterking binnen de perken te houden is demping nodig. Daarom is het niet verwonderlijk dat bestuurders van wielladers hun stoel vastzetten. Dat betekent maximale demping ($K = \infty$) en wordt in het diagram weergegeven door een horizontale lijn op hoogte $T = 1$ [Van Drimmelen et al., 1988].

Samengevat: passieve isolatie gaat uit van een massaveersysteem. Een massaveersysteem heeft vering en demping. Het resultaat van de isolatie (de eigenfrequentie van het systeem lager kiezen van de bronfrequentie) hangt af van deze vering en demping en van de bronfrequentie, zoals aangegeven in het diagram van figuur 1. Isolatie wordt gekarakteriseerd door de trillingstransmissiecoëfficiënt.

Naast passieve is er ook actieve isolatie. Hierbij wordt informatie over de bronfrequentie doorgegeven aan een actief geregelde vering. Een voorbeeld daarvan zijn actieve hydraulisch geregelde stoelen (Köhne 1981).

Knelpunten bij trillingsisolatie

Bij het toepassen van passieve trillingsisolatie zijn twee knelpunten bij uitstek te noemen:

1. het ontstaan van opslingering door een onderlinge toenadering van de eigenfrequentie en de bronfrequentie, waardoor de trillingsbelasting wordt vergroot,
2. toenemende onveiligheid door slapte van het systeem of opslingering.

Opslingering

Opslingering door toenadering van de eigenfrequentie en bronfrequentie kunnen op verschillende manieren ontstaan.

- a door een daling van de bronfrequentie in de richting van de eigenfrequentie.

Voorbeeld 1: een bosmaaier wordt in een fabriek getest op trillingsbelasting. Deze blijkt aanvaardbaar voor 1 of 2 uur werken. In de praktijk van een loonwerker wordt de bosmaaier echter ingezet op werk dat eigenlijk iets te zwaar voor de maaier is: het toerental (de bronfrequentie) daalt en komt in

het kritische gebied van de eigenfrequentie. De isolatie-elementen functioneren dan nauwelijks meer en veroorzaken deels het tegengestelde: opslingering. De trillingsbelasting is ontoelaatbaar zelfs voor één uur per dag.

Voorbeeld 2: een goede luchtgeveerde stoel kent een eigenfrequentie tussen de 1 en 2 Hz. Het aanbod aan trillingen ligt grotendeels boven die eigenfrequentie. In de praktijk produceren trillingsbronnen stochastisch trillingen, waarin diverse frequenties voorkomen. Op onverwachte momenten kan door de aard van het wegdek of ondergrond, gecombineerd met de rijnsnelheid toch af en toe een trillingsaanbod voorkomen dat overeenkomt met de eigenfrequentie van de luchtgeveerde stoel. Het gevolg is dat de chauffeur op onverwachte momenten een opslingering krijgt.

Voorbeeld 3: bij het opstarten en stoppen van een apparaat of machine daalt de bronfrequentie en ontstaat opslingering.

- b door een stijging van de eigenfrequentie in de richting van de bronfrequentie.

Voorbeeld 1: de massa van het massaveersysteem verandert. De eigenfrequentie van een onbeladen vrachtwagen is hoger dan de eigenfrequentie van een beladen vrachtwagen. Bij een onbeladen vrachtwagen zal minder isolatie optreden.

Voorbeeld 2: veerlelementen verouderen of worden verwijderd. Veerlelementen verliezen na verloop van tijd hun trillingsisolerende werking. Door verstijving van rubber elementen wordt de eigenfrequentie van het systeem verhoogd. In de praktijk gebeurt dit veelal al voordat het apparaat of de machine zelf aan vervanging toe is.

Een rubberen ring, die dient ter vermindering van de terugslag van een hakhamer, wordt door sommige gebruikers verwijderd vanwege het ongemak. De hamer is bij het vastlopen van de beitelpunt in het te slopen materiaal namelijk lastig los te krijgen.

- c door slijtage van dempingselementen. In situaties waarin de eigenfrequentie en bronfrequentie dicht bij elkaar liggen ontstaat opslingering wanneer de dempingselementen niet meer functioneren.

Herontwerp en persoonlijke beschermingsmiddelen

Genoemde problemen bij het toepassen van trillingsisolatie spelen een rol wan-

neer de reductie van trillingsbelasting wordt aangepakt via herontwerp van apparaat, machine of voertuig. Bij voertuigen valt te denken aan luchtgeveerde stoelen, afgeveerde cabines en bij handapparaten aan handgrepen en het gebruik van handschoenen.

1.4.3.2 Handschoenen en handvatten

Op zich zijn het toepassen van zogenaamde trillingsdempende handschoenen of trillingsdempende handvatten nauwelijks of maar beperkt effectief. Om het effect goed te kunnen meten zijn erkende standaard testmethoden noodzakelijk. Voor het meten van het effect van handschoenen en handvatten ontbreekt een dergelijke testmethode tot nu toe. Het ontbreken van een testmethode voor handschoenen gecombineerd met het feit dat er niet in alle gevallen voldoende informatie beschikbaar is over gehanteerde testprocedures door producenten van handschoenen, maakt een goede beoordeling van het effect van handschoenen moeilijk [Bednall, 1988].

In veel laboratoria is gewerkt aan de ontwikkeling van trillingsisolerende handschoenen en handgrepen [Miwa, Yonekawa & Kanada, 1979; Rodgers, et al., 1982; Christ, 1982, 1986a & 1986b]. Deze ontwikkeling zet nog door. De resultaten zijn echter niet bemoedigend. Algemeen wordt aangenomen dat door gebruik van dergelijke handschoenen alleen bij frequenties boven de 200 Hz enige isolatie optreedt. In situaties met voornamelijk laagfrequente trillingen (zoals breek-, hak- en bikhamers of slagmoersleutels) hebben dergelijke handschoenen geen effect. Met name gewrichtsafwijkingen worden vermoedelijk veroorzaakt door laagfrequente trillingen (16 - 25 Hz) met grote intensiteit (stotend slaggereedschap) [Verberk & Koemeester, 1985].

De voor het menselijk lichaam meest schadelijke trillingen voor handen en armen worden geacht te liggen in het frequentiegebied tussen de 6 en 1250 Hz (ISO 1986). De gevoeligheid van handen en armen is binnen dit frequentiegebied echter niet gelijk. Verschillende onderzoeken naar damping door het menselijk lichaam tonen aan dat trillingen met hoge frequenties worden gedempt dicht bij het huidoppervlak in vingers en handen. Lagere frequenties echter (beneden de 500 - 200 Hz) worden veel slechter gedempt waardoor weefsels ver van het

huidoppervlak worden aangeslagen [Lundström et al., 1988].

Een aantal bijkomende problemen zijn dat de noodzaak om handgereedschap te sturen en te beheersen de mogelijkheid beperkt tot het maken van isolerende systemen. Bovendien dreigt juist het gevaar dat opslingering plaatsvindt bij de lagere frequenties, met name bij luchtkussens handschoenen die geen inwendige demping hebben zoals handschoenen gevuld met schuim.

Vanwege het nadeel dat zachte handschoenen een verminderde hanteerbaarheid van het apparaat oplevert, wordt de knijpkracht van de gebruiker van het apparaat vergroot. Dit vermindert het effect van de isolerende tussenlaag van de handschoen omdat door het knijpen de handschoen stijver wordt. De mate van knijpkracht is een belangrijke factor die van invloed is op de trillingsoverdracht op de handen. Hoe minder de knijpkracht hoe minder de trillingsoverdracht. In veel praktijksituaties is men gedwongen een grote knijpkracht uit te oefenen. Deze knijpkracht is afhankelijk van het gewicht van het apparaat, gehanteerde werkmethode, mate waarin men het apparaat op het werkstuk kan laten rusten, de aanwezigheid van balancers en dergelijke.

In een recent Zweeds onderzoek, waarin men getracht heeft een testmethode te ontwikkelen voor het vergelijken en testen van trillingdempende handvatten [Zackrisson & Pull, 1989], kwam men tot de conclusie dat deze handvatten nog enigszins effectief trillingen dempen bij slijpmachines met de hoogste toerentallen. Bij slijpmachines met lagere toerentallen was nauwelijks of geen effect te constateren.

1.4.3.3 Oplossingen door keuzen in het ontwerpproces

Omdat het technisch moeilijk is via het toepassen van trillingsisolatie en -demping (herontwerp) aan een voertuig, stoel of apparaat een aanvaardbaar trillingsniveau te bereiken en omdat dit verschillende andere problemen introduceert, kunnen oplossingen gebaseerd op keuzen in het ontwerpproces veel efficiëntere trillingsreducties opleveren. Voorbeeld: ondanks een jarenlange ontwikkeling aan de motorkettingzaag door het toepassen van trillingsdempende elementen is de

gemiddelde trillingsintensiteit nog steeds $7,4 \text{ m/s}^2$ [Van Drimmelen et al., 1986]. Deze gemiddelde waarde is nog ruim hoger dan de door het DGA voorgestelde actiegrens van 3 m/s^2 . Wanneer de voorstelrichtlijnen van het DGA de NVvA richtlijn zou volgen, mag met een motorkettingzaag (trillingsintensiteit $7,4 \text{ m/s}^2$) niet meer dan één uur per dag worden gewerkt.

Om een structuur aan te geven van niveaus in het ontwerpproces wordt verwezen naar Van Drimmelen, et al. [1988]. In deze publikatie wordt een nadere toelichting gegeven op de begrippen produktiefunctie, produktieprincipe en uitvoeringsvorm.

Keuzen op het niveau van de produktiefunctie

De produktiefunctie kan worden gedefinieerd als het einddoel van een bepaalde activiteit dat wordt uitgevoerd binnen een bepaald produktieproces. Voorbeelden van produktiefuncties zijn: gietbramen verwijderen, lasten vervoeren, lossen van pallets en slopen van beton.

Als het gaat om de reductie van trillingsbelasting kan als eerste vraag worden gesteld: is de produktiefunctie (waarbij trillingsbelasting ontstaat) wel nodig? Voorbeelden waarbij een produktiefunctie is geëlimineerd (en daarmee de trillingsbelasting) zijn de volgende:

- de functie "transport van lasten van punt A naar punt B" kan worden geëlimineerd door de afstand tussen punt A en punt B tot nul te reduceren,
- het verwijderen van beton in verband met onderhoud of renovatie kan worden geëlimineerd door ervoor te kiezen om het te laten staan,
- de functie van het glad maken van gegoten metalen onderdelen of lasnaden met slijpmachines kan worden geëlimineerd door een kwalitatief betere giettechniek of lastechniek,
- de functie van het glad maken van metalen onderdelen kan worden geëlimineerd door kritisch te bekijken of die functie werkelijk noodzakelijk of doelmatig is binnen het technisch proces,
- de functie van het glad maken van lasnaden met behulp van een slijpmachine kan worden geëlimineerd door metalen onderdelen niet meer los van elkaar te maken en ze daarna aan elkaar te lassen maar door ze als een metaal geheel te maken en waar nodig daarna met behulp van omvouwen van

- het metaal een bepaalde hoek aanbrengen [Zackrisson & Pull, 1989],
- de functie van onderhoud van metalen delen door middel van slijpen elimineren door een folie laag aan te brengen op het metaal zodat het metaal niet aangetast wordt en slijpwerk overbodig wordt.

Keuzen op het niveau van het productieprincipe

Wanneer eenmaal de produktiefunctie is vastgesteld worden keuzen gemaakt op het niveau van het productieprincipe. Op dit niveau worden keuzen gemaakt voor een technisch, bedienings- en aandrijvingsprincipe. Elke keuze op dit niveau heeft een bepaald karakteristiek effect op het uiteindelijke risico of belasting, ongeacht de uitvoering van het principe. Zo zal een keuze voor handmatig bediend pneumatisch hakken (bij het verwijderen van beton of voegmortel) nooit zonder excessieve trillingsbelasting kunnen worden gerealiseerd. Op dit niveau gaat het dus om de vraag welke keuzen tot verminderde trillingsbelasting leiden. Voorbeelden hiervan zijn:

1. keuze voor een technisch principe

- keuze voor zwenken in plaats van rollen,
- keuze voor een thermisch (thermische schok, bevriezen), chemisch (oplossen, omzetten) of ander proces (bijvoorbeeld laser) in plaats een mechanisch proces in de vorm van hakken of slijpen van steen of beton,
- keuze voor kraken met statische kracht in plaats van hakken.

2. keuze voor een bedieningsprincipe

- keuze voor een machinale bediening in plaats van handbewerking, bijvoorbeeld een hydraulische kraan met daaraan een beitelpunt, een hydraulische juk of een "happer" (allen vormen een vervanging voor verschillende functies die kunnen worden uitgeoefend met behulp van een sloophamer). Een ander voorbeeld een verdichtingsmachine ter verdichting van de grindbedding bij de aanleg van spoorrails in plaats van een stophamer of stamper,
- keuze voor afstandsbediening of geprogrammeerd sturen [Köhne, 1981, in Van Drimmelen 1986b]. Voorbeeld: in plaats van in een cabine kunnen ook naast een voertuig gaan staan en met behulp van afstandsbediening het voertuig besturen,
- keuze voor een robot. In de praktijk zijn voorbeelden te vinden van een

slijprobot, een klinkrobot en een kettingzaagrobot. De laatste is ontwikkeld in Japan en kost 10 % meer dan een gewone kettingzaag, is gemakkelijk te tillen en te transporteren. Nadeel: extra tijd is nodig om de robot om de boom heen te klemmen waardoor men minder bomen per tijdseenheid kan vellen.

3. keuze voor een aandrijvingsprincipe

Over het algemeen levert elektrische aandrijving minder trillingen op dan aandrijving door een verbrandingsmotor. Dit geldt zowel voor handapparaten als voertuigen.

Keuzen op het niveau van de uitvoeringsvorm

Wanneer vervolgens de keuzen op het principeniveau vastliggen, worden op het niveau van de uitvoeringsvorm omvang, afmetingen, materiaalkeuzen, snelheden, elementen, kortom de (produkt- of) constructievormen vastgesteld. Hiermee zijn we terug bij het (her)ontwerp van voertuig, apparaat of machine. Naast (her)ontwerp zijn op vormniveau een aantal organisatorische maatregelen te noemen:

1. Goed onderhoud

Bij zowel voertuigen als handapparaten is de kwaliteit van het algemeen onderhoud van belang voor de trillingsbelasting. Voorbeelden: bij de motor-kettingzaag moeten de kettingtanden tijdig worden bijgeslepen; bij de slijpmachine moet de slijpschijf tijdig worden vervangen; in het algemeen kan door slijtage aan allerlei draaiende onderdelen van het apparaat of voertuig hoeken of rondingen ontstaan, onderdelen kunnen los gaan zitten wat de trillingsbelasting doet toenemen. Ook toegepaste trillingsisolerende elementen zijn storingsgevoelig. Correct geïnstalleerde trillingsisolatie verliest na verloop van tijd door onkundig gebruik of gebrek aan onderhoud zijn trillingsisolerende werking. Trillingsisolerende elementen zijn vaak eerder aan vervanging toe dan het voertuig, machine of apparaat zelf [Van Drimmelen, et al., 1988].

2. Beperken blootstellingsduur

Een algemeen toepasbare oplossing op korte termijn voor alle trillingssituaties is het beperken van de blootstellingsduur. Omdat dit een organisatorische maatregel is en niet verbonden aan machine, voertuig of apparaat zelf wordt dat bij de inventarisaties als oplossingsmogelijkheid nergens ge-

noemd. Belangrijk nadeel van deze maatregel is de moeilijkheid van controle op naleving ervan.

3. Risicogroepen niet blootstellen aan trillingen

Naast het beperken van de blootstellingsduur vormt een andere organisatorische maatregel het zorgen dat groepen met een verhoogd risico op letsel niet worden blootgesteld aan schadelijke lichaams- en handarmtrillingen. Zo zou een regel moeten zijn om zwangere vrouwen niet op een kraan, heftruck of een ander voertuig te laten werken. Voorkomen zou moeten worden dat werknemers met al aanwezige rugklachten op voertuigen en kranen worden geplaatst en dat werknemers met aanwezige doorbloedings- of gewrichtsklachten aan handen en armen niet worden blootgesteld aan handarmtrillingen. Belangrijk nadeel van ook deze maatregel is de moeilijkheid van controle op naleving ervan.

Op het niveau van de vormgeving worden naast keuzen voor organisatorische maatregelen ook keuzen voor technische maatregelen genomen. De vermindering van de trillingsbelasting door middel van luchtgeveerde stoelen, afgeveerde cabines, geïsoleerde handgrepen en handschoenen (allen voorbeelden op het vormniveau) is eerder uitgebreid toegelicht.

4. Beperking vereiste knijpkracht

Bij het (her)ontwerp van werktuigen kan eveneens rekening worden gehouden met de mate van knijpkracht die moet worden uitgeoefend. De knijpkracht bepaalt voor een belangrijke mate de trillingsoverdracht. Voorbeelden om deze knijpkracht te verminderen zijn het hanteren van de zogenaamde "pendelmethode" bij het snoeien van geveld bomen en het ophangen van apparaten aan balancers. Deze knijpkracht is onder andere afhankelijk van het gewicht van het apparaat en de vorm en bevestiging van hendsels. Verwacht mag worden dat beperking van de knijpkracht vooral zin heeft voor de hoger frequente trillingen en nauwelijks voor schokken. Wellicht dat voor schokken het minder aanspannen van de spieren zelfs eerder tot beschadiging van gewrichtsvlakken leidt en dan eerder ongunstig is. Dit heeft dan als consequentie dat het niet zinvol is voor slaande gereedschappen zoals slagmoersleutels.

Wanneer geen alternatieven voorhanden zijn en uiteindelijk is gekozen voor

(her)ontwerp van voertuig, machine of apparaat, dan krijgt men op dit niveau te maken met de genoemde knelpunten op het gebied van de passieve trillingsisolatie. Om deze isolatie, ondanks de bezwaren, optimaal te laten functioneren, is nodig:

1. goede aankoopbeslissingen,
2. goede installatie,
3. goed onderhoud.

1.4.3.4 Effecten van de verschillende soorten oplossingen

Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn dat trillingsreductie door keuzen op het functieniveau (eliminatie van de schadelijke bron) en op het produktieniveau (eliminatie van de schadelijke bron door een ander technisch principe of isolatie van de bron door een ander bedieningsprincipe) het meest en afdoende effect heeft. Oplossingen op het niveau van de uitvoeringsvorm in de vorm van herontwerp van apparaat, machine of voertuig, beperking van de blootstellingsduur en dergelijke resulteert in een vaak veel minder effectieve of moeilijk controleerbare trillingsreductie. Soms moet toch op uitvoeringsniveau keuzen worden gemaakt. Voor voertuigen geldt dan dat een goede luchtgeveerde stoel of een afgeveerde cabine in combinatie met een beperking van de blootstellingsduur het meeste effect oplevert. Bij het hanteren van handapparatuur dient toch vooral, ondanks verbetering van het apparaat via herontwerp, rekening te worden gehouden met de blootstellingsduur per dag.

1.4.4 Toxische blootstelling

1.4.4.1 Afzuiging

De voornaamste kanttekeningen bij dit type maatregel zijn:

- door plaatselijke afzuiging wordt de uitstoot direct bij de bron aangepakt. Dit betekent zowel voor de direct betrokkene als de overige mensen in de werkruimte een belangrijke verbetering,

- essentieel voor daadwerkelijk gebruik in de praktijk is een makkelijk gebruik, zodat de slang met name niet in de weg zit, het zicht op het werk belemmert of geluidsoverlast veroorzaakt,
- men moet oppassen dat plaatselijke afzuiging niet de algehele ventilatie verstoort en daardoor nieuwe problemen veroorzaakt,
- de plaatsing van de afzuiging dient zorgvuldig te gebeuren omdat anders het effect van de afzuiging verloren gaat of de situatie verslechterd.

1.4.4.2 Ventilatie

De voornaamste kanttekeningen bij dit type maatregel zijn:

- een goede algehele ventilatie betekent meestal alleen een verbetering voor de mensen op enige afstand, niet voor de mensen in de directe omgeving van het vrijkomen van toxische stoffen,
- de eisen aan de ventilatie kunnen 's zomers en 's winters sterk verschillen, hiermee moet bij de plaatsing rekening worden gehouden,
- aparte problemen worden gevormd door arbeidsplaatsen boven in de werkruimte (zoals kraancabines) omdat daar lichte gassen en warmte zich ophopen.

1.4.4.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Bij persoonlijke beschermingsmiddelen gaat het in de eerste plaats om ademhalingsbescherming, zoals mondkappen. Kanttekeningen bij dergelijke middelen zijn:

- ze beschermen uitsluitend tegen inademing en niet tegen de vaak ook relevante blootstelling via de huid of mond,
- ze vormen vrijwel altijd een zware fysieke en psychische belasting [Arbojaarboek, 1989],
- om allerlei praktische redenen is de bescherming door deze middelen vaak lang niet zo goed als theoretisch mogelijk:
 - men zet ze voor korte blootstellingsperiodes vaak niet op,
 - ze hebben meestal geen duidelijke indicatie voor wanneer ze vol zijn,

- ze sluiten vaak niet goed af, vooral niet bij brildragers (bijvoorbeeld veiligheidsbrillen).

Op de werkplek dient voldoende informatie beschikbaar te zijn betreffende de risico's van de toxische stoffen en de hiervoor meest geschikte beschermingsmiddelen.

1.5 Chemische Industrie

Binnen de chemische industrie bestaat een grote diversiteit aan bedrijven. Om een beeld te geven van het produktiepakket van deze industrietak volgt hier een korte opsomming [Tappèl & Terra, 1986]:

- geraffineerde aardolie,
- smeeroliën en -vetten,
- teer en bitumen,
- verf, lak, vernis en drukinkt,
- bulkprodukten, zoals chloor, soda, ammoniak, kunstmest en bestrijdingsmiddelen,
- genees- en verbandmiddelen,
- reinigingsmiddelen, parfumerie- en cosmeticaprodukten.

In de chemische industrie bieden circa 350 bedrijven werk aan ongeveer 90.000 mensen [Tappèl & Terra, 1986]. Er is een drietal typen werkzaamheden te onderscheiden in de chemische industrie: de verwerking van grondstoffen tot halffabrikaten, de verwerking van halffabrikaten tot eindprodukten en overigen (reinen, onderhoud en intern transport).

In dit literatuuronderzoek zal de nadruk worden gelegd op de produktie van halffabrikaten en eindprodukten omdat dit vooral in de kleinere bedrijven plaatsvindt, waar gebrek aan kennis omtrent goede arbeidsomstandigheden aanleiding kan geven tot gezondheidsbedreigende werksituaties.

Van een gezondheidsbelastende uitvoeringsvorm van een werkzaamheid wordt een korte beschrijving gegeven, gevolgd door de blootstellingsniveaus van geluid, trillingen en toxische stoffen, de mogelijke oplossingen hiervoor en de toe-

komstverwachtingen van deze problematiek. Veelal blijken in de literatuur geen kwantitatieve gegevens beschikbaar betreffende de blootstellingsniveaus aan deze factoren. De relatie tussen een belastende factor en optredende beroepsziekte is vaak moeilijk aan te tonen vanwege de veelal lange latentietijd [Bittersohl, 1985].

De opsomming van de toxische stoffen die in de chemische industrie voorkomen is verre van volledig vanwege:

- de zéér grote variëteit aan stoffen binnen deze industrietak,
- de snelle ontwikkelingen op het gebied van samenstelling van de diverse stoffen,
- het bestaan van fabrieksgeheimen omtrent de samenstelling van bepaalde stoffen.

Tevens is een toxicologische beoordeling veelal niet mogelijk omdat er sprake is van mengsels van stoffen waarvoor (nog) geen beoordelingscriteria bestaan.

1.6 Overige belastende arbeidsomstandigheden

Behalve geluid, trillingen en toxische stoffen zijn er in de chemische industrie andere belastende arbeidsomstandigheden, waarvan de voornaamste hieronder worden behandeld.

- fysieke belasting
Een aantal lichamelijk zware werkzaamheden zijn onder andere het handmatig verplaatsen van zware balen tijdens het storten en mengen, het beklimmen van hoge trappen (in verband met controlewerkzaamheden), het stapelen van zakken en vaten op pallets en diverse schoonmaakwerkzaamheden [Tappél & Terra, 1986],
- fysische omgevingsfactoren
Snelle temperatuurwisselingen worden als zeer hinderlijk ervaren. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door openstaande deuren, slecht werkende airconditioningsystemen, onvoldoende ventilatie, het zowel binnen als buiten uitvoeren van werkzaamheden, slechte isolatie van warmtebronnen enz. Tevens kan er sprake zijn van een te droge lucht en stankoverlast, hetgeen veroorzaakt wordt door gaslekkages, uitlaatgassen, ovens en chemische pro-

dukten [FNV & CNV, 1987],

- **taakinhoud**

In deze industrietak geldt voor sommige arbeidssituaties dat er sprake is van kortcyclisch, monotoon werk waarbij onder andere een continue onderbezetting aanleiding kan geven tot een hoge werkdruk [FNV & CNV, 1987]

- **veiligheid**

Onveilige situaties doen zich vooral voor door gevaarlijk gedrag van werknemers, lawaai en onvoldoende verlichting (waardoor alarmsignalen en vluchtwegen niet opgemerkt worden) [FNV & CNV, 1987].

2. VERWERKING VAN GRONDSTOFFEN TOT HALFFABRIKATEN

Onder de verwerking van grondstoffen tot halffabrikaten wordt verstaan het bewerken van uitgangsmaterialen zoals bijvoorbeeld ruwe olie, steenkool en aardgas waardoor bruikbare stoffen ontstaan voor de chemische industrie.

2.1 Ruwe olie [toxische stoffen]

Inleiding

Ruwe olie wordt in raffinaderijen middels distillatie, kraken en andere fysische technieken verwerkt tot brandstoffen, oliën, wassen en andere petrochemicaliën [Siedlecki, 1983; Eckardt, 1983].

Blootstelling

Toxische stoffen

De verwerking van ruwe olie wordt gekenmerkt door een hoge automatiseringsgraad [Vreeman, 1982]. Hierdoor kunnen de procesoperators uitsluitend met de chemische stoffen in contact komen tijdens omstelwerkzaamheden, tijdens het verhelpen van storingen of ten tijde van calamiteiten [Barhad, 1983]. Reinigingswerkzaamheden worden veelal door gespecialiseerde onderaannemers uitgevoerd.

Een aantal toxische stoffen van het ruwe oliemengsel waaraan de operator tijdens het raffinageproces blootgesteld kan worden zijn:

- brandstoffen: de bestanddelen hiervan zijn in het algemeen weinig toxisch met uitzondering van een aantal stoffen zoals benzeen en tetraethyllood (een benzine-dope) [Eckardt, 1983]. Benzeen kan bij herhaaldelijke blootstelling aanleiding geven tot bloedveranderingen, lever- en nieraandoeningen en leukemie [Mastromatteo, 1984; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988]. Voor tetraethyllood geldt dat zeer snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie in de lucht kan worden bereikt ten gevolge van de verdamping van deze stof. Deze stof kan inwerken op het zenuwstelsel en werkt prikkelend

- op de ogen, huid, en de ademhalingsorganen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988]. Daarnaast kunnen toluen, xyleen en hexaan als toxische stoffen worden genoemd (zie paragraaf 3.8),
- oliën: het gezondheidsschadelijke effect dat kan optreden bij de blootstelling aan oliën bestaat voornamelijk uit diverse huidaandoeningen [Carson & Mumford, 1988],
 - wassen: bij het niet goed in acht nemen van een goede persoonlijke hygiëne kunnen onder andere huidblaasjes en de zogenaamde wasbulten ontstaan [Eckardt, 1983],
 - overigen: bij het vrijkomen van koolmonoxyde kan zeer snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie in de lucht worden bereikt. Blootstelling aan deze stof kan aanleiding geven tot stoornissen van de ademhaling, het hartritme en het hart-, vaat- en zenuwstelsel [Schäfer, 1979]. Arseenverbindingen kunnen inwerken op het centrale zenuwstelsel, huidaandoeningen veroorzaken en bij voldoende hoge concentratie een carcinogene werking hebben [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1986; Carson & Mumford, 1988; Schäfer, 1979]. Daarnaast kunnen een aantal toxische koolwaterstoffen en zeer giftige zwavel-, vanadium- en nikkelverbindingen voorkomen [Siedlecki, 1983].

De toxiciteit van deze stoffen is mede afhankelijk van de aggregatietoestand waarin ze zich bevinden. In de literatuur zijn geen gegevens gevonden betreffende de blootstellingsniveaus van de hierboven vermelde stoffen.

Oplosbaarheid

Toxische stoffen

- het aanbrengen van vaste verbindingen tussen vaten zodat de operator tijdens omstelwerkzaamheden niet blootgesteld wordt aan giftige stoffen [Korff de Gids, 1984],
- de operator afschermen van bewerkingen waarbij gezondheidsschadelijke stoffen kunnen vrijkomen zoals bij het vullen, verpompen, verladen, aftappen, verpakken en opslaan van chemicaliën [Eckhardt, 1983; Koehorst, 1989]. Indien dit niet mogelijk blijkt dient gebruik te worden gemaakt van afzuiginstallaties en ventilatiesystemen [Siedlecki, 1983].

Toekomst

In de toekomst zullen toxicologische studies meer duidelijkheid verschaffen omtrent de potentiële gezondheidseffecten van de blootstelling aan de diverse stoffen. Aan de hand hiervan kunnen meer gerichte maatregelen getroffen worden ter verbetering van de arbeidsomstandigheden in deze industrietak.

2.2 Steenkool [toxische stoffen]

Inleiding

Uit steenkool kunnen een aantal waardevolle stoffen worden verkregen aan de hand van hydrogeneren (toevoegen van waterstof), verhitten, carboniseren (verkokelen) en verkooksen (tot kooks verwerken) [Stahl, 1983].

Blootstelling

Toxische stoffen

Evenals voor het olieraffinageproces geldt dat de bewerking van steenkool ver- gaand geautomatiseerd is. De operator zal dan ook uitsluitend aan toxische stof- fen kunnen worden blootgesteld ten tijde van de diverse omstel-, reinigings- of reparatiewerkzaamheden. Hierbij dient de expositie aan de volgende giftige deri- vaten van steenkool zoveel mogelijk vermeden te worden:

- **teer:** dit bevat onder andere paraffine, zware oliën, anthraceen-olie en pek- bestanddelen [Stahl, 1983]. Gezondheidsschadelijke effecten die ten gevolge van de blootstelling aan teer kunnen optreden betreffen hoofdzakelijk huid- aandoeningen [Buckley, 1983]. Steenkoolteer bevat aanzienlijke hoeveelheden polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). De PAK's als groep wordt als verdacht humaan carcinogeen aangemerkt,
- **vloeistoffen:** hierbij kunnen werknemers blootgesteld worden aan fenol; deze stof heeft een irriterende werking op ogen, huid en ademhalingsorga- nen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
- **zwavel:** de uit steenkool verkregen zwavel kan in vaste vorm een prikkelen-

de werking hebben op de ogen, huid en ademhalingswegen, bij verstuiving kan al snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie worden bereikt [Caccuri, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988]. Vloeibare zwavel kan bij hoge temperaturen zeer giftige verbindingen vormen zoals zwavelwaterstof en zwaveldioxyde [Stuurgroep Chemiekaarten 1988; Buckley, 1983],

- gassen: bij het verhitten en verkooxsen van steenkool kunnen zeer giftige gassen ontstaan zoals koolmonoxyde, ammoniak en benzeen [Stahl, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
- bries (gruis): stof wat tijdens de verwerking van steenkool vrijkomt kan bij langdurige blootstelling leiden tot silicose of asbestose [Buckley, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten. 1988].

Oplosbaarheid

Toxische stoffen

Zie paragraaf 2.1.

Toekomst

Meer bekendheid omtrent de toxiciteit van de diverse afgeleiden van steenkool en een volledig geautomatiseerd en een optimaal beveiligd bewerkingsproces zullen in de toekomst de procesoperators aanzienlijk beter kunnen beschermen tegen specifieke beroepsziekten.

2.3 Aardgas [toxische stoffen]

Inleiding

Gas kan zowel gewonnen worden uit steenkool, ruwe olie als uit de gasvoorraden van de aarde. De winning van aardgas heeft de overige twee gaswintechnieken inmiddels grotendeels vervangen [Buckley, 1983].

Behalve energieleverancier kan aardgas ook gebruikt worden voor de productie van diverse chemicaliën zoals ammoniak, alcohol enz. [Kutsyn, 1983].

Blootstelling

Toxische stoffen

Bij de winning van aardgas is vooral de blootstelling aan het zogenaamde condensaat, een mengsel van alifatische en aromatische koolwaterstoffen (zie paragraaf 3.8), een belangrijk arbeidshygiënisch probleem. Vaak is de winning en verwerking van aardgas is een nagenoeg geheel afgesloten procédé. De procesoperators zullen dan ook slechts sporadisch blootgesteld kunnen worden aan toxische stoffen. Aardgas bestaat voornamelijk uit koolwaterstoffen met als hoofdbestanddeel methaan. Daarnaast kunnen andere gassen voorkomen zoals waterstofgas, stikstofgas, kooldioxyde en zwaveldioxyde [Kutsyn, 1983]. Voor de meeste gassen geldt dat ze door inademing kunnen worden opgenomen en dat ze door verdringing van lucht verstikkend kunnen werken [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988]. Voor zwaveldioxyde geldt dat een voor de gezondheid schadelijke concentratie zeer snel kan worden bereikt. Deze stof werkt prikkelend op de ogen en ademhalingsorganen en kan de werking van het zenuwstelsel beïnvloeden [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].

Oplosbaarheid

Toxische stoffen

Zie paragraaf 2.1 en 3.8.

Toekomst

Vanwege de beperkte natuurlijke voorraden is het onduidelijk of aardgas in de toekomst als één van de grootste energieleveranciers zal blijven fungeren. Mogelijkerwijs zullen alternatieve energieproducerende processen worden ontwikkeld.

3. VERWERKING VAN HALFFABRIKATEN TOT EINDPRODUKTEN.

In de chemische industrie worden halffabrikaten verwerkt tot eindprodukten middels een groot aantal fysische/chemische technieken. De eindprodukten kunnen grofweg verdeeld worden in de volgende categorieën: kunstmeststoffen, kunstharsen, verf en kleurstoffen, farmaceutische produkten, reinigingsmiddelen en parfums, bestrijdingsmiddelen en overigen.

3.1 Kunstmestproduktie **[geluid, toxische stoffen]**

Inleiding

Kunstmeststoffen worden met name in de landbouw toegepast om een goede oogstkwaliteit te verkrijgen. Deze meststoffen worden voornamelijk samengesteld uit de mineralen grondstoffen welke stikstof, fosfor en kalium bevatten en een groot aantal additieven [Ersov, 1983].

Blootstelling

Geluid

Bij de vervaardiging van kunstmeststoffen komen hoge geluidsniveaus voor welke voornamelijk veroorzaakt worden door het contactgeluid van mechanische onderdelen van produktiemachines [Tappel & Terra, 1986]. Ook hamers, brekers, granuleertrommels, kneedmachines en trilmechanismen kunnen tijdens dit proces aanleiding geven tot hinderlijke geluidsniveaus van boven de 90 dB(A) [Vreeman, 1982; Kruit, 1978].

Toxische stoffen

Blootstelling aan gezondheidsschadelijke stoffen komt vooral voor tijdens het afwegen en storten van uitgangsmaterialen, het maken van oplossingen, het toevoegen van additieven, het afnemen van monsters en tijdens het aftappen [Vreeman, 1982]. In de onderzochte literatuur zijn geen kwantitatieve gegevens gevonden omtrent de blootstellingsniveaus aan deze stoffen. De toxische stoffen

waaraan men tijdens de fabricage van kunstmeststoffen blootgesteld kan worden zijn:

- In het algemeen kan gezegd worden dat diverse minerale grondstoffen irriterend zijn voor de slijmvliezen van de bovenste luchtwegen, ogen en huid,
- fluor en fluorverbindingen: kunnen aandoeningen veroorzaken van huid, ogen en ademhalingswegen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Carson & Mumford, 1988]. Het voorkomen van fluorosis geeft aan dat overschrijding van de MAC-waarde waarschijnlijk is [Ersov 1983],
- zuren: voor zuren geldt in het algemeen dat bij verneveling of verdamping van de stof al snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie in de lucht kan ontstaan. De in deze industrietak veel gebruikte zuren, zoals blauw-, cyaanur-, fosfor-, salpeter-, zout- en zwavelzuur, werken bijtend op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Fairchild, 1983; Donini & Beck, 1984],
- nitreuze dampen: bestaan uit een mengsel van stikstofmonoxyde en stikstofdioxyde. Deze stoffen hebben een etsende en prikkelende werking op zowel de slijmvliezen van de ademhalingswegen als op de huid en ogen [Schäfer, 1979]. Bij een blootstelling aan hoge concentraties van nitreuze dampen kan een acute vorm van longoedeem optreden [Becklake, 1984],
- koolmonoxyde: bij het vrijkomen van koolmonoxyde kan zeer snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie in de lucht worden bereikt. Blootstelling aan deze stof kan aanleiding geven tot stoornissen van de ademhaling, het hartritme en het hart-, vaat- en zenuwstelsel [Schäfer, 1979; Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1986],
- ammoniak: wordt veel gebruikt in vloeibare en gasvormige toestand. De MAC-waarde van ammoniak kan tijdens het productieproces overschreden worden hetgeen blijkt uit het voorkomen van huidklachten (eczeem, onsteking, verbrandingen), oogklachten, chronische aandoeningen van de lever, nieren en het zenuwstelsel, irritatie van luchtwegen en maag- en darmstoornissen [Vreeman, 1982],
- silica: komt voor als stofvormig bestanddeel van fosfaten en andere uitgangsmaterialen. Inhalatie van deze stof kan leiden tot pneumoconiosis [Ersov, 1983],
 - formaldehyde: kan aanleiding geven tot acute effecten zoals keelirritatie, hoesten, tranende ogen en eventueel zelfs reproductieschade. Bij lang-

durige, herhaaldelijke blootstelling kan deze stof een carcinogene werking hebben en huidandoeningen veroorzaken [Copius Peereboom, 1988; Schäfer, 1979; Almgren & Bruze, 1988],

- antimoon: blootstelling aan deze stof kan resulteren in diverse huidandoeningen [Carson & Mumford, 1988; Vreeman, 1982],
- hydrazine: kan in het lichaam worden opgenomen door inademing, inslikken en via de huid. De stof werkt bijtend op de ogen, de huid en de ademhalingswegen en kan bij langdurige expositie aanleiding geven tot bloedveranderingen, huidandoeningen en lever- en nierbeschadigingen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
- kaliumzouten en calciumcyanamide: bij intensief huidcontact kunnen deze stoffen diverse huidandoeningen tot gevolg hebben [Carson & Mumford, 1988; Vreeman, 1982].

Oplosbaarheid

Geluid

Vermindering van het geluidsniveau bij de vervaardiging van kunstmeststoffen kan gerealiseerd worden door een aantal algemene maatregelen zoals [Tappèl & Terra, 1986]:

- toepassen van geluidarme zeven,
- het vervangen van stalen rollen in kogellagers van rollerbanen door kunststof rollen,
- het omkassen van produktiemachines en compressoren,
- ventilatoren en ontluchttingspompen voorzien van ondreuningsmateriaal en geluiddempers,
- het isoleren van de aan- afvoerkanalen,
- het in gebruik nemen van geluidwerende meet- en controlecabines,
- het bekleden van vloeren, wanden en plafonds met geluidsabsorberend materiaal.

Toxische stoffen

Om de blootstelling aan toxische stoffen te reduceren kunnen een aantal algemene maatregelen genomen worden:

- in eerste instantie dient onderzocht te worden of de toxische stoffen ver-

- vangen kunnen worden door minder schadelijke stoffen [Vermeeren, 1989],
- toepassen van ruimtelijke ventilatie en gerichte afzuiging op de werkplek [Koster & Spee, 1989],
- het gebruik maken van volledig gesloten produktieprocessen [Ersov, 1983],
- voorlichting en training van personeel over de gevaren van de verschillende stoffen [Copplestone, 1983],
- gedurende laboratoriumwerkzaamheden kan de blootstelling aan giftige stoffen verminderd of vermeden worden door in een zuurkast te werken [Shenker, 1983].

Toekomst

Naar verwachting zal in de toekomst het produktieproces verder geautomatiseerd worden waarbij bijvoorbeeld gebruik wordt gemaakt van afstandbediende, geluidsarme machines. Door deze ontwikkelingen zullen de werknemers minder blootgesteld worden aan belastende omgevingsfactoren.

3.2 Kunstharsproduktie

Kunstharsen zijn grofweg onder te verdelen in thermoharders en thermoplasten. Bij de verhitting van thermoharders ondergaan deze stoffen een chemische verandering welke irreversibel is. Thermoplasten daarentegen kunnen worden verhit en afgekoeld zonder dat dit de chemische structuur van de stof beïnvloedt [Law, 1983]. Deze stoffen dienen als uitgangsmateriaal voor de rubber- en kunststofverwerkende industrie.

3.2.1 Thermoharders [geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Vanwege de fysische eigenschappen van thermoharders wordt het materiaal tijdens het produktieproces zodanig behandeld en verhit dat in andere industrie-

takken vervolgbewerkingen mogelijk blijven.

Blootstelling

Geluid

Zowel bij de fabricage van thermoharders als -plasten wordt geluidsoverlast veroorzaakt. Bij de vervaardiging van synthetische rubbers zijn bijvoorbeeld geluidsniveaus gemeten van 85 - 90 dB(A) [Altier & Georgiadis, 1983]. Een aantal geluidsbronnen die als hinderlijk worden ervaren zijn [Tappèl & Terra, 1986; FNV & CNV, 1987]: extrusiepersen, roerinstallaties, granuleermachines, diverse pompen, motoren en tandwielkasten, opvoervijzels (korreltransport), stenters, blowers enz. Bij een aantal van deze bronnen wordt het geluidsniveau verhoogd ten gevolge van achterstallig onderhoud [FNV & CNV, 1987].

Trillingen

Hinderlijke trillingen treden voornamelijk op bij het werken met of in de nabijheid van de volgende, veelal niet goed trillingsgedempd opgestelde, machines [FNV & CNV, 1987]: granuleermachines, stenters, centrifuges, blowers, compressoren, roerinstallaties, extruders enz.

Toxische stoffen

- fenol- en aminoformaldehyde-harsen: zoals fenol (PFR)-, melamine (MFR)- en ureaharsen waarbij de blootstelling aan de volgende toxische stoffen van belang zijn:
 - formaldehyde: zie paragraaf 3.1;
 - amines: zoals melamine zijn agressief en kunnen bij huidcontact aanleiding geven tot roodheid en/of irritatie van de huid [Malten, 1983; Kelchtermans, 1987];
 - zuren en logen: kunnen bij intensief contact huidandoeningen veroorzaken [Carson & Mumford, 1988];
 - fenol: blootstelling aan deze stof kan aanleiding geven tot diverse dermatosen, irritatie van keel en ademhalingswegen, bronchitis en longoedeem [Carson & Mumford, 1988; Martin & Tolot, 1983];
 - ammoniak: zie paragraaf 3.1;

- hydrazine: zie paragraaf 3.1;
- ureum: werkt prikkelend op de ogen, huid en ademhalingsorganen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- polyurethaanharsen: tijdens de vervaardiging van deze harssoorten worden polyethers of polyolen en toevoegmiddelen vermengd met isocyanaten waarbij zowel zacht- als hardschuim gevormd wordt. De toxische stoffen die hierbij vrij kunnen komen zijn onder andere:
 - blaasmiddelen en stabilisatoren [Beumer et al., 1989];
 - isocyanaten: zoals toluendiisocyanaat (TDI), difenylmethaandiisocyanaat (MDI), hexamethyleendiisocyanaat (HDI) en naphthyleendiisocyanaat (NDI). De bestanddelen zoals chloor, fosgeen, zoutzuur en monochloorbenzeen zijn zeer giftig en kunnen zowel acute als chronische luchtwegaandoeningen en huidirritaties veroorzaken [Hadengue & Philbert, 1983; Kelchtermans, 1987; Burgoyne & Rutledge, 1983];
 - polyglycolen (polyolen): bevatten ethyleenoxyde en -glycol en propyleenoxyde en -glycol. Deze stoffen werken prikkelend op de ogen, huid en ademhalingsorganen, daarnaast kunnen er lever- nier- en hersenbeschadigingen optreden [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Rose, 1983].
- epoxyharsen: komen tot stand door polyadditie van epichloorhydrine en bifenol-A. Uitharding vindt plaats met behulp van epoxybestanddelen zoals amines [Kelchtermans, 1987]. Veel gebruikte stoffen hierbij zijn:
 - epichloorhydrine (ECH): irriteert ogen, huid en ademhalingswegen en is bij hoge blootstellingniveaus kankerverwekkend [Rose, 1983; Kelchtermans, 1987];
 - bifenol-A: blootstelling aan deze stof kan aanleiding geven tot contacteczeem [Hartman, 1985];
 - polyglycolen: zie polyurethaanharsen;
 - allylchloride: kan bij inademing van de damp of nevel longoedeem veroorzaken en bij een langdurige, herhaaldelijke blootstelling kunnen lever- en nierbeschadigingen optreden [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- polyesterharsen (alkydeharsen): zijn veresterde organische zuren. Deze harssoort ontstaat door onder verhitting organische zuren met een alcohol samen te voegen. In de rubber- en kunststofverwerkende industrie wordt deze hars opgelost in styreen en met behulp van peroxyden uitgehard [Kelchtermans,

1987]. De voornaamste toxische stoffen waaraan de procesoperators tijdens dit produktieproces blootgesteld kunnen worden zijn:

- alcoholen: zoals propyleenglycol en ethyleenglycol, kunnen zeer giftig zijn, zie epoxyharsen [Key, Konzen & Devitt, 1983];
- organische zuren: zoals ftaalzuuranhydride kunnen irriterend werken op de ogen, de huid en de ademhalingsorganen. Inademing van deze stof kan longoedeem veroorzaken [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Klein, 1983].

Oplosbaarheid

Geluid

- lawaaige opvoervijzels vervangen door jacobsladders [Tappèl & Terra, 1986];
- tijdig uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden, hetgeen een vermindering van het geluidsniveau met 5 - 10 dB tót gevolg kan hebben [FNV & CNV, 1987];
- oude, lawaaige machines vervangen door geluidsarme machines, indien dit niet mogelijk blijkt dienen de machines welke een hoog geluidsniveau veroorzaken goed geluidgeïsoleerd en/of afgeschermd te worden [FNV & CNV, 1987];
- het afschermen van werknemers door bijvoorbeeld zonering van de werkruimte (clusteren van lawaaige machines), uitsluiten van risicogroepen en het afsluiten van ruimten [Vermeeren & Van der Riet, 1989].

Trillingen

De trillingsintensiteiten waaraan men blootgesteld wordt tijdens het produktieproces van kunstharsen kunnen gereduceerd worden met behulp van de volgende algemene maatregelen [FNV & CNV, 1987]:

- sterk trillende machines en gereedschappen dienen vervangen te worden door trillingsarme apparaten, indien dit niet mogelijk is moeten effectieve trillingsisolatietechnieken worden toegepast zie paragraaf 1.4.3;
- verrichten van preventief onderhoud, waarmee speling en onbalans van machine-onderdelen vermeden wordt;
- machinefunderingen isoleren van de rest van het gebouw;

- de operator isoleren van de trillingsbron door gebruik te maken van werkcabines of afstandsbesturing.

Toxische stoffen

- voor algemene maatregelen wordt verwezen naar paragraaf 3.1;
- daar waar mogelijk gebruik maken van afstandsbediening [Zlobina, 1983];
- nauwkeurig mengen van de diverse bestanddelen. Vooral voor de zeer toxische isocyanaten die al bij lage temperaturen verdampen is de manier en plaats van het mengen medebepalend voor de hoeveelheid monomeren die in de lucht kunnen vrijkomen [Kelchtermans, 1987];
- om lekkages te voorkomen of de gevolgen hiervan te beperken zal het mengproces voortdurend onder controle moeten staan en zullen interventiepakken, neutralisatiestoffen en vloeikorrels of zaagsel voorhanden moeten zijn [Kelchtermans, 1987].

Toekomst

In de toekomst zullen uitgebreide toxicologische studies meer inzicht moeten verschaffen omtrent de gezondheidsbelasting van de operator tijdens het steeds verder geautomatiseerde produktieproces van thermoharders.

3.2.2 Thermoplasten

[geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Het merendeel van de geproduceerde kunstharsen bestaan uit thermoplasten. De snelle ontwikkelingen op dit gebied resulteren in een sterke toename van het aantal soorten [Law, 1983].

Blootstelling

Geluid

Zie paragraaf 3.2.1.

Trillingen

Zie paragraaf 3.2.1.

Toxische stoffen

- polyethyleen (PE) en polypropyleen (PP): de fabricage van deze thermoplasten kunnen aanleiding geven tot de blootstelling aan de volgende stoffen:
 - etheen (ethyleen) en propeen (propyleen): kunnen hartstoornissen veroorzaken, verstikkend werken en bij hoge concentraties aanleiding geven tot bewustzijnsverlaging. In vloeibare vorm kunnen deze stoffen bevriezing en brandwonden veroorzaken [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Bourne, 1983];
 - aldehyden: zoals acetaldehyde en acroleïne werken bijtend op ogen, huid en ademhalingswegen en kunnen bij intensief huidcontact dermatose tot gevolg hebben [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
 - katalysatoren: waaronder fosforzuur (zie paragraaf 3.1), peroxyden en diverse aluminium- en chloorverbindingen [Bourne, 1983]. Peroxyden zijn sterk reactief, vooral met zware metalen zoals nikkel en kobalt. Bij contact met huid of slijmvliezen veroorzaken ze acute huidirritaties en/of verbrandingen, inademing van peroxydedampen prikkelt de luchtwegen. Aluminium- en chloorverbindingen kunnen gezondheidsschadelijke effecten zoals longaandoeningen, huidirritaties en brandwonden tot gevolg hebben [Bourne, 1983].
- polyvinylchloride (PVC): ontstaat door de polymerisatie van vinylchloride onder invloed van katalysatoren. Hierbij kunnen de operators blootgesteld worden aan de volgende giftige stoffen:
 - vinylchloride (VC): is een zeer toxische stof die een neurotoxische werking heeft. Daarnaast kan blootstelling aan deze carcinogene stof lever-, hart- en huidaandoeningen tot gevolg kan hebben [Viola, 1983; Lauer, Friedl & Fleischhauer, 1984];
 - acetaldehyde, acethyleen, ammoniak, dichloorethaan, methylchloride, stikstof, trichloorethyleen en waterstofperoxyde. Voor de gezondheidsschadelijke effecten van deze stoffen wordt verwezen naar Stuurgroep Chemiekaarten [1988];
 - zoutzuur: kan aandoeningen veroorzaken aan de huid, ogen en ademhalingswegen [Carson & Mumford, 1988; Stuurgroep Chemiekaarten,

1988].

- polystyreen: ontstaat door de polymerisatie van styreen of door de copolymerisatie van styreen met andere monomeren zoals acrylonitril-butadieenstyreen (ABS) of methylmethacrylaat-butadieenstyreen (MBS) [Zlobina, 1983]. De meest voorkomende toxische stoffen waaraan men hierbij blootgesteld kan worden zijn:
 - styreen: werkt prikkelend op de ogen, huid en ademhalingsorganen en bij frequent hoge exposities kunnen diverse aandoeningen van het zenuwstelsel optreden zoals spierfunctiestoornissen, dood gevoel in vingers en tenen enz. [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Zlobina, 1983], zie tevens paragraaf 3.8;
 - acrylonitril en methylmethacrylaat: zijn carcinogene stoffen [Kelchtermans, 1987; Schäfer, 1979];
 - butadieen: kan irritatie van ogen, neus en keel veroorzaken en in vloeibare vorm kan deze stof aanleiding geven tot huidaandoeningen en wordt geclassificeerd als verdacht carcinogeen [Weaver, 1983];
 - ethylbenzeen: bij langdurige, herhaaldelijke en intensieve blootstelling aan deze stof kunnen huidaandoeningen optreden en irritaties aan ogen en ademhalingsorganen ontstaan [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
 - ammoniak: zie paragraaf 3.1;
 - propeen: zie polyethyleen;
 - benzaldehyde en divinylbenzeen: hebben een irriterende werking op ogen, huid en ademhalingswegen. De stof ontvet de huid en werkt in op het zenuwstelsel. Bij langdurige, herhaaldelijke blootstelling kunnen nierbeschadigingen optreden [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
 - blauwzuur: zie paragraaf 3.1;
 - koolmonoxyde: zie paragraaf 3.1;
 - isopentaan: wordt gebruikt bij de produktie van styreenschuim. Deze stof werkt prikkelend op de ogen, huid en ademhalingsorganen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- acrylaatharsen: zoals polymethylmethacrylaat (PMMA, "perspex") en polyacrylonitril. Bij de vervaardiging hiervan kan men in contact komen met de volgende gezondheidsschadelijke stoffen:
 - methylmethacrylaat: wordt vervaardigd uit aceton, blauwzuur, zwavelzuur en methylalkohol (methanol) en is een carcinogene stof

[Kelchtermans, 1987];

- aceton en isopropylalcohol: kunnen gezondheidsschade aan ogen, huid en ademhalingsorganen veroorzaken [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
- blauwzuur en zwavelzuur: zie paragraaf 3.1;
- acrylonitril: is een kankerverwekkende stof [Schäfer, 1979; Kelchtermans, 1987].
- polyamides (PA, nylons): worden vervaardigd door de polymerisatie van diamines en zuren, bij dit proces kan men blootgesteld worden aan de volgende toxische stoffen:
 - caprolactam: kan aanleiding geven tot neusbloedingen en mond- en longirritaties [Mattiussi & Armeli, 1983];
 - diamines: zoals hexamethyleendiamine (HMD) kunnen bij inhalatie leiden tot long,- nier- en slijmvliesaandoeningen [Mattiussi & Armeli, 1983];
 - difenyl en difenyl-oxyde: bij blootstelling aan deze stoffen zijn een aantal gezondheidsschadelijke effecten te verwachten zoals overgevoeligheidseczeem, lever- en nierbeschadigingen en stoornissen van het zenuwstelsel [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Mattiussi & Armeli, 1983];
 - ammoniak: zie paragraaf 3.1.
- synthetische rubbers (elastomeren): worden gevormd door de polymerisatie van dezelfde of verschillende monomeren. De meest voorkomende synthetische rubbers zijn: styreenbutadieen-rubber, polychloropreen (neopreen), acrylonitrilbutadieen-rubber, polyisopreen, polybutadieen, polysulfides, butylrubber en ethyleenpropyleen-rubber (EP-rubber) [Altier & Georgiadis, 1983]. Gezondheidsschadelijke stoffen die bij de productie van deze elastomeren gebruikt worden zijn onder andere:
 - styreen, butadieen, ethylbenzeen en acrylonitril: zie polystyreen;
 - chloropreen: de gezondheidsschadelijke gevolgen ten gevolge van de blootstelling aan deze stof zijn irritatie van de huid en ogen, tevens kan schade worden toegebracht aan longen, lever en nieren en het centrale zenuwstelsel [Weaver & Reinhardt, 1983];
 - isopreen: deze stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing of ingestie. De hierbij optredende gezondheidsschadelijke effecten hebben betrekking op ogen, huid, ademhalingswegen en het zenuwstelsel [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];

- katalysatoren: zoals aluminiumchloride, butyllithium, titaantetrachloride en vanadiumoxytrichloride werken bijtend op de ogen, huid en ademhalingsorganen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
- etheen en propeen: zie polyethyleen;
- tert-dodecylmerceptaan: werkt irriterend op zowel de ogen als de huid en zal bij hoge concentraties inwerken op het centrale zenuwstelsel [Altier & Georgiadis, 1983];
- oplosmiddelen: zoals n-hexaan en methyylchloride worden besproken in paragraaf 3.8.

Oplosbaarheid

Geluid

Zie paragraaf 3.2.1.

Trillingen

Zie paragraaf 3.2.1.

Toxische stoffen

Zie paragraaf 3.2.1.

Toekomst

De snelle technologische ontwikkelingen op het gebied van de vervaardiging van thermoplasten zal in de toekomst resulteren in een vergroting van het aantal soorten. Onbekend is welke gevolgen dit zal hebben voor de arbeidsomstandigheden van de werknemers bij deze vernieuwde productieprocessen.

3.2.3 Overige toxische stoffen

In de literatuur zijn een groot aantal stoffen gevonden waarvan gezondheids-schadelijke effecten worden beschreven. Er zijn echter geen gegevens bekend over de toxiciteit van de afzonderlijke stoffen en/of het blootstellingsniveau van de operator aan deze stoffen tijdens het vervaardigen van kunstharsen. Zolang

deze informatie ontbreekt verdienen de hieronder vermelde stoffen, die vrijkomen bij verschillende productieprocessen, vanuit arbeidstoxicologisch oogpunt extra aandacht:

ammoniumnitraat, analine(olie), boraat, borax, butylbenzooat (BB), calciumstearaat, dechloranen, dichloordifluormethaan, ethomeen, fosfoleenoxyde, gebromeerd polystyreen, germaniumdioxyde, hydroquinone, kaliumjodide, layryl mercaptaan, methacrylzuur, natriumbenzeenfosfinaat, natriumnitriet, nigrozine, normaal propyl mercaptaan (NPM), polydibroomfyloxeen, propatheen, rhodamine, sodiumbenzeenfosfinaat, teryleen, thereftaalzuur, thyonychloride, titaandioxyde, topanol, tri-ethanolamine, trifenyfosfaat.

3.3 Verf- en drukinktproductie [geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Aangezien het onderscheid tussen verf, lak en vernis ten aanzien van hun samenstelling en eigenschappen steeds vager wordt zal hier verf als een verzamelnaam worden gebruikt. Verf en drukinkt bestaan beide uit bindmiddelen, pigmenten, oplosmiddelen en additieven die voor de specifieke eigenschappen zorgen [Browne, 1983; Cohen, Samitz & Shmunes, 1983].

Blootstelling

Geluid

Tijdens werkzaamheden zoals mengen en kleurmaken wordt veel lawaai geproduceerd door snijmachines, hakmachines, mixers en hydro-installaties [Tappèl & Terra, 1986]. Ruim veertig procent van de werknemers in deze industrietak ondervindt hinder van dit lawaai [Industriebond FNV, 1988]. In de literatuur zijn geen kwantitatieve gegevens gevonden betreffende deze hinderlijke geluidsniveaus.

Toxische stoffen

Ten behoeve van de vervaardiging van verf en drukinkt worden de volgende be-

standdelen gebruikt:

- bindmiddelen: de stoffen die als bindmiddel dienen voor verf en drukinkt zijn vaak gebaseerd op kunstharsen die in paragraaf 3.2 behandeld zijn zoals: fenol- en ureaformaldehyde-, polyester-, acryl-, polyurethaan- en alkydeharsen [Browne, 1983].
- pigmenten: worden aan verf of drukinkt toegevoegd om deze produkten bepaalde optische eigenschappen te geven. De pigmenten zijn onder te verdelen in anorganische en synthetische pigmenten:
 - anorganische pigmenten: zoals zware metaalverbindingen van lood, cadmium, chroom en kwik zijn in de meeste gevallen zeer schadelijk voor de gezondheid [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1986; Cohen, Samitz & Shmunes, 1983; Lauwerys, Bernard & Ouled, 1988],
 - synthetische pigmenten: tijdens de produktie van deze stoffen kunnen diverse gezondheidsschadelijke zuren, gassen en koolwaterstofderivaten vrijkomen waarbij blaaskanker, longkanker en diverse huidaandoeningen kunnen optreden [Munn & Smagghe, 1983].
- oplosmiddelen: die in deze industrietak veelvuldig worden gebruikt zijn onder andere: koolwaterstoffen, alcoholen, esters, ketonen en glycolethers en worden behandeld in paragraaf 3.8.
- additieven: hieronder worden de volgende groepen van stoffen verstaan: droogmiddelen, plasticizers, vlamvertragers, korrosieremmers, smeermiddelen en antioxidanten. Gezondheidsschadelijke effecten die door stoffen als pentachloorfenol, pyridine, tricresylfosfaat (TOCP), siliciumdioxyde en antimoonoxyde kunnen worden veroorzaakt variëren van irritatie van ogen en luchtwegen tot diverse aandoeningen van de huid, nieren, lever en het zenuwstelsel [Gehring, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Millischer, 1988].

Oplosbaarheid

Geluid

Zie paragraaf 3.1

Toxische stoffen

- pigmenten die zware metalen zoals lood en cadmium bevatten kunnen ver-

- vangen worden door andere, minder toxische kleurstoffen op organische basis [Browne, 1983],
- blootstelling aan toxische oplos- en verdunningsmiddelen kan voorkomen worden door oplosmiddelarme (eventueel -vrije) of waterverdunbare verf of drukinkt te gebruiken [Van Eijk, 1988],
 - een goede afzuiging op de werkplek en ruimtelijke ventilatie zijn eveneens noodzakelijk bij de vervaardiging van verf- en drukinktprodukten.

Toekomst

Door de toenemende vraag naar specifieke verf- en drukinktprodukten zullen in deze industrie andere chemische stoffen worden gebruikt. Belangrijke ontwikkelingen ten aanzien van de blootstelling aan toxische stoffen hierbij zijn de verdergaande automatisering en het zoeken naar minder toxische bestanddelen voor verf- en drukinktprodukten.

3.4 Produktie farmaceutische artikelen **[geluid, toxische stoffen]**

Inleiding

Grotere farmaceutische bedrijven beschikken zowel over een onderzoeks- als een productieafdeling, ieder met hun specifieke belastende arbeidsomstandigheden. Onderzoeksafdelingen zijn laboratoria waar nieuwe medicijnen worden ontwikkeld en getest. Voor de uiteindelijke fabricage van de medicamenten zijn een drietal technieken voorhanden: chemische bereiding, extractie uit organische materialen en fermenteren. Vervolgens worden de geneesmiddelen verwerkt tot pillen, capsules, tabletten, poeders enz. Een aantal farmaceutische bedrijven fabriceren tevens verbandmiddelen.

Blootstelling

Geluid

Hoge geluidsniveaus komen met name voor in de productie-afdelingen, onder

andere bij het transporteren en inpakken van de materialen [Farina & Allesio, 1983]. Bij de fabricage van verbandmiddelen produceren de machines waarop zelfklevend tape wordt op- en afgerold veel lawaai [Tappel & Terra, 1986]. Kwantitatieve gegevens omtrent deze geluidsniveaus ontbreken in de onderzochte literatuur.

Toxische stoffen

Een verhoogde kankerprevalentie in de farmaceutische industrie geeft een indicatie van de ernst van gezondheidsschadelijke effecten die deze produktieprocessen met zich mee kunnen brengen [Edmonds & Smith, 1987]. Afhankelijk van de afdeling kan men blootgesteld worden aan een aantal gezondheidsbedreigende stoffen, hier wordt een onderscheid gemaakt in onderzoeks- en produktie-afdelingen.

- onderzoeksafdeling

Degenen die werkzaam zijn op deze afdeling kunnen in contact komen met nieuw gevormde stoffen waarvan nog geen chemische of biologische gegevens beschikbaar zijn. Zolang de toxicologische en farmaceutische eigenschappen onbekend zijn dienen deze stoffen met de grootst mogelijke zorgvuldigheid behandeld te worden om het optreden van onvoorziene gezondheidseffecten te voorkomen.

Laboratorium-tests voor de ontwikkelde produkten worden veelal uitgevoerd aan de hand van dierproeven. Deze proeven kunnen aanleiding geven tot diverse allergische reacties en huidaandoeningen. Bij het conserveren van anatomisch materiaal kan men tevens blootgesteld worden aan formaldehyde (zie paragraaf 3.1) [Farina & Allesio, 1983].

- produktie-afdeling

Er zijn nagenoeg geen gegevens bekend betreffende de mogelijke gezondheidseffecten die kunnen optreden bij de blootstelling aan farmaceutische tussen- en eindprodukten. De gevolgen voor de operator die blootgesteld wordt aan diverse chemische stoffen zijn niet af te leiden uit de informatie die beschikbaar is over de werking en invloed van de geneesmiddelen, vanwege het verschil in expositie tussen patiënt en operator.

De meest gezondheidsbedreigende situatie doet zich voor wanneer toxische stoffen zich in poedervorm door de lucht kunnen verspreiden. Deze stofexpositie vindt voornamelijk plaats tijdens de fabricage, het drogen en trans-

porteren van poeders en tijdens de verwerking hiervan tot pillen, capsules, tabletten enz. [Tappèl & Terra, 1986; Farina & Allesio, 1983]. De gevolgen van deze blootstelling kunnen zowel toxicologisch als atopisch van aard zijn. Vooral de blootstelling aan hormoon- en antibioticabestanddelen geven aanleiding tot een aantal gezondheidseffecten. De expositie aan hormoonpreparaten resulteert veelal in aandoeningen van het endocrine systeem, tevens kunnen de symptomen van de bijwerkingen van het geneesmiddel optreden. Van bijvoorbeeld oestrogenen, progesteron en corticosteroiden is bekend dat ze ongewenste hormonale veranderingen in het lichaam kunnen veroorzaken [Farina & Allesio, 1983]. Dit proces is over het algemeen reversibel.

Beroepsgebonden aandoeningen zoals, pigmentatie van de huid, stoornissen van spijsverteringskanaal, lever en nieren en reproductie-effecten, veroorzaakt door het contact met antibiotica zijn waargenomen bij werknemers die veelvuldig in aanraking zijn geweest met penicilline, streptomycine en tetracycline [Bartalini & Nava, 1983].

Behalve deze stoffen komen in deze industrietak nog een groot aantal andere gezondheidsschadelijke stoffen voor, enkele hiervan zijn:

- dinitrochlorobenzeen (DNCB): kan diverse vormen van contact-dermatose veroorzaken [Endo et al., 1988],
- morfine en cocaïne: oefenen een verdovende werking uit op de mens [Farina & Allesio, 1983],
- monochloorazijnzuur (MCA): heeft een bijtende werking op ogen, huid en ademhalingswegen. Er zijn onvoldoende gegevens bekend omtrent de snelheid waarmee een gezondheidsschadelijke concentratie van deze stof in de lucht kan worden bereikt [Millischer et al., 1988; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
- organotin-verbindingen: kunnen aanleiding geven tot oedeem en zware hoofdpijnen [Mastromatteo, 1984],
- oplosmiddelen: deze worden onder andere gebruikt voor de extractie van geneesmiddelen uit organische materialen. Veelal worden amylocetaat, aceton of chloroform gebruikt, zie paragraaf 3.8 [Bartalini & Nava, 1983].

Oplosbaarheid

Geluid

- hoge geluidsniveaus kunnen in de produktie-afdeling in de meeste gevallen het meest effectief gereduceerd worden door lawaaige apparaten (zoals transportbanden) te omkassen en inpakafdelingen te voorzien van geluidschermen en/of andere geluidsisolatiemiddelen [Farina & Allesio, 1983],
- verwarming van de rollen waarop zelfklevend tape wordt op- en afgerold kan een aanzienlijke geluidreductie tot gevolg hebben [Tappèl & Terra, 1986].

Toxische stoffen

- zolang toxicologische gegevens omtrent nieuw gevormde stoffen ontbreken dient men de grootste voorzichtigheid te betrachten tijdens de omgang met deze stoffen. Voorbeelden hiervan zijn het werken in een zuurkast of andere afzuigapparatuur [Farina & Allesio, 1983],
- processen waarbij stof zich eenvoudig door de lucht kan verspreiden, zoals bij het drogen en verladen van poeders en bij het vervaardigen van pillen, capsules enz., moeten zoveel mogelijk geautomatiseerd of afgeschermd worden. Andere oplossingen zijn het aanbrengen van afzuig- en ventilatiesystemen en het werken bij onderdruk [Bartalini & Nava, 1983],
- infecties die ontstaan ten gevolge van huidbeschadigingen (bij dierproeven) kunnen grotendeels voorkomen worden door hygiënisch te werken en ingeënt te zijn tegen tetanus [Korff de Gidts, 1985; Farina & Allesio, 1983].

Toekomst

Verwacht mag worden dat het ontwikkelen van nieuwe produkten in deze industrietak onverminderd zal voortgaan. Aan de hand van uitgebreid toxicologisch onderzoek zal naar alle waarschijnlijkheid meer duidelijkheid ontstaan betreffende de mogelijke gezondheidseffecten van de stoffen waaraan men in de onderzoeksafdeling wordt blootgesteld. De produktie-afdeling zal zich vergaand automatiseren waardoor de operator een regel- en coördinatietaak krijgt toebedeeld.

3.5 Produktie reinigingsmiddelen [toxische stoffen]

Inleiding

Reinigingsmiddelen kunnen worden onderverdeeld in synthetische wasmiddelen, bleekmiddelen en industriële reinigingsmiddelen. Aan de synthetische wasmiddelen zijn additieven toegevoegd om het reinigingsproces te vervolmaken en kunnen bijvoorbeeld het water verzachten, de zuurgraad bufferen of het opnieuw neerslaan van vuil verhinderen.

Blootstelling

Bij de produktie van reinigingsmiddelen kan men aan toxische agentia worden blootgesteld, een aantal hiervan zijn:

- synthetische wasmiddelen: bij de produktie hiervan kunnen de benodigde chemicaliën onder andere huidirritaties veroorzaken welke grotendeels terug te voeren zijn op overgevoelighedsreacties (allergieën). De irritaties worden veelal geïnitieerd door een afzonderlijke component van het wasmiddel, zelden is het uiteindelijke produkt hiervoor verantwoordelijk [Schaefer, 1983]. Een aantal toxische componenten van synthetische wasmiddelen zijn [Schaefer, 1983]:
 - zwavelzuur: zie paragraaf 3.1,
 - oleum: deze stof kan bijtend werken op de ogen, huid en ademhalingswegen. Inademing van de damp of nevel kan ademnood of longoedeem veroorzaken [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - natriumhydroxyde (caustic soda): enige tijd na de blootstelling worden de ogen, huid en ademhalingsorganen geprikkeld. Deze gezondheidseffecten zullen zich met name voordoen tijdens het vervaardigen van poedervormige wasmiddelen vanwege de verstuiwing van deze stof [VNCI, 1989],
 - kaliumcarbonaat (potas): heeft een schadelijke invloed op de gezondheid met name tijdens het sulfonerings- en veresteringsproces waarbij men tevens aan diverse sulfonzuren en ethyleenoxyde blootgesteld kan wor-

- den (zie paragraaf 3.2.1) [Schaefer, 1983; VNCI, 1989].
- bleekmiddelen: verwijderen van kleurstoffen of pigmenten uit een produkt. Deze werking is gebaseerd op een oxidatieproces waarvoor de volgende stoffen kunnen worden gebruikt [Lukanov, 1983]:
 - chloor: dit meest gebruikte bleekmiddel kan bij inademing van de damp of nevel ademnood of longoedeem veroorzaken. De stof werkt bijtend op de ademhalingsorganen, huid en ogen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - calciumhypochloriet, chloordioxyde en natriumperoxyde: blootstelling aan deze stoffen resulteert in dezelfde gezondheidseffecten als vermeld bij chloor. Bij langdurig, herhaaldelijk en intensief huidcontact met calciumhypochloriet kunnen huidaandoeningen ontstaan [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - natriumhypochloriet: de toxiciteit van deze stof is voornamelijk toe te wijzen aan het vrijkomen van chloor tijdens verhitting (vanaf 35° C). Deze sterk oxyderende stof prikkelt de huid en kan bij herhaaldelijke blootstelling aanleiding geven tot dermatose [Lukanov, 1983],
 - natriumchloraat: de stof werkt prikkelend op de ogen, huid en ademhalingsorganen. Bij langdurige, herhaaldelijke blootstelling kan deze stof aanleiding geven tot bloedveranderingen, lever- en/of nierbeschadigingen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - natriumcarbonaat: expositie aan deze stof kan aanleiding geven tot irritaties van de huid, ogen, ademhalingswegen en het maag-darmkanaal. Bij huidcontact kan deze stof tevens eczeem en huidnecrose veroorzaken [Lukanov, 1983].
 - industriële reinigingsmiddelen: de hoofdbestanddelen zijn gechloreerde alifatische en aromatische koolwaterstoffen die in paragraaf 3.8 worden besproken.

Oplosbaarheid

In de literatuur zijn geen specifieke oplossingen gevonden voor deze problematiek. Geadviseerd wordt aandacht te besteden aan de algemene maatregelen zoals die vermeld staan in paragraaf 3.1. Tevens zou de stofexpositie verminderd kunnen worden door vloeibare reinigingsmiddelen te produceren in plaats van was-

poeders. Waspoeders vereisen bij de vervaardiging namelijk een verstuiving van het produkt waardoor hogere stofconcentraties in de lucht kunnen voorkomen [VNCI, 1989].

Toekomst

Middels een ver doorgevoerde procesautomatisering zullen de operators in de toekomst nagenoeg niet meer met chemische stoffen in aanraking komen waardoor zelfs allergische reacties voorkomen kunnen worden.

3.6 Produktie cosmetische artikelen **[geluid, toxische stoffen]**

Inleiding

Kosmetische produkten worden door de mens gebruikt ter verfraaiing van de huid, het haar en/of de nagels. Bij de vervaardiging van cosmetica worden een groot aantal chemische stoffen gebruikt die grofweg onder te verdelen zijn in: emulsies, kleurstoffen, parfums, preservatieven (verduurzamingsmiddelen) en speciale bestanddelen welke veelal fabrieksgeheim zijn.

Blootstelling

Geluid

Gedurende verpakkingswerkzaamheden aan de lopende band zijn geluidsniveaus van 91 dB(A) gemeten [Stevens, 1986].

Toxische stoffen

Ondanks dat bij de produktie van cosmetica-artikelen de toxische stoffen sterk verdund zijn en in kleine hoeveelheden worden verwerkt kan de expositie aan een groot aantal stoffen leiden tot allergische reacties, irritaties of dermatosen [Sharma, 1983]. Een aantal voorbeelden hiervan zijn:

- emulsies: van deze kolloïdale oplossingen (vloeistof waarin een niet oplosbare stof, in uiterst fijne druppeltjes verdeeld, blijft zweven) is bekend dat

de stoffen lanolin, glycerolmonostearaat en sodiumpyruylsulfaat de huid overmatig kunnen sensibiliseren [Sharma, 1983].

- kleurstoffen: in principe kunnen alle kleurstoffen een prikkelende werking op de huid veroorzaken. De natuurlijke kleurstoffen annatto, cochineal (komen voor in rouge en oogschaduw), saffraan en alkonet (haaroliën) hebben een gering sensibiliserend effect. Over het algemeen veroorzaken de anorganische kleurstoffen (voornamelijk ijzeroxyden) een sterker prikkelende werking, met name anthraquinonen (haarkleurstof) en de zogenaamde azokleurstoffen (gezichts- en nagelfoundation/basiscrème) welke elkaars prikkelende werking kunnen versterken [Sharma, 1983].
- parfums: voor de extractie van plantaardige geurstoffen worden een aantal oplosmiddelen gebruikt waarvan gezondheidsschadelijke effecten verwacht kunnen worden, bijvoorbeeld: petroleum-ether, benzeen (zie paragraaf 2.1), aceton (zie paragraaf 3.2.2), toluen (methylbenzeen), dichloormethaan of ethanol (ethylalkohol) [Heske, 1983]. De blootstelling aan parfum kan eventueel aanleiding geven tot acute contact-dermatose en/of melanose. Contact-dermatose kan onder andere ontstaan ten gevolge van de blootstelling aan diverse vluchtige oliën, terpenen en benzylalcohol [Heske, 1983; Sharma, 1983].
- preservatieven: dit cosmeticabestanddeel dient de aantasting van de make-up door fysische, chemische en enzymatische processen te voorkomen en zo de duurzaamheid ervan te vergroten. Een aantal toxische stoffen die hiervoor worden gebruikt zijn:
 - benzoëzuur en propionzuur: welke een gering irriterend effect op de huid hebben [Sharma, 1983],
 - salicylzuur: werkt sterk irriterend op de huid, ogen en ademhalingsorganen [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - monochloorazijnzuur (MCA): zie paragraaf 3.4,
 - formaldehyde: zie paragraaf 3.1,
 - benzaldehyde: deze stof irriteert (onvet) de huid en werkt in op het zenuwstelsel [Sharma, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].

Oplosbaarheid

Geluid

- het botsen van het te transporteren materiaal kan voorkomen worden door de bandsnelheid te verlagen en continu te houden en het toepassen van geleidingsvlakken of -rollen en aanduwveren [Beumer & Buis, 1985],
- indien de werkzaamheden dit toelaten dient de transportband zoveel mogelijk omkast te worden [Beumer & Buis, 1985].

Toxische stoffen

- toepassen van citroenzuur als verduurzamingsmiddel in plaats van het toxische benzoëzuur, propionzuur, salicylzuur of monochloorazijnzuur [Sharma, 1983],
- zoveel mogelijk gebruik maken van natuurlijke bestanddelen waardoor allergische reacties grotendeels vermeden kunnen worden,
- hygiënisch en zorgvuldig werken, bijvoorbeeld pipeteren met een ballon in plaats van aanzuigen met de mond [Korff de Gidts, 1984],
- minder agressieve oplosmiddelen toepassen zoals bijvoorbeeld butaan in plaats van petroleum-ether [Heske, 1983],
- indien toxische stoffen tijdens het productieproces vrij kunnen komen dienen afzuiginstallaties aanwezig te zijn of moet men in een zuurkast werken [Korff de Gidts, 1984; Heske, 1983].

Toekomst

Om allergische reacties bij het gebruik van cosmetica zoveel mogelijk te voorkomen zal naar verwachting in de toekomst bij de productie van deze artikelen steeds meer gebruik worden gemaakt van natuurlijke bestanddelen.

3.7 Chemische bestrijdingsmiddelenproductie **[geluid, toxische stoffen]**

Inleiding

Chemische bestrijdingsmiddelen dienen schadelijke organismen te vernietigen, het voornaamste toepassingsgebied van deze chemicaliën is de landbouw. Afhankelijk van de werking of samenstelling van de bestrijdingsmiddelen zijn deze onder te verdelen in een groot aantal categorieën. De belangrijkste hiervan zijn: herbiciden (onkruidbestrijders), fungiciden (schimmelbestrijders), insecticiden (insectbestrijders), acariciden (mijtendoders), mollusciciden (slakkenverdelgers), rodenticiden (knaagdierenverdelgers) en houtverduurzamingsmiddelen. Vanuit toxicologisch oogpunt zijn vooral de insecticiden en de rodenticiden van belang [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988].

Blootstelling

Geluid

Tijdens de vervaardiging van bestrijdingsmiddelen kunnen diverse produktiemachines geluidsniveaus van 87 - 91 dB(A) produceren [Bergstra, Van der Hoek & Hollander, 1986].

Toxische stoffen

Een volledige opsomming van alle bestrijdingsmiddelen met hun toxicologische gegevens is vanwege de enorme diversiteit onmogelijk. Er zal hier dan ook worden volstaan met de behandeling van een aantal belangrijke groepen zoals deze in de geraadpleegde literatuur staan vermeld. De gezondheidsschadelijke effecten die tengevolge van de expositie aan chemische bestrijdingsmiddelen optreden kunnen zowel tijdens het productieproces als tijdens het gebruik optreden [Kalyanova-Simeonova, 1983b].

- chloorkoolwaterstof-insecticiden: belangrijke toxische soorten hierbij zijn DDT, aldrin, dieldrin, lindaan, chloordaan, heptachloor, toxafeen, hexachloorcyclohexaan en endosulfan. Deze stoffen hebben als gemeenschappelijk kenmerk dat zij exciterend op het zenuwstelsel werken met bevingen (tremoren), krampen en stuip trekkingen (convulsies) als vergiftigingsver-

schijnselen [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988]. Daarnaast kunnen deze stoffen nier-, lever-, huid- en hart- en vaatstelselaandoeningen tot gevolg hebben [Kaloyanova-Simeonova, 1983b].

- organofosfaat-insecticiden: waaronder het giftige parathion, malathion, azinphos-methyl, bromophos, diazinon, dichloorvos (DDVP), dimethoaat, mevinphos, tetraethylpyrofosfaat (TEPP) en octamethyl (OMPA). Gezondheidsschadelijke effecten die op kunnen treden zijn onder andere ademhalingsbelemmeringen en hart- en zenuwstelselaandoeningen [Medved & Kagan, 1983; Marshall, 1987; Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988]. Voor het zeer schadelijke methylisocyanaat (MIC) [Wittebrood, 1985] dat als tussenstof wordt gebruikt, wordt verwezen naar de isocyanaten in paragraaf 3.2.1.
- carbamaat-insecticiden: hiertoe behoren onder meer de volgende toxische bestrijdingsmiddelen: carbaryl, carbofuran, formetanaat, methomyl en pirimicarb. Contact met deze stoffen kan aanleiding geven tot huidirritaties welke over het algemeen van korte duur zijn en waarvan het herstel veelal volledig is [Kundiev & Dobrovol'skij, 1983; Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988].
- rodenticiden: een aantal van deze verbindingen waaronder rattenkruit, crididine en thalliumsulfaat hebben een neurotoxische werking [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988]. De arseenverbinding in rattenkruit is zeer giftig en kan aanleiding geven tot gevoelloosheid in de voeten, eventueel gevolgd door spierverslapping in de ledematen [Shenker, 1983]. Vergiftigingsverschijnselen bij blootstelling aan thallium zijn onder andere haaruitval, bevingen en stuiptrekkingen, gevoeligheidsstoornissen (paraesthesieën) en neurologische pijnen in de ledematen. Tot de rodenticiden worden tegenwoordig ook de op grote schaal toegepaste coumarine-derivaten gerekend. Deze produkten bezitten een anti-coagulerende werking [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988].
- overigen:
 - herbiciden: hebben in het algemeen een lage toxiciteit, uitgezonderd dichloorfenoxazijnzuur dat acute neurotoxische verschijnselen zoals spierstijfheid kan veroorzaken. Tevens kan de expositie aan deze stof aanleiding geven tot hart-, lever- en huidaandoeningen en de ogen en luchtwegen irriteren [Bainova, 1983]. Bij het gebruik of de vervaardiging van

trichloorfenoxazijnzuur kan het zeer toxische dioxine vrijkomen dat in kan werken op de huid, lever, nieren en het centrale zenuwstelsel. Deze stof wordt tevens verdacht van een carcinogene werking [Thürauf, 1988; Marshall, 1987],

- fungiciden: zoals hexachloorbenzeen werken irriterend op de huid en kunnen aanleiding geven tot leveraandoeningen en gewrichtsontstekingen [Kaloyanova-Simeonova, 1983a]. De dithiocarbamaten zoals thiuram, ziram, nabam en ferbam werken sterk prikkelend op de ogen en huid en kunnen aanleiding geven tot functiestoornissen van de lever en andere organen. Tevens kunnen deze stoffen een neurotoxische werking hebben [Kundiev & Dobrovolskij, 1983; Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988],
- houtverduurzamingsmiddelen: bevatten voor de mens toxische biociden zoals pentachloorfenol (PCP), tributyltin-oxyde (TBTO), creosoot of diverse anorganische zouten waaronder bijvoorbeeld arseen-, chroom- en fluorzouten [Van der Riet, 1986]. Deze stoffen oefenen hun toxische werking zowel uit op de huid als op de ademhalingswegen [Stichting Verftoepassing, 1985],
- methylbromide: bij een acute blootstelling aan een hoge concentratie wordt het vergiftigingsbeeld door longoedeem bepaald en kan leiden tot levensbedreigende lever- en nierfunctiestoornissen. Bij lagere concentraties kan hoofdpijn, braken, duizeligheid, gezichtsstoornissen, tremoren en spierspasmen worden waargenomen. Bij chronische blootstelling kunnen degeneratieve veranderingen van het centrale zenuwstelsel optreden [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieger, 1988; Kishi, et al., 1988].

Oplosbaarheid

Geluid

Er zijn geen specifieke verbeteringsmogelijkheden in de literatuur aangetroffen voor een reductie van het door de produktiemachines veroorzaakte hoge geluidsniveau. Voor algemene maatregelen wordt verwezen naar paragraaf 3.1.

Toxische stoffen

- het ontwikkelen van nieuwe bestrijdingsmiddelen zoals de pyrethroïden welke minder toxisch zijn [Chemical Industry Committee, 1988],
- voorlichting en training van personeel over de gevaren van de verschillende stoffen [Copplestone, 1983],
- gedurende laboratoriumwerkzaamheden kan de blootstelling aan giftige stoffen verminderd of vermeden worden door in een zuurkast te werken [Shenker, 1983].

Toekomst

In de toekomst zullen de gezondheidsrisico's voor de werknemers in deze industrietak dalen vanwege een vergaande automatisering van het produktieproces en de ontwikkeling van nieuwe, voor de mens minder toxische, bestrijdingsmiddelen.

3.8 Oplosmiddelenproduktie **[toxische stoffen]**

Inleiding

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de oplosmiddelen die bij de vervaardiging van de diverse chemische produkten worden gebruikt (zie paragraaf 3.1 t/m 3.7).

Blootstelling

Aangezien een volledige opsomming van alle oplosmiddelen nagenoeg onmogelijk is zal worden volstaan met een categoriale opsomming van de diverse soorten oplosmiddelen, aangevuld met de belangrijkste stoffen en hun gezondheidsschadelijke effecten. De mate waarin de werknemers aan deze stoffen worden blootgesteld zal waarschijnlijk zeer sterk uiteenlopen.

- koolwaterstoffen: hieronder behoren de alifatische koolwaterstoffen zoals methaan, ethaan, propaan, butaan, hexaan enz. Deze stoffen hebben in het algemeen een lage toxiciteit maar bij snelle verdamping kunnen deze stof-

fen bevriezing veroorzaken en inwerken op het centrale zenuwstelsel [Gerarde, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988]. Daarnaast zijn er de aromatische koolwaterstoffen zoals:

- benzeen: is een carcinogene stof die in kan werken op diverse organen zoals de lever, de nieren en het zenuwstelsel [Schäfer, 1983],
- toluen: kan leveraandoeningen tot gevolg hebben en kan inwerken op het centrale zenuwstelsel [Edmonds & Smith, 1987; Cavanagh, 1985],
- xyleen: kan huidandoeningen veroorzaken, werkt irriterend op ogen en ademhalingsorganen en kan inwerken op het centrale zenuwstelsel [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
- n-hexaan: kan een neurotoxische werking hebben wat zich kan uiten in spierzwakte en een vertraagde prikkelgeleiding [Van den Bercken, Van Genderen & De Vlieter, 1986; Cavanagh, 1985],
- styreen: is een verdacht carcinogene stof die na opname in het lichaam in kan werken op het centrale zenuwstelsel met hoofdpijn, slaperigheid en duizeligheid als gevolg [Kelchtermans, 1987; Aldyreva, 1983], zie tevens paragraaf 3.2.2,
- andere benzeen derivaten zoals: propylbenzeen, cumeen, fenol, ethylbenzeen, benzopyridine, p-tert-butylbenzeen en trimethylbenzeen werken in op het centrale zenuwstelsel, kunnen huidandoeningen, bloedveranderingen of bronchitis tot gevolg hebben [Parmeggiani, 1983; Gehring, 1983].

Gehalogeneerde koolwaterstoffen zijn de belangrijkste oplosmiddelen die in deze industrie worden gebruikt. Bij deze stoffen heeft substitutie plaatsgevonden met een fluor-, chloor- of broomgroep. De meest toxische stoffen hierbij zijn de gechloreerde koolwaterstoffen:

- monochloormethaan, dichloormethaan, dichloorethaan, trichloorethaan, dichloorethyleen, trichloorethyleen, tetrachloorethyleen en perchloorethyleen: kunnen narcotiserend werken en lever- en nierbeschadigingen veroorzaken. Tevens kunnen deze stoffen acute vergiftiging of verstikking tot gevolg hebben [Parke, 1985; Schäfer, 1979; Marhold, 1983],
- trichloormethaan (chloroform), tetrachloormethaan en carbonylchloride (fosgeen): zijn zeer toxische stoffen die in kunnen werken op het zenuwstelsel en het hart. Bij landurige, herhaaldelijke blootstelling kunnen lever- en nieraandoeningen en kanker ontstaan [Stuurgroep Chemiekaar-

ten, 1988; Schäfer, 1979; Matheson, 1983),

- dichloorbenzeen en trichloorbenzeen: zijn carcinogene stoffen die irriterend werken op de ogen, huid en ademhalingsorganen en die aanleiding kunnen geven tot lever- en nierbeschadigingen [Lauer, Friedl & Fleischhauer, 1984; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- aldehyden: zoals dichloorethylformaldehyde oefenen een sterke prikkelende werking uit op de ogen, huid en ademhalingswegen [Matheson, 1983].
- alcoholen: een aantal veel voorkomende alcoholen met hun toxisch effect zijn:
 - ethanol, propanol, pentanol en hexanol: zijn licht toxisch, wat zich uit in een irriterende werking op ogen, huid en ademhalingsorganen. Bij langdurige, herhaaldelijke expositie aan deze stoffen kunnen lever- en nierbeschadigingen optreden [Parke, 1985; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - methanol: kan bij blootstelling aan aanzienlijke concentraties leiden tot bewustzijnsverlaging en stoornissen van het gezichtsvermogen [Parke, 1985; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988],
 - cyclohexanol en isopropanol: werken prikkelend op de huid en ademhalingswegen en oefenen een bijtende werking uit op ogen, tevens ontvetten deze stoffen de huid [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Parke, 1985],
 - chloorethanol: bij blootstelling aan deze stof kunnen lever-, nier- en hersenbeschadigingen optreden [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Matheson, 1983].
- glycolen: de voornaamste van deze oplosmiddelensort is:
 - ethyleenglycol: en derivaten zoals ethylglycol, methylglycol. Deze stoffen kunnen aanleiding geven tot nier- en hersenbeschadigingen en kunnen inwerken op het centrale zenuwstelsel en het bloed [Parke, 1985; Matheson, 1983].
- esters: die vooral veel in de farmaceutische industrie worden gebruikt zijn onder andere:
 - acetaten: zoals methylacetaat, ethylacetaat, butylacetaat en amylacetaat. Expositie aan gassen en dampen van deze stoffen kan aanleiding geven tot irritatie van ogen, neus en ademhalingswegen [Matheson, 1983].
- ketonen: zoals aceton en methylethylketon (MEK) hebben in het algemeen een vrij lage toxiciteit. Een uitzondering hierop is:
 - methylbutylketon (MBK): kan neurotoxische effecten verwant aan

hexaan (spierzwakte en vertraagde prikkelgeleiding) tot gevolg hebben [Mastromatteo, 1983; Van den Bercken, Van Genderem & De Vlieger, 1986].

- ethers: waarvan de belangrijkste gezondheidsschadelijke zijn:
 - ethyl ether: deze stof kan neusirritatie, hoofdpijn, duizeligheid, huid-aandoeningen en nierbeschadigingen veroorzaken [Cook, 1983],
 - glycidyl ethers: zijn schadelijk voor ogen en huid en kunnen tot systeem-effecten zoals necrose, oedeem, ontstekingen, celdegeneratie en bloedingen leiden [Cook, 1983],
 - gechloreerde methyl en ethyl ethers: zoals mono- en dichloordi(m)ethyl-ether zijn veelal carcinogene stoffen die in kunnen werken op het centrale zenuwstelsel, lever en nieren [Schäfer, 1979; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- diverse oplosmiddelen: hieronder worden een aantal stoffen vertaan die niet bij bovenstaande groepen zijn in te delen:
 - stikstofderivaten: zoals nitromethaan, nitroethaan en nitropropan kunnen een irriterende werking hebben op of schade veroorzaken aan ogen, huid, lever en nieren [Matheson, 1983; Parke, 1985],
 - zwavelderivaten: zoals zwavelkoolstof (CS_2) wat een zeer giftige stof is met een neurotoxische werking wat tot uiting komt in aandoeningen van het centrale en perifere zenuwstelsel en kan daarnaast schadelijke effecten hebben op de reproductie [Cavanagh, 1985; Mastromatteo, 1983],
 - furfural: en derivaten zoals tetrahydrofuran en furan. Dampen van deze stoffen hebben een sterke irriterende werking op ogen en ademhalingswegen. Daarnaast kunnen diverse huid-aandoeningen optreden [Castellino, 1983a & b; Parke, 1985],
 - tricresylfosfaat (TOCP): deze stof staat bekend als veroorzaker van ernstige verlammingen. De zenuwbeschadigingen vinden zowel plaats in het perifere als in het centrale zenuwstelsel [Van den Bercken, Van Genderem & De Vlieger, 1986].

Oplosbaarheid

- allereerst moet gezocht worden naar alternatieve stoffen die de zeer toxische oplosmiddelen zouden kunnen vervangen.

Voorbeelden hiervan zijn nafta in plaats van zwavelkoolstof en toluen, xyleen of methoxyethanol in plaats van benzeen [Chemical Industries Committee, 1988; Matheson, 1983],

- wanneer substitutie niet mogelijk blijkt zullen algemene maatregelen (zie paragraaf 1.4.1.2 en 3.1) genomen moeten worden.

Toekomst

Naar alle waarschijnlijkheid zullen in de toekomst een aantal toxische oplosmiddelen vervangen kunnen worden door minder toxische of geheel onschadelijke oplosmiddelen (zoals bijvoorbeeld water). Tevens mag verwacht worden dat onder invloed van de Arbeidsomstandighedenwet de hierboven beschreven oplossingen op grotere schaal worden toegepast.

4 OVERIGE WERKZAAMHEDEN

Onder de overige werkzaamheden wordt het reinigen en onderhouden van de machines en de werkplekken verstaan en het intern transport van de chemische produkten.

4.1 Reinigen

Het reinigen van machines en werkplekken wordt uitgevoerd met behulp van zuig- en blaasinstallaties, waarbij de eerstgenoemde installatie regelmatig geleidigd dient te worden. Daarnaast worden diverse onderdelen gereinigd met oplosmiddelen.

4.1.1 Zuigen [geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Voor het verwijderen van allerlei stoffen, gassen en dampen die tijdens de verschillende bewerkingen vrijkomen wordt industriële ventilatie toegepast. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt tussen plaatselijke en ruimtelijke ventilatiesystemen.

Blootstelling

Geluid

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden betreffende geluidsniveaus van de hier toegepaste ventilatiesystemen. Indien geen bedrijfstakspecifieke installaties worden toegepast gelden de geluidsniveaus van universele systemen, welke kunnen oplopen tot boven de 105 dB(A) [Gaschler, 1984]. Het geluid wordt vooral veroorzaakt door de ventilator en de hoge lichtsnelheid in het afzuigstelsel [Noort & Kramer, 1984].

Toxische stoffen

Bij het ledigen van stofzakken, het schoonmaken van de filters en bij het storten en mengen van de diverse stoffen ontstaan hoge stofconcentraties in de lucht [FNV & CNV, 1987]. Een versterking van dit effect kan ontstaan ten gevolge van achterstallig onderhoud van afzuiginstallaties [FNV & CNV, 1987].

Oplosbaarheid

Geluid

Oplossingen die gelden voor universele afzuig- en ventilatiesystemen zijn:

- verplaatsen van de ventilator naar een afzonderlijke ruimte of achter een scherm [Noort & Kramer, 1984],
- aanbrengen van geluiddempers in de luchtkanalen [Van den Berg, 1985],
- beperken van de luchtsnelheid, bij voorkeur mag deze waarde niet meer dan 10 m/s bedragen [Koster & Spee, 1989],
- leidingen aërodynamisch gunstige aansluiten op de machine door het voorkomen van haakse bochten, vernauwingen en scherpe kanten, het dichtens van gaten in kanalen en het flexibel bevestigen van de leidingen [Noort & Kramer, 1984],
- isoleren van aan- en afvoerkanalen [Koster & Spee, 1989].

Toxische stoffen

- voor een optimale werking van plaatselijke afzuiginstallaties moeten deze dicht bij de emissiebron worden geplaatst en dienen voorzieningen als omkastingen, luchtstralen en inlaatflenzen te zijn aangebracht [Koster & Spee, 1989],
- het afval niet meer opvangen in stofzakken maar in een centrale opslageenheid, indien dit onmogelijk blijkt moeten de zakken worden afgeschermd [Tappèl & Terra, 1986],
- gebruik maken van zelfreinigende filters [Tappèl & Terra, 1986].

Toekomst

Verwacht wordt dat geluidarme afzuig- en ventilatiesystemen meer zullen worden toegepast en dat deze zo nodig naar speciale ruimten worden verplaatst.

4.1.2 Blazen [geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Blazen heeft tot doel het verwijderen van chemische stoffen (bijvoorbeeld het schoonspuiten van matrijzen), wat uitgevoerd wordt met behulp van een spuitpistool.

Blootstelling

Geluid

Het geluidsniveau van compressoren, ventilatoren en pneumatische gereedschappen zoals spuitpistolen tezamen kan oplopen tot boven de 95 dB(A) [Hammer, 1981; Gaschler, 1984].

Toxische stoffen

Het schoonblazen met behulp van perslucht van bijvoorbeeld blenders, hoppers, schudzeven en dicers veroorzaakt een hoge stofconcentratie op de werkplek [FNV & CNV, 1987].

Oplosbaarheid

Geluid

- toepassen van een geluidsarme blaasmond [Tukker, 1984a],
- luchtdruk niet hoger dan noodzakelijk [Tukker, 1984a],
- de blaasmond zo dicht mogelijk bij het werkstuk plaatsen zodat de toevoerdruk verlaagd kan worden [Tukker, 1984a],
- plaatsen van een staastraalcabine die van buiten af te bedienen is [Tappèl & Terra, 1986],
- verplaatsen van de compressor naar een aparte ruimte of plaatsen in een omkasting [Tappèl & Terra, 1986],
- voorkomen dat de luchtstroom op scherpe objecten is gericht [Tukker, 1984a],

Toxische stoffen

Andere werkwijzen toepassen, bijvoorbeeld in plaats van schoonblazen overgaan tot schoonzuigen.

Toekomst

In de toekomst zal meer gebruik worden gemaakt van afzuiginstallaties, geluidsarme compressoren en blaasmonden.

4.1.3 Ontvetten met oplosmiddelen [toxische stoffen]

Inleiding

Het reinigen van metalen delen van machines zoals mengketels, reactorwanden, walsen en vloeren gebeurt met behulp van oplosmiddelen.

Blootstelling

Als onvettingsmiddel worden stoffen als trichloorethaan, trichloorethyleen, ammoniak en toluen toegepast [Edner, 1979; Hartman, 1985]. De te reinigen onderdelen kunnen zeer schadelijke chemische restanten bevatten waaraan men tijdens deze werkzaamheden wordt blootgesteld.

Oplosbaarheid

- giftige ontvettingsmiddelen vervangen door minder giftige stoffen, zoals gebruik maken van tetrachloorethyleen in plaats van trichloorethyleen [Edner, 1979],
- afzuigen van te reinigen machine-onderdelen wanneer hierbij mogelijkerwijs toxische stoffen vrijkomen,
- gebruik maken van een soort wasmachine en het aanbrengen van stelconplaten op de vloer waardoor de reinigingswerkzaamheden vergemakkelijkt worden [Tappèl & Terra, 1986].

Toekomst

In de toekomst zullen waarschijnlijk andere reinigingsmethoden met een hogere automatiseringsgraad (zoals wasmachines) worden ontwikkeld.

Tevens is er een tendens tot het grootschalig gebruik van hoogkokende alifatische koolwaterstoffen als ontvettingsmiddel

4.2 Onderhoud

Onderhoud bestaat uit het periodiek inspecteren, het vervangen, afstellen en eventueel repareren van machineonderdelen.

4.2.1 Onderhoudswerk

[geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Bij onderhoudsactiviteiten werkt men vaak in sterk belastende arbeidsomstandigheden. Vaak betreft het een complexe blootstelling aan een aantal van de volgende factoren: fysieke belasting (door de moeilijke toegankelijkheid van de machine), lawaai (met name bij werk binnen een omkasting, bij een draaiende machine), handarmtrillingen (met name ten gevolge van gereedschappen) en tijdsdruk (bij reparatiewerk).

Veel voorkomende belastende activiteiten zijn bijvoorbeeld het los- en vastdraaien van bouten (met een handsleutel of een aangedreven moeraanzetter), las- en slijpwerkzaamheden en tilwerk.

Het betreft zowel onderhoudsmonteurs als het productiepersoneel zelf, afhankelijk van de wijze waarop het onderhoud is georganiseerd. Voor het onderhoudspersoneel is het werk voor 8 uur per dag, voor productiepersoneel aanzienlijk minder.

Blootstelling

De intensiteit van de blootstellingen verschilt zeer sterk van situatie tot situatie. Gesteld kan worden dat de hoogste intensiteiten voorkomen bij onderhoud aan nog in bedrijf zijnde machines (dan werkt men erg dicht bij de bron van bijvoorbeeld het geluid) en bij reparatie werk (met name door de vaak grote tijdsdruk).

Geluid

Niveaus boven 80 dB(A) (gemiddeld over de werkdag) komen veel voor, soms tot 110 dB(A) (tijdelijk, bijvoorbeeld tijdens slijpen [Tukker, 1984b]). Er is dus vaak kans op gehoorschade.

Trillingen

Het betreft vooral handarmtrillingen, vooral ten gevolge van de gebruikte, veelal kwalitatief slechte of slecht onderhouden (pneumatische) gereedschappen: met name boormachines, boorschroevendraaiers, slagmoersleutels, slijp-, schuur- en polijstgereedschap enz. [FNV & CNV, 1987].

Toxische stoffen

Blootstellingen tot ver boven de grenswaarden (MAC) komen voor, bijvoorbeeld tijdens lassen, snijden en slijpen. De grootste blootstellingen komen voor bij het werken aan vervuilde oppervlakken.

Meervoudige belasting

- fysieke belasting

Onderhoudswerk is vaak fysiek zwaar belastend werk, vooral door de vaak ongemakkelijke werkhoudingen, vaak in combinatie met grote krachten die moeten worden uitgeoefend (bijvoorbeeld het tillen van zware onderdelen en het beklimmen van hoge trappen in verband met controlewerkzaamheden). Zowel de energetische belasting, de werkhoudingen als de uit te oefenen krachten kunnen tot boven ergonomische richtwaarden oplopen [Den Dekker, 1988].

- klimaat

Vaak moet in belastende klimaatomstandigheden worden gewerkt, met name bij werk aan of dichtbij nog functionerende machines, vooral binnen omkastingen.

- verlichting

Meestal moet de verlichting volledig door zelf meegebrachte lampen worden verzorgd, hetgeen tot vaak slechte verlichtingssituaties leidt. Dit kan ongunstige werkhoudingen mede in de hand werken (om toch nog voldoende te zien).

- tijdsdruk

Sterk bepalend voor de belasting is tevens de grote tijdsdruk waaronder vaak wordt gewerkt, met name bij reparaties. Extreem lange werkdagen, nauwelijks pauzes en een hoog werktempo zijn dan geen uitzondering.

Oplosbaarheid

Algemeen

Een essentieel probleem is dat in het ontwerpstadium van het te onderhouden produktiemiddel meestal te weinig rekening is gehouden met de arbeidsomstandigheden bij het onderhoud. Dan resteert slechts het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, die deels kunnen beschermen (dit is bijvoorbeeld niet het geval tijdens zwaar tilwerk in een krappe ruimte).

Verbeteringen moeten gezocht worden in:

- beter rekening mee houden bij ontwerp, aanschaf en plaatsing van de machines en installaties (bijvoorbeeld voldoende bereikbaarheid),
- zo mogelijk meer preventief onderhoud, omdat dit door de kleinere tijdsdruk en het betere overzicht goed kan worden gepland (bijvoorbeeld uitvoeren bij uitgeschakelde produktie). Meer preventief onderhoud heeft vaak ook puur uit onderhoudstechnisch oogpunt belangrijke voordelen,
- verder resteren de mogelijkheden tot maatregelen die voor de uit te voeren bewerkingen zelf gelden.

Trillingen

Aanvullend kunnen specifiek voor trillingen nog de volgende maatregelen worden genoemd:

- **het verminderen van de benodigde knijpkracht, bijvoorbeeld door het gereedschap op te hangen of het gereedschap te laten rusten op het werkstuk (ook gunstig uit oogpunt van fysieke belasting),**
- **het werken met goed onderhouden gereedschap (geen versleten slijpschijf),**
- **het verlagen van de werkdruk van de perslucht,**
- **zo mogelijk een minder belastende bewerkingswijze.**

Met name bij slaggereedschap treedt door genoemde maatregelen nauwelijks verbetering op, juist omdat de slagkracht een functie van het apparaat is en geen bijproduct. Vanwege deze geringe verbeteringen is het bij het werken met trillend en stotend gereedschap van belang te zoeken naar oplossingen die op de eerste plaats een beperking inhouden van de blootstellingsduur en op de tweede plaats handbediening voorkomen.

Toekomst

Er zijn geen grote veranderingen te verwachten. Te verwachten ontwikkelingen zijn:

- **meer preventief onderhoud. Dit past sterk in het algemeen streven naar een betere beheersing van bedrijfsprocessen (met name onderhoudsmanagement). Zoals boven toegelicht is dit een gunstige ontwikkeling voor de arbeidsomstandigheden,**
- **meer rekening mee houden bij het ontwerp. Ontwerpers worden tegenwoordig meer opgeleid in het zogenaamde onderhoudsbewust ontwerpen. Te verwachten is dat dit op den duur tot beter te onderhouden machines en installaties zal leiden,**
- **een mogelijkheid die in het kader van de Arbowet door de afnemers van machines en dergelijke toegepast kan worden is om bij de aanschaf te verlangen dat de onderhoudbaarheid van de machine of installatie wordt aangegeven (met name de arbo-aspecten) en om dit mee te laten wegen bij de keus,**
- **betere gereedschappen,**
- **ontwikkeling van mobiele tilhulpmiddelen, zoals compacte verrijdbare**

zwenkkransen.

4.3 Intern transport

In de chemische industrie is de heftruck het voornaamste transportmiddel voor het vervoeren van de diverse produktiemiddelen en eindprodukten.

4.3.1 Heftrucks [geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Heftruckchauffeurs staan in principe bloot aan de omgevingsfactoren zoals die heersen in de ruimte waarin ze rijden. Soms worden ze daartegen (deels) beschermd door een afgesloten cabine (met name bij werk buiten, of in extreem hete of koude omgevingen), meestal zijn de cabines echter open. Dit werk wordt meestal door aparte chauffeurs uitgevoerd, in kleinere bedrijven en afdelingen wordt het ook wel als deel van een andere functie uitgevoerd.

Blootstelling

Geluid

Meestal staat men in heftrucks bloot aan gemiddelde geluidsniveaus boven 80 dB(A), ten gevolge van de eigen machine en de omgeving [Beumer & Buis, 1985]. Het machinegeluid hangt sterk af van het type aandrijving: bijvoorbeeld elektrische heftrucks (eigen geluid 72 - 84 dB(A)) zijn over het algemeen aanzienlijk stiller dan diesel- of gasaangedreven heftrucks (eigen geluid 80 - 96 dB(A)) [Beumer & Buis, 1985]. Hoge piekniveaus komen voor bij het transport van lawaaige lading over oneffen rijpaden.

Trillingen

De trillingsbelasting (lichaamstrillingen) is vaak boven de gezondheidkundige richtlijnen. Bij heftrucks zijn bijvoorbeeld trillingsniveaus van 0,48 - 2,5 m/s²

gemeten [Van Drimmelen, et al., 1986]. De voornaamste bron is meestal het wiel-wegcontact [Leun & Ramaekers, 1986]. Minder belangrijke trillingsbronnen zijn kenmerken van de heftruck, zoals de aard van de banden (massieve banden leveren meer trillingen), aard van de aandrijving (verbrandingsmotoren leveren meer trillingen dan elektrische aandrijving), de stoelvering (vaak zonder enige vering) en de vering van de wielophanging (vaak erg stug vanwege vereiste stabiliteit) [Bosman, 1985].

Toxische stoffen

De blootstelling wordt zowel veroorzaakt door uitlaatgassen van de eigen heftruck (bij verbrandingsmotoren) als door de omgeving waarin men rijdt (bepalend voor de hoogste concentraties) [FNV & CNV, 1987]. In sommige produktieruimtes kan de blootstelling oplopen tot boven de grenswaarden (MAC).

Meervoudige belasting

- klimaat (met name de overgangen tussen binnen en buiten en tussen ruimtes onderling).
- fysieke belasting (de statische belasting bij het besturen, vaak met een weinig geschikte stoel en een geringe houdingvariatie).
- ploegendienst.
- veiligheid. Heftrucks zijn vaak betrokken bij (bedrijfs)ongevallen. Belangrijke oorzaken zijn het slippen en omvallen, waarbij achterwielbesturing, banden druk, massieve voorwielen en het ongeladen rijden een rol spelen [Strandberg, 1983].

Oplosbaarheid

Er is een groot scala van verbeteringsmogelijkheden, sterk afhankelijk van de situatie. Tussen haakjes is steeds aangegeven voor welk aspect de maatregel zinvol is:

- oneffenheden op de rijweg (richels, naden) voorkomen (geluid en trillingen). Bijvoorbeeld beter een geasfalteerde of egalen betonnen rijroute dan een weg die is opgebouwd uit klinkers of stelconplaten [Beumer & Buis, 1985; Tappèl & Terra, 1986]. Zo gaf een verbetering van het wegdek een

verlenging van het toegestane blootstellingsduur aan de trillingen van 92 % [Voss & Krogh-Lund, 1988]. Voor trillingen is dit samen met beperking van de rijsnelheid de voornaamste maatregel,

- beperking rijsnelheid (trillingen). Zo gaf een reductie van de rijsnelheid van 9 naar 7 km/uur een verlenging van de toegestane blootstellingsduur van 130 % [Voss & Krogh-Lund, 1988],
- elektrisch aangedreven in plaats van met verbrandingsmotoren (geluid, trillingen en toxische stoffen) [Beumer & Buis, 1985; Tappèl & Terra, 1986],
- zo mogelijk geen massieve banden maar luchtgeveerde banden gebruiken (trillingen, geluid),
- goed onderhouden van het materieel, met name in verband met productie van uitlaatgassen, geluid van de aandrijving en de trillingsproductie (geen schoksgewijs rijden door haperende koppeling of rem),
- gebruik maken van een goed afgeveerde stoel, bij voorkeur luchtgeveerd (trillingen). Dit gaf in een praktijkvoorbeeld een verlenging van de toegestane blootstellingsduur van 38 % [Voss & Krogh-Lund, 1988],
- zo nodig toepassen van een goed afgeveerde en geïsoleerde cabine (trillingen, geluid, toxische stoffen, klimaat). In combinatie hiermee is voor het geluid ook het aanbrengen van absorptiemateriaal in de cabine zinvol [Beumer & Buis, 1985; Tappèl & Terra, 1986]. Vooral voor trek- en laadkarren is belangrijk dat de bestuurder niet voor de vooras zit (in verband met trillingen),
- verhogen van de beladingsgraad en vooral beperking van onbeladen rijden (vooral trillingen). Dit is natuurlijk ook uit oogpunt van efficiëntie al een belangrijk streven,
- bij vloeibare lading klotsen van lading tegengaan, bijvoorbeeld door verticale schotten in te bouwen (trillingen),
- maatregelen treffen in de omgeving (geluid, trillingen, toxische stoffen). Het zal duidelijk zijn dat dergelijke maatregelen des te meer zin hebben voor de chauffeurs als de omgeving meer belastend is dan de wagen zelf. In dit kader kan tevens worden genoemd:
 - gunstige routing (beperking van de route en zoveel mogelijk vermijden van belastende omgevingen: geluid, toxische stoffen, klimaat) [Swuste, 1989],
 - eventueel een ander transporttype, bijvoorbeeld afstandsbediende wa-

gens (geluid, trillingen, toxische stoffen).

Toekomst

Te verwachten is dat in de toekomst de situatie goed verbeterd kan worden, onder andere om de volgende redenen:

- het aandrijfgeluid van nieuwe heftrucks is vaak belangrijk minder,
- de stoelen van nieuwe heftrucks zijn meestal beter afgeveerd,
- de meerkosten van gesloten cabines zijn bij nieuwe heftrucks aanzienlijk minder dan bij bestaande machines,
- elektrisch aangedreven heftrucks zijn steeds beter toepasbaar (door toename van motorvermogen en van actieradius).

Bij de aanschaf van nieuwe heftrucks kan de situatie daarom vaak belangrijk verbeteren, mits men voldoende daarop let, met name door de specificaties op deze punten te betrekken bij de beslissing tot aankoop.

Een nieuwe ontwikkeling is tevens automatisering: wagens die zonder chauffeur door het bedrijf rijden. Bij de meeste systemen beweegt de wagen zich dan langs een geleidingssysteem in de vloer. Er bestaan ook meer flexibele systemen, waarbij de wagen zich oriënteert op een eenvoudig rasterpatroon in de vloer (bijvoorbeeld donkere tegels) en zelfs bij onverwachte obstakels automatisch een alternatieve route zoekt. Bij dergelijke automatisering vervalt de functie van chauffeur en daarmee ook zijn blootstelling aan belastende arbeidsomstandigheden. Geautomatiseerde transportsystemen zijn voornamelijk geschikt voor plaatsen waar weinig mensen aanwezig zijn op de rijroutes (zoals opslagterreinen en magazijnen).

LITERATUUR

- ALDYREVA, M.V. Styrene and ethylbenzene. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational Health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983. Pp. 2113 - 2115.
- ALMGREN, G. & M. BRUZE. (1988). Dermatoses in workers exposed to resins based on phenol and formaldehyde. In: Occupational health in the chemical industry. Copenhagen, WHO/Medichem. pp. 18 - 26.
- ALTIER, V.A. & T. GEORGIADIS. Synthetic rubber. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed, Geneva, ILO, 1983 Pp. 1971 - 1975.
- BAINOVA, A. Herbicides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983. Pp. 1034 - 1040.
- BARHAD, B. Petrochemicals. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 1649 - 1649.
- BARTALINI, E. & C. NAVA. Antibiotics. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 170 - 173.
- BECKLAKE, M.R. Acute respiratory reactions to chemical exposures: focus on oxides of nitrogen. In: Occupational health in the chemical industry. Calgary, Medichem Calgary '83 Association, 1984 Pp. 207 - 214.
- BEDNALL, A.W. Anti-vibration gloves. London, Health and Safety Executive, Technology Division, Specialist Inspector Reports, Report no: 13, 1988.
- BERCKEN, J.M.M. VAN DEN, H. van GENDEREN & M. de VLIAGER. (1986). Neurotoxische stoffen. Wageningen, Pudoc. 100 blz. (Toxicologische reeks, nr. 4).
- BERG, R. VAN DER. Lawaaibestrijding. Achtergronden, aanpak en methoden, praktijkvoorbeelden. Leiden, NIPG - TNO, 1985.
- BERGSTRA, A., M. VAN DER HOEK & A. HOLLANDER. (Gewas)bescherming: een bedrijfshygiënisch onderzoek in een gewasbeschermingsmiddelenformuleerbedrijf. Wageningen, Landbouwniversiteit Wageningen, 1986 (gezondheidsleer: 273).
- BEUMER, P.F.M. & P.M. BUIS. Mogelijkheden tot geluidbestrijding bij intern transport, stand van de techniek. Voorburg, DGA, 1985 (ICG-rapport LA-HR-02-06).
- BEUMER, P.F.M., et al. Arbeidsomstandigheden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie. Leiden, NIPG-TNO, 1989.
- BITTERSOHL, G. Aufgaben bei der Zurückdrängung berufsbedingter Erkrankungen in der chemischen Industrie. Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete, 31 (1985) 112 - 113.
- BOSMAN, B. Inventarisatiemeting 20: een heftruck. Delft, IWECO-TNO, 1985. (Rapportnummer: 5062373-85-18).
- BOURNE, L.B. Polyolefins. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 1763 - 1764.
- BRAMMER, A.J. Threshold limit for hand-arm vibration exposure throughout the workday. In: Brammer A.J. & W.Taylor (eds), Vibration effects on the hand and arm in industry. New York, Wiley, 1982 Pp. 291- 301.
- BROWNE, T.D. Paints, lacquers and varnishes. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 1585 - 1587.

- BUCKLEY, A.R. Gas manufacture. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 951 - 957.
- BURGOYNE, J.H. & P.V. RUTLEDGE. Foam resins. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 897 - 898.
- BURDORF, A. De invloed van mechanische trillingen op de mens; een inleiding. T. voor Ergonomie, 13 (1988) 3 6-13.
- CACCURI, S. Sulphur. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 2120 - 2121.
- CARSON, P.A. & C.J. MUMFORD. The safe handling of chemicals in industry, vol. 1. Harlow, Longman Scientific & Technical, 1988.
- CASTELLINO, N. Furfural and derivatives. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 931 - 932.
- CASTELLINO, N. Tetrahydrofuran. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 2164.
- CAVANAGH, J.B. Mechanisms of organic solvent toxicity: morphological changes. In: Environmental Health 5, Organic solvents and the central nervous system. Copenhagen, WHO/Nordic Counsel of Ministers Working Group, 1985. Pp. 110 - 135.
- CHEMICAL INDUSTRIES COMMITTEE. The impact of new technology on safety and health protection in the chemical industries. Chemical Industries Committee, tenth session, report III. Geneva, ILO, 1988.
- CHEMIEKAARTEN. Gegevens voor veilig werken met chemicaliën (amengesteld door de Stuurgroep Chemiekaarten) Alphen aan den Rijn, Samsom, 1977.
- CHRIST, E. Geringere Hand-Arm Schwingungsbelastung durch Schutzhandschuhe. Berufsgenossenschaft, (1982) 458-461.
- CHRIST, E. Minderung der Schwingungseinwirkung bei vibrierenden handgeführten Arbeitsgeräten. Berufsgenossenschaft, (1985) 15 - 20.
- CHRIST, E. Schutz vor Vibrationseinwirkung durch Schutzhandschuhe, vibrationsdämpfende Fahrersitze und Antivibrations-Schutzhandschuhe. Berufsgenossenschaft, 11 (1986).
- COHEN, S.R., S.H. SAMITZ & E. SHUMUNES. Inks. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1114 - 1115.
- COOK, W.A. Ethers. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 785 - 789.
- COPIUS PEEREBOOM, J.W.G. Formaldehyde, een hinderlijk gas op het werk en in huis. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 64 (1988) 339-341.
- COPPLESTONE, J.F. Pesticides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 1616 - 1633.
- DEKKER, I.P.P., DEN. Lichamelijk zware arbeid in de Nederlandse industrie. Voorburg, DGA, 1988 (Publikatie S 45).
- DONINI, J.C. & J.F. BECK. The effects of hydrogensulphide on excitable tissues. In: Occupational health in the chemical industry. Calgary, Medichem Calgary '83 Association, 1984 pp. 163 - 174.

- DRIMMELEN, D. VAN, et al. Trillen en schokken tijdens het werk. Inventarisatie van trillende werk- of andere tuigen, trillingsbelasting en trillingsarme technologie. Deel 1: Handleiding voor trillingsarm ontwerpen. Delft, Technische Universiteit, Vakgroep Veiligheidskunde, 1986a.
- DRIMMELEN, D. VAN, et al. Trillen en schokken tijdens het werk. Inventarisatie van trillende werk- of andere tuigen, trillingsbelasting en trillingsarme technologie. Deel 2: Literatuuroverzicht. Delft, Technische Universiteit, Vakgroep Veiligheidskunde, 1986b.
- DRIMMELEN, D. VAN, et al. Uitgangspunten voor vermindering van trillingsbelasting. *T. voor Ergonomie*, 13 (1988) 4 2 - 15.
- ECKARDT, R.E. Petrochemicals. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed., Geneva, ILO, 1983 Pp. 1646 - 1652.
- EDMONDS, J. & R. SMITH. *Health and safety in the chemical and allied industries*. GMB-ATU, 1987.
- EDNER, H. *Arbeitssicherheit bei der Verarbeitung von Plast und Elastwerkstoffen*. Berlin, Tribüne, 1987.
- EIJK, D. VAN. Meer dan mengen en roeren. *Intermediair*, 24 (1988) 48 21 - 25.
- ENDO, G. et al. Contact dermatitis in workers handling 2,4 dinitrochlorobenzene. In: *Occupational health in the chemical industry*. Copenhagen, WHO/Medicchem, 1988 pp. 4 - 10.
- ERSOV, V.P. Fertilisers. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 846 - 848.
- FAIRCHILD, E.J. New chemicals. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 450 - 453.
- FARINA, G. & L. ALLESIO. Pharmaceutical industry. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1665 - 1669.
- FNV/CNV. *Onderzoeksrapport verbetering arbeidsomstandigheden ICI Holland BV*. Amsterdam FNV/CNV, 1987.
- GASCHLER, R. *Geräuschemission von Anlagen der Holzbearbeitung*. Berlin, Umweltbundesamt, 1984.
- GEHRING, P.J. Pyridine, homologues and derivatives. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1810 - 1812.
- GERARDE, H.W. Hydrocarbons, aliphatic. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1070 -1073.
- HADENGUE, P. & M. PHILBERT. Isocyanates. In: L. Parmeggiani (ed.) *Encyclopaedia of Occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1161 - 1162.
- HAMMER, J.D.G. *Rubber*. London, Her Majesty's Stationary Office, 1981.
- HARTMAN, B. *Survey van een kunststofverwerkend bedrijf*. Amsterdam, CORVU, 1985 23 blz.
- HESKE, F. (1983). *Perfumes and essences*. *Encyclopaedia of occupational health and safety*, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1604 - 1606.
- INDUSTRIEBOND FNV. *Onderzoek verf- en drukinkt*. Amsterdam, Industriebond FNV, 1988.
- IPING, P.J.M. (1987). *Schadelijk lawaai op de arbeidsplaats*. *Geluid en Omgeving*, 10 (1987) 6-8.

IPING, P.J.M. et al. Research on occupational exposure to vibration in the Netherlands and consequences for Dutch Policy and legislation. Presentation at the 3rd International Symposium in the International Section of the ISSA for Research on Prevention of Occupational Risks, 'Vibration at work', 19 - 21 april, Vienna, 1989.

International Standard Organisation (ISO) Guidelines for the evaluation of human exposure to whole body vibration. Geneva, 1985 (ISO - 2631).

International Standard Organisation (ISO) Mechanical vibration - Guidelines for measurements and the assessment of human exposure tot hand-transmitted vibration. Geneva, 1986 (ISO - 5349).

KALOYANOVA-SIMEONOVA, F. Fungicides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 927 - 931.

KALOYANOVA-SIMEONOVA, F. Halogenated pesticides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1633 - 1637.

KELCHTERMANS, A. Maatregelen voor optimale verwerking van kunststoffen. Veiligheidsnieuws, 23 (1987) 75 5 - 9.

KEY, M.M., J.L. KONZEN & G.E. DEVITT. Polyester resins. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1761.

KISHI, R., et al. Health research on methyl bromide manufacturing workers. Part 1: Symptoms of long-term exposure. In: Occupational health in the chemical industry. Copenhagen, WHO/Medicchem, 1988 Pp. 120 - 134.

KLEIN, W.A. Alkyd resins. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 120 - 121.

KOEHORST, L.J.B. Analyse van een selectie ongevallen in de chemische industrie uit de databank FACTS. Voorburg, DGA, 1989.

KÖHNE, G. Die beim Betrieb von Erdbaummaschinen auftretenden niederfrequenten mechanischen Ganzkörperschwingungen, die ergonomische und arbeitsmedizinischen Zusammenhänge und die daraus sich ergebenden Folgerungen. G. Pohle, Aachen, Forschungver. Baummaschinen und Baubetriebe eV, 1981.

KORFF DE GIDTS, J. Arbeidsomstandigheden in chemische bedrijven. Driebergen, IND, 1984.

KOSTER, P.B. & T. SPEE. (1989). Industriële ventilatie als maatregel voor de beperking van blootstelling aan toxische stoffen. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 65 (1989) 368 - 372.

KROP, W.K.H. et al. (red.). Arbo-jaarboek 1989. Deventer, Kluwer, 1989.

KRUIT, N.E. (1978). De kalkammonsalpeterfabriek van de U.K.F., (lokatie te IJmuiden): een survey (1978). Leiden, NIPG-TNO, Afd. Onderwijs, 1978.

KUNDIEV, J.I. & L.A. DOBROVOL'SKIJ. Carbamates and thiocarbamates. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 388 - 390.

KUTSYN, P.V. LNG and LPG (liquefied natural gas and liquefied petroleum gas). In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1244 - 1248.

LAUER, H., H. FRIEDL & G. FLEISCHHAUER. (1984). Arbeitssicherheit in der chemischen Industrie. Sicher ist sicher, 35 (1984) 718 352 - 356.

- LAUWERYS, R., A. BERNARD & A. OULED. Increased glomerular permeability: an early effect of cadmium exposure. In: Occupational health in the chemical industry. Copenhagen, WHO/Medichem, 1988 Pp. 97 - 100.
- LAW, P.K. Plastic industry. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1715 - 1719.
- LEUN, K. & L. RAMAEKERS. Trillingen op het menselijk lichaam, het meten ervan en het werken voor toetsing aan ISO-norm 2631. Utrecht, RU-Utrecht, Natuurkundewinkel, 1985.
- LUKANOV, M. Bleaching and bleaching agents. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 298 - 299.
- LUNDSTROM, R. & L. BURSTROM. Mechanical impedance of the human hand-arm system. Paper presented at the United Kingdom and French joint meeting on Human Response to Vibration, 26 - 28 september 1988, INRS, Vandoevre, (France), 1988.
- MALTEN, K.E. Melamine. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1319.
- MARSHALL, V.C. Major chemical hazards. Chichester, Ellis Horwood, 1987.
- MARHOLD, J.V. Hydrocarbons, halogenated aliphatic. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1067 - 1084.
- MARTIN, P. & F. TOLOT. Phenolic and amino resins. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1670.
- MASTROMATTEO, E. Current occupational health problems in the chemical industry. In: Occupational health in the chemical industry. Calgary, Medichem Calgary '83 Association, 1984 Pp. 365 - 386.
- MATHESON, D. Solvents, industrial. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 2085 - 2088.
- MATTIUSI, L. & G. ARNELI. Polyamides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1750 - 1752.
- MEDVED, L.I. & Ju. S. KAGAN. Organophosphorus pesticides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1637 - 1646.
- MILLISCHER, R.J., et al. Monochloroacetic acid: seven world wide cases of systemic poisoning resulting from accidental skin contact. In: Occupational health in the chemical industry. Copenhagen, WHO/Medichem, 1988 Pp. 138 - 144.
- MIWA, T., Y. YONEKAWA & K. KANADA. Vibration isolators for portable vibration tools: Part 4 Vibration isolation gloves. Industrial Health, 17 (1979) 141 - 152.
- MUNN, A. & G. SMAGGHE. Dyes and Dyestuffs. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 699 - 701.
- MUSSON Y., L. BURDORF & D. van DRIMMELEN. Trillen en schokken tijdens het werk. Gezondheidsklachtenonderzoek. Deel III: Lichaamstrillingen. Delft, Technische Universiteit, Vakgroep Veiligheidskunde.
- NOORT, A.M. VAN & J. KRAMER. Inventarisatie van geluidoorzaken en geluidverminderende maatregelen bij de machinale houtbewerking. Voorburg, DGA, 1984 (ICG-rapport LA-HR-02-03).
- Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) Voorstel voor een grenswaarde voor hand-arm trillingen. Den Haag NVVA, Werkgroep Trillingen, 1988.

- PARKE, D.V. Metabolism of industrial solvents. In: Environmental Health 5, Organic solvents and the central nervous system. Copenhagen, WHO/Nordic Counsel of Ministers Working Group, 10 - 14 June, 1985, pp. 90 - 109.
- PARMEGGIANI, L. Hydrocarbons, aromatic. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1074 - 1076.
- RIET, M.C. VAN DER. Gezondheidseffecten door het werken met houtkonserveringsmiddelen: een overzicht van met name epidemiologische gegevens. Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, 1987.
- RODGERS, L.A., D. EGLIN & W.F.D. HART. Rock-drill vibration and white fingers in miners. In: Brammer A.J. & W. Taylor (eds), Vibration effects on hand and arm in industry. John Wiley & Sons, New York, 1982, Pp. 317 - 323.
- ROSE, V.E. Epoxy compounds. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 770 - 773.
- SCHÄFER, H.K. Sicherheit in der Chemie. München, Hanser, 1979.
- SCHAEFER, R. Detergents. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, vol. 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 615 - 617.
- SHARMA, O.P. Cosmetics. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 554 - 555.
- SHENKER, A.M. Rodenticides. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1954 - 1955.
- SIEDLECKI, J.T. Petroleum refineries. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1659 - 1665.
- STAHL, R. Coal and derivatives. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 487 - 490.
- STEENBRUGGE, B. VAN, E. GERRETSEN & J.C. TUKKER. Inventarisatie basiskennis geluidarm installeren. Voorburg, DGA, 1985. (ICG rapport LA-HR-03-01).
- STEVENS, P.J.E. Bedrijfsgezondheidskundig survey van de verpakkingsafdeling van ACF Chemiefarma. Amsterdam, CORVU, 1986.
- STICHTING VERFTOEPASSING. Veilig met verf. Verfproducten die biocide stoffen bevatten. Wassenaar, SVT, 1985.
- STRANBERG, L. Danger, rear wheel steering. Occupational accidents, 5 (1983) 39-58.
- SWJSTE, P. Arbeidsomstandigheden in de rubberverwerkende industrie. In: Symposiumverslag "Bedrijfsveiligheid: zorg voor de toekomst", 18 oktober 1989. Delft, Congresbureau Technische Universiteit, 1989.
- TAPPEL, B. & N. TERRA. Het werkt anders: een overzicht van maatregelen tegen veel voorkomende problemen met de kwaliteit van arbeidsplaatsen in de industrie. Voorburg, DGA, 1986.
- TAYLOR, W. & P.L. PELMEAR (EDS). Vibration white finger in industry. London, Academic Press, 1975.
- THÜRAUF, J.R. Clinical findings in workers exposed to 2,3,7,8 - TCDD. In: Occupational health in the chemical industry. Copenhagen, WHO/ Medichem, 1988, pp. 135 - 137.
- TUKKER, J.C. Geluid van perslucht. Voorburg, DGA. 1984a (ICG-rapport LA-HR-02-02).

- TUKKER, J.C. Lawaai en lawaai-beheersing van handgereedschap. Voorburg, DGA, 1984b, 161 blz. (ICG-rapport LA-HR-02-04).
- VERBERK, M.M. & A. KOEMEESTER. (1985). Vierde internationale symposium over handarmtrillingen. T. Soc. Gezondheidsz. 63 (1987) 826 - 827.
- VERMEEREN, H.P.W. Het algemeen toxische stoffen beleid (4): vervanten van toxische stoffen op de werkplek. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 65 (1989) 315 - 317.
- VERMEEREN, H.P.W. & P. VAN DER RIET. Het algemeen toxische stoffen beleid (6): afscherming van de mens. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 65 (1989) 424 - 427.
- VIOLA, P.L. Vinyl and polyvinylchloride. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 2256 -2259.
- VNCI. Handboek voor de Nederlandse chemische industrie. Alphen aan den Rijn, Samsom, 1989.
- VOSS, P. & C. KROGH-LUND. Vibration exposure and lumbar back muscle activity of seated driving workers. (Part I). Vandoeuvre, INRS, 1988.
- VREEMAN, R. (ed.). De kwaliteit van de arbeid in de Nederlandse industrie. Nijmegen, SUN, 1982.
- WEAVER, N.K. Butadiene. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 347 - 348.
- WEAVER, N.K. & C.F. REINHARDT. Chloroprene. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 467 - 468.
- WITTEBROOD, N. Hoe veilig is een chemische fabriek? KIJK, (1985) 5 23-27.
- ZACKRISSON, M. & J. PULL. Hand - held grinding machines - vibration test results. Presentation at the 3rd International Symposium in the International Section of the ISSA for Research on Prevention of Occupational Risks, "Vibration at work", 19 - 21 april, 1989, Vienna.
- ZLOBINA, N.S. (1983). Polystyrene. Encyclopaedia of occupational health and safety, vol. 2. 3th ed. Geneva, ILO. pp. 1766 - 1767.

BIJLAGEN

BIJLAGEN

Pagina

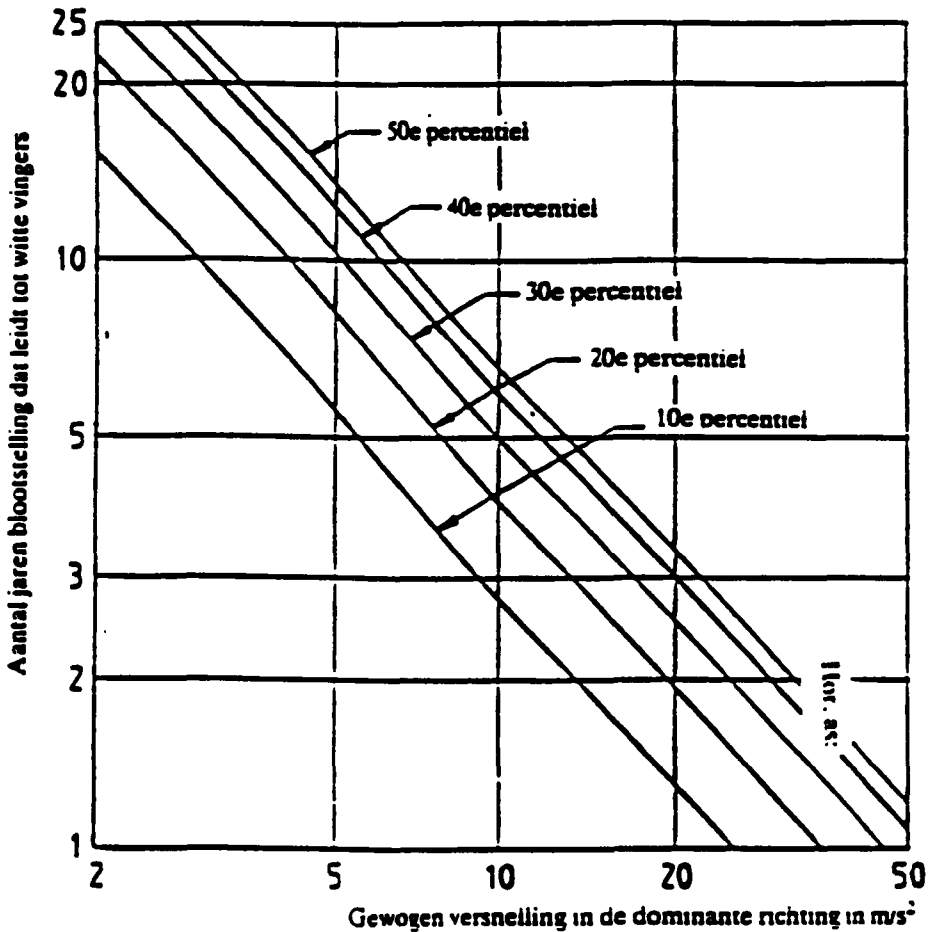
Bijlage 1	Beoordelingscriteria trillingen	89
Bijlage 2	Trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen in de industrie	98

Bijlage 1 Beoordelingscriteria trillingen

A. Beoordelingscriteria handarmtrillingen

Door de International Standard Organisation [ISO 1986] is specifiek voor handarmtrillingen een norm ontwikkeld: ISO 5349. Deze norm beschrijft de procedures van het meten van handarmtrillingen en het verwerken van de meetsignalen. In de norm worden geen beoordelingscriteria gegeven van deze trillingen. Wel wordt in bijlage A van deze ISO 5349 een dosis-respons relatie weergegeven tussen blootstelling aan handarmtrillingen en de kans op het optreden van witte vingers (zie figuur B1).

Figuur B1 Dosis-effect relatie voor blootstelling aan handarmtrillingen en de kans op het optreden van witte vingers.



In deze figuur wordt de kans op witte vingers aangegeven als de functie van het aantal jaren blootstelling en de gewogen effectieve versnelling in de meest intensieve richting. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde blootstellingsduur per dag van 4 uur.

Om verschillende metingen te vergelijken van situaties waarin sprake is van andere gemiddelde blootstellingsuren per dag wordt de dagelijkse blootstellingsduur (T) uitgedrukt in het 4-uurs equivalent gewogen versnellingsniveau. Hiervoor geldt de formule:

$$a_h(w,4) = \sqrt{(T/T_4)} * a_h(w,T)$$

waarin:

$a_h(w,4)$ = de gewogen (w) effectieve versnelling (a_h) gedurende een blootstelling van 4 uur per dag

T = de blootstellingsduur per dag in uren

$$T_4 = 4$$

$a_h(w,T)$ = de gewogen effectieve versnelling gedurende blootstellingsduur T

Een gewogen effectieve versnelling van 12 m/s^2 over 1 uur op een werkdag betekent een $a_h(w,4) = 6 \text{ m/s}^2$.

Het gezondheidseffect 'witte vingers' is gedefinieerd als het optreden van verbleking van een of meer vingertoppen. In de classificatie van Taylor & Pelmear [1975] komt dit overeen met stadium 1, een in principe reversibele vorm (zie figuur B2).

Er is kritiek mogelijk op het hanteren van deze bijlage als uitgangspunt voor het beoordelen van trillingen. Op de eerste plaats gaat de norm en dus ook de bijlage alleen uit van trillingen waarin geen sprake is van schokken. Over het algemeen wordt aangenomen dat bij schokken de trillingsbelasting als ernstiger moet worden beoordeeld. Ten tweede wordt door sommige deskundigen kritiek geuit op de manier waarop de bijlage is samengesteld uit zeer diverse onderzoeksresultaten. Zo is onduidelijk hoe situaties moeten worden beoordeeld waarin sprake is van een gemiddelde blootstellingsduur per dag die veel hoger ligt dan 4 uur of het omgekeerde: veel lager. Ten derde gaat de bijlage alleen uit van witte vingers en wordt voorbij gegaan aan andere effecten van blootstelling aan handarmtril-

lingen zoals afwijkingen aan botten en gewrichten.

Ondanks deze kritiek hebben verschillende landen richtlijnen ontwikkeld op basis van bijlage A van ISO 5349.

Figuur 82 Stadia van witte vingers, volgens Taylor en Peimear [1975]

Stadium	Toestand van de vingers	Mate van interferentie met bepaalde werkzaamheden
0	geen verbleking	geen klachten
0 _I	intermitterende parestesien (gevoel alsof mieren over de huid kruipen)	geen klachten
0 _{II}	intermitterende doofheid	geen klachten
1	verbleking van één of meer vingertoppen met of zonder parestesien en doofheid	geen klachten
2	verbleking van een of meer vingers met dove gevoelens gedurende de wintermaanden	geringe klachten bij bezigheden in vrije tijd
3	uitgebreide verbleking; aanvallen zowel in de zomer als in de winter	klachten bij bepaalde bezigheden zowel in vrije tijd als tijdens werk
4	uitgebreide bleekheid van bijna alle vingers; aanvallen zowel in de zomer als in de winter	door ernst van symptomen van werk veranderd

N.B. Hoewel bijlage A van ISO 5349 gebruik maakt van deze klassifikatie wordt deze klassifikatie op dit moment niet langer gebruikt om de ernst van de aandoening van witte vingers aan te geven. Daarvoor in de plaats worden nu twee stadia-indelingen gehanteerd, te weten de stadia-indeling van vasculaire stoornissen (Gemne e.a. 1987) en de stadia-indeling van neurologische stoornissen (Brammer e.a. 1987).

Verenigde Staten

Door de American Conference of Governmental Industrial Hygienists zijn op basis van de ISO 5349 grenswaarden voorgesteld om in praktijksituaties te kunnen oordelen over trillingsbelasting [ACGIH 1984]. Zij hanteren daarbij de volgende waarden:

blootstellingsduur (uren per dag)	grenswaarden voor intensiteit (gewogen effectieve versnelling)
4-8 uur	4 m/s ²
2-4 uur	6 m/s ²
1-2 uur	8 m/s ²
minder dan 1 uur	12 m/s ²

Met deze grenswaarden wil men onomkeerbare stadia van witte vingers vermijden. In de classificatie van Taylor & Pelmear komt dit overeen met stadium 3: uitgebreide verbleking met aanvallen zowel in zomer als winter en problemen bij bepaalde bezigheden in vrije tijd en werk (zie figuur B1)). Bij langdurige blootstelling aan de ACGIH-grenswaarden kunnen lichtere stadia van witte vingers zeker verwacht worden. Andere mogelijke gezondheidseffecten zoals pijn en stijfheid in gewrichten en spieren van handen, armen, ellebogen en schouders zijn niet verwerkt in deze grenswaarden.

Nederland

In Nederland bestaan nog geen wettelijke grenzen voor trillingsbelasting. Door de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) is een voorstel ontwikkeld waarin zwaardere scherpere staan dan in het ACGIH-voorstel [NVVA 1988]. Als uitgangspunt wordt voor een dagelijkse blootstellingsduur van 4 uur een grenswaarde van 3 m/s² gehanteerd. Gezien de dosis-respons relatie uit bijlage A van de ISO-norm 5349 wordt bij deze grenswaarde "toegestaan" dat 10% van de populatie na 10 jaar symptomen van witte vingers krijgt. De voorstellen van de NVVA sluiten zich nagenoeg geheel aan bij de streefwaarden uit Zweden en Denemarken. Om een absolute limiet te stellen ongeacht de blootstellingsduur, wordt een maximaal toelaatbare waarde aanbevolen van 10 m/s².

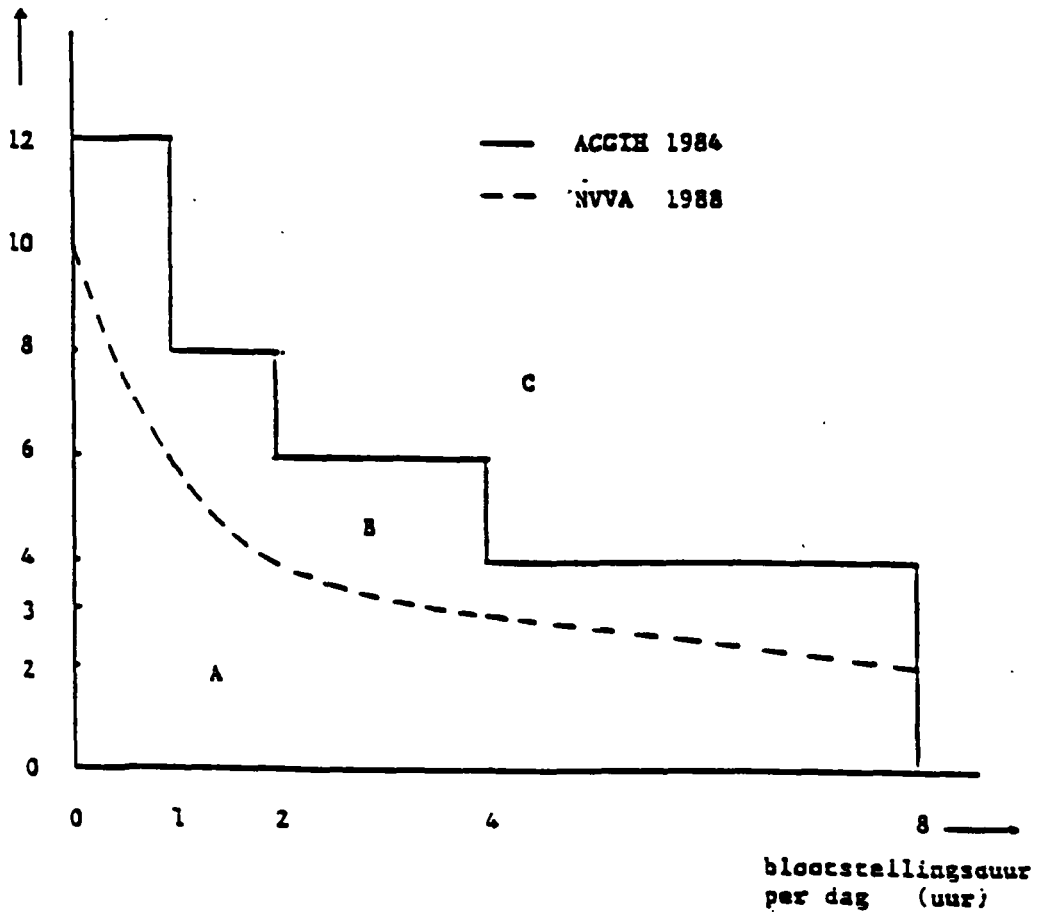
Deze grenswaarden zijn bij langdurige blootstelling geen veilige grens waaronder geen gezondheidseffecten zijn te verwachten. Lichtere stadia van witte vingers zullen kunnen optreden. Voor andere mogelijke gezondheidseffecten ontbreken dosis-respons relaties zodat het niet mogelijk is veilige grenswaarden hiervoor aan te geven. Brammer [1982] geeft als veilige grens 1 m/s² aan.

Beoordelingscriteria

Op basis van de beschreven richtlijnen is een voorstel tot beoordeling van trillingsbelasting gemaakt [Musson 1989] (zie figuur B3). Hierin zijn de voorstellen verwerkt van de ACGIH-norm en de NVVA. Om geen absoluut criterium te introduceren dat uitnodigt tot een oordeel "goed of slecht", is een driedeling van klassen van te nemen maatregelen gemaakt.

Figuur B3 Beoordelen van situaties met blootstelling aan handarmtrillingen

gewogen effectieve versnelling
in meest intensieve richting (m/s^2)



Uit de dagelijkse blootstellingsduur en de gemiddelde trillingsintensiteit kan de wenselijkheid van te nemen maatregelen worden afgeleid:

Klasse A: *aandacht gewenst*

De belasting is zodanig dat aandacht voor mogelijkheden ter vermindering van de blootstelling gewenst is. Na langdurige blootstelling kunnen lichte vormen van witte vingers optreden. Bij verandering van het productieproces of aanschaf van nieuwe apparatuur kan een lagere blootstelling aan trillingen als randvoorwaarde worden meegenomen. De grenswaarden zijn afgeleid uit het NVVA-voorstel.

Klasse B: *verbetering gewenst*

De belasting is zodanig dat verbeteringen gewenst zijn omdat op de lange termijn gezondheidseffecten niet uit te sluiten zijn bij een aantal werkers. Maatregelen op termijn zijn noodzakelijk. De gekozen grenswaarden vormen het overgangsgebied tussen het NVVA-voorstel en het ACGIH-voorstel.

Klasse C: *directe maatregelen nodig*

De belasting is zodanig dat met zekerheid gesteld kan worden dat gezondheidseffecten zullen optreden bij een aantal werkers. Maatregelen op korte termijn zijn noodzakelijk. De gekozen grenswaarden zijn overgenomen uit het ACGIH-voorstel.

Richtlijnen DGA

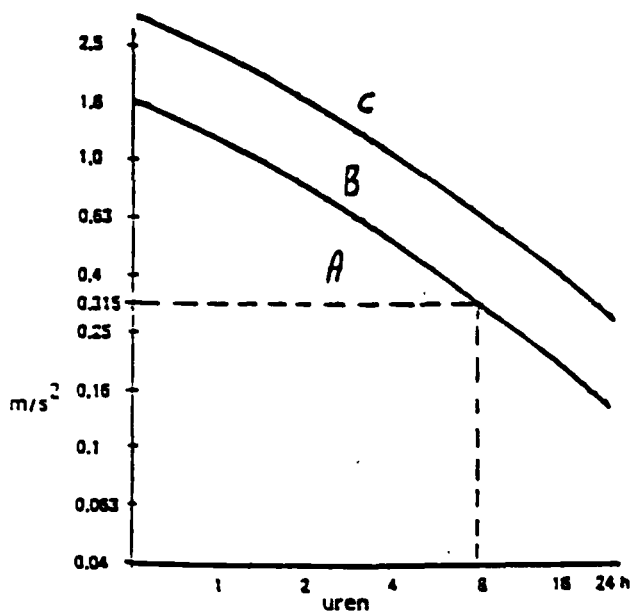
Onlangs zijn door het Directoraat-Generaal van de Arbeid voorstellen gedaan voor richtlijnen [Iping, 1989]. Voor handarmtrillingen wordt daarin een gezondheidsgrens aangegeven van $1,5 \text{ m/s}^2$ en een aktiegrens van 3 m/s^2 , ongeacht de blootstellingsduur per dag. Beide waarden zijn zogenaamde vecorsommen. Boven deze aktiegrens dient een werkgever maatregelen te nemen om het trillingsniveau onder 3 m/s^2 te brengen. Wanneer technische maatregelen niet mogelijk zijn dan dient een werkgever over te gaan op organisatorische maatregelen in de vorm van verkorting van de blootstellingsduur. Tussen het nemen van technische maatregelen en organisatorische maatregelen is nog een tussenstap denkbaar namelijk het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Aangezien ter preventie van blootstelling aan trillingen het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen tot op heden niet afdoende is aangetoond, wordt dit gebruik in de DGA voorstellen niet of nauwelijks genoemd. In deze voorstellen is de gebruike-

lijke "redelijkerwijs" clause opgenomen.

1 Beoordelingscriteria lichaamstrillingen

In ISO verband [ISO 1985] is tevens een norm ontwikkeld voor lichaamstrillingen ('whole-body-vibration'): ISO 2631. Ter beoordeling van lichaamstrillingen zijn hierin drie grenswaarden aangegeven: de comfortgrens ('reduced comfort boundary'), de vermoeidheidsgrens ('fatigue-decreased proficiency boundary') en de uiterste blootstellingsgrens ('exposure limit'). Al deze grenswaarden geven geen beoordeling van gezondheidseffecten op de langere termijn. Toch kan met behulp van deze grenswaarden een beoordelingsklassificatie worden gemaakt [Burdorf 1988] (figuur B4).

Figuur B4 Beoordelen van situaties met blootstelling aan lichaamstrillingen



In deze classificatie is de vermoeidheidsgrens de grens tussen klasse A en B. Deze vermoeidheidsgrens ligt bij een blootstellingsduur van 8 uur per dag op $0,32 \text{ m/s}^2$ gewogen effectieve versnelling in de meest intensieve richting. De uiterste blootstellingsgrens geldt als grens tussen klasse B en C. Deze blootstellingsgrens ligt bij een blootstellingsduur van 8 uur per dag bij $0,63 \text{ m/s}^2$. Analoog aan de classificatie van handarmtrillingen geldt voor klasse A: aandacht op de lange termijn gewenst, klasse B: verbeteringen gewenst en klasse C: directe maatregelen noodzakelijk.

De vermoeidheidsgrens is opgesteld op basis van (veelal militair) onderzoek naar verminderd prestatievermogen als gevolg van blootstelling aan lichaamstrillingen. De uiterste blootstellingsgrens is bedoeld om acute gezondheidsschade, bijvoorbeeld bij experimenten, te voorkomen. Deze grens mag niet overschreden worden zonder speciale voorzorgsmaatregelen en speciale redenen ('precaution and justification'). Het lijkt daarom gerechtvaardigd deze grens als grenswaarde te hanteren waarboven directe maatregelen noodzakelijk zijn.

In zowel ISO 5349 voor handarmtrillingen als ISO 2631 voor lichaamstrillingen wordt aangegeven om de gewogen effectieve versnelling in de meest intensieve richting als meetresultaat te vermelden. Dit is ook de meest gebruikelijke manier om een meetresultaat te rapporteren. Omdat de lichaamstrillingen van elke richting - x, y en z - aangrijpen op dezelfde organen en weefsels in het menselijk lichaam, is de werking van de drie richtingen waarschijnlijk additief of zelfs synergetisch. Beter is het dan ook de gewogen effectieve versnelling in de drie verschillende richtingen vectorieel op te tellen wanneer het er om gaat verschillende metingen onderling te vergelijken. ISO 2931 staat vectoriële optelling wel toe, maar laat zich niet uit over de beoordeling ervan. Een vectoriële optelling van de trillingsintensiteit leidt bij lichaamstrillingen tot een verhoging van gemiddeld 50% [van Drimmelen e.a. 1986] ten opzichte van alleen de waarde van de trillingsintensiteit in de meest intensieve richting.

Richtlijnen DGA

Bij de presentatie van voorlopige voorstellen voor richtlijnen op het gebied van handarmtrillingen werden ook voorstellen tot richtlijnen voor lichaamstrillingen door het Directoraat-Generaal van de Arbeid gepresenteerd [Iping, 1989]. Voor

lichaamstrillingen is het voorstel om de gezondheidsgrens te leggen bij $0,25 \text{ m/s}^2$. De aktiegrens waarboven maatregelen noodzakelijk zijn ligt bij $0,50 \text{ m/s}^2$. Beide waarde betreft de zogenaamde vectorsom. Ook hier geldt weer dat wanneer een werkgever redelijkerwijs niet in staat is om technische maatregelen te treffen om het trillingsbelastingsniveau op of onder die $0,50 \text{ m/s}^2$ te krijgen, overgegaan moet worden tot het nemen van organisatorische maatregelen in de vorm van verkorting van de blootstellingsduur.

Bijlage 2 Trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen in de industrie

Tabel 82.1 Overzicht van trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen voor lichaams-trillingen.

bron	gemiddelde (in m/s^2)		min-max (in m/s^2)	
	vector som*** as* (max)		vector som	as* (max)
voertuigen				
vrachtwagens	1,2 (0,68) ¹		0,61 - 2,5 ¹	
- bestelwagen		0,6 (z) ²	0,3 - 0,7 (z) ²	
- vrachtwagen		0,6 (z) ²	0,4 - 1,0 (z) ²	
- oplegger		0,6 (z) ²	0,4 - 1,0 (z) ²	
heftruck				
- algemeen	1,2 (0,42) ¹	1,2 (z) ²	0,48 - 2,5 ¹	0,4 - 2,9 ²
		0,63 (z) ⁴		0,25 - 2,7 (z) ⁴
- met schuifarm		1,3 (z) ⁴		0,9 - 2,6 (z) ⁴
elektrowagens		1,7 (z) ⁴		1,4 - 1,8 (z) ⁴
wiellader	1,6 (0,79) ¹	1,2 (x) ²	0,19 - 3,1 ¹	0,2 - 2,4 (x) ²
		1,2 (z) ²		0,3 - 2,3 (z) ²
		1,3 (z) ⁴		0,4 - 2,0 (z) ⁴
locomotieven	0,84 (0,32) ¹	0,25 (z) ²	0,39 - 1,3 ¹	0,2 - 0,45 (z) ²
"Niederhubwagen"		1,8 (z) ⁴		1,1 - 2,6 (z) ⁴
kranen				
bovenloopkranen	0,69 (0,65) ³		0,18 - 2,3 ³	
brugkraan (langs rail)		0,3 (z) ²	0,1 - 0,75 (z) ²	
zwenkkransen**	0,23 (0,11) ¹		0,08 - 0,50 ¹	
verrijdbare zwenkkransen			0,3 (z) ²	
autokraan		1,0 (z) ⁴	0,9 - 1,1 (z) ⁴	
machines				
metaalpers				
(auto-carrosserie)		0,4 (z) ²	0,1 - 0,8 (z) ²	
smeedhamers	k-waarde: 1 - 8 ¹			

Toelichting:

1 Uit [Van Drimmelen e.a., 1986 b].

2 Uit [INRS, 1989].

3 Gebaseerd op Sundin [1987], metingen aan bovenloopkranen in de staalindustrie.

4 Uit [Dupuis, 1988]

* Meetwaarde heeft betrekking op meest belastende richting.

** Zwenkkransen in het overslagwerk. Kenmerk is het manipuleren met lasten over korte afstanden binnen een (bijna) cirkelvormig gebied. Zwenkkransen anders dan in de overslag hebben een te verwaarlozen trillingsbelasting.

*** Tussen haakjes staat de standaarddeviatie.

Tabel 82.2

Overzicht van trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen van hand-arm trillingen.

bron	gemiddelde (in m/s^2)		min-max (in m/s^2)
	vectorsom*	in meest belastende richting	vectorsomin meest belastende richting
slijpschijven (algemeen)	6,4 (4,1) ¹		1,1 - 15 ¹
- rechte slijpschijven		6 ²	2 - 14 ²
- haakse slijpschijven		6 ²	3 - 10 ²
haakse schuurschijven		6 ²	3 - 10 ²
polijstschiif		3,5 ²	2 - 6 ²
schroevendraaiers	6,8 (7,8) ¹		1,7 - 18 ¹
breekhamers	19 (9,0) ¹		8,3 - 39 ¹
bik- en hakhamers	17 (13) ¹		6,7 - 30 ¹
elektr. boorhamers	6,8 (3,0) ¹		2,9 - 13 ¹
boorhamers		10 ²	4,5 - 20,5 ²
klopboor		12 ²	5 - 33 ²
slagmoersleutels	8,1 (2,8) ¹	4,5 ²	6,1 - 10 ¹ , 3,4 - 12 ²
klinkhamers	7,9 (3,4) ¹	6 ²	3,4 - 12 ¹ , 2 - 22 ²
naaldenbikhamers		16 ²	5 - 20 ²
nibbelmachine		8 ²	2,5 - 17 ²
handcirkelzaag		9 ⁶	9 ⁶
kunststofzaag	12,5 ⁴		11 - 14 ⁴
pneumatische niethamer	7 ⁴		3,1 - 25 ⁴
terugstootloze niethamer		3 ⁴	2,5 - 3,5 ⁴
handverdichter (in gieterij)	27 ⁴		21 - 29 ⁴

Toelichting:

- 1 Uit [Van Drimmelen e.a., 1986 b].
 - 2 Uit [INRS, 1989].
 - 3 Gebaseerd op Sundin [1987], metingen aan bovenloopkranen in de staalindustrie.
 - 4 Uit [Dupuis e.a., 1988]
- * Tussen haakjes staat de standaarddeviatie.