

Is dit werk ongezond? Gezondheidsrisico's in het werk

M.H.W. Frings-Dresen, A.J. van der Beek, M.M. Verberk, J.B.A. Kipp en P.B.A. Smits

De belangrijkste gezondheidsrisico's die op een werkplek voorkomen, worden in dit hoofdstuk besproken. Het herkennen en beoordelen van gezondheidsrisico's door werkplekonderzoek en risico-inventarisatie komt eerst aan bod, met aandacht voor bijzondere risicogroepen. Vervolgens worden de gezondheidsrisico's beschreven, met de mogelijke effecten op de gezondheid en de methoden om ze op een werkplek te beoordelen. Ten slotte worden de preventieve interventies beschreven. Achtereenvolgens komen de volgende risico's aan bod: fysieke, psychologische, fysische, chemische, biologische en het risico van het werken in ploegendienst.

4.1

Herkennen en beoordelen van gezondheidsrisico's

Werknemers vragen zich regelmatig af of het werk dat ze uitvoeren geen nadelige gevolgen heeft voor hun gezondheid. Wil men antwoord kunnen geven op deze vraag, dan is het nodig om kennis te hebben van en inzicht te hebben in de risico's voor gezondheid, veiligheid en welzijn van de werknemer. Met andere woorden, men moet in staat zijn gezondheidsrisico's op de werkplek te *herkennen*. Vervolgens moeten deze worden *erkend* als risico en worden *beoordeeld*. Door het vroegtijdig herkennen van gezondheidsrisico's en de blootstelling daaraan kan men maatregelen treffen, waardoor nadelige gezondheidseffecten voorkomen kunnen worden.

Normen en richtlijnen bieden handvatten om gezondheidsrisico's te beoordelen. Voor toxische stoffen worden normen of grenswaarden aangege-

ven in de zogenaamde *maximaal aanvaarde concentraties* (MAC-waarden). Voor fysieke en mentale gezondheidsrisico's bestaan dergelijke waarden niet en wordt gewerkt met richtlijnen die vaak nog volop in beweging zijn.

Box 4.1 Gezondheidsrisico's

Arbeidsinhoud

- fysieke
- psychologische

Arbeidsomstandigheden

- fysieke risico's, zoals lawaai, trillingen, klimaat, ioniserende straling
- chemische/giftige stoffen
- biologische

Arbeidsvoorwaarden en -verhoudingen

- ploegendienst

4.1.1 Werkplekonderzoek

Bedrijven zijn verplicht een inventarisatie te maken van gezondheidsrisico's. Het instrument bij uitstek voor deze inventarisatie is het *werkplekonderzoek*. Onder werkplekonderzoek wordt verstaan: het opsporen, vastleggen en interpreteren van mogelijke gezondheidsrisico's. Deze risico's kunnen onder meer fysiek, psychologisch, chemisch, fysisch of biologisch van aard zijn. Deskundigen van de arbodienst brengen regelmatig een bezoek aan de werkplek om zich te oriënteren op het gebied van veiligheid, gezondheid en welzijn van de werknemers.

Er kan onderscheid worden gemaakt in oriënterend werkplekonderzoek en gericht werkplekonderzoek.

Box 4.2 Werkplekonderzoek

Oriënterend

- globaal
- kwalitatief
- veel factoren
- algemene checklist

Gericht

- specifiek
- kwantitatief
- een of meer factoren
- bepaald instrument

Het *oriënterende werkplekonderzoek* is globaal en breed (kwalitatief) van karakter en is bedoeld om mogelijke risico's op te sporen en prioriteiten te stellen voor nader gericht onderzoek. Daarbij wordt niet alleen naar mogelijke risico's gekeken, maar ook naar het productieproces en de organisatie daarvan. Het geeft aan waar en hoe arbeid (somstandigheden) kan (kunnen) leiden tot schade aan de gezondheid. Verder wordt duidelijk of er combinaties van risico's voorkomen die meer, minder of andere effecten kunnen geven dan de som van de effecten van elk van de risico's afzonderlijk.

Een oriënterend werkplekonderzoek gebeurt doorgaans aan de hand van een checklist, waarin diverse factoren zijn opgenomen. Het oriënterend onderzoek kan als instrument fungeren voor de Risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E), waarover verderop in dit hoofdstuk meer. Het oriënterende werkplekonderzoek kan aanleiding geven tot de uitvoering van een gericht werkplekonderzoek.

In tegenstelling tot het oriënterende werkplekonderzoek is het *gerichte werkplekonderzoek* een onderzoek in de diepte. Daarbij worden meestal een of meer belastende factoren gekwantificeerd en vergeleken met een norm of een richtlijn. Dit type onderzoek stelt andere eisen aan de deskundigheid en de te hanteren methoden en middelen dan het oriënterende werkplekonderzoek. Meestal wordt het gerichte werkplekonderzoek uitgevoerd door bedrijfsverpleegkundigen, arbeidshygiënisten of ergonomen. In de fase van de gegevensverzameling wordt aangegeven welke bronnen in welke mate en op welke wijze bijdragen aan de blootstelling. De wijze van kwantificering van de blootstelling is afhankelijk van het specifieke risico en de werksituatie. Voor geluid en chemische stoffen is geschikte meetapparatuur voorhanden. Een factor als werkdruk wordt daarentegen meestal gekwantificeerd met behulp van een vragenlijst.

4.1.2 Risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E)

Op grond van de Arbeidsomstandighedenwet, kortweg Arbowet, is iedere werkgever in Nederland verplicht om een beleid te voeren waardoor er veilig en gezond gewerkt kan worden. Onderdeel daarvan is de verplichting om een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) in het bedrijf uit te (laten) voeren. Het werkplekonderzoek kan daar deel van uitmaken. De inventarisatie moet het hele gebied van veiligheid, gezondheid en welzijn ('VGW-breed') bestrijken. Nadat de risico's in kaart gebracht zijn, worden deze geëvalueerd. Dit betekent dat aan ieder gevaar een getal toegekend moet worden dat iets zegt over het risico op gezondheidsschade dat men loopt bij het voortbestaan van het betreffende risico. Onder risico wordt daarbij verstaan: 'De kans op het optreden van ongewenste gebeurtenissen in relatie tot de mogelijke gevolgen hiervan voor de mens of zijn omgeving.' Alle mogelijke risico's op het gebied

van veiligheid, gezondheid en welzijn moeten bij de inventarisatie en evaluatie betrokken worden. Zo zal in de inventarisatie vermeld worden:

- de betrokken werkplek en functie;
- het toezicht door leidinggevenden op het juiste gebruik van werkprocedures, technische voorzieningen en persoonlijke beschermingsmiddelen;
- het gedrag van werknemers met betrekking tot de geldende voorschriften.

Box 4.3 Risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E)

- wettelijke verplichting tot werkplekonderzoek voor werkgever
- gericht op veiligheid, gezondheid en welzijn
- schriftelijk
- lijst van mogelijke risico's
- bedrijfs- en functiespecifiek
- maatregelen aangeven
- aandacht voor oudere, jeugdige, (zwangere) vrouwelijke, gehandicapte werkn(e)em(st)er en thuiswerkers
- ondersteuning arbodienst

De risico-inventarisatie mag globaal zijn. Een aantal risico's dient echter specifiek beschreven te worden, waaronder:

- toxische stoffen;
- asbest;
- lood;
- ioniserende straling;
- geluid;
- fysieke belasting;
- beeldschermen.

Verder dient men speciale aandacht te besteden aan zogenoemde *risicogroepen*, zoals ouderen, jeugdigen, (zwangere) vrouwen en gehandicapten, vanwege hun onderscheiden eigenschappen.

Andere werknemers verdienen extra aandacht vanwege het soort werk dat zij verrichten, zoals thuiswerkers en uitzendkrachten. Bij het opstellen van de risico-inventarisatie moet verder rekening gehouden worden met het ziekteverzuim. Mogelijke oorzaken hiervoor kunnen aan de arbeidsomstandigheden worden gekoppeld en het verzuimbeleid kan hierop worden afgestemd.

De werkgever kan zich bij de totstandkoming van de risico-inventarisatie laten ondersteunen door een arbodienst; de arbodienst is dan verantwoordelijk voor de kwaliteit van het eindproduct. Dit betekent dat de arbodienst moet instemmen met de te gebruiken methodiek en de wijze van uitvoering. Er zijn veel instrumenten ontwikkeld om een risico-inventarisatie eenvoudig en snel te kunnen uitvoeren. Een aantal hiervan is gericht op een specifieke branche of een specifieke werkplek. Over het algemeen kan gesteld worden

dat hoe beter het instrument aansluit bij het bedrijf c.q. werkplek, des te waardevoller de resultaten zijn.

4.1.3 Risicogroepen en bijzondere groepen in de bedrijfsgezondheidszorg

Casus

De vijftigjarige buschauffeur Oyens komt op het spreekuur. Hij heeft zich de afgelopen maand al een paar keer ziek gemeld omdat hij, zoals hij dat zelf noemt, 'helemaal op is'. Hij voelt zich voortdurend moe (ook na een aantal vrije dagen), opgejaagd en slaapt slecht. Hij voelt zich 's ochtends bij het opstaan moe en niet voldoende uitgerust om naar zijn werk te gaan. Onregelmatige diensten draaien kost hem buitengewoon veel moeite.

Oudere, jeugdige, (zwangere) vrouwelijke, buitenlandse en gehandicapte werknemers verdienen speciale aandacht. De oudere werknemers verdienen bijzondere aandacht vanwege de afname van de fysieke belastbaarheid met het toenemen van de leeftijd. Ondanks deze afname wordt van de werknemer doorgaans verwacht dat dezelfde hoeveelheid werk wordt verzet. Een veelgehoorde klacht van de oudere werknemer is dan ook dat hij uitgeblust is of er niet meer tegenop kan. Door middel van begeleiding en functioneringsgesprekken kan vormgegeven worden aan de toekomst en de carrière van de werknemer en kan men nagaan welke mogelijkheden voorhanden zijn om deze problematiek te ondervangen. Jeugdige werknemers verdienen bijzondere zorg gezien de vaak slechte werkomstandigheden waarin zij werken. De meer persoonsgebonden risico's in relatie tot de handicap moeten niet alleen bekend zijn, maar moeten ook worden geëvalueerd. Vervolgens moeten er actieplannen worden opgesteld en uitgevoerd. Deze plannen kunnen enerzijds gericht zijn op verbeteringen/aanpassingen in het werk, anderzijds op de persoon (therapie, training). In de volgende paragrafen wordt een korte motivering gegeven voor de keuze van deze bijzondere groepen.

De oudere werknemer

Box 4.4 Preventieve zorg oudere werknemer

- verminderen arbeidsbelasting
- loopbaanbeleid
- opfrisverlof

Met het toenemen van de leeftijd neemt de fysieke belastbaarheid af, terwijl de arbeidsbelasting doorgaans gelijk blijft. Dit heeft tot gevolg dat de oudere

werknemer relatief zwaarder belast wordt in vergelijking met zijn jongere collega. Dit vereist aanpassingen in hersteltijden tijdens en na afloop van het werk. Het werken in ploegendienst levert bij toename van de leeftijd vermoeidheidsklachten op. Bij onvoldoende herstel ontstaat overbelasting, hetgeen kan leiden tot gezondheidsklachten. Preventieve maatregelen moeten de oudere werknemer beschermen tegen negatieve of schadelijke invloeden vanuit het werk. Deze preventie kan zich richten op het aanpassen van de arbeidsbelasting aan de leeftijd, loopbaanbeleid, opfrisverlof en op screening van ouderdomsziekten, zoals artrose of hoge bloeddruk. Ook zijn re-integratieactiviteiten na ziekte speciaal voor de oudere werknemer van belang. De verwachting is dat door de tendens tot ontgroening en vergrijzing van de Nederlandse beroepsbevolking het aantal ouderen in het arbeidsproces in de komende decennia relatief zal toenemen. Dit wordt deels veroorzaakt door demografische ontwikkelingen en deels door de verslechtering van de sociale wetgeving, hetgeen het uitreden van ouderen bemoeilijkt.

De jeugdige werknemer

Box 4.5 Kenmerken werk jeugdigen

- hoog werktempo
- zware fysieke belasting
- slechte arbeidsomstandigheden
- ongunstige arbeidsvoorwaarden

In het algemeen is de fysieke belastbaarheid van jongeren die ouder zijn dan twintig jaar groter dan die van ouderen. Uit onderzoek blijkt echter dat jongeren een geringere neiging hebben om actief problemen aan te pakken, meer vermijdingsgedrag vertonen en minder steun of hulp zoeken, waardoor hun bestendigheid voor stressoren afneemt. Daarnaast staan jeugdigen bloot aan een groot aantal factoren die kunnen bijdragen aan het ontstaan van klachten over de gezondheid en het welbevinden, zoals een hoog werktempo, zware fysieke belasting, slechte arbeidsomstandigheden en ongunstige arbeidsvoorwaarden, bijvoorbeeld ploegendienst. Jeugdige werknemers rapporteren veel gezondheidsklachten.

De vrouwelijke werknemer

De arbeidsmarktparticipatie van vrouwen is de laatste jaren enorm toegenomen. Maatschappelijke verschillen tussen mannen en vrouwen hebben nog steeds tot gevolg dat zij verschillende vormen van arbeid verrichten. Ruim drie kwart van de vrouwen werkt als administratief medewerkster, verzorgende/verplegende of caissière. Verder werken veel vrouwen in het onderwijs en in de schoonmaaksector. De functies waarin de meeste vrouwen werken, worden veelal gekenmerkt door een hoge psychosociale belasting en weinig

regelmogelijkheden. Daarnaast hebben veel vrouwen nog steeds een dubbele belasting van werk en thuis.

Box 4.6 Wettelijke bepalingen zwangere werkneemster

- maximaal tilgewicht 10 kg
- aanpassing arbeids- en rusttijden
- minder dan 4 uur staan per dag
- aanpassing arbeidsbelasting (taakrotatie)
- geen blootstelling aan impulsgeluid (schietoefeningen)

Vrouwen hebben gemiddeld een lagere fysieke belastbaarheid dan mannen, waardoor de relatieve belasting van vrouwen hoger is dan die van mannen. Vrouwen hebben bijvoorbeeld gemiddeld een lagere spiermassa, een lager uithoudingsvermogen en andere lichaamsafmetingen dan mannen, hetgeen consequenties heeft voor het leveren van arbeidsprestaties. Tijdens zwangerschap treedt een verdere daling van het verwerkingsvermogen op, waardoor afhankelijk van het soort werk aanpassingen in arbeidssituaties vereist zijn.

De buitenlandse werknemer

Buitenlandse werknemers verrichten vaak illegaal ongeschoold of laaggeschoold werk, zoals werk in de tuinbouw en de schoonmaaksector. Dat werk wordt gekenmerkt als lichamelijk zwaar en vuil werk met weinig toekomstperspectieven. Naast het werk spelen culturele verschillen, onvoldoende huisvesting, taalachterstand en discriminatie een belangrijke rol bij het grote aantal gezondheidsproblemen van deze groep.

Box 4.7 Werkaspecten buitenlandse werknemer

- ongeschoold
- lichamelijk zwaar
- vuil
- weinig toekomstperspectieven
- illegaal

De gehandicapte werknemer

Er is weinig zicht op het aantal gehandicapte werknemers, alsmede op de arbeidskenmerken en de kwaliteit van arbeid van deze groep. De gezondheidssituatie is meestal minder goed; gehandicapten hebben een verminderde fysieke en psychosociale belastbaarheid, waardoor hun arbeidsmogelijkheden beperkt zijn. Dit betekent dat de toegang tot arbeid voor

gehandicapten moeilijk is. In de praktijk blijkt dat het vinden en bevorderen van passend werk voor gehandicapten problemen met zich meebrengt. De deelname van gehandicapten aan het arbeidsproces wordt bevorderd door het opstellen van aanname-, verzuim- en herplaatsingsbeleid, het aanpassen van werk en het geven van begeleiding.

4.2 Fysieke gezondheidsrisico's

Casus

Meneer Van der Kaaij (40 jaar) is 24 jaar geleden als straatveger in dienst gekomen van de gemeente Amsterdam en heeft zich vervolgens na verloop van tijd opgewerkt tot huisvuilbelader. Hij is vele jaren werkzaam geweest in een oude stadswijk waar het huisvuil in zakken wordt aangeboden. Hoewel hij al heel wat collega's heeft zien komen en gaan, heeft hij zelf eigenlijk nooit klachten gehad, tot hij vier jaar geleden 'door zijn rug ging' tijdens het werk. Sindsdien is hij nooit meer de oude geworden en is hij ook sneller vermoeid dan voorheen. Na een vrij lange tijd van sukkelen en veel ziekteverzuim heeft zijn werkgever hem in staat gesteld een groot rijbewijs te halen, zodat hij nu als bestuurder van de vuilniswagen kan functioneren. Hij is blij met deze oplossing en ziet het als een promotie als gevolg van zijn jarenlange inzet. Aangezien de fysieke werkbelasting tijdens huisvuil beladen echter steeds meer als een algemeen probleem wordt beschouwd, zal het toekomstige beleid in de stad erop gericht worden om iedere werknemer roulerend in te zetten als chauffeur, belader en veger. Meneer Van der Kaaij voelt hier weinig voor en is bang dat hij het niet zal volhouden om weer te gaan beladen en vegen.

Behalve de epidemiologie zijn er drie wetenschappelijke disciplines die zich nadrukkelijk met de relatie tussen blootstelling aan fysieke werkbelasting en het ontstaan van klachten aan het bewegingsapparaat bezighouden.

Ten eerste heeft de inspanningsfysiologie zowel aandacht voor energieverbruik als gevolg van dynamische spierbelasting, als voor spiervermoeidheid door statische spierbelasting. De psychofysiologie, ten tweede, heeft een gedeeltelijk overlappend onderzoeksterrein, maar richt zich meer op de subjectieve ervaring van vermoeidheid en/of belasting bij het uitvoeren van werk. In het Engels wordt gesproken van *psychophysics*.

Ten derde houdt de biomechanica zich bezig met krachten en momenten op het bewegingsapparaat als gevolg van houdingen, bewegingen en krachtsuitoefening van de mens op zijn/haar omgeving.

Box 4.8 Wetenschappelijke disciplines die zich bezighouden met de relatie tussen fysiek belastend werk en klachten aan het bewegingsapparaat

- arbeidsepidemiologie
- inspanningsfysiologie
- psychofysiologie (psychophysics)
- biomechanica

Analoog hieraan wordt een indeling voor de risicofactoren gemaakt:

- 1 energetische belasting;
- 2 statische belasting door (langdurig) werken in een bepaalde houding;
- 3 mechanische belasting door houding, beweging en krachtsuitoefening.

Hoewel er sprake is van overlap, zullen deze drie vormen van werkbelasting apart behandeld worden.

In het algemeen kenmerken aandoeningen aan het bewegingsapparaat zich door hun multifactoriële ontstaanswijze. Oorzaken van klachten aan het bewegingsapparaat zijn niet alleen gelegen in de uit te voeren fysieke werkzaamheden en de ergonomie/inrichting van de werkplek, maar indirect ook in de organisatie van het werk. Psychosociale factoren in het werk blijken namelijk van invloed te zijn op het ontstaan en in stand houden van klachten. Daarnaast zijn individuele factoren van belang, variërend van aspecten van fysieke belastbaarheid, zoals maximale spierkracht, tot aspecten van persoonlijkheid, zoals commitment met het werk en copingvaardigheden. De interindividuele verschillen in belastbaarheid en persoonlijkheid zijn groot en omdat geen eenduidige relatie bestaat tussen het ervaren van klachten en objectief aantoonbare lichamelijke afwijkingen is het niet eenvoudig om een oorzakelijk verband tussen risicofactoren in het werk en klachten aan het bewegingsapparaat vast te stellen.

4.2.1 Energetische belasting

Wat is energetische belasting?

Voor het leveren van spierarbeid is energie nodig; dit wordt verkregen door verbranding van koolhydraten, vetzuren en eiwitten. Als bij het werk grote spieren van benen, romp en/of armen veel arbeid verrichten, kost dat veel energie. Er is sprake van een hoge energetische belasting als het energieverbruik hoog is in verhouding tot wat de werknemer maximaal kan leveren. Bij zuiver aërobe verbranding van koolhydraten staat opname van een liter zuurstof gelijk aan 21 kJ energie. Er bestaat vervolgens een rechtlijnig verband tussen de zuurstofopname en de hartfrequentie, zolang deze zich tussen de

110 en de 180 slagen per minuut bevindt. Zowel zuurstofopname als hartfrequentie kan daarom gebruikt worden als maat voor energetische belasting. De relatie tussen beide is echter voor ieder individu verschillend. Ook kan bij een individu de relatie veranderen door bijvoorbeeld training: men kan dan meer zuurstof opnemen bij dezelfde hartfrequentie.

De effecten van blootstelling aan energetische belasting

Op korte termijn wordt blootstelling aan energetisch belastend werk gekenmerkt door een verhoging van onder meer de hartfrequentie, ademfrequentie, zuurstofopname en bloeddruk. Als de belasting van tijdelijke aard is, herstelt men hier ook binnen enkele minuten weer van; goed getrainden eerder dan slecht getrainden. Het langdurig moeten uitvoeren van zwaar energetisch belastend werk kan echter leiden tot overbelasting van het bewegingsapparaat, hetgeen gepaard gaat met een ervaring van vermoeidheid en pijn.

Waar komt energetische belasting voor?

Als gevolg van mechanisatie komt energetisch zwaar werk in Nederland en andere moderne, geïndustrialiseerde landen veel minder vaak voor dan vroeger. Toch zijn er nog steeds beroepsgroepen, zoals huisvuilbeladers, bouwvakkers en verhuizers, waarbij dit een dagelijks terugkerend probleem is. De zorgen van meneer Van der Kaaij (zie casus) dat hij het niet volhoudt, zijn dus niet geheel ongegrond. Het ophalen van vuilniszakken kost veel energie en gezien zijn leeftijd zal hij bij hetzelfde werk energetisch relatief zwaarder belast worden dan zijn jongere collega's.

Het meten van energetische belasting

Voor het meten van de energetische belasting bestaan goede instrumenten, zoals apparatuur om de hartfrequentie of de zuurstofopname vast te stellen en te registreren. De laatste jaren is steeds meer draagbare apparatuur beschikbaar gekomen, waarmee daadwerkelijk op de werkplek gemeten kan worden. Hierdoor hoeft bijvoorbeeld het vaststellen van zuurstofopname vandaag de dag niet meer in het laboratorium te gebeuren, hetgeen voor het meten van de hartfrequentie al veel langer mogelijk was. Met name het registreren van de hartfrequentie is een methode die de arbodienst gemakkelijk kan gebruiken om de energetische belasting te meten.

Normstelling

Beoordeling van energetische belasting op basis van de absolute hartfrequentie of absolute zuurstofopname geeft geen goed beeld, omdat dan geen rekening wordt gehouden met wat de persoon maximaal kan. Evaluatie van de energetische belasting gebeurt daarom door de belasting van een individuele werknemer tijdens het werk af te zetten tegen datgene wat die werknemer maximaal kan presteren bij die werkzaamheden. Hiertoe moeten individuele

gegevens verzameld worden over maximale hartfrequentie of zuurstofopname. De beste methode is om de maximale hartfrequentie te meten in een maximaaltest. Een ruwe schatting is te verkrijgen door de leeftijd van een persoon af te trekken van 220.

Box 4.9 Maximale capaciteit

hartfrequentie

- meten tijdens maximaaltest
- schatten door $220 - \text{leeftijd}$

zuurstofopname

- meten tijdens maximaaltest

De 40-jarige huisvuilbelader Van der Kaaij heeft dus een maximale hartfrequentie van ongeveer 180 slagen per minuut. Om ook rekening te houden met verschillen tussen individuen in rust, wordt het verschil tussen de hartfrequentie tijdens het werk en de rusthartfrequentie uitgedrukt als percentage van de maximale hartfrequentiereserve (HFR_{\max}), hetgeen de maximale hartfrequentie minus de rusthartfrequentie is. Voor de zuurstofopname wordt de gemeten zuurstofopname uitgedrukt als percentage van de maximale zuurstofopname ($VO_{2\max}$). De $VO_{2\max}$ wordt via een (maximaal)test in een laboratorium bepaald, bijvoorbeeld op een fietsergometer of een lopende band (tredmolen). Zo is het werk van de huisvuilbeladers na te bootsen door de werknemer op een lopende band vuilniszakken te laten dragen en wegzetten. De richtlijn voor energetische belasting is dat 30% van de HFR_{\max} of de $VO_{2\max}$ aanvaardbaar is als gemiddelde voor een achturige werkdag (duurbelasting). Het wordt bovendien aanvaardbaar geacht om per werkdag maximaal één uur te werken met een belasting van meer dan 50% van de HFR_{\max} of de $VO_{2\max}$ (piekbelasting).

Box 4.10

$$\frac{HF_{\max} - HF_{\text{werk}}}{HF_{\max} - HF_{\text{rust}}} \times 100\% = \% \text{ van } HFR_{\max}$$

$$\frac{VO_{2\text{werk}}}{VO_{2\max}} \times 100\% = \% \text{ van } VO_{2\max}$$

Box 4.11 Beoordeling energetische belastingsgraad uitgedrukt als percentage van maximale hartfrequentiereserve of zuurstofopname

- duur: gemiddeld over 8 uur $\leq 30\%$
- piek: maximaal 60 minuten $> 50\%$

De bedrijfsarts zal deze metingen in het algemeen niet zelf uitvoeren, maar hiervoor andere medewerkers van de arbodienst inschakelen (een arbodeskundige of een ergonoom met bijvoorbeeld een bewegingswetenschappelijke achtergrond). De resultaten van hartfrequentiemetingen kunnen de bedrijfsarts in het geval van Van der Kaaij uitsluitel geven over de vraag of hij wel of niet in staat is om het gevraagde werk te verrichten.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

De oplossing voor een te hoge energetische werkbelasting ligt in (verdere) mechanisatie of automatisering van het werk. Ook kan gedacht worden aan het rouleren van zwaarbelastende taken met minder zwaarbelastende taken. Zo levert bijvoorbeeld het rouleren van beladen van huisvuil met rijden van de vuilniswagen gezondheidskundige winst op bij huisvuilbeladers in het algemeen. Toch toont de casus aan dat deze maatregel ook minder positieve kanten kent. De minder belastende werkplekken, waar werknemers met klachten van het bewegingsapparaat terecht zijn gekomen, worden door deze taakroulatie schaars. Het plannen van extra en/of langere pauzes tussen de werkzaamheden door is een maatregel die de energetische belasting doet afnemen en die dit nadeel niet kent.

Training van de werknemers, ten slotte, levert een positief effect op. Als het maximale prestatievermogen toeneemt, zal immers eenzelfde absolute zuurstofopname voor de getrainde werknemers minder zwaar zijn, omdat zij op een lager percentage van hun $VO_{2\max}$ werken.

Box 4.12 Preventie hoge energetische belasting

- mechanisering/automatisering
- taakroulatie
- extra en/of langere pauzes
- afschaffen 'klaar-naar-huis'
- training werknemers

4.2.2 Statische belasting

Casus

Mevrouw De Jager werkt op een naaiatelier van een middelgroot bedrijf, gericht op massaproductie van confectie. Zij werkt op basis van stukloon en ze geeft zichzelf weinig gelegenheid om pauzes te nemen. Haar werkzaamheden bestaan voornamelijk uit het op goede wijze neerleggen van kleding onder de naaimachine en het vervolgens netjes doorvoeren hiervan. De stoel en de tafel waaraan ze werkt, zijn niet in hoogte instelbaar en de naaizaal is matig verlicht, hetgeen de nauwkeurigheid van het werk niet ten goede komt. Ze heeft constant het gevoel alsof ze een stijve nek heeft. Vroeger ging dit gevoel in de vakantie na een week of twee over, maar de laatste drie jaar is dat niet meer het geval. Uitgebreide fysiotherapie wil niet echt helpen. Ze is ondanks haar nekklachten altijd gewoon blijven werken.

Wat is statische belasting?

Er is sprake van statische werkbelasting wanneer gedurende enige tijd met behulp van spierkracht een lichaamsdeel in een stand moet worden gehouden. Het gehele lichaam hoeft zelden gedurende langere tijd in een vaste houding te worden gehouden. Zo kan staand werk voor de benen en de romp statisch belastend zijn, terwijl de armen tegelijkertijd veel bewogen (kunnen) worden. In het geval van mevrouw De Jager (zie casus) is bijvoorbeeld sprake van statische belasting van de nek, die steeds in flexie gehouden moet worden om goed zicht te kunnen houden op het naaiwerk. Haar armen en benen moeten/kunnen wel worden bewogen.

De effecten van blootstelling aan statische belasting

Statische belasting kan leiden tot spiervermoeidheid, overbelasting van spieren of spiergroepen en kan op langere termijn bijdragen aan het ontstaan van klachten. Bij een spierkracht van slechts 15% van de maximaal leverbare kracht door die spiergroep wordt de doorbloeding van de spier al dermate verminderd dat de anaërobie stofwisseling in de spier toeneemt. Dit betekent dat 'verzuring' optreedt, dat men lokale spiervermoeidheid ervaart en dat de houding niet lang kan worden volgehouden. Indien men de houding herhaald lang volhoudt, ontstaat op den duur pijn en bij extremere vormen van blootstelling kan spierschade optreden.

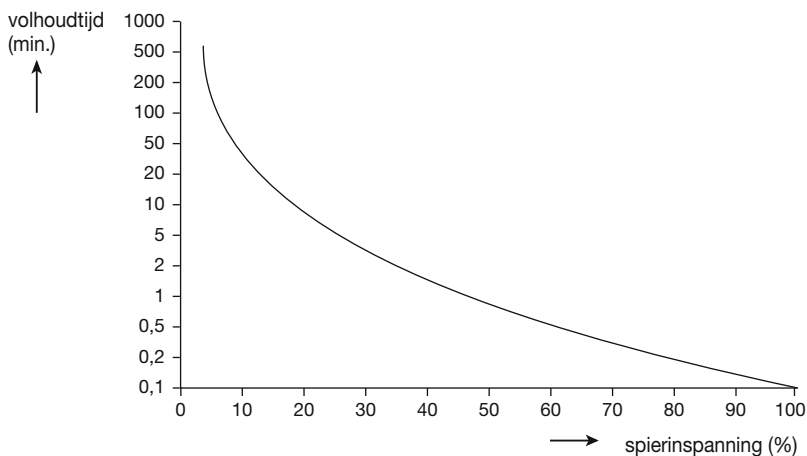
Waar komt statische belasting voor?

Bij zittende werkzaamheden, zoals achter een beeldscherm of een naaimachine (in het geval van mevrouw De Jager), kan statische belasting van de nek en schouders een rol spelen. Andere voorbeelden zijn werkzaamheden van

lassers (schoudera), betonstaalvlechters (rug) en stratenmakers (benen). In het algemeen geldt dat mensen met een grotere maximale spierkracht minder belast worden dan mensen met minder kracht. Het gaat immers om de benodigde spierkracht, uitgedrukt als een percentage van de maximaal leverbare kracht in de betreffende spiergroep. Het is moeilijk om risicogroepen aan te wijzen, omdat er een grote spreiding bestaat binnen de groepen. Vrouwen zijn bijvoorbeeld gemiddeld minder sterk dan mannen, maar er is een groot overlapgebied. Sterke vrouwen hebben dus een grotere maximale spierkracht dan de subgroep van minder sterke mannen. Bovendien kunnen mensen die minder sterk zijn, dit compenseren door een andere werktechniek, onder het motto 'wie niet sterk is, moet slim zijn'.

Het meten van statische belasting en normering

Verschillende spierinspanningen (uitgedrukt als een percentage van de maximaal leverbare kracht) gaan uiteraard gepaard met verschillende maximale volhoudtijden. Een spierinspanning van 15% kan bijvoorbeeld niet langer dan 15 minuten worden volgehouden en een spierinspanning van 8% niet langer dan 1 uur. In figuur 4.1 wordt een richtlijn voor maximale volhoudtijd gegeven als functie van de spierinspanningen. Het beoordelen van een werksituatie met deze richtlijn kan alleen als de maximaal leverbare kracht van een spier of spiergroep bekend is.



Figuur 4.1

De relatie tussen de volhoudtijd en de spierspanning tijdens statische belasting van een spiergroep. De spierspanning is het percentage van de maximaal te leveren spierkracht dat nodig is voor het handhaven van de houding of het leveren van een uitwendige statische kracht.

(Bron: Sjøgaard, 1986)

In tegenstelling tot de richtlijnen voor spierinspanning hebben de regels voor staand en zittend werk wel een wettelijke status. Werknemers moeten de gelegenheid krijgen het werk zittend te doen als dat enigszins moge-

lijk is. Zitgelegenheden moeten op ergonomische wijze aangepast zijn aan en/of ingesteld kunnen worden door de werknemer. Vooral de aspecten zittinghoogte, bekleding, stabiliteit, vorm en stand van de rugleuning en armsteunen zijn hierbij van belang. Voor zittend, staand en gecombineerd zit-stawerk wordt een groot aantal aanwijzingen gegeven met betrekking tot bijvoorbeeld werkhoogte, reikwijdte, en been- en/of voetruimte. De meeste van deze aanwijzingen zijn erop gericht de bij het werk benodigde spierinspanningen te minimaliseren.

Het beoordelen van werkplekken kan op een eenvoudiger manier plaatsvinden, met behulp van een vragenlijst naar ervaren ongemak tijdens het werk. In een afbeelding van het menselijk lichaam geven werknemers de mate van ervaren ongemak aan voor delen van het bewegingsapparaat. Als men veel ongemak ervaart aan bijvoorbeeld de linkerschouder is dat een aanwijzing om de werkplek zo te verbeteren dat de statische belasting van dat deel van het bewegingsapparaat verminderd wordt.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

Verbeteringen kunnen het best gerealiseerd worden door ergonomische aanpassingen aan de werkplek. Hierdoor wordt enerzijds variatie in werkhouding mogelijk en wordt dus statische belasting voorkómen, en/of anderzijds de benodigde spierkracht verminderd door bijvoorbeeld steunmogelijkheden te geven.

Mevrouw De Jager zal vooral gebaat zijn bij een goed instelbare tafel en stoel gecombineerd met optimale verlichting, zodat zij haar nek in een minder belastende houding hoeft te houden om haar werk goed uit te voeren. Er kan ook gedacht worden aan een hellend tafelblad. Zij zou zichzelf en daarmee haar nekspieren ook momenten van rust moeten gunnen. Meer in het algemeen kan lokale spiervermoeidheid verminderd worden door organisatorische verbeteringen van het werk. Die moeten de mogelijkheid bieden tot het nemen van kleine pauzes tijdens het uitvoeren van de taak (micropauzes) of tot taakrotatie, hetgeen meestal automatisch gepaard gaat met een korte pauze tussen de taken.

Voor werk aan een lopende band kan dit laatste bijvoorbeeld veel opleveren. Ten slotte kan men door verhoging van de maximale spierkracht door training van de werknemers en voorlichting over te hanteren werktechnieken de statische werkbelasting doen afnemen.

4.2.3 Mechanische belasting

Casus

Johan Griffioen is 26 jaar en werkt op een distributiecentrum van een grote, nationale supermarktketen. Hij is orderpicker en moet de door de filialen gevraagde levensmiddelen verzamelen en op rolcontainers laden. De goederen

zijn in het distributiecentrum op pallets opgeslagen. Hij stapelt aan de hand van een opdrachtbriefje het juiste aantal dozen op de rolcontainers, die met maximaal drie op een elektrisch aangedreven karretje staan. Hij klaagt over rugklachten en heeft soms grote moeite om dozen te pakken die achter op een bijna lege pallet liggen. Het diepe bukken dat hierbij nodig is, doet pijn en geeft hem, vooral bij zware dozen met bijvoorbeeld flessen drank, het gevoel dat hij amper overeind kan komen.

Hij heeft vorig jaar een til-instructie gehad, maar vindt dat die instructie in de praktijk niet uitvoerbaar is, omdat hij 'anders 's avonds om 10 uur nog bezig is'.

Wat is mechanische belasting?

Mechanische werkbelasting is altijd het resultaat van de combinatie van houding, beweging en krachtsuitoefening.

Box 4.13

Mechanische belasting is altijd een combinatie van:

- houding
- beweging
- krachtsuitoefening

Deze drie aspecten zijn in principe nooit los van elkaar te zien. Samen resulteren ze in interne mechanische belasting, in termen van krachten en momenten op structuren van het bewegingsapparaat. Hier worden vier vormen van (externe) mechanische belasting onderscheiden, waarbij een of meer van deze aspecten op de voorgrond treden.

- 1 *Ongunstige werkhoudingen* kunnen zeer belastend zijn, dat wil zeggen: houdingen in een extreme stand van een gewricht. In het bijzonder gedurende langere tijd een houding moeten aannemen die sterk afwijkt van de neutrale stand, vergroot de kans op het ontstaan van schade aan structuren in en rondom de betreffende lichaamsdelen.
- 2 *Snelle bewegingen* waarbij sprake is van een grote versnelling van een lichaamsdeel, zoals van de romp bij het snel optillen van een last met rechte benen. Recentelijk is duidelijk geworden dat de krachten en momenten op de lage rug (L5-S1) in zo'n situatie flink groter zijn dan bij een minder snelle en gelijkmatigere beweging.
- 3 Een te leveren *uitwendige kracht* is extra belastend. Handmatig tillen van lasten is dan ook een van de voornaamste risicofactoren voor het ontstaan van rugklachten. Daarnaast worden ook het dragen, duwen en trekken van objecten met het ontstaan van rugklachten geassocieerd.

Johan Griffioen (zie casus) heeft dagelijks met alle drie bovengenoemde aspecten te maken. Hij moet:

- 1 vaak diep en gedraaid bukken;
- 2 flink doorwerken – hij maakt dus snelle bewegingen met romp en armen;
- 3 veel zware dozen tillen en dragen.

Als vierde, bijzonder type mechanische belasting, kunnen *repeterende handelingen* genoemd worden. De te leveren krachten zijn over het algemeen niet groot. Het is vooral de eenzijdigheid van de belasting die tot klachten aan arm, nek en schouder (KANS) leidt (voorheen: repetitive strain injury (RSI) genoemd). Handelingen die een rol spelen bij het ontstaan van KANS zijn vaak voor werkenden niet herkenbaar als belastend. Men denkt dat als het werk schijnbaar moeiteloos gedaan kan worden dit dan ook weinig gezondheidsrisico's met zich meebrengt. Ontstekingsverschijnselen aan pezen en peesscheden kunnen echter ook optreden bij minder grote krachten, maar waarbij wel sprake is van een hoge frequentie van dezelfde bewegingen zonder rustmomenten.

Waar komt mechanische belasting voor?

Vliegtuigbeladers hebben te maken met zwaar mechanisch belastend werk, waarbij in sommige vliegtuigen zeer ongunstige werkhoudingen moeten worden ingenomen als gevolg van de afmetingen van het laadruim. Opperlieden in de bouw, evenals werknemers in de transportsector, hebben vaak te maken met het overstapelen van goederen, waarbij relatief veel snelle bewegingen van de romp voorkomen. Verpleegkundigen, bouwvakkers en magazijnbedienden zijn voorbeelden van beroepsgroepen die veel tillen, dragen, duwen en/of trekken. Mensen die beroepsmatig veel omgaan met een computer(muis) behoren eveneens tot een risicogroep voor KANS. Verder kan gedacht worden aan mensen die repeterende werkzaamheden aan de lopende band uitvoeren, zoals caissières en kappers.

Het meten van mechanische belasting

Voor het verkrijgen van informatie over houding en beweging kan in aflopende volgorde van nauwkeurigheid gekozen worden voor hoekmeters (inclinometers of goniometers), observaties en dagboekjes of vragenlijsten. Voor mensen met een redelijk vaste werkplek kunnen ook video-opnamen gemaakt worden, die dan later geanalyseerd kunnen worden. Ook is geavanceerde opto-elektrische apparatuur voorhanden voor de registratie van houding en beweging bij sterk plaatsgebonden arbeid.

De uitgeoefende krachten kunnen worden gemeten met behulp van digitale krachtopnemers, waarvan geavanceerde driedimensionale uitvoeringen bestaan, maar die ook verkrijgbaar zijn als eenvoudige modellen voor het meten in één dimensie. Een schatting van de geleverde kracht kan verkregen worden met behulp van bijvoorbeeld een simpele trekveer (veerunster).

Ten slotte is op het niveau van checklijsten relatief veel materiaal beschikbaar om houding, beweging en uitgeoefende kracht in kaart te brengen, zonder dat dit overigens echte meet- of beoordelingsmethoden genoemd kunnen worden. Voor arbodiensten zijn observaties en vragenlijsten de meest geëigende methoden voor houding en beweging, terwijl simpele krachtopnemers of trekveren gebruikt worden voor uitgeoefende krachten.

Het verkrijgen van informatie over geleverde spierkracht is mogelijk via het meten van spieractiviteit door middel van elektromyografie (EMG). Deze methode is meestal te arbeidsintensief in de praktijk van de bedrijfsgezondheidszorg en is geschikter voor wetenschappelijke en therapeutische doeleinden. Krachten en momenten op bijvoorbeeld de lage rug of op de schouder zijn niet direct te meten in het menselijk lichaam. Daarom zijn diverse biomechanische modellen ontwikkeld voor het vaststellen van de mechanische belasting. Door de vereiste nauwkeurigheid van zowel de houdings- en bewegingsregistratie als de registratie van geleverde uitwendige krachten en geleverde spierkrachten, zijn deze modellen alleen bij sterk plaatsgebonden werk of bij simulaties van arbeidshandelingen in het laboratorium bruikbaar. Wel kan een bedrijfsarts of ergonoom een indicatie krijgen van de mechanische belasting door middel van een tweedimensionaal en statisch model, dat minder zware eisen stelt aan de nauwkeurigheid van de in te voeren gegevens.

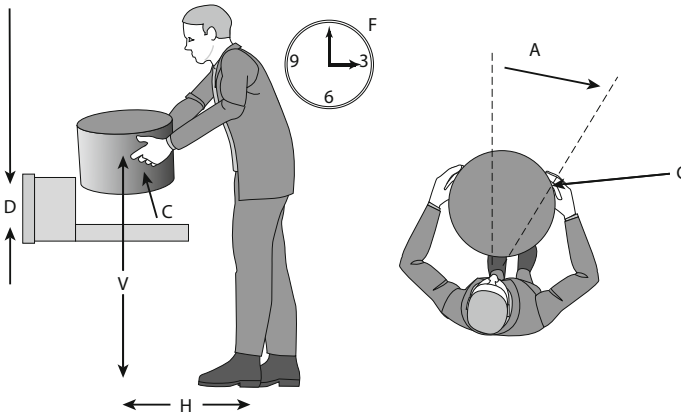
Al met al zijn er voor praktische toepassing in de arbodienst amper instrumenten beschikbaar die in alle werksituaties bruikbaar zijn om de daadwerkelijke mechanische werkbelasting in termen van krachten en momenten op bijvoorbeeld de lage rug vast te stellen.

Normstelling

Er zijn bruikbare richtlijnen geformuleerd om aspecten van mechanische belasting in het werk te kunnen beoordelen. Zo bestaat voor het tillen de zogenaamde NIOSH-formule; die gaat uit van een maximaal tilgewicht van 23 kg en komt na vermenigvuldiging met een zestal 'straf'factoren (alle kleiner of gelijk aan 1; zie legenda in figuur 4.2) uit op de zogenaamde *recommended weight limit* (RWL).

Deze RWL kan dus nooit meer zijn dan 23 kg en het te tillen object moet lichter zijn als een of meer van de factoren (zoals de verticale en horizontale tilafstand, de tilfrequentie, enz.) niet optimaal is en in de formule vermenigvuldigd moet worden met een getal kleiner dan 1 (zie voor verdere details: Waters e.a., 1993; Peereboom en Jansen, 2004).

Ook voor andere aspecten van mechanische belasting bestaan richtlijnen. Zowel duwen als trekken mag in principe nooit met een grotere kracht dan 200 N plaatsvinden, behalve bij het duwend in gang zetten (300 N). Analooq aan tillen geldt hier dat allerlei factoren (zoals een ongunstig aangrijpingspunt, hoge frequentie en lange afstand) de maximaal aanvaardbare duw- en trekkracht kunnen verminderen. Met betrekking tot werkhoudingen wordt bijvoorbeeld rompbuiging van meer dan 20 graden, nekbuiging van meer dan 25 graden en heffing van de bovenarm van meer dan 60 graden als risi-



legenda:

H = horizontale afstand (cm)
 V = verticale afstand (cm)
 D = verticale reisafstand (cm)
 verplaatsing
 F = frequentie (aantal/min)
 A = asymmetrie (graden)
 C = contact met last

factor	voorkeurswaarde	hoge kans op schade
G	-	> 23 kg
H	≤ 25 cm	> 63 cm
V	75 cm	> 175 cm
D	≤ 25 cm	> 175 cm
F	< 1/min	> 15/min
A	0°	> 135°
C	handvat/inkeping	-

Figuur 4.2

Factoren die bekend moeten zijn om de risico's bij tilarbeid op te sporen, met bijbehorende voorkeurswaarden en situaties waarbij een hoge kans op schade bestaat. (Bron: Vink e.a., 1994)

cofol beoordeeld bij een taakduur van meer dan vier uur per dag. Voor repe- terend werk mag bijvoorbeeld bij een frequentie van meer dan vijf keer per minuut de kracht maximaal 20 N zijn onder de gunstigste omstandigheden. Als ook minder gunstige houdingen van de bovenste ledematen voorkomen, dan is echter 10 N het maximum.

Mechanische belasting op de lage rug kan worden beoordeeld door te kijken of de norm voor compressiekracht op L5-S1 van 3,4 kN overschreden wordt. Er wordt van uitgegaan dat bij een blootstelling aan een kracht hoger dan 3,4 kN beschadiging van de tussenwervelschijf optreedt. Gezien de eerder beschreven moeilijkheden om te komen tot een schatting van de mechanische werkbelasting in termen van krachten op lichaamsstructuren, is deze beoordeling echter vaak niet mogelijk. Wel kan een indicatie verkregen worden door een eenvoudig model (tweedimensionaal en statisch) toe te passen op bepaalde tiltaken of andere werkzaamheden. Het gebruik van dergelijke biomechanische modellen is voor een bedrijfsarts of ergonoom een goede mogelijkheid om de zwaarte van een taak in te schatten. Het is echter verstandig te beseffen dat het om een sterke vereenvoudiging van de (driedimensionale en dynamische) realiteit gaat, hetgeen over het algemeen betekent dat de mechanische belasting onderschat wordt. Voor andere delen van het bewegingsapparaat, zoals de schouder of de knie, bestaan geen richtlijnen voor interne mechanische blootstelling.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

Oplossingen voor een (te) hoge mechanische belasting zijn vaak te vinden in het ergonomisch (her)ontwerp van de werkplek en/of in het gebruik van hulpmiddelen. Voor Johan Griffioen uit de casus zou bijvoorbeeld het plaatsen van heftafels onder de pallets een gunstige invloed kunnen hebben op zijn houding bij het pakken van dozen van een bijna lege pallet. Bij een te grote krachtsuitoefening is uiteraard veel winst te behalen door het gewicht van de te verplaatsen last te verlagen. Hieraan is echter een grens, want bij een gelijkblijvende productie zal vaker getild moeten worden en zullen dus ook de eigen lichaamsdelen vaker ‘getild’ moeten worden. Dat gaat gepaard met een verhoging van de energetische belasting.

Box 4.14 Preventie hoge mechanische belasting

- ergonomisch (her)ontwerp werkplek
- hulpmiddelen
- aanpassing werk-rustschema's
- taakrotatie
- training

Ook kan een tilinstructie positief werken op de mechanische belasting. Johan zou geleerd moeten worden dat hij de last zo dicht mogelijk bij het lichaam moet houden en dat hij het draaien van zijn romp door het nemen van kleine stapjes moet voorkomen. Ter preventie van KANS zal geprobeerd moeten worden om meer korte rustmomenten in te bouwen en om de handelingscyclus zo veel mogelijk te verlengen, waardoor de frequentie van de eenzijdige belasting dus afneemt. Daarnaast is het ergonomisch optimaliseren van de werkplek van belang om houding, beweging en uitgeoefende kracht zo min mogelijk belastend te laten zijn. Gestreefd moet worden naar een houding zo dicht mogelijk bij de neutrale stand, naar zo min mogelijk snelle bewegingen en naar het minimaliseren van spierinspanning die nodig is voor het leveren van kracht. Ten slotte kunnen bijvoorbeeld veranderingen in werk-rustschema's en taakrotatie oplossingen bieden voor een te hoge mechanische belasting.

4.3 Psychologische gezondheidsrisico's

Casus

De 39-jarige heer Verburg is leraar scheikunde op een middelbare school. Hij heeft altijd met plezier en veel inzet lesgegeven, maar dat is in de loop van de jaren een stuk minder geworden. Hij wijt dit enerzijds aan de leerlingen,

die brutaler en veel minder gemotiveerd zijn dan vroeger, en anderzijds aan de grote veranderingen die in het onderwijs hebben plaatsgevonden. De ene door de minister opgelegde vernieuwing volgt op de andere. Volgens Verburg hebben deze vernieuwingen gemeen dat het er niet beter op wordt en dat ze allemaal veel te snel en onvoorbereid doorgevoerd moeten worden. Kortom, hij heeft het angstbeeld dat hij nog 26 jaar lang paarden voor de zwijnen zal moeten werpen op zijn huidige 'leerfabriek'. Het ging allemaal nog redelijk tot hij halverwege het vorige schooljaar zomaar, om niets eigenlijk, in de klas in huilen uitbarstte. Hij sliep al een tijdje slecht en had ook af en toe hartkloppingen, die sindsdien veel erger zijn geworden. Ook kan hij zowel op school als thuis om het minste of geringste een enorme driftaanval krijgen, iets wat in het verleden vrijwel nooit voorkwam. De conrector heeft hem aanbevolen om maar eens een paar weekjes thuis te blijven om 'goed uit te rusten'.

Wat zijn psychologische gezondheidsrisico's?

Bij psychologische gezondheidsrisico's gaat het om mentale belasting en stress. Deze zijn nauw aan elkaar verwant, maar niet hetzelfde. Mentale belasting is de mate waarin de taakeisen de informatieverwerkende capaciteit van de mens in beslag nemen. De perceptie, het denken en het geheugen staan hierbij centraal. Het woord stress wordt in het dagelijks leven te pas en te onpas gebruikt en ook in wetenschappelijke publicaties wordt stress uiteenlopend gedefinieerd. Naar Kompier en Marcelissen (1990) wordt hier onder stress verstaan: '(...) een toestand die ontstaat wanneer iemand niet in staat is of zich niet in staat acht om aan de eisen die aan hem of haar gesteld worden te voldoen.' De emoties die gepaard gaan met deze toestand spelen een belangrijke rol. Naast mentale werkbelasting en werkstress wordt ook gesproken over 'welzijn bij de arbeid'. Het gaat hierbij niet om individueel welzijn, maar om risico's op groepsniveau. Hoewel er bij welzijnsrisico's via functie en/of taakanalyse meer nadruk wordt gelegd op zaken als de inhoud en organisatie van de arbeid, zijn er verder vrijwel geen verschillen met het bredere begrip *stressrisico's*.

Box 4.15

Stressrisico's of stressoren worden gevormd door (een combinatie van):

- hoge werkdruk
- gebrek aan regelmogelijkheden in het werk
- gebrek aan ondersteuning van leiding/collega's

Risicofactoren voor het krijgen van stress, ook wel *stressrisico's* of *stressoren* genoemd, kunnen worden herleid tot drie hoofdkenmerken in het werk: een hoge werkdruk, een gebrek aan regelmogelijkheden in het werk en een

gebrek aan sociale ondersteuning van leidinggevenden en collega's. Vooral de combinatie van deze drie kenmerken gaat gepaard met gezondheidsklachten, zoals overspannenheid en hart- en vaatziekten. Onder werkdruk vallen bijvoorbeeld werktempo, tijdsdruk, verantwoordelijkheid, complexe taken, dubbeltaaksituaties en onduidelijke taakomschrijvingen. Bij onvoldoende regelmogelijkheden kunnen werknemers niet zelf (tot op zekere hoogte) sommige aspecten van het werk, zoals werktempo, methode en volgorde, bepalen. Ook heeft men dan geen zeggenschap over de begin- en eindtijden, en het tijdstip en de duur van pauzes.

Onvoldoende sociale ondersteuning komt voor als er weinig mogelijkheden bestaan voor sociale en/of functionele contacten (bijv. bij geïsoleerde arbeidsplaatsen), bij gebrekkig werkoverleg en bij gebrek aan steun van de leiding. Dit laatste hoofdkenmerk kan ook in ruimere zin gezien worden in de vorm van erkenning en waardering (ook financiële).

Een hoge werkdruk hoeft op zich nog niet schadelijk te zijn, zolang men maar mogelijkheden heeft om het werk zelf in te delen en/of de werkmethode te bepalen. In het stressmodel van Karasek en Theorell is dat uitgewerkt naar vier soorten werk: gemakkelijk werk, uitdagend werk, saai werk en overbelast werk (zie box 2.20 in hoofdstuk 2).

Naast het model met werkdruk, regelmogelijkheden en sociale ondersteuning is een model ontstaan dat uitgaat van de inspanning die men moet leveren op het werk en de ontvangen beloningen, waarbij aan aspecten zoals waardering, vooruitzichten op promotie en inkomen gedacht kan worden. Het model gaat ervan uit dat er een grotere kans op stress en gezondheidsklachten is als het evenwicht tussen die inspanningen en beloningen verstoord is. Overigens lijkt deze relatie in sterkere mate aanwezig te zijn voor mensen met een persoonlijkheid die maakt dat zij gedreven en perfectionistisch zijn in hun werk en/of dat zij de behoefte hebben aan controle op hun werk.

Ten slotte is er de laatste jaren meer aandacht ontstaan voor emotionele belasting en arbeidsconflicten als gevolg van treiteren en pesten, morele intimidatie, seksuele intimidatie en racisme of discriminatie. Het lijkt erop dat veel stress en psychische gezondheidsklachten (deels) veroorzaakt worden door systematisch vijandig of intimiderend gedrag dat gericht is tegen één specifieke medewerker. Dit gedrag kan enerzijds afkomstig zijn van één collega, die meestal hoger in rang is dan het slachtoffer, of van een groep collega's. In het laatste geval spreekt men van *mobbing*, een Engelse term afgeleid van 'mob': de meute die zich tegen het individu keert.

In Nederland heeft de laatste decennia een flinke toename van de ervaren werkdruk in verhouding tot de geleverde inspanningen plaatsgevonden. Ook het aantal perceptief-mentaal belastende werkzaamheden is onmiskenbaar gestegen, evenals de emotionele belasting door bijvoorbeeld toenemende flexibilisering van de arbeid en hiermee samenhangende werkonzekerheid.

De effecten van mentale belasting en stress

Werkstress wordt over het algemeen gekenmerkt door fysiologische aanpassingsreacties, negatieve emoties en bepaalde gedragingen. Op de lange duur kan dit leiden tot verminderd functioneren en psychische klachten. De NVAB-richtlijn onderscheidt ten aanzien van deze psychische klachten:

- 1 stressgerelateerde stoornissen;
- 2 depressie;
- 3 angststoornis;
- 4 overige psychiatrische stoornissen.

Wat betreft de stressgerelateerde stoornissen wordt onderscheid gemaakt tussen:

- a spanningsklachten, zonder beperkingen in sociaal of beroepsmatig functioneren;
- b overspanning, mét beperkingen in sociaal functioneren. Het meer chronische beloop van overspanning wordt ook wel burn-out genoemd. Bij overspanning is de periode tussen de aanvang van de stressveroorzakende situatie en de ontstane problematiek maximaal 12 weken.

Vooral werk met een intensief contact met anderen gaat gepaard met een verhoogd risico op chronische overspanning/burn-out. Als risicogroepen worden genoemd: verpleegkundigen, welzijnswerkers en leraren, waarvan de scheikundedocent Verburg een voorbeeld is.

De genoemde aandoeningen gaan vaak samen met sombere gevoelens, slaapproblemen en met specifiek gedrag, zoals rusteloosheid of lusteloosheid, prikkelbaarheid, roken, medicijngebruik en ziekteverzuim. Hart- en vaatziekten, bijvoorbeeld verhoogde bloeddruk, zijn geassocieerd met werkstress en er wordt ook een relatie verondersteld met het immuunsysteem, waardoor als gevolg van stress de kans op verkoudheid en griep toeneemt.

Een geheel andere categorie wordt gevormd door de posttraumatische stressstoornis. Politieagenten kunnen hiermee te maken krijgen na bijvoorbeeld een schietincident en bankemployés na een overval.

De stressgerelateerde gezondheidsproblemen en de bijbehorende financiële gevolgen zijn al met al groot, hetgeen blijkt uit het feit dat een derde van de werknemers in de WIA afgekeurd is als gevolg van psychische aandoeningen. Bij de nieuwe gevallen van arbeidsongeschiktheid is dit aandeel zelfs nog iets groter.

Het meten van mentale belasting/stress en normstelling

De ontwikkeling van instrumenten voor het meten van mentale belasting, stress en stressrisico's, en van stressgerelateerde gezondheidsproblemen heeft de laatste jaren een vlucht genomen. Allereerst kan gebruik worden gemaakt van prestatiematen met betrekking tot de uit te voeren werktaak.

Dit is echter voor veel functies en werkzaamheden niet direct toepasbaar, onder meer omdat de prestatie moeilijk in maat en getal is weer te geven.

Ten tweede kan aan de werktaak, waarin men geïnteresseerd is, een secundaire taak worden toegevoegd, bijvoorbeeld het oplossen van simpele rekenopdrachten. Hierdoor wordt de grens van de beschikbare mentale capaciteit overschreden, zodat met behulp van de prestatie in de secundaire taak een schatting verkregen wordt van de mentale belasting in de primaire werktaak. De secundaire taakbenadering wordt vooral gebruikt bij gesimuleerd werk in het laboratorium.

Voor beide bovengenoemde methoden geldt dat een bedrijfsarts niet vaak direct betrokken zal zijn bij het toepassen ervan, maar dat het wel goed is om van het bestaan ervan op de hoogte te zijn.

Box 4.16 Meten van mentale werkbelasting/stress

- prestatiematen tijdens de werktaak
- prestatiematen tijdens de secundaire taak
- vragenlijsten en beoordelingsschalen
- psychofysiologische maten

Ten derde is er een groot aantal vragenlijsten geconstrueerd om de vele aspecten van mentale belasting en/of stress te meten. Zo zijn er bijvoorbeeld vragenlijsten met schalen over werktempo, zelfstandigheid in het werk, relaties met collega's, de relatie met de directe leiding en de herstelbehoefte na het werk. Werksituaties kunnen beoordeeld worden door te vergelijken of de resultaten van een bedrijf of afdeling afwijken van referentiegegevens, die steeds vaker op grote schaal beschikbaar zijn. Deze vragenlijsten worden dan ook uitgebreid gebruikt in de arbodienstverlening. De resultaten kunnen voor een bedrijfsarts een belangrijke functie hebben om te kunnen signaleren of er op een bepaalde afdeling stressgerelateerde problemen zijn. Ook zijn er beoordelingsschalen waarop men op een schaal van bijvoorbeeld 0-150 door het zetten van een kruisje kan aangeven hoe inspannend een taak was.

Naast deze subjectieve instrumenten zijn er, als vierde categorie, psychofysiologische meetmethoden voorhanden, waarmee het bijvoorbeeld mogelijk is om op de werkplek de bloeddruk of hartslagvariabiliteit continu te meten. Voor deze en ook voor andere psychofysiologische maten bestaan overigens geen normen waaraan de stresssituatie van een individu getoetst zou kunnen worden. De oplossing hiervoor is dat metingen gedaan tijdens het werk worden vergeleken met rustwaarden van diezelfde persoon.

De psychofysiologische meetmethoden worden nog weinig toegepast door arbodiensten. In de toekomst zal dit meer gaan gebeuren, omdat bedrijven graag beschikken over 'harde' gegevens in plaats van subjectieve vragenlijstgegevens. Deze mening doet overigens onrecht aan de grote waarde die vragenlijsten hebben voor de bedrijfsgezondheidszorg.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

Scheikundeleraar Verburg uit de casus zal met hulp van zijn huisarts, bedrijfsarts, psycholoog of andere medische hulpverleners van zijn klachten afgeholpen moeten worden. Bovendien moet hij weer plezier in zijn werk krijgen, zodat dezelfde problemen niet na een half jaar opnieuw optreden. Hij zou een *sabbatical year* kunnen inlassen en/of voor een deel van de werkweek een nieuwe, meer uitdagende functie op zich nemen, bijvoorbeeld de functie van schooldecaan. In het algemeen wordt er pas aandacht besteed aan werkstress en mentale over- en onderbelasting als iemand daadwerkelijk overspannen is geraakt. Eerst wordt getracht de psychische en (psycho)somatische klachten te behandelen en daarna wordt een overspannen medewerker vaak geleerd hoe hij moet omgaan met belastende situaties. Dit alles is erop gericht om de desbetreffende persoon op een verantwoorde wijze zo snel mogelijk weer aan het werk te krijgen.

Box 4.17 Preventie hoge mentale belasting/werkstress

- doorgroeimogelijkheden bieden
- sabbatical year
- stress- en welzijnsrisico's verminderen
- taakroulatie

In het verleden was voor de meeste organisaties het uitvallen van werknemers door stressgerelateerde problemen pas een signaal om iets aan de oorzaken ervan te doen. Maatregelen gericht op het voorkómen van werkstress en mentale belasting zouden zich echter in een eerder stadium op het werk moeten richten. Uit het voorgaande moge blijken dat een functie voldoende regelmogelijkheden en mogelijkheden tot sociale ondersteuning dient te bieden. Als verbeteringen niet (direct) zijn door te voeren door taak(her)ontwerp, dan vormt bijvoorbeeld taakroulatie een goed alternatief. Bovendien kan hoge mentale belasting aangepakt worden door een ander pauzebeleid. Na relatief korte perioden kan men een pauze inlassen om zichzelf de kans te geven om te herstellen. Ten slotte kan een sociaal (personeels)beleid genoemd worden als middel om werkstress te voorkómen, bijvoorbeeld door continue opleiding en training, functioneringsgesprekken of een loopbaanbeleid.

4.4 Fysische gezondheidsrisico's

Van de fysische gezondheidsrisico's bespreken we lawaai, trillingen, klimaat en ioniserende straling.

4.4.1 Lawaai*Wat is lawaai?*

Lawaai is storend geluid met een gedwongen karakter. Wat voor de één aangenaam geluid is, bijvoorbeeld het geluid van de radio, kan voor een ander zeer hinderlijk en storend zijn. Kortom, lawaai is sterk subjectief van karakter.

Geluid wordt bepaald door twee parameters, namelijk de frequentie en het geluidsniveau.

Box 4.18

Geluid wordt bepaald door:

- de frequentie
- het geluidsniveau

De frequentie wordt gemeten in hertz (Hz), het aantal trillingen per seconde. Het aantal trillingen per seconde dat een geluidsbron uitzendt, bepaalt de toonhoogte; een gering aantal trillingen veroorzaakt een bromtoon (< 50 Hz), een hoog aantal trillingen een pieptoon (> 4000 Hz). Een normaal gehoor is gevoelig voor tonen met frequenties tussen ongeveer 20 en 20.000 Hz. Voor de frequentie wordt een logaritmische schaal gebruikt, dat wil zeggen dat een verdubbeling van de frequentie als een gelijke stap (of een octaaf) wordt ervaren.

Het geluidsniveau wordt gemeten in decibel (dB). Nul dB is de nog net waarneembare geluidsdruk voor het menselijk oor, deze komt overeen met 20 micropascal. Voor het geluidsniveau wordt ook een logaritmische schaal gebruikt. Aangezien ons gehoororgaan niet even gevoelig is voor geluiden met verschillende frequenties, wordt bij het meten van geluid gebruikgemaakt van een filter dat de geluidsniveaus bij verschillende frequenties ongeveer zo waardeert als ons gehoor dat doet. Het geluidsniveau gemeten via dit zogenaamde *A-filter* wordt uitgedrukt in dB(A). Wanneer dit over een bepaalde periode gemeten en gemiddeld is, wordt gesproken van het equivalente geluidsniveau L_{AEQ} .

Box 4.19 Voorkomende geluidsniveaus, vlak bij de bron

- straalmotor: 140 dB(A)
- popmuziek: 110 dB(A)
- zware vrachtwagen: 85 dB(A)
- bromfiets: 80 dB(A)
- straatlawaai: 60 dB(A)

Wat zijn de effecten van blootstelling aan lawaai?

Casus

Op het spreekuur komt een discjockey met de klacht dat hij op luidruchtige feestjes moeite heeft met het volgen van een gesprek. Hij doet dit werk sinds vijf jaar. Hij heeft verder geen klachten en voelt zich gezond.

Jarenlange blootstelling gedurende meerdere uren per dag aan geluidsniveaus van circa 80 dB(A) en hoger leidt tot lawaaidoofheid. Ook korte, harde (knal)geluiden, zoals die voorkomen bij schietwapens en klinkhamers, zijn erg schadelijk voor het gehoor. Acut trauma, met vaak blijvende uitval van het gehoor, treedt op bij geluidsniveaus boven 120 dB(A). Lawaaislechthorendheid komt relatief veel voor als beroepsziekte.

Met het toenemen van de leeftijd neemt de gehoorscherppte geleidelijk af; dit is overigens een zeer geleidelijk proces. Het voortdurend aan lawaai blootgesteld zijn leidt ook tot stress. Men is na afloop van het werk vaker vermoeid, hetgeen tot concentratieproblemen en prikkelbaarheid kan leiden. Daarnaast kan blootstelling aan lawaai in arbeidssituaties leiden tot vegetatieve reacties, zoals toename van de ademhalingsfrequentie en verhoging van de bloeddruk. Mogelijk verhoogt dit ook het risico op een blijvend hoge bloeddruk en hart- en vaatziekten. Deze effecten, die niet met gehoorverlies te maken hebben, worden *extra-auditieve effecten* genoemd.

Waar komt lawaaiproblematiek voor?

Blootstelling aan lawaai komt nog steeds veel voor, met name in de industrie, de bouw, de landbouw en het vervoer. Mechanisch aangedreven machines veroorzaken hoge geluidsniveaus; ondanks alle aandacht voor preventieve maatregelen komt dit nog steeds voor. Zo komen bij heiers geluidsexpositieniveaus voor van 95 dB(A) en bij stratenmakers van 90 dB(A).

Box 4.20 Dagdosis, geluidsexpositieniveau, of geluidsdosisniveau

Het geluidsniveau waaraan een persoon gedurende een werkdag van acht uur is blootgesteld.

Niet alleen werknemers in deze bedrijfstakken worden aan hoge geluidsniveaus blootgesteld, maar ook leden van grote orkesten en popbands.

In kantoren veroorzaken geluidsniveaus vanaf 55 dB(A), van bijvoorbeeld de airconditioning of afzuiging, weliswaar geen gehoorschade, maar wel hinder, concentratiestoornissen en prikkelbaarheid.

Hoe kan lawaai gemeten worden?

Het geluidsexpositieniveau van een gemiddelde dag (dagdosis) kan op twee manieren vastgesteld worden, namelijk:

- 1 aan de hand van een (algemene) werkzaamhedenanalyse;
- 2 met behulp van dosimeters.

Bij een *werkzaamhedenanalyse* wordt voor elke werkzaamheid van een werknemer het L_{AEQW} vastgesteld. Onder L_{AEQW} wordt verstaan: het gemiddelde A-gewogen equivalente geluidsniveau op een arbeidsplaats of tijdens een werkzaamheid gedurende een bepaalde tijd. Werkzaamheid wordt hierbij breed opgevat, zoals het bedienen van een machine tijdens een bepaald type bewerking. Voor elke werkzaamheid dient een schatting van de gemiddelde dagelijkse blootstellingsduur te worden gemaakt. Via een logaritmische optelling kan uit de afzonderlijke L_{AEQW} -waarden een dagdosis worden berekend.

Met behulp van *dosimeters* kan de geluidsbelasting van individuele werknemers gedurende een bepaalde tijdsperiode worden gemeten en geregistreerd in de arbeidssituatie. Het gebruik van dosimeters heeft als voordeel dat bijvoorbeeld over een hele dag de blootstelling aan geluid kan worden vastgesteld. Een nadeel van de dosimeters is dat niet kan worden nagegaan hoe het gemeten niveau tot stand is gekomen, tenzij men tegelijkertijd de uitvoering van de werkzaamheden observeert.

Normstelling

De wetgeving rond geluid op de arbeidsplaats staat beschreven in het Arbobesluit. De waarde van 80 dB(A) wordt gezondheidskundig gezien als de grens waarboven gehoorschade kan optreden als er sprake is van een dagelijkse (8-urige) blootstelling gedurende een arbeidsleven van 40 jaar zonder gebruik van gehoorbeschermingsmiddelen. Als bij het uitvoeren van bepaalde werkzaamheden het equivalente geluidsniveau boven de 80 dB(A) ligt, moet de werkgever gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking stellen en is een periodiek audiometrisch onderzoek van de werknemers verplicht. Bij een geluidsniveau hoger dan 85 dB(A) moet de werkgever behalve gehoorbescherming ook voorlichting aan de werknemers geven over de gevaren van blootstelling aan lawaai. Bovendien moet dan een *gehoorbeschermingsprogramma* worden opgezet.

Box 4.21 Elementen van een gehoorbeschermingsprogramma

- meten en beoordelen
- toepassen van arbeidshygiënische strategie (bestrijding, beperking, hulpmiddelen)
- voorlichting en onderwijs
- samenwerking en overleg
- audiometrisch onderzoek
- registratie en rapportage

Zo'n programma omvat een aantal onderdelen, zoals het meten en beoordelen van geluidsniveaus op de werkplek, het toepassen van een bestrijdingsstrategie (bestrijding, beperking, hulpmiddelen), voorlichting en onderwijs, samenwerking en overleg, audiometrisch onderzoek, en registratie en rapportage van de bevindingen.

Bij geluidsniveaus hoger dan 90 dB(A) bestaat voor de werknemers de verplichting tot het dragen van gehoorbeschermingsmiddelen en moeten de betreffende werkplekken of gereedschappen duidelijk zijn afgebakend of gemarkeerd.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

Bij maatregelen voor de bestrijding en/of terugdringing van lawaai wordt een wettelijk verplichte bestrijdingsstrategie tot uitgangspunt genomen. Dit houdt in dat men bij het nemen van maatregelen een bepaalde prioriteit in acht neemt, namelijk:

- 1 eliminatie van de bron;
- 2 isolatie van de bron;
- 3 isolatie van de mens;
- 4 beperken van de schade door beperking van de blootstellingsduur.

Box 4.22 Bestrijdingsstrategie bij lawaai

- eliminatie en bronaanpak
- isolatie van de bron
- isolatie van de mens
- beperken van de schade door beperking blootstellingsduur

Dit houdt in dat allereerst nagegaan moet worden welke maatregelen aan de bron genomen kunnen worden: zijn er andere productietechnieken voorhanden waarbij geen lawaai optreedt? Als dit niet voldoende resultaat oplevert, moet men nagaan of het mogelijk is het geluidsniveau van de machines/apparaten op een andere manier terug te brengen. De laatste jaren zijn diverse machines en handgereedschappen aanzienlijk lawaaiarmer geworden. Bij heimachines zijn bijvoorbeeld geluiddempende mantels aangebracht, die zorgen voor geluidsreductie (isolatie van de bron). Is ook dat redelijkerwijs niet mogelijk, dan moeten gehoorbeschermingsmiddelen worden verschaft, die aangepast zijn aan de hoogte en sterkte van het geluid (isolatie van de mens). Als ook dat vanwege de hoogte van het geluidsniveau onvoldoende bescherming biedt, dan moet de blootstellingsduur beperkt worden zodat de totale dosis acceptabel blijft. Bij een geïntegreerde benadering hoort ook

intensieve voorlichting en instructie. Gedragsverandering is daarbij het motto.

4.4.2 Trillingen

Casus

Erik van Vliet, een 46-jarige heftruckchauffeur, is voor het spreekuur van de bedrijfsarts uitgenodigd. Vier weken geleden heeft hij zich vanwege rugklachten ziek gemeld. Momenteel is hij onder behandeling van de fysiotherapeut. De pijn wordt minder, maar is nog niet verdwenen. Hij werkt inmiddels vijftien jaar als heftruckchauffeur en zit daarbij het grootste deel van de dag. Hij heeft vooral pijn onder in de rug. De laatste jaren neemt zijn verzuim ten gevolge van rugklachten toe. Bij verder neurologisch onderzoek vindt de arts geen bijzonderheden. Röntgenologisch onderzoek, hetgeen op verzoek van de huisarts is uitgevoerd, laat lichte degeneratieve veranderingen van de lumbale wervelkolom zien. Van Vliet zelf denkt dat zijn klachten vooral door het werk veroorzaakt worden en zegt dat er meer chauffeurs rondrijden met dezelfde klachten.

Vanwege de tendens om steeds meer trillende apparaten in te zetten bij allerlei werkzaamheden is de blootstelling aan trillingen in het werk toegenomen. Trillingen kunnen via stoel of vloer op het gehele lichaam worden overgebracht; dit worden *lichaamstrillingen* of *whole-body vibration* genoemd. Daarnaast kan bij het bedienen van trillend handgereedschap de overdracht op vooral handen en armen plaatsvinden; dit noemen we *hand-armtrillingen* of *hand-arm vibration*.

Box 4.23 Trillingen

- hand-armtrillingen (hand-arm vibration)
- lichaamstrillingen (whole-body vibration)

Trillingen worden gekenmerkt door richting, frequentie (het aantal trillingen per seconde, uitgedrukt in Hz) en intensiteit of amplitude. Een trilling kan plaatsvinden in horizontale (voorwaartse, achterwaartse en zijwaartse) en verticale richting. De uitslag van de trillingen (amplitude) bepaalt de sterkte. De intensiteit van de blootstelling, het trillingsniveau, wordt in arbeidssituaties aangegeven als versnelling (m/s^2).

Wat zijn de effecten van blootstelling aan trillingen?

De effecten van trillingen kunnen verdeeld worden in korte- en langetermijneffecten. De effecten op korte termijn zijn na het stoppen van de blootstelling over het algemeen reversibel.

Kortetermijneffecten van lichaamstrillingen zijn:

- een verhoogde spieractiviteit, waardoor spiervermoeidheid kan optreden. Dit effect treedt vooral op bij trillingen in het frequentiegebied rond 4 Hz;
- verstoring van de fijne motorische coördinatie;
- effecten op het gehoor en evenwichtsorgaan;
- bewegingsziekte (kinetose), zoals zee-, lucht- en wagenziekte. Dit treedt op bij trillingen met een frequentie tussen 0,1 en 1 Hz (zwevingen). Verschijnselen hiervan zijn: geeuwen, hyperventilatie, transpireren, bleekheid, misselijkheid en ten slotte braken;
- een verhoogde maagsapuitscheiding met een verstoorde maagontleding.

Kortetermijneffecten geven hinder. De veiligheid kan ongunstig worden beïnvloed omdat de kans op besturings- of handelingsfouten toeneemt.

Blootstelling op lange termijn heeft een nadelig effect op het bewegingsapparaat, in het bijzonder de wervelkolom. Veel beschreven effecten zijn:

- rugklachten;
- vervroegd optredende degeneratie van de lumbale wervelkolom;
- hernia nuclei pulposi.

Effecten van hand-armtrillingen zijn perifere vaat- en zenuwafwijkingen. Karakteristiek is het aanvalsegewijs wit of bleek worden van de vingerkootjes; het fenomeen van Raynaud of *vibration-induced white fingers disease* (VWF) genoemd. De perifere zenuwafwijkingen leiden tot geleidingsstoornissen, met als symptomen een doof gevoel en/of tintelingen in de vingers, een vermindering van de tastzin, pijnsensatie en temperatuurgevoel, en daardoor vermindering van de handvaardigheid.

Box 4.24 Witte-vingersyndroom

- effect van werken met trillend gereedschap
- treedt aanvankelijk op buiten werktijd
- duur van aanval is wisselend
- kou, vocht en roken bevorderen het symptoom

Behalve bovengenoemde effecten kunnen trillingen ook een nadelige invloed hebben op botten en gewrichten. Vervroegde osteoartrose van pols-, elleboog- en schoudergewricht kan bijvoorbeeld optreden bij het gebruik van sloophammers.

Waar komt trillingsproblematiek voor?

Blootstelling aan lichaamstrillingen komt vooral voor in het vervoer, de bouw, de land-, tuin- en bosbouw, en de industrie. In het bijzonder bestuurders van heftrucks, vrachtwagens, bussen, grondverzetmachines en helikopters staan bloot aan trillingsbelasting. Daarnaast veroorzaakt veel gereedschap in de (bos)bouw, zoals schuur-, boor-, zaag-, slijp- en polijstmachines, een hoge trillingsbelasting voor handen en armen. Vertalen we dit naar beroepsgroepen, dan komen we terecht bij werknemers in de groenvoorziening, lassers, betonwerkers, stratenmakers en meubelstoffeerders.

Hoe kunnen trillingen gemeten worden?

Trillingen worden zo dicht mogelijk bij de plaats van overdracht naar het lichaam gemeten. Voor lichaamstrillingen wordt een 'zittingopnemer', een platte schijf met drie versnellingsopnemers (voor de x-, y-, z-richting), op de zitting van de bestuurder gelegd. Lang niet altijd is het nodig om te meten. Voor veel voertuigen en machines zijn meetresultaten van het trillingsniveau bekend (zie www.las-bb.de/karla). Voor metingen van hand-armtrillingen worden kleine sensoren op de handvatten van het gereedschap gemonteerd.

Normstelling

Sinds 1 juli 2005 gelden in de EU voor alle lidstaten dezelfde wettelijke richtlijnen voor trillingen. In de wettelijke richtlijn zijn grenzen gesteld voor trillingen op de werkplek waaraan werknemers vijf dagen per week acht uur per dag mogen worden blootgesteld. De grenswaarde voor lichaamstrillingen die niet mag worden overschreden, ligt op $1,15 \text{ m.s}^{-2}$. De actiewaarde, de grens waarboven maatregelen genomen moeten worden, ligt voor lichaamstrillingen op $0,5 \text{ m.s}^{-2}$. Voor zwangeren die worden blootgesteld aan lichaamstrillingen, wordt als grenswaarde $0,25 \text{ m.s}^{-2}$ aanbevolen. Een doorsnee heftruck heeft bijvoorbeeld een trillingssterkte over 8 uur van $1,0 \text{ m.s}^{-2}$.

Box 4.25 Beoordeling van trillingen

- sterkte
- frequentie
- blootstellingsduur
- richting van de trillingen (horizontaal: x- en y-as; verticaal: z-as)
- plaats van contact met het lichaam (lichaams- of hand-armtrillingen)
- potentieel gevaar: $> 0,25 \text{ m.s}^{-2}$
- actiegrens: $> 0,50 \text{ m.s}^{-2}$

Voor hand-armtrillingen ligt de grenswaarde op $5,0 \text{ m.s}^{-2}$ en de actiewaarde op $2,5 \text{ m.s}^{-2}$. Een motorkettingzaag heeft bijvoorbeeld een gemiddelde (hand-

of arm)trillingsterkte over 8 uur van $7,0 \text{ m.s}^{-2}$. Het voorbeeld laat zien dat metingen in de praktijk wenselijk zijn om de hoogte van de trillingsblootstelling vast te stellen en tijdig maatregelen te nemen.

Bij de toepassing van de norm dient rekening te worden gehouden met de duur van de blootstelling per dag en met de richting waarin de trillingen op het lichaam aangrijpen. Bij overschrijding moeten technische of organisatorische maatregelen worden getroffen.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

Net als bij lawaai moet de prioriteit bij aanpak van de bron worden gelegd. Complete eliminatie van de trillingsbron is vaak niet haalbaar. Kritische analyse van het werk kan de trillingsproblematiek voorkomen of verminderen, zoals: is het voertuig of gereedschap wel nodig; is afstandsbediening mogelijk? Door goed onderhoud en tijdige vervanging kan men de trillingsbelasting eveneens reduceren. Voor het werken met motorkettingzagen geldt bijvoorbeeld dat het goed scherp houden van de ketting en onderhoud van bijvoorbeeld de antitrillingsrubbers, de trillingsbelasting behoorlijk kan reduceren. Daarnaast wordt de motorkettingzaag, als die toch al aanstaat, vaak voor werkzaamheden ingezet waarbij een dergelijk gereedschap niet strikt noodzakelijk is. De oplossing is in dat geval het geven van voorlichting om een gedragsverandering bij het gebruik van gereedschap te bewerkstelligen. Isolatie van de bron kan plaatsvinden door een goede stoel, goede vering en demping van de voertuigen of gereedschappen, en door verbetering, onderhoud van de weg, vloer of terrein waarover wordt gereden. Beperking van de schade kan gerealiseerd worden door werknemers voor te lichten over factoren die de belasting of belastingsgevolgen kunnen verminderen, zoals goede instelling van de stoel, matigen van de rijsnelheid, goed gebruik van goed gereedschap, goede werkhouding, dragen van handschoenen en het inlassen van pauzes.

Contra-indicaties voor blootstelling aan lichaamstrillingen zijn onder andere: duidelijk degeneratieve wervelkolomafwijkingen die niet door leeftijd verklaarbaar zijn, tussenwervelschijfaandoeningen, chronisch recidiverende rugklachten, verstijving van de wervelkolom, chronische maagklachten en zwangerschap.

4.4.3 Klimaat

Casus

Mevrouw Fonville, een dertigjarige typiste, werkzaam op een afdeling van een groot academisch ziekenhuis, komt op het bedrijfsgezondheidskundig spreekuur omdat ze vaak verkouden is, een droge keel en mond heeft en bovendien vaak last van hoofdpijn heeft. Over de werkdruk heeft ze geen klachten. Haar chef heeft haar geadviseerd naar de bedrijfsarts te gaan omdat de indruk bestaat dat het iets met de werksituatie te maken zou kunnen hebben. De

laatste tijd zijn al meer personen van deze afdeling met vrijwel dezelfde klachten op het spreekuur geweest. Op grond van de specifieke klachten van de luchtwegen bij de werknemers van deze afdeling is er het vermoeden van een 'sick building syndrome'.

Over het (binnen)klimaat wordt door werknemers veelvuldig geklaagd. De klachten van werknemers worden vaak beschreven als het 'sick building syndrome'.

Box 4.26 Sick building syndrome

- neusklachten (droge, verstopte neus of vaak verkouden)
- oogklachten (irritatie, tranen)
- droge keel en mond
- lusteloosheid
- hoofdpijn
- astma-achtige klachten
- gerelateerd aan airconditioned gebouwen

Oorzaken van deze klachten moeten worden gezocht in de bouwwijze en de inrichting van het kantoor, en de klimaatbeheersingsinstallatie (airconditioning). Een erg lage relatieve vochtigheid (bijv. < 30%) kan uitdroging van de slijmvliezen van neus, keel en mond tot gevolg hebben. Vooral in grote (kantoor)gebouwen, waar het klimaat via 'airconditioning' wordt beheerst en dientengevolge de ramen niet opengezet kunnen worden, worden door het personeel klachten geuit als: droge, verstopte neus of vaak verkouden, oogklachten (irritatie, tranende ogen), droge keel en mond, lusteloosheid en hoofdpijn. Klachten door een 'sick building' worden niet altijd serieus genomen, terwijl bekend is dat slechtwerkende luchtbehandelingsystemen, maar ook bijvoorbeeld stoffige scholen, tot gezondheidsklachten kunnen leiden. Sommigen zijn echter de mening toegedaan dat het 'sick building syndrome' als zodanig niet bestaat en dat factoren als te lange werktijden, de sfeer op het werk en de werkdruk de oorzaak zijn van de klachten. Bovengenoemde klachten hebben echter een hoog ziekteverzuim en een daling van de arbeidsproductiviteit tot gevolg.

Wat is (binnen)klimaat?

(Binnen)klimaat is een combinatie van fysische factoren die een thermische gewaarwording bij de mens kan veroorzaken. Het thermische klimaat is opgebouwd uit: luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtvochtigheid en lichtsnelheid.

Box 4.27 Klachten in kantoorgebouwen, per cluster gerangschikt naar klachtenpercentage	
<i>klachtencluster</i>	<i>percentage</i>
temperatuur	53
luchtkwaliteit	45
droge lucht	42
verlichting	30
storend geluid	25
bovenste luchtwegen	19
oog	18

(Bron: Voskamp, 1991).

Wat zijn de effecten van blootstelling aan klimaat?

Naast het 'sick building syndrome' kan een slechte klimaatbeheersing leiden tot thermische belasting. Dit kan hitte- of koudebelasting zijn. De thermische belasting van de mens ontstaat door een combinatie van het thermische klimaat, de kleding en de energetische processen in het lichaam. De energetische processen zijn afhankelijk van het basale metabolisme en van de bewegingen die men uitvoert. Extreme warmte leidt tot vasodilatatie, zweten, verhoging van de huid- en lichaams(kern)temperatuur, vochtverlies en zoutverlies, waardoor huidaandoeningen, hittekramp, hitte-uitputting en uitdroging kunnen ontstaan. Extreme koude leidt tot vasoconstrictie, kippenvel en bibberen, daling van de kerntemperatuur, bevriezingen van ledematen en uiteindelijk tot bewustzijnsverlies.

Waar komt klimaatproblematiek voor?

Klimaatproblematiek komt voor in grote gebouwen waar klimaatbeheersing geautomatiseerd is (sick building syndrome); bijvoorbeeld in de bouw, landbouw, slachterijen, winkels en in het vervoer.

Hoe kunnen klimaatfactoren gemeten worden?

De drogeluchttemperatuur wordt doorgaans gemeten met een voor straling afgeschermd (kwik)thermometer. De luchtvochtigheid wordt meestal in relatieve vochtigheid weergegeven; dit is de verhouding tussen de aanwezige hoeveelheid waterdamp en de maximale hoeveelheid waterdamp die lucht

bij die temperatuur kan bevatten. De luchtvochtigheid wordt gemeten met een psychrometer of haarhygrometer. Met luchtsnelheid wordt bedoeld de snelheid waarmee de lucht in de ruimte, eigenlijk in de directe omgeving van het lichaam, stroomt. De luchtsnelheid (uitgedrukt in meter per seconde of $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) wordt gemeten met de anemometer. Stralingstemperatuur is de gemiddelde temperatuur van alle vlakken die het lichaam omringen. De stralingsbelasting is afhankelijk van het verschil in oppervlaktetemperatuur tussen de mens en de omringende vlakken, de afstand tussen de vlakken en de mens, de positie van het lichaam (zitten, staan, liggen) ten opzichte van de vlakken. De stralingstemperatuur wordt gemeten met een warmtestralingsmeter.

Box 4.28 Klimaatgrootheden

- luchttemperatuur
- stralingstemperatuur
- luchtsnelheid
- luchtvochtigheid

Voor het uitvoeren van een meting is van belang te weten waar en wanneer moet worden gemeten. Het is niet nodig altijd alles te meten. Het gaat om het kiezen van de juiste meetstrategie. Het meest efficiënt is, uitgaande van het probleem, om een strategie te volgen waarbij men werkt van grof naar fijn. Dit betekent dat eerst indicatieve metingen worden uitgevoerd. Als die metingen daartoe aanleiding geven, kunnen fijnere methoden worden gebruikt. Een klacht over 'tocht' kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van 'koudestraling' (werken bij een koud raam), van 'optrekkende' koude (koude vloer) of van echte 'tocht' (hoge luchtsnelheid). Men kan in zo'n situatie beginnen om op de juiste plaats en op het juiste tijdstip indicatief de stralingstemperatuur, luchttemperatuur en luchtsnelheid te meten. Wanneer deze metingen richtlijnen overschrijden, kan men nauwkeuriger gaan meten door het karakter van de luchtstroming of turbulentiegraad vast te stellen.

Normstelling

Normen voor klimaatbeheersing zijn niet beschreven in het Arbobesluit, maar wel in sommige AI-bladen van de Arbeidsinspectie. Richtlijnen worden gerelateerd aan het type werk of de uitgevoerde activiteit en aan de kledingisolatie.

Bij lichte, hoofdzakelijk zittende activiteiten in de zomerperiode gelden de volgende waarden:

- 1 *de temperatuur* ligt tussen de 23 en 26 °C;
- 2 *de luchttemperatuurverschillen* tussen 1,1 en 0,1 m boven de vloer (niveau van het hoofd en niveau van de enkels) moet kleiner zijn dan 3 °C;
- 3 *de luchtvochtigheid* ligt tussen de 40 en 60%;
- 4 *de gemiddelde luchtsnelheid* moet kleiner zijn dan 0,25 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Wanneer lichamelijk belastend werk wordt uitgevoerd, moet de gemiddelde omgevingstemperatuur verlaagd worden. Voor het werken in extreme hitte (bij ovens) en koude (vriescellen) bestaan eveneens geen wettelijke richtlijnen en/of normen. Als maximaal toelaatbare rectale temperatuur ten gevolge van hittebelasting wordt 38,5 °C aangehouden. Als maximaal toelaatbaar niveau voor koudebelasting geldt een gemiddelde huidtemperatuur van 30 °C.

Preventie en bestrijding van nadelige gezondheidseffecten

Maatregelen in kantooromgevingen zijn: regelbare thermostaten per vertrek, zonwering, luchtbevochtigingsinstallaties, tochtschermen en kleding. Deze maatregelen vergen echter grote investeringen voor het bedrijf.

Bij hittebelasting kunnen problemen worden voorkomen door te zorgen voor acclimatisatie, een goede lichamelijke conditie, het vermijden van grote lichamelijke inspanning, het voorkomen van uitdroging en zoutverlies, en voldoende afkoelpauzes tijdens het werk.

Bij koudebelasting is het zaak te zorgen voor voldoende isolerende kleding.

4.4.4 Ioniserende straling

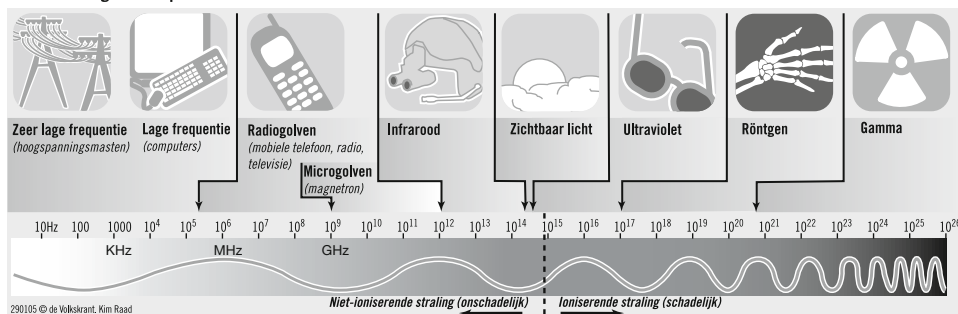
Casus

Sandra van der Schot heeft met mooie cijfers haar diploma van de middelbare school gehaald en oriënteert zich op een toekomstig beroep. Ze heeft gelezen over de radiologisch laborant en is laaiend enthousiast. Werken met patiënten én met geavanceerde medische apparaten, en leuke collega's. Tegelijk is ze zich ervan bewust dat er risico's verbonden zijn aan werken met straling. Daarom overweegt ze als alternatief het vak van stewardess. De keuze is moeilijk. Laborant trekt haar het meest. Ze besluit haar huisarts om advies te vragen over de risico's van een radiologisch beroep. Uit het gesprek blijkt dat een radiologisch beroep in de gezondheidszorg volgens de huisarts een veilig beroep is door goede preventieve maatregelen. Tot Sandra's verrassing is de stralingsbelasting van een stewardess waarschijnlijk groter dan van een radiologisch laborant.

Wat is ioniserende straling?

Blotstelling aan natuurlijke straling is een gegeven. Elke discussie over risico's van stralingstoepassingen moet worden getoetst aan de natuurlijke stralingsbelasting, afkomstig van de kosmos en van natuurlijke radioactieve stoffen in bodem, lucht en lichaam. Natuurlijke straling ontstaat door desintegratie van instabiele atoomkernen die in het milieu aanwezig zijn; men spreekt van natuurlijke radioactiviteit. Straling wordt ook opgewekt door

Het elektromagnetisch spectrum



Figuur 4.3

Het elektromagnetisch spectrum. Voor ioniserend vermogen zijn ten minste enkele tientallen eV per foton noodzakelijk. Naast elektromagnetische straling behoren ook diverse typen deeltjesstraling tot de ioniserende stralingssoorten.

versnellers en kernreactoren of door kunstmatige inductie van radioactieve verbindingen.

Wat is straling? Wat is ioniserende straling? Men spreekt van straling bij overdracht van energie zonder tussenkomst van een medium.

Overdracht van stralingsenergie kan plaatsvinden via golven of via een deeltjesstroom. Voorbeelden van straling met een golfkarakter (figuur 4.3) zijn: röntgenstraling (afkomstig van een röntgenapparaat) en gammastraling (afkomstig van een radioactieve verbinding). Voorbeelden van deeltjesstraling zijn: alfastraling en bètastraling (uit radioactieve verbindingen) of elektronen, protonen en neutronen die worden geproduceerd in deeltjesversnellers en kernreactoren.

Men spreekt van *ioniserende* straling wanneer de energie wordt overgedragen in pakketjes van voldoende grootte (ten minste enkele tientallen eV per 'foton' of 'kwant') om een elektron vrij te maken uit een atoom, zodat een positief geladen ion achterblijft. Geïoniseerde atomen en moleculen kunnen de oorzaak zijn van biologische schade op cel- en weefselniveau. Gegeven een bepaalde stralingssoort, hangt de mate van schade af van de energie die per eenheid van massa wordt geabsorbeerd.

Een belangrijk criterium om stralingssoorten te onderscheiden is de dichtheid van energieoverdracht langs de stralingsbaan. Een grotere dichtheid van gedropte energiepakketjes leidt tot een grotere dichtheid van ionisaties langs de baan. Dicht-ioniserende stralingssoorten zijn effectiever in het veroorzaken van biologische effecten; deze stralingssoorten hebben een grotere 'relatieve biologische effectiviteit'. Het biologische effect is dus afhankelijk van zowel de geabsorbeerde energie per eenheid van blootgestelde massa, als de relatieve biologische effectiviteit van de beschouwde stralingssoort. De stralingsbelasting wordt aangegeven in Sv (sievert). Gebruikmakend van de Sv als 'eenheid van equivalente dosis' kan de stralingsbelasting voor alle stralingstypen equivalent worden uitgedrukt.

Wat zijn de effecten van blootstelling aan ioniserende straling?

Straling veroorzaakt ionisaties en beschadigingen in alle mogelijke structuren in de cel, maar het DNA in de kern en de ruimtelijke configuratie daarvan wordt beschouwd als de kritische substantie. Men onderscheidt biologische effecten in stochastische en deterministische effecten.

Stochastische effecten zijn een direct gevolg van beschadiging van DNA. Men onderscheidt inductie van genetisch overdraagbare schade en tumor-inductie. Het begrip *stochastisch* duidt op de eigenschap dat bij beschouwing van een groot aantal individuen (mensen, cellen) de frequentie van het effect toeneemt met de dosis; per individu neemt de kans toe met de dosis. De term *deterministisch* duidt op een effect dat is afgeleid van primaire respons, celdood. In feite verloopt inductie van celdood ook als een stochastisch proces.

Stochastische effecten Mutaties en chromosoomafwijkingen in lichaamscellen kunnen aanleiding geven tot de groei van kwaadaardige tumoren, met een latente periode van enkele tot tientallen jaren tussen inductie en moment van manifestatie. Afwijkingen in geslachtscellen kunnen tot expressie komen in de nakomelingen van een bestraald persoon, soms pas na vele generaties.

Het belangrijkste stochastische risico is het risico op inductie van tumoren. De ICRP¹ schat het risico op 50 fatale tumoren per miljoen blootgestelde personen/mSv. Met behulp van deze schatting kan men stralingsrisico's vergelijken met andere fatale risico's in het dagelijks leven (box 4.33). De ICRP geeft daarnaast een 'gewogen' en genuanceerder risicogetal dat rekening houdt met verlies van kwaliteit van leven (bijv. door een ingrijpende tumorbehandeling) en met het risico op genetisch overdraagbare schade. Zo komt de ICRP tot een gewogen risico van de totale stochastische schade van 73 gevallen per miljoen blootgestelde personen/mSv (box 4.29).

Box 4.29

Het gewogen risico op stochastische schade na bestraling (a) voor de hele bevolking en (b) voor de beroepsbevolking (ICRP). In de beroepsbevolking zijn jonge mensen beneden 18 jaar niet vertegenwoordigd (evenals ouderen boven 65 jaar). Door het ontbreken van jonge mensen, die gevoeliger zijn voor inductie van stochastische effecten, is het gewogen risico voor de beroepsbevolking kleiner dan voor de gemiddelde bevolking.

¹ De International Commission on Radiological Protection (ICRP) is het meest gezaghebbende internationale orgaan op het gebied van stralingsbescherming.

Gewogen risico op schade (per 10^6 /mSv) ten gevolge van:

	<i>fatale tumoren</i>	<i>niet-fatale tumoren</i>	<i>overerfbare schade</i>	<i>totaal gewogen risico</i>
bevolking	50	10	13	73
beroepsbevolking	40	8	8	56

In het kader van de stralingsbescherming gaat men ervan uit dat een stochastisch effect lineair vanaf de kleinste stralingsblootstelling toeneemt met de dosis. Aangezien deterministische effecten bij zeer kleine stralingsdoses van enkele tientallen mSv niet zullen optreden, kan worden vastgesteld dat stralingshygiëne voornamelijk gericht is op beperking van het stochastisch risico.

Deterministische effecten Klinisch treden deterministische effecten op boven een drempeldosis. Na een kleinere dosis wordt de schade door een beperkt aantal gedode cellen binnen de functionele reserve van het weefsel opgevangen. Bij overschrijding van de drempeldosis neemt de ernst van het effect toe met de dosis, omdat er meer celdood en dus meer schade wordt geïnduceerd. Behalve celdood van parenchymcellen leidt ook celdood van andere weefsel-elementen, zoals bloedvaten of bindweefsel, tot deterministische effecten.

Vooraf prolifererende cellen zijn gevoelig voor celdood. De deterministische schade die hieruit voortkomt, wordt in weefsels met een snelle turnover-tijd manifest binnen enkele weken of hoogstens een paar maanden na bestraling. Voorbeelden zijn: bloedvormend weefsel, darmepitheel, huid en manlijke gonaden.

In flexibeler georganiseerde weefsels, zoals lever, nieren, longen en centraal zenuwstelsel, worden functionele cellen alleen tot deling aangezet wanneer het aantal functionele cellen onder een kritische drempel daalt en aanvulling behoort. Afhankelijk van de overlevingsduur van de cellen en van de dosis, worden de stralingseffecten pas een half jaar tot vele jaren na bestraling waargenomen. Gewoonlijk worden na doses van minder dan 10 Sv op korte termijn weinig veranderingen waargenomen.

Uit box 4.30 blijkt dat na stralingsdoses van minder dan 1 Sv slechts voor enkele weefsels effecten te verwachten zijn. Voor de overige deterministische effecten is de drempeldosis hoger dan 1 Sv. De ICRP gaat ervan uit dat over het algemeen deterministische effecten door geëigende stralingshygiënische maatregelen te voorkomen zijn.

Box 4.30 Gevoeligheid van enkele organen en weefsels voor inductie van deterministische effecten

De waarden voor de drempeldosis geven een globale indicatie van de gevoeligheid.

<i>orgaan/weefsel</i>	<i>drempeldosis (Sv)</i>	<i>effect</i>
embryo	0,1-1	verhoogde kans op neo- en postnatale sterfte, misvormingen, mentale retardatie
spermatogenese	0,5	tijdelijke steriliteit (permanent vanaf 3-5 Sv)
ovulatieproces	1,5	tijdelijke steriliteit (permanent vanaf 3-5 Sv)
botgroei bij kinderen, botherstel	1-2	groevertraging
oog lens	< 1-4	cataract
huid	1	roodkleuring binnen paar uur na bestraling
	3	tijdelijke haaruitval
	12	verlies van haar irreversibel, huid geneest moeilijk
beenmergschade (na bestraling van alle beenmerg)	3 - 5	schade is letaal als gevolg van infecties door tekort aan lymfocyten en bloedingen door tekort aan trombocyten
schade aan maagdarmpitheel	10	denudatie van epitheel leidt tot braken, diarree, dehydratie

Blootstelling aan ioniserende straling van de Nederlandse bevolking

Doses ten gevolge van toepassingen van straling worden beoordeeld in relatie tot de natuurlijke stralingsbelasting, afkomstig van: kosmos, radioactieve verbindingen in de bodem en inwendige straling vanuit het lichaam zelf.

Box 4.31 Gemiddelde belasting in de westerse wereld door ioniserende straling van natuurlijke oorsprong en door toepassingen van straling (UNSCEAR)

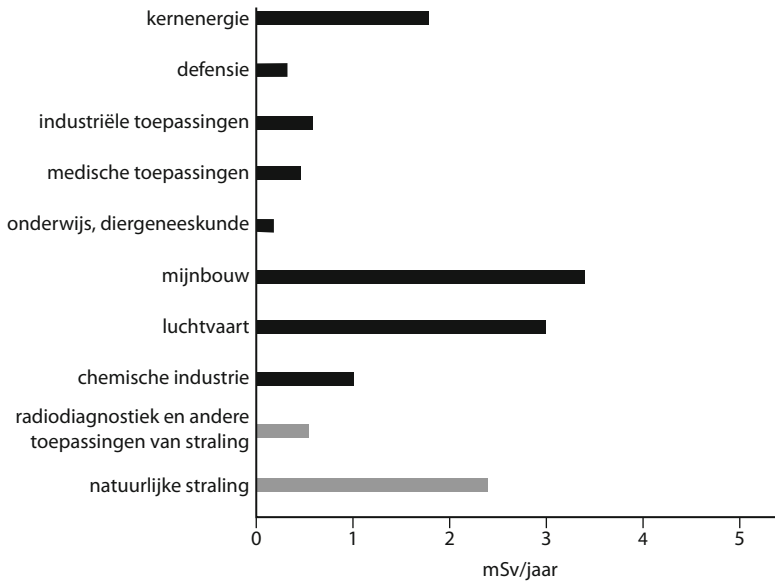
Circa 96% van de Nederlandse bevolking ontvangt doses in de orde van 1,2-5,0 mSv/jaar. De resterende 4% ontvangt doses groter dan 5,0 mSv/jaar.

<i>stralingsbron</i>	<i>dosis (mSv per jaar)</i>
natuurlijke straling	2,4
toepassingen en activiteiten die leiden tot extra blootstelling	
1. medische diagnostiek	0,5
2. fall-out	0,01
3. gebruiksgoederen (horloges/tv)	<0,01
4. vliegereizen	0,003 mSv/uur/per- soon
5. kernenergie	0,0015
totaal gemiddelde stralingsbelasting	2,9

Daarnaast worden de longen bij elke inademing blootgesteld aan de radongasconcentratie van de ingeademde lucht. Radongas is een edelgas dat uitsluitend een extra stralingsbelasting voor de longen veroorzaakt. Deze belasting is van gelijke orde als de belasting van de overige drie natuurlijke bronnen samen.

Naast gemiddeld 2,4 mSv natuurlijke stralingsbelasting per jaar is de Nederlandse bevolking blootgesteld aan gemiddeld 0,5 mSv per jaar afkomstig van stralingstoepassingen, merendeels voor medisch-diagnostisch onderzoek.

Voor werknemers die ten gevolge van hun beroep aan straling worden blootgesteld, wordt de extra belasting geschat op 2 mSv per jaar, gemiddeld over de diverse betrokken beroepsgroepen. Figuur 4.4 laat zien dat ook voor enkele niet-radiologische beroepsgroepen sprake kan zijn van een aanzienlijke extra stralingsbelasting.



Figuur 4.4

Stralingsbelasting (mSv/jaar) en beroep (zwarte balken). Wereldwijd zijn 11 miljoen mensen beroepsmatig blootgesteld. Ter vergelijking geeft de figuur de jaarlijkse belasting voor de Nederlandse bevolking door natuurlijke straling en door toepassingen van straling (grijze balken).

Metten van de dosis ioniserende straling

De keuze voor een apparaat voor de detectie van ioniserende straling hangt af van de toepassing.

- 1 Thermoluminescentiedosimeters (vroeger ook filmbadges), te bevestigen op een relevante plek op de kleding, zijn geschikt voor routinematige dosisregistratie (persoonsdosimetrie). Het persoonlijke dossier wordt getoetst aan de wettelijke voorschriften.
- 2 Voor het meten van het stralingsniveau op de werkplek wordt een met gas gevulde ionisatiedetector (zoals een Geiger-Müllertelbuis) of een natriumjodidescintillatieteller gebruikt. Deze worden ook gebruikt voor het opsporen van kleine besmettingen, bijvoorbeeld op de werktafel. Een simpele en efficiënte methode om een besmetting vast te stellen, is de 'veegproef'. Een propje watten gedrenkt in oplosmiddel wordt over het verdachte oppervlak geveegd. De radioactiviteit wordt met een vloeistofscintillatieteller bepaald.
- 3 Wanneer men een inwendige besmetting met een radioactieve stof vermoedt, worden de sporen daarvan in urine, feces, speeksel, bloed of extracten van een stukje weefsel bepaald met behulp van een vloeistofscintillatieteller. Op sommige plaatsen in Nederland zijn zogenaamde *whole-body counters* beschikbaar, waarmee de totale activiteit in het lichaam wordt gescand.

Normen voor veilig werken met ioniserende straling

In bijna alle landen worden de stralingsbeschermingsregelingen gebaseerd op de aanbevelingen van de ICRP. De recentste aanbevelingen (ICRP, 1991) vormen de basis voor de Europese richtlijnen voor stralingsbescherming; de Euratom richtlijnen. De Nederlandse wetgeving, verankerd in de Kernenergiewet, conformeert zich aan de Euratom-richtlijnen. De Kernenergiewet is een raamwet, waarvan de regelgeving op het gebied van de stralingsbescherming is uitgewerkt in het Besluit Stralingsbescherming 2002 en diverse ministeriële richtlijnen.

De ICRP beschrijft de algemene doelstellingen voor stralingsbescherming als volgt.

- 1 Blootstelling van personen aan ioniserende straling zonder nuttig doel moet worden voorkomen.
- 2 Blootstelling van personen aan straling moet steeds zo gering mogelijk worden gehouden (as low as reasonably achievable; deze stelregel wordt aangeduid als het ALARA-principe). Daarbij moeten de geneeskundige, wetenschappelijke, sociale en economische voordelen van de activiteit die leidt tot blootstelling afgewogen worden tegen de nadelen.
- 3 De dosis die door een persoon wordt ontvangen, mag de vastgestelde limiet niet overschrijden. De ICRP heeft de limieten zo vastgesteld dat de inductiefrequentie van stochastische effecten wordt beperkt tot een acceptabel niveau. Door vervolgens het ALARA-principe toe te passen probeert men zo ver mogelijk onder de limiet te blijven, voor zover dit sociaal en economisch verantwoord is. In box 4.32 zijn de dosislimieten gegeven voor blootgestelde werknemers en leden van de bevolking bij homogene bestraling van het hele lichaam. Bij inhomogene bestraling moet per blootgesteld orgaan een gewichtsfactor worden toegepast om per orgaan de relatieve gevoeligheid voor inductie van stochastische effecten in rekening te brengen.

Box 4.32	Dosislimieten voor blootgestelde werknemers (Besluit Stralingsbescherming 2002). De dosislimieten voor de bevolking zijn hiervan afgeleid
blootgestelde werknemers	100 mSv / 5 jaar
leden van de bevolking	5 mSv / 5 jaar

Gezien de drempeldosis zullen deterministische effecten over het algemeen niet voorkomen wanneer bovenstaande limieten in acht worden genomen. Toch acht de ICRP in bijzondere situaties de toetsing aan een deterministische dosislimiet noodzakelijk: bij lokale blootstelling van de oogleden, van een klein oppervlak van de huid of van handen en voeten.

Voor bepaalde groepen personen, zoals vrouwen in de vruchtbare leeftijd en jongeren van 16 tot 18 jaar die in het kader van hun studie aan ioniserende straling kunnen worden blootgesteld, gelden strengere beschermingsregels.

Preventieve maatregelen ter voorkoming van schadelijke effecten

Bij het werken met ioniserende straling zijn de belangrijkste beschermingsprincipes:

- 1 *Afscherming.* Veelal wordt lood gebruikt als afschermingsmateriaal dat bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de bron wordt geplaatst. Vertrekken waarin grote stralingsbronnen staan opgesteld, zoals lineaire versnellers voor radiotherapie, zijn omgeven door wanden van barytbeton van een bepaalde loodequivalente dikte. Soms is een loodschort nodig voor extra persoonlijke bescherming.
- 2 *De afstand tot de bron.* Het vergroten van de afstand is zeer doeltreffend omdat de dosis vermindert met het kwadraat van de afstand.
- 3 *Beperking van de duur van blootstelling.* Naarmate men korter is blootgesteld, zal de ontvangen dosis minder zijn. Dikwijls kan een aanzienlijke dosisreductie worden bereikt met een goede voorbereiding van de werkzaamheden.
- 4 *Persoonlijke dosisregistratie.* Persoonsdosimeters zijn compact uitgevoerd en registreren een eventuele blootstelling. De metingen dienen ter evaluatie en kunnen worden gebruikt voor verbetering van toekomstige werkzaamheden.
- 5 *Collegiale controle bij de uitvoering van ingewikkelde handelingen.* Een collega wordt gevraagd toe te zien bij cruciale handelingen.

Het risico van radiologische werkzaamheden

Als men van de ICRP-dosislimiet van 100 mSv per 5 jaar uitgaat, kan op grond van waarnemingen (figuur 4.4) worden aangenomen dat de gemiddelde dosis voor de groep blootgestelde werknemers niet hoger zal zijn dan 2 mSv per jaar.

Blootstelling van 2 mSv per jaar zal leiden tot 100 gevallen van fatale stochastische schade per miljoen werknemers per jaar. Dit risico is van dezelfde orde van grootte als bij andere beroepen en vergelijkbaar met de risico's die we in het dagelijks leven lopen, bijvoorbeeld wanneer we als autorijder of fietser deelnemen aan het verkeer (box 4.33).

Box 4.33	
Risico's in het dagelijks leven. Kans op overlijden ten gevolge van diverse situaties en activiteiten per jaar per 10⁶ inwoners van Nederland	
<i>activiteit</i>	<i>kans op overlijden</i>
vliegen	1,2
wandelen/lopen	18,5
fietsen	38,5
autorijden	175
bromfietsen	200
motorrijden	1000
sigaretten roken (pakje per dag)	5000
extra kans op overlijden t.g.v. toepassing van straling	
bevolking (gemiddeld 0,5 mSv per jaar extra)	25
radiologische werkers (2 mSv per jaar extra)	100

4.5 Giftige stoffen

Casus

Jan van Duiven, een 35-jarige bloemenkweker, komt in april op het spreekuur van zijn huisarts. Hij is moe en voelt zich opgejaagd en snel geïrriteerd. Hij slaapt slecht, zijn handen trillen en hij transpireert abnormaal veel. Bij navraag door de arts blijkt dat hij vorige week begonnen is zijn land gereed te maken voor de nieuwe teelt, dat wil zeggen de onkruiden te bespuiten. Daarvóór had hij deze verschijnselen niet. Bij verdere navraag komt naar voren dat zijn zwager, die tevens zijn compagnon is, ongeveer dezelfde verschijnselen heeft. In het kader van milieubehoud en vanwege kostenbesparing hadden ze in plaats van de tractor de rugspuit gebruikt. Die is niet geheel lekdicht en in de haast hebben ze bij het vullen weleens wat over hun kleding gemorst. De arts laat een potje met Jans urine in de koelkast zetten. Verder adviseert hij voorlopig te stoppen met spuiten, de verpakking van het gebruikte middel te (laten) brengen en de spuit te laten reviseren. Op de verpakking staat dat de werkzame stof een dinitrofenolderivaat is. 's Avonds belt de arts het Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC); het blijkt dat de gebruikte stof werkt door de oxidatieve fosforylering te ontkoppelen en zodoende tot onder andere hyperther-

mie leidt. Behalve afkoeling is er geen specifieke therapie. De verschijnselen van Jan passen zo goed bij deze stof dat analyse van de urine niet nodig is.

4.5.1 Wat zijn giftige stoffen?

Men noemt stoffen giftig als ze bij lage dosis schade kunnen toebrengen aan de gezondheid. Afhankelijk van de stof kan de schade, en daarmee het ziektebeeld, alle organen betreffen. De toxicologie helpt om antwoord te geven op de vraag: veroorzaken chemische stoffen bij deze persoon een (kans op) verminderde gezondheid?

Box 4.34 Toxicologie

De leer van de negatieve effecten op de gezondheid ten gevolge van schadelijke chemische stoffen.

Toxicokinetiek

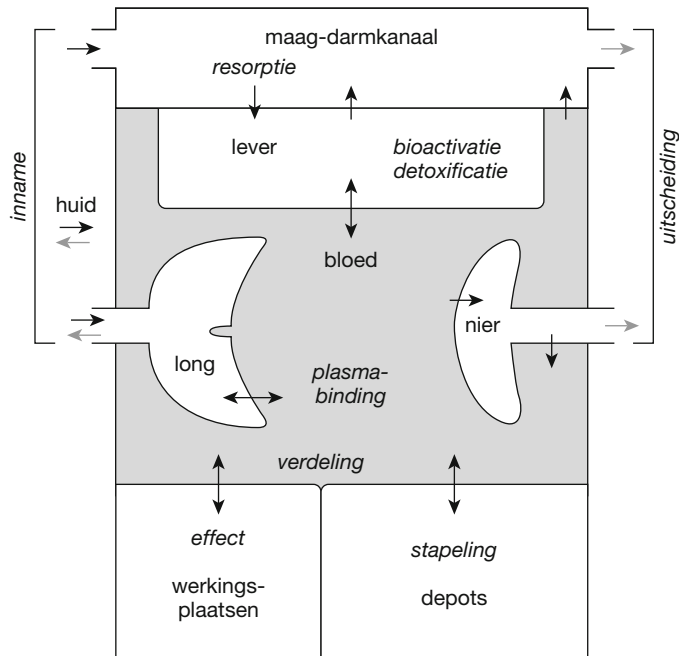
De meeste stoffen waarmee een mens in contact komt, zijn onderhevig aan de 'kinetische' processen van het lichaam. Deze bepalen de concentratie op de werkingsplaats (figuur 4.5) en maken dat bij sommige mensen of situaties wel en bij andere geen effecten optreden.

Onder 'inname' verstaat men het binnentreden van een stof in luchtwegen, maag-darmkanaal of huid; meestal zal een gedeelte van de stof *opgenomen* worden, dat wil zeggen in het bloed.

In de *luchtwegen* worden wateroplosbare gassen 'weggevangen' door de vochtige slijmvliezen, waar effecten kunnen optreden; bijvoorbeeld bronchoconstrictie door SO₂ of NH₃. Weinig-wateroplosbare gassen dringen door tot in de longblaasjes; sterk reactieve stoffen kunnen daar schade veroorzaken, in het bijzonder longoedeem door NO₂ of O₃. Minder reactieve verbindingen worden in het bloed opgenomen, bijvoorbeeld CO en organische oplosmiddelen.

Van deeltjes (aërosolen, bijv. rook, roet, as, stof, zout) komen de grotere (> 5 µm) in de hogere luchtwegen terecht, worden vervolgens door de trilhaarwerking naar de keel verplaatst en 'secundair' ingeslikt. De kleinere ('respirabel stof') deeltjes komen in de longblaasjes en het merendeel wordt vervolgens door cellen opgenomen en in het lichaam verspreid. Deeltjes kunnen gassen absorberen en tot in de longblaasjes meenemen.

Bij *huidcontact* worden vooral *kleine* moleculen die *zowel* vet als wateroplosbaar zijn, geresorbeerd. De resorptie is verhoogd bij een ontvette of geïrriteerde huid en bij versterkte doorbloeding. Door het plukken van pas



Figuur 4.5

Compartmentenmodel. De kinetische processen (schematisch) bepalen samen de concentratie op de werkingsplaatsen.

bespoten fruit of bloemen kan de huidopname van bestrijdingsmiddelen aanzienlijk zijn. Kleding doorweekt met parathion, DNOC, nitrobenzeen of aniline² is levensbedreigend. Bij blootstelling aan gassen is de huidopname doorgaans niet meer dan enkele procenten van de inhalatoire opname. Uitzonderingen zijn glycolethers³, waar de huidopname ruwweg gelijk is aan de inhalatoire opname.

Opname via het *darmkanaal* treedt op na secundaire ingestie van geïnhalerde deeltjes en bij eten of roken met vuile handen.

Bij de *verdeling* van vetoplosbare stoffen leidt meer lichaamsvet ('bufferfunctie') tot een grotere opname en een lagere concentratie, maar langduriger aanwezigheid in het bloed. Waarschijnlijk betekent dit geen noemenswaardig extra gezondheidsrisico.

Biotransformatie (omzetting) leidt uiteindelijk tot producten die minder schadelijk zijn (detoxificatie). Soms is een tussenproduct de werkzame stof (bio-

2 Parathion: insecticide van de organofosfaatgroep, cholinesteraseremmer; dnoc(dinitroresol): herbicide/loofdoodspruitmiddel, veroorzaakt hyperthermie; nitrobenzeen: oplosmiddel voor speciale verven, veroorzaakt hemiglobinemie (methemoglobinemie); aniline: grondstof voor veel kleurstoffen, carcinogeen en veroorzaakt hemiglobinemie.

3 'Moderne' oplosmiddelen, onder andere voor watergedragen verven.

activatie), bijvoorbeeld paraoxon bij parathion, 2,5-hexaandion bij hexaan en een kankerverwekkende oxymetaboliet bij benz(a)pyreen.⁴

De *uitscheiding* van de meeste stoffen gaat via de nieren, van vluchtige stoffen ook via de longen en van lipofiele stoffen via de lever. Aangezien de omgezette en uitgescheiden hoeveelheid meestal evenredig is met de hoeveelheid in het lichaam, daalt het gehalte exponentieel. Hoe groter de eliminatiesnelheid, des te korter de halfwaardetijd ($T_{1/2}$).

Bioaccumulatie (stapeling) treedt op indien een deel van de stof nog in het lichaam aanwezig is wanneer de volgende dosis wordt opgenomen. De hoeveelheid in het lichaam bereikt een hoger niveau naarmate de dagelijkse opname groter is en de eliminatiecapaciteit voor die stof kleiner. Voorbeelden van cumulerende stoffen met $T_{1/2}$ van meer dan enige weken zijn: lood ($T_{1/2}$ van zachte weefsels: circa 6 weken, bot: 10 jaar), cadmium ($T_{1/2}$ van de nier: > 20 jaar) en PCB's ($T_{1/2}$ van vetweefsel: circa 1 jaar).

Omdat kinetische processen tussen mensen kunnen verschillen (zie par. 4.5.3), zal bij eenzelfde uitwendige blootstelling bij de ene persoon meer agens op de werkingsplaats komen dan bij de ander.

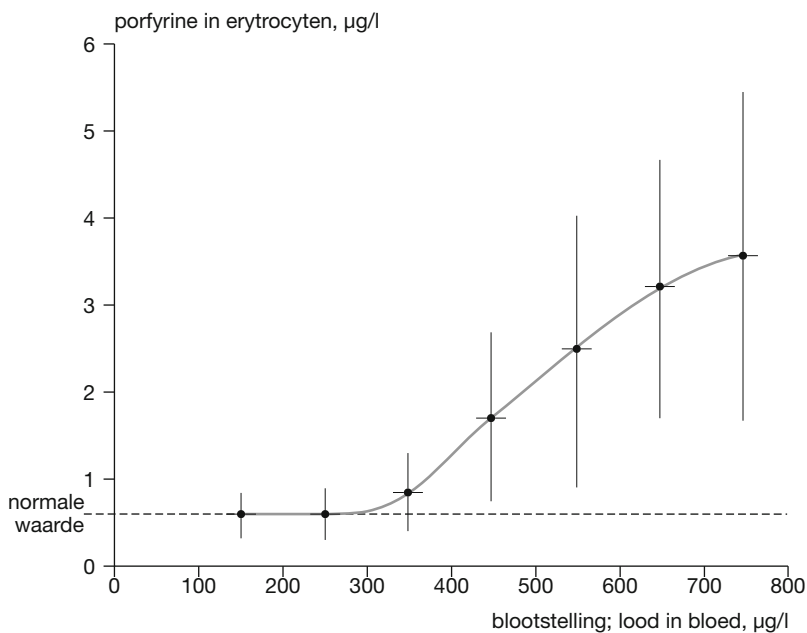
4.5.2 Effecten van giftige stoffen

Lokale effecten treden op ter plaatse van het contact met het lichaam (lucht-wegen, huid, ogen, maagdermkanaal), terwijl *systeme*ffecten pas na verspreiding van de stof via het bloed naar een doelorgaan naar voren komen. *Acute* effecten nemen snel in ernst toe; ze treden meestal op kort na het begin van een hoge blootstelling (bijv. longoedeem door chloor of bronchosecretie door parathion). *Chronische* effecten nemen niet of langzaam (na meer dan enkele weken) in ernst af. Ze kunnen ontstaan door een minder hoge blootstelling, mits die lang genoeg duurt (bijv. toxische encefalopathie door oplosmiddelen),⁵ soms door eenmalige hoge blootstelling (bijv. bronchiolitis obliterans door chloor). Om bij een gegeven (of veronderstelde) blootstelling het effect te schatten, kan men de expositie-effectrelatie(s) van de betreffende stof gebruiken. Figuur 4.6 geeft een voorbeeld.

Belangrijk bij een expositie-effectrelatie is de laagste expositie waarbij het effect optreedt: de zogenaamde *effectdrempel*. Ten gevolge van statistische onzekerheid kan zo'n drempel niet nauwkeurig bepaald worden. Spreekt men over *de* effectdrempel van een stof, dan bedoelt men van alle effecten de drempel met de laagste expositie. Dergelijke drempels liggen lager naarmate gevoeliger onderzoeksmethoden worden toegepast. Dit noopt tot voorzichtigheid bij het gebruik van de bestaande (beperkte) kennis. In de praktijk

4 Hexaan: oplosmiddel, komt ook voor in benzine, neurotoxisch; benz(a)pyreen: prototype van de groep carcinogene polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's).

5 Men vermoedt dat korte perioden van hogere blootstelling hier relatief belangrijk zijn; de capaciteit van de detoxificatie- of reparatiemechanismen zou dan overschreden kunnen worden.



Figuur 4.6

Expositie- effectrelatie: effect van lood op porfyryne in erythrocyten, bij een groep werknemers, m ± sd.

volstaat men voor de expositie-effectrelatie vaak met een tabel van drempelwaarden.

Box 4.35		Beroepen met kankerrisico
lokalisatie	agens	beroep/bedrijfstak
blaas	aromatische amines	kleurstof-, rubberindustrie
huid	PAK's	wegwerkers
leukemie	benzeen	chemische en rubberindustrie
long	asbest, chroom, nikkel, PAK's	scheepsbouw, metaal- en petrochemische industrie
mesothelioom	asbest	scheepsbouw, isoleerders, slopers
neus, bijholte	hout, leer	hout- en leerbewerkers
nier, prostaat	cadmium	metaalindustrie

Carcinogene effecten

Door de Nederlandse overheid wordt beroepsmatige blootstelling aan ongeveer 200 chemicaliën als 'bewezen humaan carcinogeen' beschouwd.

De meeste carcinogenen werken via DNA-beschadiging (mutageen, 'genotoxisch') en met een stochastisch mechanisme. Daarbij wordt de kans op kanker geacht evenredig te zijn met de dosis en geen effectdrempel te hebben. Dat wil zeggen dat reeds een enkele molecuul de kans op kanker – zij het in minimale mate – zou verhogen. Enkele carcinogenen hebben waarschijnlijk geen stochastisch mechanisme, maar daarmee wel een drempelwaarde. Voorbeelden: formaldehyde is pas carcinogeen in 'cytotoxische' concentratie, arsenicum remt de 'spontane' reparatie van DNA-schade ten gevolge van andere stoffen en dioxinen hebben overwegend promotorwerking. Dierproeven zijn belangrijk om het werkingsmechanisme en de werkzaamheid vast te stellen. Problemen bij extrapolatie naar de arbeidssituatie zijn: soortspecifieke verschillen in kinetiek en orgaangevoeligheid, en de hoge doseringen en soms afwijkende blootstellingswijze, bijvoorbeeld per maagsonde (zie par. 2.7). Tumoren zijn meestal morfologisch niet herkenbaar als zijnde veroorzaakt door het beroep.

Effecten op voortplanting en nageslacht

Effecten bij en via vrouwen: lood, cadmium en zwavelkoolstof kunnen schade veroorzaken aan het ongeboren kind beneden de effectdrempel voor de moeder en ook vroeggeboorte of abortus (*teratogeniteit*). Effecten op de vruchtbaarheid en menstruatiestoornissen zijn beschreven. Verdacht zijn: koolmonoxide, arsenicum, kwikverbindingen, dichloormethaan en styreen,⁶ evenals oplosmiddelen waarbij dat de specifieke oorzakelijke stof onduidelijk is.

Effecten bij en via mannen: dibroomchloorpropan (bodemonstmetter) kan oligospermie en libidovermindering veroorzaken. Narcosegassen kunnen mogelijk leiden tot aangeboren afwijkingen. Het is heel wel denkbaar dat ook bij andere stoffen dergelijke effecten zullen blijken.

Effecten van meervoudige blootstelling

Zolang de blootstelling laag is (d.w.z. omstreeks de drempelwaarde) en verschillende orgaan-systemen betreft, zal de aanwezigheid van een factor meestal *geen* invloed hebben op de inwerking van een andere factor. Wanneer de inwerking wel dezelfde orgaanfunctie betreft, zullen de effecten vaak *additief* zijn: het gezamenlijke effect is de som van de afzonderlijke. Additie treedt

6 Dichloormethaan wordt onder andere gebruikt als verfabijtmiddel, styreen is de grondstof van polyester en komt als zodanig voor bij de bouw van (plezier)vaartuigen en dergelijke.

waarschijnlijk op bij diverse luchtwegprikkelende, narcotisch werkende of neurotoxische stoffen.

In de andere gevallen spreekt men van *interactie*. Bij *synergisme* (gelijksoortige werking) en *potentiëring* (ongelijksoortige werking) is het gezamenlijke effect groter dan de som van de afzonderlijke effecten. Hiervan zijn overigens maar enkele combinaties bekend: roken en asbest ten aanzien van longkanker,⁷ sommige organofosfaatbestrijdingsmiddelen, mogelijk zwaveldioxide en zwevend stof. Wordt het gezamenlijke effect kleiner dan het grootste afzonderlijke effect, dan spreekt men van *antagonisme*; zo werkt selenium antagonistisch op de effecten van kwik, zink op cadmium en ijzer op lood.

4.5.3 Risicogroepen

Bij de vraag 'waarom heeft deze persoon een klacht/ziekte en zijn collega's niet?', dient men de volgende, niet strikt gescheiden categorieën risicogroepen te overwegen.

- 1 *Hogere uitwendige blootstelling*. De werkplek bevindt zich bijvoorbeeld dicht bij de bron, er is huidcontact, of eventueel riskante hobby's.
- 2 *Het gedrag leidt tot extra inname*.
- 3 *Grotere gevoeligheid*. Deze kan berusten op afwijkende kinetiek. Mensen met een N-acetyltransferasedeficiëntie vormen meer carcinogene metabolieten uit aromatische amines. Met een G6PD-deficiëntie (dit komt vaker voor bij het negroïde ras) krijgt men eerder hemolyse bij blootstelling aan bijvoorbeeld naftaleen. Bij weinig calcium, ijzer of eiwit in de voeding is de resorptie van sommige giftige metalen, bijvoorbeeld lood, verhoogd. Verminderde zelfreiniging van de luchtwegen als gevolg van roken is belangrijk; leverziekte leidt pas in het eindstadium tot verminderde detoxificatie. Grotere gevoeligheid kan ook aanwezig zijn op de *werkingsplaats*. Bij vrouwen (en kinderen) wordt de haemsynthese sneller gestoord door lood dan bij mannen. Het ongeboren kind is gevoeliger voor bijvoorbeeld organisch kwik dan de zwangere moeder. Ook allergie en hyperreactiviteit, bijvoorbeeld van de luchtwegen (prikkelende gassen!), behoren tot deze categorie. Ook het bestaan van bepaalde ziekte (geringe *reservecapaciteit*) kan men hiertoe rekenen: bij personen met vernauwde kransslagaderen leidt bijvoorbeeld een toename van het koolmonoxidegehalte in het bloed eerder tot pijn en tot beëindiging van lichamelijke activiteit. Bij oudere werknemers zullen sommige orgaanfuncties verminderd zijn.

7 Hier is het aantal kankergevallen meer dan men zou verwachten op grond van optelling van de afzonderlijke effecten. Het aantal past echter goed bij het gebruikelijke multiplicatieve model voor incidenties; vanuit deze optiek is er geen synergisme.

Box 4.36 Hygiënisch gedrag

Een bloembollenkweker gaat zijn tulpen bespuiten. Hij trekt een schone overall aan (1), sluit de schuurdeur (stuiven!) (2), doet een mondkapje voor (3), opent voorzichtig de zak met stuivend poeder dat hij zonder morsen in de spuittank schept (4), wast zijn handen (5) en eet niet op de werkplek (6).

4.5.4 Meten van de blootstelling

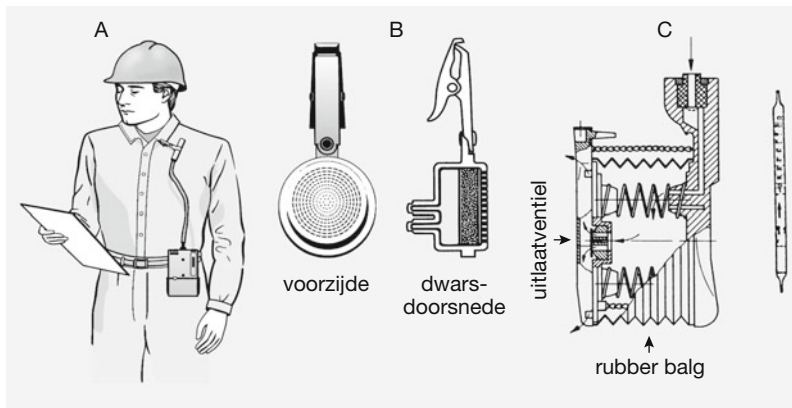
De aanwezigheid van een toxische stof op de werkplek leidt niet automatisch tot gezondheidsschade. Naast de *toxiciteit*, het vermogen van een stof om een lokaal of systemisch effect te veroorzaken, is blootstelling van belang: de mate van contact (intensiteit en tijdsduur) met een stof. De expositie wordt uitgedrukt als de omgevingsconcentratie (mg/m^3 , bij een veronderstelde vrij constante blootstelling), als de cumulatieve expositie (bijv. $\text{mg}/\text{m}^3 \times \text{jaar}$) of als inwendige expositie (bijv. het loodgehalte in bloed).

Vaak is het verstandig een meting van blootstelling zo uit te voeren, onder andere wat betreft tijdsduur en tijdstip, dat men de uitkomst kan toetsen aan een grenswaarde.

Uitwendige blootstelling

Het meten van de *gemiddelde* hoogte van de blootstelling is van belang met het oog op chronische effecten; '*pieken*' vooral in verband met acute effecten. Een voorbeeld: lage beroepsmatige blootstelling aan cadmiumoxide (inhalerbaar stof) gedurende twintig jaar kan leiden tot nierschade met verlies van eiwit in de urine, maar niet tot longschade. Echter, hoge blootstelling gedurende een uur kan metaaldampkoorts veroorzaken, maar draagt nauwelijks bij aan de kans op (latere) nierschade.

Meten op vaste punten in een ruimte, omgevings- of *environmental monitoring*, geeft zelden een goed beeld van de (inhalatoire) blootstelling van een werknemer. Beter is de persoonlijke luchtbemonstering (*personal air sampling*, PAS), dat door middel van een slangetje bevestigd aan de kraag, met behulp van een pompje gevoed door een accu, de lucht bij de mond aanzuigt en door absorberend materiaal leidt. Speciale aanzuigkoppen en filters dienen voor het lastige meten van stof. Ook worden wel 'passieve' samplers gebruikt, die op de kleding gespeld kunnen worden. De bemonsteringsduur is meestal 1-8 uur. Voor eenmalige, oriënterende metingen zijn eenvoudige handpompjes verkrijgbaar; die zuigen een vast volume door een 'indicatorbuisje' waarin de verkleuring bij benadering de concentratie aangeeft. Figuur 4.7 toont enige apparaten.



Figuur 4.7

Persoonlijke monsternamen: met pomp (A) of passieve sampler (B); zuigpompje met indicatorbuisje (C).

Inwendige blootstelling en biomonitoring

Met *inwendige blootstelling* bedoelt men de aanwezigheid van een lichaamsvreemde stof in een biologisch medium (bloed, urine, doelorgaan, enz.). *Biomonitoring* is het (systematisch) meten van een stof of omzettingsproduct in een biologisch medium om de blootstelling of het risico voor de gezondheid te schatten.⁸ De tijdsduur tussen de meting en het einde van de blootstelling is belangrijk: hoe langer, des te lager de concentratie van de stof in het monster (een zogenaamd *exponentieel verval*). Omgekeerd: een bepaalde concentratie van perchlooretheen in de uitademingslucht van een werknemer na een week afwezigheid van het werk, bijvoorbeeld wegens ziekteverzuim, duidt op een veel hogere blootstelling dan dezelfde concentratie wanneer hij de vorige dag nog gewerkt heeft. Box 4.38 geeft enkele voorbeelden van biologische grenswaarden.

Hoofdhaar lijkt aantrekkelijk voor biomonitoring, maar het is moeilijk om de ‘inwendige’ blootstelling van uitwendige contaminatie te scheiden en de spreiding bij gezonde personen is groot. Voor arsenicum en kwik is toepassing op groepsniveau mogelijk.

Tot de voordelen van de biologische monitoring in vergelijking met omgevingsmonitoring hoort dat alle opnamewegen (luchtwegen, darmkanaal, huid) en bronnen (voedsel, lucht, hobby, arbeid) verdisconteerd worden en dat individuele (leef)gewoonten, (werk)hygiëne en afwijkende kinetiek⁹ ‘automatisch’ in rekening gebracht worden. Bij *lokale* effecten is biomonitoring meestal zinloos: de uitwendige blootstelling is een veel betere voorspel-

8 Ook het meten van ‘vroeg’ effecten, die geen tot weinig symptomen veroorzaken, wordt wel tot ‘biomonitoring’ gerekend.

9 Bij het schatten van de uitwendige blootstelling op basis van biomonitoring vormt afwijkende kinetiek een foutenbron.

ler voor zulke effecten dan de inwendige. Een nadeel van biomonitoring kan echter zijn dat men de medewerking van de werknemer nodig heeft.

4.5.5 Preventie

Grenswaarden

De maximaal aanvaarde concentratie (MAC) betreft een gas-, nevel- of stofvormig agens in de lucht op de werkplek. Bij de vaststelling hanteert de Gezondheidsraad zo veel mogelijk als uitgangspunt dat die concentratie gedurende een arbeidsleven – voor zover de kennis reikt – in het algemeen de gezondheid van zowel de werknemers als van hun nageslacht niet benadeelt.

De MAC is de bovengrens voor de tijdgewogen gemiddelde (tgg) concentratie over 8 uur. Daarbij zijn in het algemeen korte (< 15 min.) overschrijdingen, meestal tot een factor 2 toegestaan. Bij stoffen met een MAC-C(ceiling) mag de vermelde concentratie nooit overschreden worden.

Bij het afleiden bepaalt men eerst bij welke mate van expositie geen 'nadeelig' effect voor de gezondheid te verwachten is: de *no-observed adverse effect level* (NOAEL). Men neemt daarvoor in beginsel de drempelwaarde en anders een expositie waarbij wel enig, maar acceptabel effect optreedt. Meestal worden een of meer veiligheidsfactoren gebruikt, zie box 4.37.

Box 4.37 Veiligheidsfactoren

Vaak zijn de beschikbare gegevens niet adequaat voor de arbeidssituatie of bevatten onzekerheden; bijvoorbeeld het onderzoek is bij proefpersonen of proefdieren, of met orale opname, beperkte expositieduur, of er is alleen een 'adverse effect level' bekend. In die gevallen deelt men de blootstelling uit het meest geschikte onderzoek door extrapolatie- en veiligheidsfactoren (grootte ca. 1,5-10 per factor). Zo krijgt men een MAC die veilig geacht wordt voor werknemers. Hierbij is er vrij veel interpretatieruimte.

Stel dat de blootstelling in een arbeidssituatie de MAC overschrijdt, dan wordt een uitspraak over het feitelijke risico voor de gezondheid van die werknemers onzekerder naarmate meer factoren voor deze MAC gebruikt waren.

Bij toegelaten stochastische carcinogenen berekent men de extra kans op kanker per mg/m^3 arbeidslevenslange blootstelling (op basis van het 'lineaire geen-drempelmodel'). Daaruit leidt men het blootstellingsniveau af dat bijvoorbeeld één extra ziektegeval per 10.000 werknemers (in hun gehele leven) zal veroorzaken. Of die concentratie correct is, valt niet te controleren; het werkelijke risico is waarschijnlijk kleiner.

Bij *gelijktijdige blootstelling* aan verschillende stoffen die een soortgelijk effect hebben, gaat men vaak veiligheidshalve uit van additieve werking en hanteert men de formule

$$C_1/N_1 + C_2/N_2 + \dots + C_n/N_n \leq 1$$

waarbij C de toegelaten concentratie (of dosis) van een stof is in die situatie en N de (liefst effectspecifieke) grenswaarde in geval van enkelvoudige blootstelling.

Een voorbeeld: stel $N_1 = 4 \text{ mg/m}^3$, $N_2 = 60 \text{ mg/m}^3$ en C_1 op die plek = 3 mg/m^3 , dan mag C_2 daar ten hoogste 15 mg/m^3 zijn.

Van de *biologische grenswaarden* zijn er enkele vermeld in box 4.38.

Box 4.38	Biologische grenswaarden	
	<i>agens</i>	<i>biologische grens</i>
Pb-B	700 µg/L	200 µg/L
Hg-U	50 µg/L	5 µg/L
Cd-U	5 µg/L	2 µg/L
CO-Hb	4 %	½ - 10% (t.g.v. roken)
PER-L/	50 µg/m ³	0,05 µg/m ³
TCA-U	5 mg/L	0,1 mg/L?

De achtervoegsels duiden het medium (Bloed/Urine/Lucht) aan.

Maatregelen

De Arbeidsomstandighedenwet verplicht een bedrijf tot een toxische-stoffenbeleid. Bij een patiënt met een toxicologisch probleem kan de arts, via de bedrijfsarts, nuttig gebruikmaken van de blootstellingsgegevens die het bedrijf beschikbaar moet hebben. Het toxische-stoffenbeleid kan men zien als een aantal stappen, die hier kort worden aangeduid:

- 1 vastleggen van taken en verantwoordelijkheden van personen en eventueel een 'toxische-stoffenteam';
- 2 werkplekonderzoek en risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E): stoffen, hun toxiciteit, gebruik of voorkomen vastleggen in een *register*; tijdsduur en hoogte van de blootstelling bepalen en vergelijken met MAC-waarden;
- 3 preventieve maatregelen: bijvoorbeeld technisch, afzuiging, persoonlijke bescherming, voorlichting en training.

De arbodienst moet de dossiers van aan carcinogenen blootgestelde werknemers (gedurende 40 jaar) bewaren. Voor *teratogenen* zijn dergelijke voorschriften op komst. Van asbest zijn alle toepassingen verboden en strenge maatregelen voorgeschreven bij opruiming, enzovoort. Voor lood in lucht

en in bloed zijn 'actieniveaus' vastgesteld, waarboven bepaalde maatregelen verplicht zijn.

4.5.6 Acute behandeling

In geval van een acute intoxicatie kan een arts 24 uur per dag contact opnemen met het Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum, telefoon (030) 274 88 88, voor informatie en therapieadvies. Voor een beperkt aantal stoffen zijn *antidota* beschikbaar.

4.6 Biologische gezondheidsrisico's

Casus

Op het spreekuur komt Piet Jansen, 44 jaar. Hij heeft last van buikklachten, met name buikkrampen, en klaagt dat hij lusteloos is en moe. In de anamnese komt ook zijn beroep aan bod: hij werkt bij de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Hoewel u een verklaring van zijn klachten niet direct in de richting van biologische risico's in zijn werk zoekt, neemt u de mogelijkheid op in uw differentiële diagnose. U vraagt om die reden nog wat door: hij komt als procestechnicus bij de slibdrooginstallatie vaak direct in aanraking met afvalwater en ontwaterd slib. Meestal eet en drinkt hij samen met zijn collega's op de werkplek.

In veel beroepen, zoals bij de rioolwaterzuivering en in de gezondheidszorg, zijn er biologische gezondheidsrisico's. Soms is bescherming mogelijk, bijvoorbeeld door te vaccineren. Maar het begint met het (her)kennen van de mogelijke risico's, de transmissiemogelijkheden en de blootgestelde of kwetsbare groepen. Ook bij biologische gezondheidsrisico's is voorkomen van blootstelling én goed en veilig omgaan met de risico's het belangrijkste.

4.6.1 Wat zijn biologische gezondheidsrisico's?

Biologische gezondheidsrisico's zijn risico's bij het werken met bacteriën, virussen, schimmels, menselijke endoparasieten en celculturen, al dan niet genetisch gemanipuleerd, en het werken met plantaardige of dierlijke producten. Ook biologische enzymen en prionen, eiwitten die in verband worden gebracht met BSE (boviene spongiforme encefalopathie) bij runderen en de ziekte van Creutzfeldt-Jakob bij mensen, worden hierbij ingedeeld.

4.6.2 Effecten van biologische gezondheidsrisico's

Het gevolg van blootstelling aan biologische agentia kan zijn: een infectie en de verspreiding ervan, een allergische reactie, een toxische reactie of kanker. Denk bijvoorbeeld aan hepatitis B in de gezondheidszorg of allergisch

beroepsastma bij proefdierverzorgers en beroepsgebonden huidaandoeningen.

Komt het veel voor?

Op veel arbeidsplaatsen komen biologische gezondheidsrisico's voor, bijvoorbeeld bij werk (of studie) in de medische zorg, in land- en tuinbouw en in laboratoria.

Box 4.39 Beroepswerkzaamheden met potentiële blootstelling aan biologische agentia

- werk in de voedingsindustrie
- werk in de landbouw
- werkzaamheden waarbij er contact is met dieren en/of producten van dierlijke oorsprong
- werk in de gezondheidszorg, met inbegrip van werk in isolatie- en post-mortem eenheden
- werk in klinische, veterinaire en diagnoselaboratoria
- werk in afvalverwerkingsbedrijven
- werk in installaties voor de zuivering van rioolwater

(Bron: publicatie Europese gemeenschap EU 2000 / 54 / EC)

Geschat wordt dat er in 12% van de bedrijven kans is op contact met mogelijk besmettelijke personen, dieren of materiaal. Maar in ander, minder voor de hand liggend werk kunnen ook risico's voorkomen, zoals in het onderwijs (slecht schoongemaakte scholen), bij internationaal werkende bedrijven (het 'meenemen' van allerlei infectieziekten, bijv. SARS), werk in de zorg voor jonge kinderen/kinderdagverblijven. Er is in bedrijven ook alertheid op de risico's van bioterrorisme.

4.6.3 Blootstelling en transmissie

Het is belangrijk om biologische gezondheidsrisico's te (her)kennen en te benoemen in de risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E).

Bronnen van biologische gezondheidsrisico's zijn: water, (mensen)bloed, voedsel, dieren, afval en planten. Transmissie vindt plaats door direct contact (aanraken, bijten), via de lucht (stoffen, aerosolen) en via vectoren (insecten, naalden, werkkleding).

Meten en normen

Het meten van de blootstelling met expositiemetingen is lastig. De kennis over grenswaarden is schaars, er zijn nauwelijks goede meetmethoden en

voor de meeste biologische risicofactoren zijn er geen dosis-responsrelaties bekend. Ook traditionele methoden (kweken/cultuur) zijn beperkt bruikbaar. Er is één MAC-waarde: voor endotoxine (200 EU/m³).

4.6.4 Risicogroepen

Naast de al genoemde beroepsgroepen 'at risk' (box 4.39) zijn er groepen werknemers te benoemen voor wie het risico op infecties door hun werk groter is dan gemiddeld. Dit zijn zwangere werknemers in kinderdagverblijven, dierenartspraktijken of vleesverwerkende industrie; werknemers met een chronische ziekte, werknemers met een risicovolle leefstijl en werknemers in specifieke arbeidsomstandigheden.

In de regelgeving van de Europese Unie wordt het risico van biologische agentia ingedeeld in vier klassen op basis van de ziekmakende potentie van het agens, het risico voor de werknemers, de kans op verspreiding en de mogelijkheid voor profylaxe/behandeling.

Zo komen ze tot vier groepen:

- groep 1: onwaarschijnlijk dat ziekte wordt veroorzaakt;
- groep 2: potentieel ziekmakend, risico voor werknemers, laag risico op verspreiding, wel profylaxe/behandeling (bijv. *Leptospira interrogans* (ziekte van Weil), Epstein-Barr-virus, influenzavirus);
- groep 3: potentieel ernstig ziekmakend, groot risico voor werknemer, kans op verspreiding, wel profylaxe/behandeling (bijv. *Mycobacterium tuberculosis*, hepatitis-B-virus, hepatitis-C-virus, HIV);
- groep 4: potentieel ernstig ziekmakend, groot risico voor werknemer, grote kans op verspreiding, gewoonlijk geen profylaxe/behandeling mogelijk (bijv. Lassa-virus, Ebola-virus).

4.6.5 Preventie en bestrijding

Casus

Nicole van der Meer is erg blij dat ze ingeloot is en begint vol enthousiasme aan de medische studie. Er is van alles te regelen: stapels dikke en dure boeken, een kamer, afspraken met het mentorgroepje en ga zo maar door. Omdat ze nu medisch student is en in het ziekenhuis met patiënten in aanraking gaat komen, krijgt ze een oproep van de arbodienst om zich te laten inenten tegen hepatitis B. Dat is goed geregeld, denkt ze.

Bij de preventie en bestrijding van biologische gezondheidsrisico's wordt de zogenoemde bio-hygiënische strategie toegepast. Net zoals bij de arbeidshygiënische strategie geeft deze strategie de prioriteitsvolgorde aan van preventieve beheersingsmaatregelen. De prioriteiten zijn de volgende.

- Bestrijding aan de bron, aanpak van de blootstelling en de risico's zelf: dit zijn maatregelen om de risico's te beheersen. Deze zijn medeafhankelijk

van de risicogroep waarin de biologische agentia zitten. Denk bijvoorbeeld aan maatregelen als: gescheiden arbeidsplaats, apart filter voor luchtafvoer, specifieke desinfecteerprocedures, veilige opslag, veilige omgang met geïnfecteerd materiaal, ruimtes gemakkelijk schoon te maken en beschermende kleding.

Voorbeeld: Vanaf 2004 moeten bedrijven aangeven welke maatregelen ze hebben genomen om de groei en verspreiding van legionella te voorkomen in bijvoorbeeld koeltorens, wasstraten en luchtbevochtigingsinstallaties (airconditioning).

- Overdracht/transmissie beheersen en hygiënisch gedrag bevorderen: vooral in de gezondheidszorg weten we dat het heel belangrijk is om met hygiënisch gedrag de overdracht van infecties te voorkomen. Naar gelang de specifieke situatie zijn er allerlei tips te geven voor het hygiënisch omgaan met potentieel besmet materiaal en biologische risico's. Zie ook box 4.40.

Box 4.40 Hygiënisch werken om HBV- en HIV- infectie te voorkomen

- Gebruikte naalden niet in het beschermhoesje terugstoppen, maar in speciale containers
- Training in het omgaan met scherpe voorwerpen
- Glasscherven die met bloed besmet kunnen zijn met pincet of iets dergelijks opruimen
- Handschoenen dragen bij kans op contact met lichaamsvloten van patiënten, onder andere bij een bevalling
- Mondmasker en bril gebruiken bij behandelingen waarbij spatten of aërosolen voorkomen, bijvoorbeeld tandsteenverwijdering
- Waterdicht pleister of verband op huidverwondingen en kloofjes aanbrengen

- Persoonlijke bescherming en behandeling in een vroeg stadium: een van de belangrijkste toe te passen maatregelen is het beschermen van de werknemer door middel van vaccinatie, als dat mogelijk en effectief is. Vaccinaties bieden goede bescherming; bijvoorbeeld na vaccinatie tegen hepatitis B is 80-100% goed beschermd. Daarom moeten werkgevers in de gezondheidszorg vanaf medio 1999 vaccinatie tegen hepatitis B aanbieden aan werknemers die kans lopen op intensief bloedcontact. Bij vaccinatie tegen hepatitis B wordt een maand na de eerste vaccinatie een tweede vaccinatie gegeven, na een half jaar de derde vaccinatie. In maand 7 volgt bloedonderzoek ter controle.

Is er geen vaccinatie gegeven of mogelijk, dan is na een (prik)transmissie-accident een EHBO- of 'post-exposure' profylaxe mogelijk. En ten slotte worden persoonlijke beschermingsmiddelen gebruikt (zie ook box 4.41).

Box 4.41	Genomen maatregelen bij biologische gezondheidsrisico's
gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen	76%
voorlichting en training aan werknemers	37%
bronmaatregelen	30%
vaccinatie tegen hepatitis B	23%
overige maatregelen	17%
protocol prikaccidenten	15%
vaccinatie tegen andere infectieziekten	7%

(Bron: Arbobalans)

4.6.6 Tot slot

Infectieziekten als beroepsinfectieziekten komen veel voor. Sommige ziekten zijn betrekkelijk nieuw, zoals legionellose (*Legionella pneumophila*, vanaf 1977) of de ziekte van Lyme (*Borrelia burgdorferi*, vanaf 1982). Andere zijn al langer bekend of komen weer terug, zoals kinkhoest (*Bordetella pertussis*) en malaria. Internationale verspreiding gaat vaak snel, zoals bij SARS (een coronavirus, sinds 2003 bekend). Helemaal voorkómen van (beroeps)infectieziekten is moeilijk. De nadruk ligt op het verbeteren van hygiënische omstandigheden, vaccinatie en gezond gedrag. Dit op basis van een gedegen kennis van de risico's en blootstelling.

4.7 Werken in ploegendienst

Werken in ploegendienst valt onder arbeidsvoorwaarden (zie hoofdstuk 1) en is bij een aantal beroepen onvermijdbaar, bijvoorbeeld in de gezondheidszorg, politie, brandweer en energievoorziening. Daarnaast spelen economische aspecten een rol om tot ploegendienst over te gaan. Het werken in onregelmatige diensten is een vorm van ploegenarbeid. Overwerk is iets anders dan ploegenarbeid, aangezien overwerk alleen dient voor te komen als een karwei voor een bepaalde deadline naar verwachting niet af is en tijdelijk langer werken dan normaal (8 uur per dag) een oplossing is om het karwei af te ronden.

Er bestaan allerlei varianten van ploegendiensten (twee, drie, vijf of zes ploegen) en dienstroosters. Snel en voorwaarts roteren (met de klok mee) van het rooster blijkt de minste gezondheidsklachten op te leveren. Dit houdt in dat na een periode van dagdienst (niet meer dan 5 aaneengesloten werkda-

gen) en daaropvolgende vrije dagen, een avonddienst wordt geroosterd en tot slot nachtdienst. De vraag kan gesteld worden of werken in ploegendienst vanuit humaan oogpunt acceptabel is. In feite niet, aangezien we weten dat werken in ploegendienst, behalve tot een gebroken sociaal leven, kan leiden tot (chronische) gezondheidsklachten, zoals vermoeidheid, maag-darmklachten, hormonale disbalans, hoofdpijn enzovoort. Bij toename van de leeftijd stijgt het aantal gezondheidsklachten bij werknemers die in ploegendienst werken. Door toelages in salariering wordt het werken in ploegendienst echter niet door alle werknemers als negatief ervaren.

Literatuur

- Åstrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. (4rd ed.). 2003.
- Besluit stralingsbescherming 2002, Wetgeving stralingsbescherming. Lelystad: Koninklijke Vermande, Den Haag: Sdu Uitgevers, 2002. Toegang: www.vrom.nl.
- Brouwer G, Eijnde JHGM van den. Praktische stralingshygiëne, 6e druk. Syntax media, 2008.
- Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Ann Occup Hyg* 2003;47:187-200.
- Folkard S, Tucker P. Shift work, safety and productivity. *Occup Med (Lond)*. 2003 Mar;53(2):95-101. Review.
- Griffin MJ. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibrations in the European Union; a review. *Occup Environ Med* 2004;61(5):387-97. Review.
- ICRP Publication 60. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. London: Pergamon press, 1991. Toegang: www.icrp.org.
- Klaassen CD, Watkins J (eds.). Casarett and Doull's Toxicology; the basic science of poisons. New York: MacMillan, 1998.
- May JJ. Occupational hearing loss. *Am J Ind Med*. 2000;37(1):112-20. Review.
- Meulenbelt J, Vries I de, Joore JCA (eds.). Behandeling van acute vergiftigingen; praktische richtlijnen. Houten/Diegem: Bohn Stafleu van Loghum, 1999.
- Ministerie van SZW. De Nationale MAC-lijst 2007.
- Peereboom KJ, N. C. H. de Langen (red.). Handboek fysieke belasting. 5e geheel herziene editie, Den Haag: Sdu Uitgevers, 2008.
- Psychische aandoeningen en vermoeidheid in de arbeidssituatie: www.psychischenwerk.nl.
- Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr kinesiol* 2004;14:13-23.
- Reports of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). New York. Toegang: www.unscear.org.
- Seppanen OA, Fisk WJ. Summary of human responses to ventilation. *Indoor Air*. 2004;14(7):102-18. Review.
- Stinis HPJ. Biologische factoren. In: praktijkcahier VGWM nr. 41. Alphen aan den Rijn: Kluwer, 2004.
- Stress en werk: www.cdc.gov/niosh/stresswk.html.

Waters TR, PutzAnderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 1993;36:749-76.

World Health Organisation. Biological monitoring of chemical exposure in the workplace; guidelines. Volume 1, volume 2. Genève: WHO/ICPS, 1996.

Websites

Kennissysteem InfectieZiekten en Arbeid, www.kiza.nl