

Ser. 4  
S 150

SZW

Ministerie van Sociale Zaken  
en Werkgelegenheid

2e  
ex.

# Ergonomische aanbeveling — voor de werkhogte en helling van het werkblad bij assemblage

— S 150

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



\*NIA0065811\*

Arbeidsinspectie

# **Ergonomische aanbeveling voor de werkhoogte en helling van het werkblad bij assemblage**

**M. Douwes  
N.J. Delleman  
V.H. Hildebrandt**

**Nederlands Instituut voor  
Arbeidsomstandigheden NIA  
bibliotheek-documentatie-informatie  
De Boelelaan 30, Amsterdam-Buitenveldert**

ISN-nr. 12305  
plaats Ser. 4, S 156 (2<sup>e</sup> ex.)  
datum 04 SEP. 1992

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

**Augustus 1992**

## **Begeleidingscommissie**

De begeleidingscommissie voor dit onderzoek bestond uit:  
Mw.dr. I.M.A.J. Halewijn, voorzitter (DGA), drs. R. Hagen (DGA),  
de heer F. Kiffers (BGD Groningen), Ir. E.A.P. Koningsveld (Stichting Arbouw),  
Ing. Th. van Malland (Arbeidsinspectie), Ing. P.L.H. Schuurmann (DGA),  
Ir. P. Voskamp (DGA), de heer A. Wolters (Beta Kantoorstoelen).

## **CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag**

Douwes, M.

Ergonomische aanbeveling voor de werkhoogte en helling van het werkblad bij  
assemblage / M. Douwes, N.J. Delleman, V.H. Hildebrandt. – Den Haag:  
Arbeidsinspectie, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. – Ill. –  
([Studie / Arbeidsinspectie, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid],  
ISSN 0921-9218; S 150)

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid  
door het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO. – Met lit.  
opg.

ISBN 90-5307-279-9

Trefw.: ergonomie; metaalindustrie.

# INHOUD

	pagina
DANKWOORD	i
SAMENVATTING	iii
<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1 Achtergronden	1
1.2 Doel van het project	1
1.3 Indeling van het rapport	2
1.4 Inventarisatie van veel voorkomende, risicovolle werkzaamheden	2
1.4.1 Literatuur	2
1.4.2 Bedrijfsbezoeken	3
1.4.3 Inventarisatie van gezondheidsklachten bij één metaalbedrijf	5
1.4.4 Keuze assemblage	7
1.4.5 Keuze werkvariabelen	8
<b>2. ONDERZOEKSMETHODEN</b>	<b>10</b>
2.1 Experimentele opzet	10
2.2 Proefpersonen	10
2.3 Experimentele taak	11
2.4 Onafhankelijke variabelen	11
2.5 Afhankelijke variabelen en meetmethoden	12
2.5.1 Werkhouding	12
2.5.2 Subjectieve bevindingen	14
2.6 Procedure	16
2.7 Analyse van de resultaten	17
2.8 Formulering van de aanbeveling	18
<b>3. RESULTATEN</b>	<b>19</b>
3.1 Werkhouding	19
3.2 Subjectieve bevindingen	21

	<b>pagina</b>
<b>4. DISCUSSIE</b>	<b>27</b>
4.1 Belasting van de nek	28
4.2 Belasting van de rug	29
4.3 Belasting van schouders en armen	30
4.4 Belasting van het hele lichaam	31
4.5 Afzonderlijk effect van een geheld werkblad	32
<b>5. CONCLUSIES</b>	<b>34</b>
<b>6. AANBEVELINGEN</b>	<b>35</b>
6.1 Aanbevelingen voor de hoogte en helling van het werkblad	35
6.2 Toepassingsgebied van de aanbevelingen	35
6.3 Ontwerp voor een verstelbare assemblagetafel	35
6.4 Instelling van de werkplek	37
<b>LITERATUUR</b>	<b>39</b>

## **DANKWOORD**

Met dank aan de 7 metaalbedrijven die hun medewerking verleenden aan de voorbereidende fase van het onderzoek. Met name de assemblagemedewerkers en leidinggevenden van het bedrijf waar het experimenteel onderzoek werd uitgevoerd zijn wij zeer erkentelijk voor de prettige samenwerking. Daarnaast gaat onze dank uit naar de heer W.A. Brand en mevrouw M. Timmer-Anneveldt voor hun bijdragen bij de opzet en uitvoering van het experimenteel onderzoek.

## **SAMENVATTING**

De belasting van het bewegingsapparaat bij werkzaamheden in de metaalindustrie is hoog, resulterend in klachten van met name de lage rug, de nek-schouder regio en de pols. Voor een deel wordt die hoge belasting veroorzaakt door verkeerde werkhoudingen. Om werkhoudingen te verbeteren dient de instelling van de werkplek te worden afgestemd op de eisen die het werk stelt. Voor veel werkzaamheden zijn echter nog geen specifieke ergonomische aanbevelingen beschikbaar.

In dit onderzoek werden aanbevelingen opgesteld voor de werkplekinstelling bij assemblage met gebruik van gebalanceerd gereedschap. Daartoe is een experiment opgezet in een metaalfabriek, waarin werd nagegaan bij welke hoogte van het werkblad de belasting van het bewegingsapparaat bij assemblage minimaal is. Tevens is het effect van het hellen van het werkblad op de belasting bestudeerd.

Acht ervaren assemblagemedewerkers namen deel aan het onderzoek. Bij 6 verschillende werkplekinstellingen voerden zij gedurende 20 minuten een assemblage-taak uit met kleine onderdelen, gebruik makend van een gebalanceerde pneumatische schroevendraaier. De instellingen varieerden in werkhoogte (0, 5, 10 en 15 cm boven ellebooghoogte) en helling van het werkblad (0° en 10° naar de werknemer toe).

Tijdens het werk werd de werkhouding gemeten met het Vicon-systeem. Na afloop van iedere conditie werden subjectieve bevindingen ('lokaal ervaren ongemak', 'ervaren houding' en 'waardering van de werkplekinstelling') geregistreerd met een vragenlijst.

Uit de resultaten blijkt dat bij een werkhoogte van 0 à 5 cm boven ellebooghoogte de belasting van de schouders en armen minimaal is. Bij een hogere werkhoogte neemt deze belasting toe. De belasting van de rug en nek is minimaal bij een werkhoogte van 5 à 10 cm boven ellebooghoogte en neemt toe bij zowel lagere als hogere werkhoogte. Helling van het werkblad levert geen duidelijke vermindering van belasting op.

Op grond van deze resultaten wordt een werkhoogte aanbevolen van 5 cm boven ellebooghoogte. Helling van het werkblad wordt niet aanbevolen. Deze aanbevelingen zijn bedoeld voor assemblage van kleine onderdelen, gebruik makend van gebalanceerd gereedschap. Indien verschillende mensen aan dezelfde werktafel werken en/of de hoogte van de werkstukken varieert, wordt een hoogte-verstelbare assemblagetafel aanbevolen. Aanbevelingen voor het ontwerp van een verstelbare en voor een vaste assemblagetafel worden gegeven. Daarnaast wordt aangegeven op welke wijze de juiste instelling van de werktafel en stoel kan worden verkregen.

# 1. INLEIDING

## 1.1 Achtergronden

In dit rapport wordt een onderzoek beschreven dat werd uitgevoerd in het kader van de strategie van het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) om vanaf 1991 meer aandacht te besteden aan verbetering van de arbeidsomstandigheden in de metaalindustrie. Het ziekteverzuim in de metaalindustrie is hoog (8,5%) ten opzichte van het ziekteverzuim in alle bedrijfstakken gezamenlijk (6.8%) (NIPG-TNO, 1991). Dit hoge verzuimpercentage houdt voor een deel verband met de fysieke belasting tijdens het werk. Naast zwaar tilwerk wordt het langdurig of veelvuldig aannemen van ongunstige werkhoudingen binnen de metaalindustrie gezien als een risico voor het ontstaan van klachten van het bewegingsapparaat (Tappel & Terra, 1986; Den Dekker, 1988; DGA, 1991a).

Werkhoudingen worden vaak sterk bepaald door de plaats van de handen en de mate van visuele controle die nodig is voor de taak. Door de instelling van de werkplek af te stemmen op de eisen die het werk stelt en op de menselijke afmetingen kunnen werkhoudingen worden geoptimaliseerd en de belasting geminimaliseerd. Er bestaan echter nog weinig aanbevelingen voor de werkplekinstelling bij specifieke werkzaamheden. Specifieke aanbevelingen zijn bijvoorbeeld wel opgesteld voor de kijkpunthoogte bij beeldschermwerk (Delleman et al., 1991), voor de instelling van een naaiwerkplek (Delleman & Dul, 1989) en voor de werkhooft bij slijpen, snijbranden en pneumatisch moeraanzetten tijdens onderhoudswerkzaamheden in de staalindustrie (Delleman & Brand, 1991).

## 1.2 Doel van het project

Het doel van het project is om door middel van experimenteel onderzoek te komen tot ergonomische aanbevelingen voor een veel voorkomende visuele/manuele werkzaamheid in de metaalindustrie, waarbij de lichamelijke belasting een gezondheidsrisico vormt. Deze aanbevelingen kunnen worden gebruikt door werkgevers, werknemers, ontwerpers en de arbeidsinspectie. Besloten werd om de aanbevelingen te richten op de hoogte en helling van het werkblad bij assemblage werkzaamheden. Deze keuze is gebaseerd op informatie uit literatuur, gesprekken met sleutelinformanten, resultaten van een vragenlijst en observaties van het werk bij een aantal metaalbedrijven (beschreven in § 1.4).



### 1.3 Indeling van het rapport

In § 1.4 wordt een beschrijving gegeven van een inventarisatie van de risicovolle fysieke belasting bij visuele/manuele werkzaamheden in de metaalindustrie, die heeft geleid tot de beslissing om het experimentele onderzoek te richten op de hoogte en helling van het werkblad bij assemblage.

Hoofdstuk 2 beschrijft de onderzoeksmethoden van het experimentele onderzoek. De resultaten staan in hoofdstuk 3 en worden verder besproken in hoofdstuk 4. De conclusies staan in hoofdstuk 5 en worden in hoofdstuk 6 verwoord in aanbevelingen voor de praktijk.

### 1.4 Inventarisatie van veel voorkomende, risicovolle werkzaamheden

Nagegaan is welke visuele/manuele werkzaamheden in de metaalindustrie veel voorkomen en een risico vormen voor het ontstaan van klachten aan het bewegingsapparaat. Bij deze inventarisatie is gebruik gemaakt van informatie uit de literatuur (§ 1.4.1), bedrijfsbezoeken (§ 1.4.2) en de vragenlijst 'bewegingsapparaat' van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO (NIPG-TNO) (§ 1.4.3). De beslissing om het onderzoek verder te richten op de hoogte en helling van het werkblad bij assemblage wordt nader toegelicht in § 1.4.4 en § 1.4.5.

#### 1.4.1 Literatuur

In de metaalindustrie zijn vier bedrijfsklassen te onderscheiden, te weten de metaalproduktenindustrie, de machine-industrie, de transportmiddelenindustrie en de basismetalaalindustrie. Veel voorkomende produktietechnieken in de eerste drie bedrijfsklassen zijn (Felser, 1989; DGA, 1991a):

- verspanende bewerkingen (draaien, frezen, slijpen, boren);
- koude vervorming (buigen, kanten/zetten, richten, persen/ponsen/stampen/dieptrekken, snijden);
- assemblage (klinken, schroeven);
- oppervlakte behandeling (ontvetten, stralen, slijpen, coaten);
- verbinden (lassen, solderen, lijmen);
- onderhoud (machine-onderhoud en reparatie).

In de vierde bedrijfsklasse, de basismetaal, zijn de meest voorkomende produktietechnieken: vloeibare vormgeving en warm persen.

Ongunstige werkhoudingen komen voor bij alle genoemde produktietechnieken; onder andere bij het verplaatsen van werkstukken en het bedienen van machines (Den Dekker, 1988; DGA, 1991a). Ook komt veel kort-cyclisch werk voor, vooral bij koude vervorming en assemblage.

Uit de literatuur en uit navraag bij het GAK blijkt dat verzuimgegevens of gegevens over WAO-intrede per bedrijfs onderdeel of per produktietechniek niet beschikbaar zijn.

Verschillende onderzoeken wijzen op een verhoogd risico op klachten van de nek, schouders en armen bij assemblage (Meada et al., 1980; Westgaard, 1985; Suurkula & Hägg, 1987; Ohlsson et al., 1989). Daarnaast werden bij lassen veel schouderklachten gerapporteerd (Herberts et al., 1981; Feldman et al., 1987).

Omdat de verschillende, veel voorkomende produktietechnieken binnen deze bedrijfstak het beste vertegenwoordigd zijn in de metaalwarenindustrie, een bedrijfs-groep binnen de metaalproduktenindustrie (DGA, 1991b), werd besloten om uit deze bedrijfstak een aantal bedrijven te bezoeken voor een nadere analyse van de werkzaamheden.

#### 1.4.2 Bedrijfsbezoeken

Zeven metaalbedrijven zijn bezocht voor een analyse van de knelpunten betreffende de fysieke belasting en daarmee mogelijk verband houdende werkvariabelen. Hiertoe werden per bedrijf observaties verricht en gesprekken gevoerd met een bedrijfsleider en/of BGD-arts en met enkele werknemers. De belangrijkste bevindingen zijn hier weergegeven, voorzover ze betrekking hebben op veel voorkomende werkzaamheden.

##### *Verspanende bewerkingen*

Draaien en frezen is door gebruik van computergestuurde machines vooral controlerend. De werknemer plaatst een werkstuk in de machine, stelt het computerprogramma in en bewaakt het proces. De grootste belasting vormt het aanvoeren en plaatsen van het werkstuk, dat ondanks aanwezigheid van tilhulpmiddelen vaak nog met de hand wordt getild.

Bij gebruik van traditionele, niet computergestuurde, machines wordt veel met voorover gebogen romp gewerkt door de niet-optimale plaats van de bedieningsmiddelen en benodigde visuele controle.

Ook zagen (met cirkel-, lint- of beugelzagen) gebeurt vaak volledig automatisch. De werknemer stelt de machine in en controleert het proces. De werkhoogte en de plaats van de bedieningsmiddelen zijn veelal niet optimaal, waardoor een gebogen werkhouding voorkomt tijdens plaatsen van het werkstuk en instellen van de machine.

Slijpen, finellieren of polijsten gebeurt met een slijptol of aan een slijpbank. Voor werken met een slijptol zijn richtlijnen beschikbaar betreffende de werkhoogte (Delleman & Brand, 1991). Het werken aan een slijpbank gebeurt zittend, waarbij vrij veel kracht moet worden uitgeoefend in voorwaartse richting. De ellebogen worden daarbij afgesteund op de knieën om een stabiele houding te verkrijgen. Daardoor is de romp continu ver voorovergebogen.

#### *Koude vervorming*

Bij koude vervorming wordt gebruik gemaakt van een pers (voor persen, ponsen, stansen, dieptrekken), een kantbank (voor kanten) of een buigmachine (voor buigen). Het werk is kort-cyclisch van aard en bestaat uit plaatsen van het te vervormen werkstuk in de machine, bedienen van de machine, controleren van het resultaat en wegleggen van het werkstuk. Buigen en draaien van de romp en ver reiken komen veel voor door de ongunstige plaats van de te pakken en weg te leggen werkstukken (veelal te laag en schuin achter de werknemer), positie van de bedieningsmiddelen en gebrek aan beenruimte onder de pers. Heftafels worden nog weinig gebruikt. Over het algemeen wordt een pers zittend (met de hand) en kant- en buigmachines staand (soms met de voet) bediend. Knippen gebeurt overwegend volautomatisch, waarbij de werknemer het materiaal (bijvoorbeeld lange rollen plaatmetaal) aanvoert, de machine bedient, het proces controleert en het geknipte materiaal afvoert.

#### *Assemblage*

Verschillende onderdelen van een produkt worden in elkaar gezet. Dit gebeurt staand of zittend aan een werktafel of staand bij een groter werkstuk. Er wordt veel gebruik gemaakt van (pneumatische) schroevendraaiers en moeraanzetters. Voor het gereedschap worden niet altijd balancers gebruikt.

De opstelling van de onderdelen die in elkaar moeten worden gezet is vaak niet optimaal (te laag, te ver weg of schuin achter de werknemer). Het pakken en wegleggen van deze onderdelen is ongunstig voor de houding van romp (gedraaid en/of

gebogen) en armen (geheven). Hetzelfde geldt voor het wegleggen van materiaal. Kleine onderdelen (schroeven en moertjes) liggen soms buiten een gunstige reikwijdte in bakjes op tafel.

#### 1.4.3 Inventarisatie van gezondheidsklachten bij één metaalbedrijf

Met behulp van de 'vragenlijst bewegingsapparaat' van het NIPG-TNO zijn vervolgens de gezondheidsklachten en belastende factoren binnen het werk nader in kaart gebracht. De vragenlijst werd verspreid onder 90 werknemers binnen een metaalwarenbedrijf.

Van 69 werknemers (55 mannen, 14 vrouwen) is een ingevulde vragenlijst terug ontvangen (responspercentage 77%). De gemiddelde leeftijd van deze groep is 32 jaar, het gemiddeld aantal dienstjaren 5. Van 13 onderscheiden taken binnen het bedrijf blijkt alleen de taak 'assemblage' door een relatief grote groep werknemers (17 mannen, 9 vrouwen) vrij veel of overwegend te worden uitgevoerd. Bij de overige taken zijn slechts enkele werknemers betrokken.

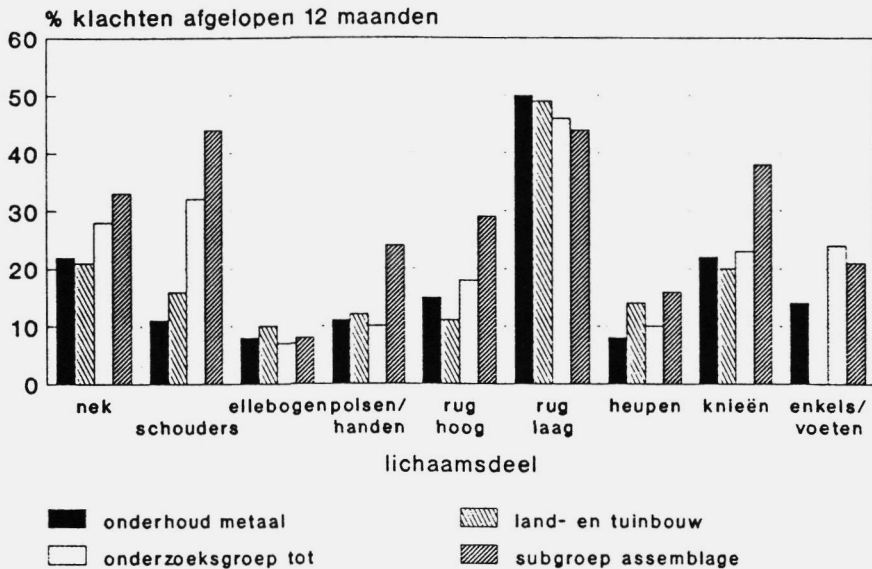
##### *Gezondheidsklachten*

Van de 69 werknemers geeft 46% aan de afgelopen 12 maanden last te hebben gehad van de lage rug. Van de overige lichaamsdelen dienen vooral klachten van de nek (28%), de schouders (32%), knieën (23%) en enkels/voeten (24%) genoemd te worden. Klachten van de ellebogen (7%), polsen (10%) en heupen (10%) scoren laag. Circa zeven op de tien werknemers noemen hun werk als (mede)oorzaak van deze klachten. Circa drie van de tien werknemers had overigens al klachten voordat met het huidige werk werd begonnen.

De subgroep 'assemblage' valt op door relatief veel schouderklachten (44%), polsklachten (24%) en knieklachten (38%).

Om de resultaten voor de onderzoeksgroep als geheel en voor de subgroep 'assemblage' beter te kunnen interpreteren, worden ze in figuur 1.1 vergeleken met bevindingen in een tweetal andere werknemerspopulaties: onderhoudspersoneel in de basismetalaalindustrie en werknemers in de land- en tuinbouw.

Uit figuur 1.1 wordt duidelijk dat de onderzoeksgroep als geheel zich vooral onderscheidt van de andere groepen door een relatief hoog percentage nek-schouderklachten, met name bij de subgroep 'assemblage'. Daarnaast moet ook het hoge percentage pols- en knieklachten genoemd worden.



*Figuur 1.1* Vergelijking van de gezondheidsklachten binnen dit onderzoek met gezondheidsklachten bij andere beroepsgroepen

#### *Taakzwaarte*

Van de dertien onderscheiden taken is gevraagd hoe zwaar men deze taken vond. De taken 'handmatig slijpen/finelleren/polijsten' en 'knippen' werden relatief het zwaarst ervaren, gevolgd door de taak 'assemblage'.

#### *Ervaren belasting en werkdruk*

Bijna de helft van de werknemers (42%) ervaart het werk als lichamelijk inspannend. 58% meldt dat het werktempo regelmatig hoog is. Ruim de helft (52%) zegt na het werk vaak erg moe te zijn, hetgeen relatief hoog is in vergelijking met andere beroepsgroepen. Het voortdurend in dezelfde houding werken en het maken van steeds dezelfde bewegingen worden vaak genoemd (69% respectievelijk 68%), ook in vergelijking met de eerder genoemde referentiegroepen. Vooral langdurig staan (78%), vaak buigen met de romp (72%), vaak draaien met de romp (69%) en het tillen van zware lasten (55%) wordt vaak gerapporteerd. Daarnaast worden ook bewegingen van de nek, armen en pols vaak gerapporteerd. Hinder wordt vooral ondervonden van de langdurige staande werkhouding.

In de subgroep 'assemblage' blijken de werknemers relatief vaker dan in de rest van de onderzoeksgroep aan te geven met de armen geheven te moeten werken of ver te moeten reiken. Tevens geven zij relatief vaker aan onvoldoende werkruimte

te hebben, niet goed kracht te kunnen zetten door een ongunstige houding, weinig afsteunmogelijkheden te hebben en met het gereedschap niet overal goed bij te kunnen. In deze groep wordt vaker een hoog werktempo en tijdsdruk gerapporteerd. Het werk wordt ook vaker vermoeiend gevonden.

### *Conclusies*

In de onderzoeksgroep komen klachten van het bewegingsapparaat vaak voor. Uit de analyse van de werkomstandigheden blijkt dat risicovolle houdingen en bewegingen die deze klachten mede kunnen verklaren in deze groep eveneens veelvuldig voorkomen. Van dertien onderscheiden taken binnen het bedrijf blijkt alleen de taak 'assemblage' door een relatief grote groep werknemers vrij veel of overwegend te worden uitgevoerd. Deze groep onderscheidt zich van de overige taakgroepen door de aanwezigheid van relatief veel klachten van de nek-schouder-regio, de polsen en de knieën. Het is plausibel dat deze klachten samenhangen met een aantal, in deze groep veel voorkomende, werkhoudingen en -bewegingen, namelijk werken met geheven armen, ver reiken, niet goed kracht kunnen zetten door een ongunstige houding en weinig afsteunmogelijkheden en een hoog werktempo.

#### 1.4.4 Keuze assemblage

Op basis van de hiervoor besproken inventarisatie werd besloten om het onderzoek te richten op de werkplekinstelling bij assemblagewerk. Voor deze keuze zijn de volgende redenen:

- assemblage komt veel voor in de metaalindustrie;
- bij assemblage komen relatief veel klachten voor van het bewegingsapparaat, met name van nek, schouders, armen en polsen;
- de werkhoudingen en -bewegingen tijdens assemblage lijken gerelateerd aan de klachten van het bewegingsapparaat;
- assemblage komt ook buiten de metaalindustrie veel voor, waardoor de ergonomische richtlijnen breed toepasbaar kunnen zijn;
- de praktische haalbaarheid van implementatie van aanbevelingen voor de werkplekinstelling is groter bij assemblage dan bij machinegebonden werkzaamheden.

#### 1.4.5 Keuze werkvariabelen

Om inzicht te krijgen in de werkvariabelen die waarschijnlijk gerelateerd zijn aan de fysieke belasting bij assemblage aan een vaste werkplek, is dit werk nader bestudeerd. Dit gebeurde aan de hand van observaties op de werkplek, de resultaten van de vragenlijst bewegingsapparaat en gesprekken met de werknemers.

De belangrijkste knelpunten wat betreft de fysieke belasting (houdingen, bewegingen en krachtuitoefening) en werkvariabelen die daarmee (mogelijk) verband houden, worden hieronder genoemd. Ook worden mogelijke oplossingen aangegeven.

1. Langdurig staan of zitten komt veel voor. Deze situatie zou kunnen worden verbeterd door taakroulatie of door de werkplek instelbaar te maken voor zowel zittende als staande uitvoering van de taak.
2. Het hoofd is veelal sterk voorovergebogen door de combinatie van benodigde visuele controle en de werkhoogte. Door de handen (en dus het kijkpunt) dichterbij de ogen te brengen zou men het hoofd minder hoeven te buigen. Dit kan worden gerealiseerd door de tafelhoogte aan te passen of een hellend vlak te realiseren. Ook kan, als de aard van de werkzaamheden het toelaat, worden overwogen om gebruik te maken van een loep.
3. Een voorovergebogen romphouding door de plaats van de handeling (bijvoorbeeld bij grotere werkstukken aan de zij- of achterkant). De mogelijkheid om het werkstuk heen te lopen of het werkstuk te draaien kan dit probleem doen verminderen.
4. Armheffing; op te lossen door de werkhoogte (bijvoorbeeld bij gebruik van gereedschap) aan te passen.
5. Opgetrokken schouders; op te lossen door de werkhoogte en het werktempo aan te passen.
6. Krachtuitoefening bij gebruik van gereedschap. De grootte van de kracht kan worden beperkt door gebruik van balancers.
7. Ver voorwaarts/zijwaarts reiken met de armen en buigen/draaien met de romp door een ongunstige opstelling van onderdelen, gereedschap of af te leggen werkstukken. Dit kan worden verbeterd door de afstand van de onderdelen te beperken (in ieder geval <50 cm), geen onderdelen achter de werknemer te plaatsen en de hoogte aan te passen (eventueel met een heftafel) van onderdelen die niet op tafel kunnen staan.
8. Veel herhaling van (bovenstaande) houdingen en bewegingen door het kort-cyclische karakter van het werk. Dit kan worden verbeterd door de organisatie van het werk aan te passen, bijvoorbeeld door de werknemer een groter onderdeel van het produkt te laten maken of meer roulatie van taken in te voeren.

Werkvariabelen bij assemblage die van invloed zijn op de belasting van het bewegingsapparaat en die op relatief eenvoudige wijze kunnen worden aangepast zijn de werkhoogte en de lokatie van de te monteren onderdelen. Bestaande richtlijnen voor de werkhoogte bij assemblage zijn breed (0-15 cm boven ellebooghoogte) en houden geen rekening met gebruik van gereedschap zoals schroevendraaiers, moeraanzetters (Dul & Poll, 1986; Dul & Weerdmeester, 1991). Door Dul & Weerdmeester (1991) wordt een helling van het werkblad aanbevolen bij assemblage. Of deze aanbeveling ook van toepassing is indien gereedschap wordt gebruikt is niet bekend. Besloten is daarom om in het experimenteel onderzoek na te gaan (1) bij welke werkhoogte de belasting op het bewegingsapparaat, bij assemblage met gebruik van gereedschap, wordt geminimaliseerd en (2) of het hellen van het werkblad invloed heeft op deze belasting. Dit onderzoek wordt beschreven in de volgende hoofdstukken.



## **2. ONDERZOEKSMETHODEN**

### **2.1 Experimentele opzet**

Om de invloed van de hoogte en helling van het werkvlak op de belasting van het bewegingsapparaat bij assemblage te bepalen werd een experiment opgezet in een metaalwarenfabriek. Acht assemblagemedewerkers voerden een assemblagetaak uit bij verschillende instellingen van de werkplek. Het effect van de werkplekinstelling op de belasting van het bewegingsapparaat werd bepaald via registraties van de werkhoudingen en subjectieve bevindingen van de werknemers. De opzet van het onderzoek is vergelijkbaar met onderzoeken naar de fysieke belasting bij onderhoudswerk (Delleman & Brand, 1991) en beeldschermwerk (Delleman et al., 1991).

De *vraagstellingen* van het experimentele onderzoek zijn:

1. Heeft de werkhoogte bij assemblage effect op de belasting van het bewegingsapparaat van assemblage medewerkers en zo ja, bij welke werkhoogte is deze belasting minimaal?
2. Heeft een helling van het werkblad een gunstig effect op de belasting van het bewegingsapparaat?

### **2.2 Proefpersonen**

Acht assemblage-medewerkers, vijf vrouwen en drie mannen, namen deel aan het onderzoek. Uit eerder onderzoek in een vergelijkbare belastingssituatie (bij naaiwerk; Delleman & Dul, 1989) blijkt dat met een dergelijke beperkte steekproefgrootte relevante verschillen in belasting kunnen worden aangetoond. Gegevens over leeftijd, ervaring, lichaamslengte en lichaamsgewicht van de proefpersonen staan vermeld in tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Gemiddelde, standaarddeviatie (sd) en minimum en maximum waarde (bereik) van enkele kenmerken van de proefpersonen (3 mannen en 5 vrouwen)

	gemiddelde	sd	bereik
leeftijd (jr)	28.1	9.5	20 - 48
ervaring met assemblage (jr)	2.9	4.2	0.5 - 12.5
lichaamslengte mannen (cm)	174.7	11.0	162 - 182
lichaamslengte vrouwen (cm)	171.8	8.5	162 - 183
lichaamsgewicht mannen (kg)	80.3	10.1	71 - 91
lichaamsgewicht vrouwen (kg)	74.0	20.8	47 - 97

### 2.3 Experimentele taak

Gekozen is voor een taak aan een vaste werktafel waarbij gebruik wordt gemaakt van gebalanceerd gereedschap, omdat dit in de praktijk veel voorkomt (zie figuur 2.1). De taak die werd uitgevoerd tijdens de experimenten bestond uit het monteren van enkele kleine, lichte onderdelen (maximaal 20 cm lang en breed en 5 cm hoog). De onderdelen werden op een mal gepositioneerd, waarna het geheel met schroefjes van bovenaf werd vastgezet. Voor het vastzetten van de schroefjes werd een pneumatische schroevendraaier gebruikt, hangend aan een balancer vlak voor de proefpersoon. De werkcyclus duurde ongeveer 20 seconden. De taak werd bij elk van de experimentele condities gedurende 20 minuten uitgevoerd. Dit komt ongeveer overeen met de maximale tijdsduur dat dergelijke taken zonder onderbreking worden uitgevoerd. De proefpersonen werd gevraagd om hun gebruikelijke werktempo aan te houden bij alle condities.

### 2.4 Onafhankelijke variabelen

De onafhankelijke variabelen in dit onderzoek zijn:

- *de werkhogte* (0, 5, 10 of 15 cm), gedefinieerd als de verticale afstand van de elleboogpunt tot het kijkpunt, in dit geval het midden van het oppervlak van de mal;
- *de helling van het werkblad* (0° of 10°), gedefinieerd als de mate van kanteling van de mal naar de proefpersoon toe.

Met de bovenstaande variabelen werden de volgende 6 condities gevormd:

1. *werkhoogte = 0 cm (= ellebooghoogte); helling = 0°*
2. *werkhoogte = +5 cm (boven ellebooghoogte); helling = 0°*
3. *werkhoogte = +10 cm (boven ellebooghoogte); helling = 0°*
4. *werkhoogte = +15 cm (boven ellebooghoogte); helling = 0°*
5. *werkhoogte = 0 cm (boven ellebooghoogte); helling = 10°*
6. *werkhoogte = +10 cm (boven ellebooghoogte); helling = 10°*

De keuze van de werkhoogtes en helling is gebaseerd op algemene aanbevelingen uit de literatuur (Burandt, 1978; Dul & Weerdmeester, 1991).

## 2.5 Afhankelijke variabelen en meetmethoden

De afhankelijke variabelen in dit onderzoek zijn de werkhouding (§ 2.5.1) en de subjectieve bevindingen door de werknemers (§ 2.5.2).

### 2.5.1 Werkhouding

De houdingen van het hoofd, de romp en de rechterarm zijn geregistreerd met het opto-elektronische Vicon-systeem.

Alle proefpersonen bedienden de schroevendraaier met de rechter hand (tevens de voorkeurshand). Het positioneren van de onderdelen en de schroeven gebeurde met beide handen, steeds op ongeveer dezelfde wijze. Omdat de rechter arm, in tegenstelling tot de linker arm, bij alle handelingen (ook het hanteren van de schroevendraaier) is betrokken wordt de rechter arm zwaarder belast. Daarom zijn de houdingen van deze arm geregistreerd.

Met vier video-camera's zijn de posities van markeerpunten geregistreerd die vooraf op het lichaam van de proefpersonen werden aangebracht. Met behulp van een computer zijn uit de video-registraties de 3-dimensionale coördinaten van de markeerpunten en lichaamshoeken berekend.

Op de volgende posities werden markeerpunten aangebracht (zie figuur 2.1):

- M1. naast het rechter oog;
- M2. naast de rechter oorlel;

M3. op de rechter schouder (het acromio-claviculaire gewricht);

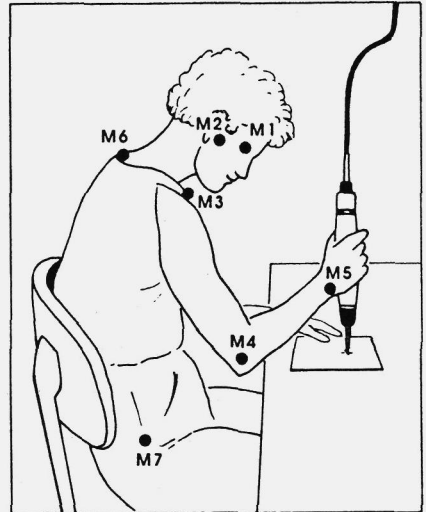
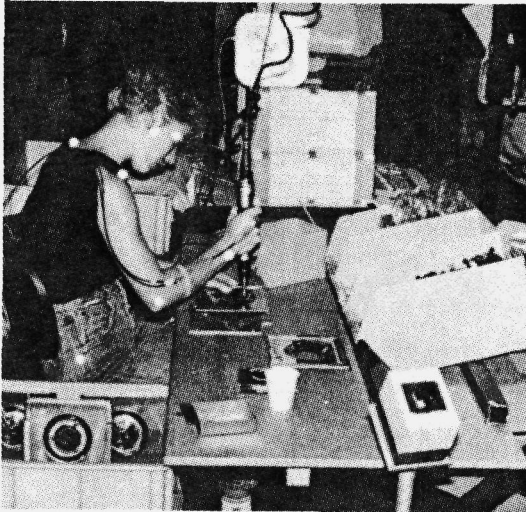
M4. op de rechter elleboog (epicondylus lateralis);

M5. op de rechter pols (processus styloïdeus);

M6. op de wervelkolom op C7/T1;

M7. op de rechter heup (nabij de trochanter major).

Markeerpunten 1 t/m 6 werden met dubbelzijdig tape direct op de huid geplakt, markeerpunt 7 op een strakke broek, om eventuele verschuiving zoveel mogelijk te beperken.



*Figuur 2.1* De meetopstelling en de posities van de markeerpunten voor de houdingsregistratie. In het kader van een ander onderzoek is op de rechter pols een goniometer bevestigd, waarvan de werking tijdens de experimenten werd uitgetest

Op basis van de 3-dimensionale coördinaten van de bovengenoemde markeerpunten zijn de volgende hoeken bepaald:

1. **stand van het hoofd**, gedefinieerd als de hoek tussen de zwaartelijns en de lijn M1-M2;
2. **de rompstand**, gedefinieerd als de hoek tussen de zwaartelijns en de lijn M6-M7, gezien vanaf de zijkant van de proefpersoon\*;
3. **de nekhoek** (hoek tussen romp en nek), gedefinieerd als de hoek tussen de lijn M1-M2 en de lijn M6-M7, gezien vanaf de zijkant van de proefpersoon\*;

\* Projectie in het sagittale vlak.

4. (absolute) heffing van de bovenarm, gedefinieerd als de hoek tussen de zwaartelijns en de lijn M3-M4;
5. voor/achterwaartse heffing van de bovenarm, gedefinieerd als de hoek tussen de zwaartelijns en de lijn M3-M4, gezien vanaf de zijkant van de proefpersoon\*;
6. zijwaartse heffing van de bovenarm, gedefinieerd als de hoek tussen de zwaartelijns en de lijn M3-M4, gezien vanaf de voorkant van de proefpersoon\*;
7. de ellebooghoek (hoek tussen de bovenarm en onderarm), gedefinieerd als de hoek tussen de lijn M3-M4 en de lijn M4-M5.

De afhankelijke variabelen zijn de verschillen tussen de bovengenoemde hoeken tijdens werk en deze hoeken tijdens rust, bij rechtop zittende houding.

De werkhouding werd verspreid over de laatste 10 minuten van de taak 4 maal geregistreerd tijdens het positioneren en indraaien van de schroefjes. Dit taakonderdeel werd gekozen omdat:

- de visuele controle daarbij het grootst is, waardoor de romp- en hoofdstand vermoedelijk het meest ongunstig (voorover gebogen) zijn;
- bij het gebruik van de schroevendraaier de mate van armheffing het grootst is.

Twee goede houdingsregistraties per conditie werden uitgewerkt. Uit de registraties blijkt dat de houding het meest afwijkt van de rechtop zittende houding tijdens het indraaien van schroefjes met de schroevendraaier. Om de te analyseren data te reduceren is alleen dit laatste gedeelte van de registraties geanalyseerd.

### 2.5.2 Subjectieve bevindingen

De subjectieve bevindingen van de medewerkers werden vastgelegd via een schriftelijke vragenlijst, die bestaat uit verschillende onderdelen. De eerste twee onderdelen 'lokaal ervaren ongemak' en 'ervaren houding' geven informatie over lokale lichamelijke bevindingen tijdens het werk. Daarnaast is de proefpersonen gevraagd een gemotiveerde 'waardering van de werkplekinstelling' bij iedere conditie te geven. De verschillende onderdelen van de vragenlijst worden apart besproken.

#### *Lokaal Ervaren Ongemak (LEO)*

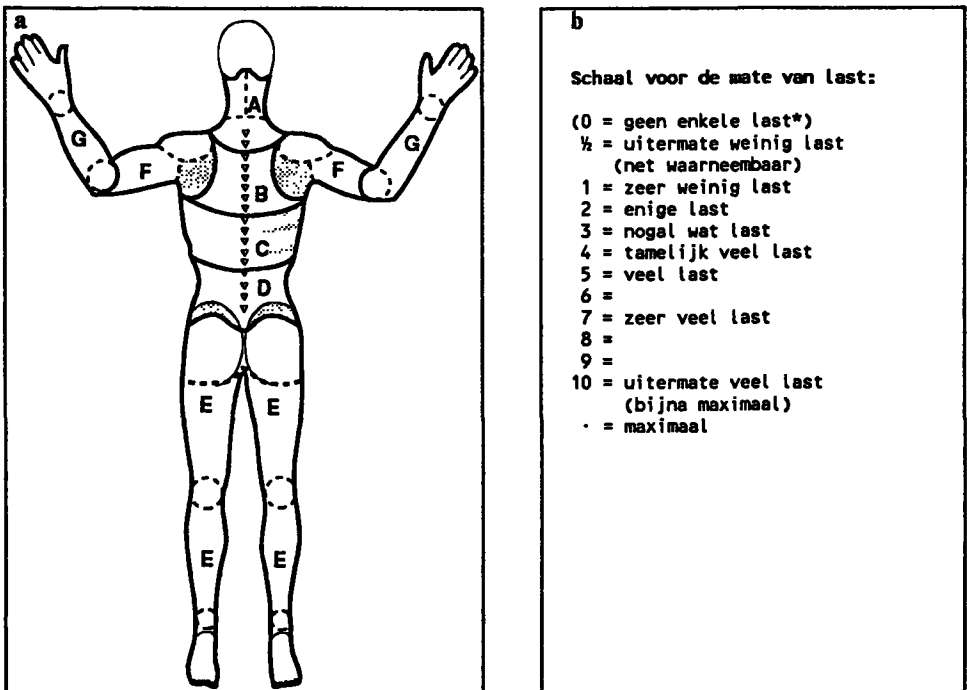
Zowel voor als na iedere werkperiode gaf de proefpersoon de plaats en mate van ervaren ongemak aan op een speciaal formulier. Voor het registreren van de *plaats*

---

\* Projectie in het frontale vlak.

van ongemak werd gebruik gemaakt van een afbeelding van de achterzijde van het lichaam, verdeeld in 36 lichaamsregio's (figuur 2.2a). De mate van ongemak werd beoordeeld aan de hand van een categorie-ratioschaal van 0 ("geen enkele last") tot 10 ("uitermate veel last") (zie figuur 2.2b).

Voor de analyse van de gegevens werd het ongemak na een werkperiode verminderd met het ongemak voorafgaand aan die werkperiode. Door de afzonderlijke waarden van regio's op te tellen werden somscores over clusters van regio's bepaald (zie figuur 2.2a). Een meer uitgebreide beschrijving van deze methode vindt men in Van der Grinten (1990; 1991).



A = nek  
 B = bovenrug  
 C = middenrug  
 D = onderrug

E = bovenbenen  
 F = schouder/bovenarm  
 G = onderarm/pols

A-D = rug/nek  
 F-G = schouders/armen  
 A-G = hele lichaam

**Figuur 2.2** Afbeelding van de achterzijde van het lichaam (a) en schaal (b) voor registratie van respectievelijk lokatie en mate van ervaren ongemak

### *Ervaren houding*

Na iedere werkperiode werd de proefpersonen gevraagd om aan te geven hoe men de houding vond van het hoofd, de nek, de bovenrug, de onderrug, de linker schouder/bovenarm, de rechter schouder/bovenarm, de linker pols, de rechter pols

tijdens het inleggen van onderdelen en de rechter pols tijdens het indraaien van de schroefjes. De ervaren houding werd aangegeven op een 7-puntsschaal (1 = zeer gunstig, 3 = gunstig, 5 = ongunstig, 7 = zeer ongunstig).

#### *Waardering van de werkplekinstelling*

Na iedere werkperiode beoordeelde de proefpersoon de werkhoogte op een 5-puntsschaal: 1 = veel te laag, 2 = iets te laag, 3 = goed, 4 = iets te hoog en 5 = veel te hoog. Van de stand van de mal werd aangegeven of men deze 'goed' of 'niet goed' vond of dat men geen mening had. Voor alle beoordelingen die niet goed waren werd een motivering gevraagd.

## 2.6 Procedure

### *Vorbereidingen*

Voorafgaande aan het experiment ontvingen de proefpersonen informatie over het onderzoek, de dagindeling en over de vragenlijst, in het bijzonder het onderdeel 'lokaal ervaren ongemak'. Tevens werden enkele individuele gegevens verzameld, de markeerpunten op het lichaam aangebracht en de werkplek instellingen gerealiseerd.

### *Metingen*

Bij vier proefpersonen werden de metingen 's morgens uitgevoerd en bij de andere vier 's middags. De volgorde van de verschillende condities werd systematisch gevarieerd. De experimenten duurden ongeveer 4 uur per proefpersoon. Iedere werkperiode duurde 20 minuten. Voor en na iedere werkperiode werd de vragenlijst ingevuld en de werkplek opnieuw ingesteld. Dit duurde samen ongeveer 10 minuten. Tussen de derde en vierde werkperiode werd 10 minuten gepauzeerd.

De hoogte van de stoel werd zodanig ingesteld dat de stand van de bovenbenen horizontaal en de stand van de onderbenen verticaal was. Bij rechtopzittende houding, afhingende bovenarm en 90° gebogen elleboog werd de ellebooghoogte (vanaf de vloer) gemeten als referentiewaarde voor de werkhoogte.

Een geheld werkvlak werd verkregen door de mal voor het inleggen van de onderdelen op een 10° geheld plaatje te plaatsen.

De montage-onderdelen stonden op een vaste plaats op de tafel opgesteld, zodanig dat de reikafstand werd geminimaliseerd (<50 cm) en voldoende werkruimte aanwezig was. Indien gewenst, werd de hoogte van de schroevendraaier aangepast aan

de wensen van de proefpersoon. Behalve de hoogte en helling van het werkblad bleef de werkplekinstelling gelijk gedurende alle condities.

Bij het invullen van de vragenlijst gaf de proefleider zonnodig extra uitleg. Vooral na de eerste werkperiode en bij de uit het buitenland afkomstige proefpersonen bleken de vragen, met name wat betreft de ervaren houding, veel toelichting te vereisen.

Gedurende de laatste 10 minuten van iedere werkperiode werd vier maal de werkhouding geregistreerd op het moment dat de schroeven werden gepositioneerd en bevestigd met de schroevendraaier. Dit duurde ongeveer 10-15 sec. per opname. Na afloop van de metingen werd 2 maal de rusthouding geregistreerd tijdens recht-op zitten. Daarbij keek men recht vooruit, met de bovenarmen verticaal hangend en de handen plat op de, op ellebooghoogte ingestelde, tafel.

## 2.7 Analyse van de resultaten

### *Werkhouding*

Het overall effect van de werkhoogte op de werkhouding is getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen ( $p=0.05$ ). Nagegaan werd bij welke werkplekinstelling de houding gemiddeld de rusthouding het meest benadert. Met een Student T-test voor gepaarde waarnemingen zijn verschillen met houdingen bij de andere werkplekinstellingen getoetst ( $p=0.05$ ). Met deze toets is tevens het effect van het hellen van het werkblad op de houding nagegaan. Waar bij de diverse toetsen een  $p$ -waarde tussen 0.05 en 0.1 werd gevonden, is dit vermeld als een 'bijna significant' resultaat.

### *Subjectieve bevindingen*

Het overall effect van de werkhoogte op het ervaren ongemak en op de ervaren houding is getest met de verdelingsvrije Friedman toets ( $p=0.05$ ). Deze toets is gebruikt omdat niet alle ongemaksvariabelen normaal verdeeld zijn, en omdat de schaal voor registratie van de ervaren houding een ordinaal karakter heeft. Per variabele is de optimale werkplekinstelling bepaald; dit is de werkplekinstelling waarbij het minste ongemak optreedt en de houding het meest gunstig wordt ervaren. Per conditie zijn de verschillen in subjectieve bevindingen met de meest optimale werkplekinstelling vervolgens met de Wilcoxon rangorde-tekentest voor gepaarde waarnemingen getoetst ( $p=0.05$ ). Met deze toets is tevens nagegaan of de



subjectieve bevindingen verschillen bij geheld werkblad ten opzichte van een vlak werkblad. Bijna significante resultaten ( $p$ -waarde tussen 0.05 en 0.1) zijn ook vermeld.

## **2.8 Formulering van de aanbeveling**

Op basis van de resultaten met betrekking tot de werkhoudingen en subjectieve bevindingen van de proefpersonen bij de verschillende werkplekinstellingen is een aanbeveling opgesteld voor de werkhoogte en -helling bij assemblage-taken. Aangegeven wordt bij welke instelling de belasting minimaal is. De werkplekinstellingen waarbij de belasting significant groter is vallen buiten deze aanbevelingen. Deze methode werd ook gehanteerd bij het opstellen van ergonomische richtlijnen bij beeldschermwerk (Delleman et al., 1991).

Bij de interpretatie van de resultaten van de werkhouding wordt in principe aangenomen dat, door de werking van de zwaartekracht, bij toenemende hoofd- en/of rompbuiging en bij toenemende armheffing een groter biomechanisch moment ontstaat op aangrenzende gewrichten. Een groter moment betekent een grotere belasting van inwendige structuren van het bewegingsapparaat (onder andere spieren, pezen en ligamenten). De houdingsgegevens leveren echter geen informatie over de relatieve bijdrage van deze verschillende inwendige structuren bij het volhouden van houdingen en uitvoeren van bewegingen. De mate waarin verschillende betrokken structuren worden belast kan dan ook niet worden uitgedrukt. Ook is niet bekend hoe de bijdrage van de verschillende gemeten houdingsvariabelen (hoofdstand, armheffing) aan de totale lichaamsbelasting moeten worden gewogen. Daarnaast zijn er wellicht nog andere houdingsvariabelen (zoals rotatie van de arm, polshoek, etc.) die mogelijk beïnvloed worden door de werkplekinstelling, maar niet zijn gemeten.

Gezien het bovenstaande is niet op voorhand aan te geven bij welke houding de belasting van het bewegingsapparaat minimaal is. Informatie over subjectieve bevindingen is dan ook onmisbaar bij het interpreteren van de houdingsgegevens (zie ook Delleman et al., 1991). Er is echter nog onvoldoende bekend over de betrouwbaarheid en validiteit van deze subjectieve maten om alleen op deze maten aanbevelingen voor het minimaliseren van de belasting te baseren.

Om de genoemde bezwaren te ondervangen worden aanbevelingen voor de werkplekinstelling opgesteld op grond van de gecombineerde resultaten van houdingsregistratie en subjectieve bevindingen, mits deze elkaar ondersteunen.

### 3. RESULTATEN

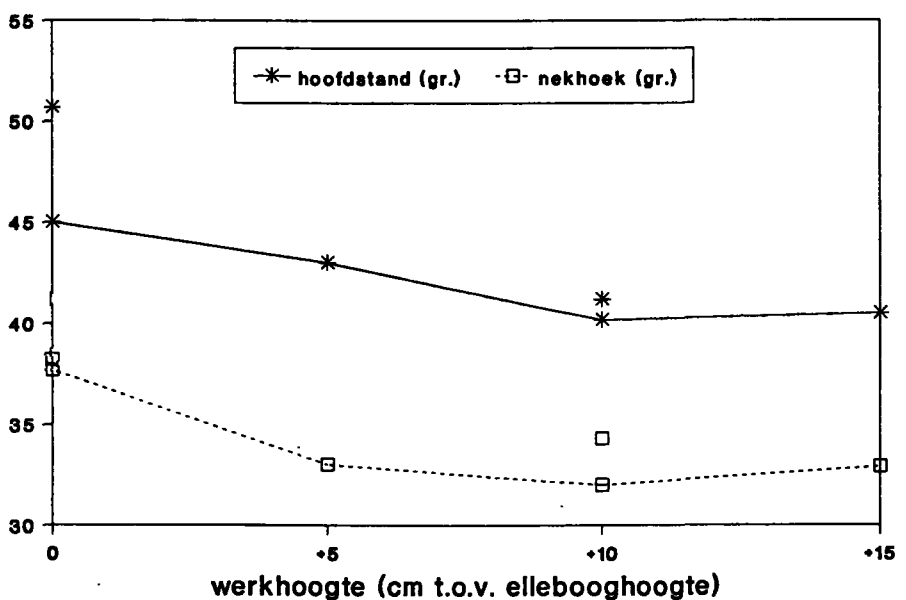
In § 3.1 en § 3.2 worden achtereenvolgens de resultaten betreffende de werkhouding en de subjectieve bevindingen beschreven. Per variabele wordt het volgende gepresenteerd:

- het overall effect van de werkhoogte op deze variabele;
- gemiddelde waarden voor alle condities;
- de werkhoogte waarbij de werkhouding de rughouding het meest benadert respectievelijk de subjectieve bevindingen het meest gunstig zijn en de werkplekinstellingen waarbij significant ( $p \leq 0.05$ ) of bijna significant ( $0.05 < p \leq 0.1$ ) afwijkende resultaten worden gevonden.

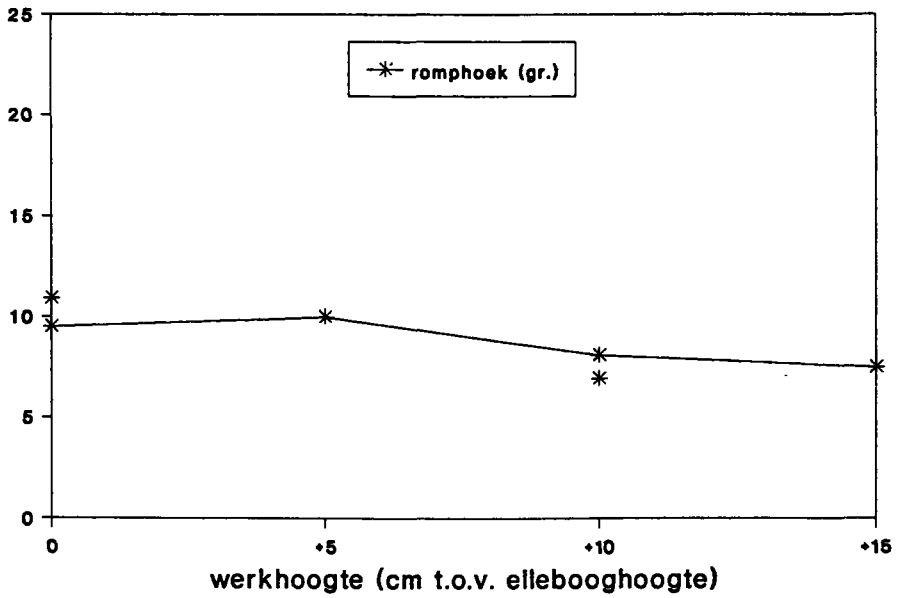
De resultaten betreffende de 'waardering van de werkplekinstelling' worden beschrijvend weergegeven.

#### 3.1 Werkhouding

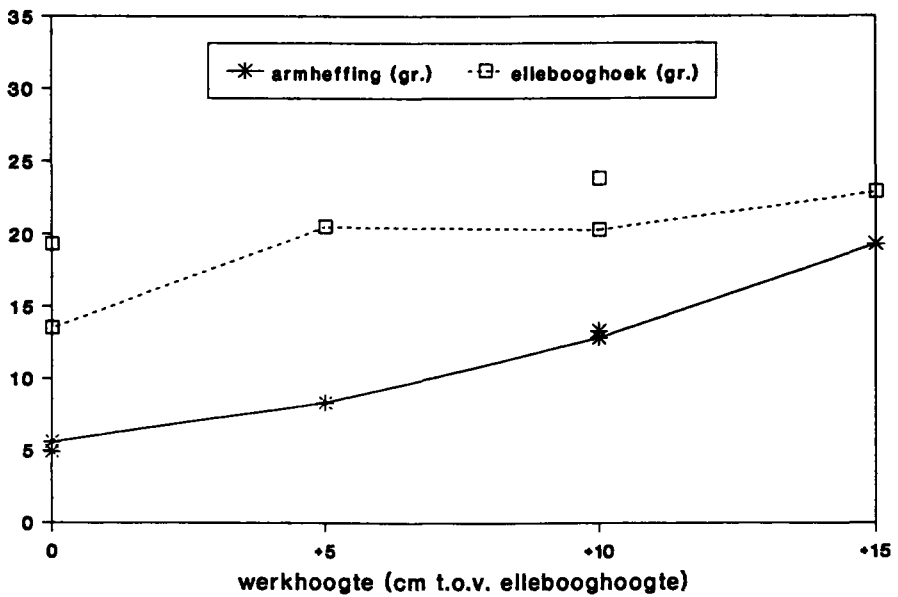
In figuur 3.1 tot en met 3.3 staan de gemiddelde werkhoudingen (verschillen met de rughouding) bij de verschillende werkhoogten en bij geheld werkblad.



*Figuur 3.1* Gemiddelde hoofdstand en nekhoek bij verschillende werkhoogten (ten opzichte van de rughouding). De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven de gemiddelde houdingen bij geheld werkblad weer



**Figuur 3.2** Gemiddelde rompstand bij verschillende werkhoogten (ten opzichte van de rusthouding). De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven de gemiddelde houdingen bij geheel werkblad weer



**Figuur 3.3** Gemiddelde bovenarmheffing en ellebooghoek bij verschillende werkhoogten (ten opzichte van de rusthouding). De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven de gemiddelde houdingen bij geheel werkblad weer

### *Hoogte van het werkblad*

De werkhoogte heeft een significant effect op de *hoofdstand* en een bijna significant effect op de *nekhoek*. Bij een werkhoogte van 10 cm boven ellebooghoogte is het hoofd het meest rechtop en de nekhoek het kleinst. Als de werkhoogte afneemt, is het hoofd meer voorover gebogen en de nekhoek groter. Bij 5 cm werkhoogte is het hoofd 3° meer gebogen (bijna significant) en bij 0 cm is het hoofd 5° meer gebogen (significant) dan bij 10 cm. De nekhoek is bij 0 cm werkhoogte ruim 5° groter dan bij 10 cm. De hoofdhouding en nekhouding bij 15 cm werkhoogte verschillen niet significant van die bij 10 cm werkhoogte.

Gemiddeld is de *romp* bij een werkhoogte van 15 cm boven ellebooghoogte het minst voorover gebogen. De rompbuiging is iets groter (maximaal 2.5°) bij lagere werkhoogten. Bij 0 en 5 cm werkhoogte is het verschil respectievelijk significant en bijna significant.

De werkhoogte heeft een significant effect op de stand van de *bovenarm* en op de *ellebooghoek*. Indien de werkhoogte gelijk is aan de ellebooghoogte is de bovenarm het minst geheven en de elleboog het minst gebogen. Bij toenemende werkhoogte wordt de arm meer geheven en de elleboog meer gebogen. Bij 15 cm werkhoogte is de arm 13.7° meer geheven en 9.4° meer gebogen dan bij 0 cm werkhoogte. De verschillen in armstand en ellebooghoek ten opzichte van de houding bij een werkhoogte van 0 cm zijn significant voor alle werkhoogten.

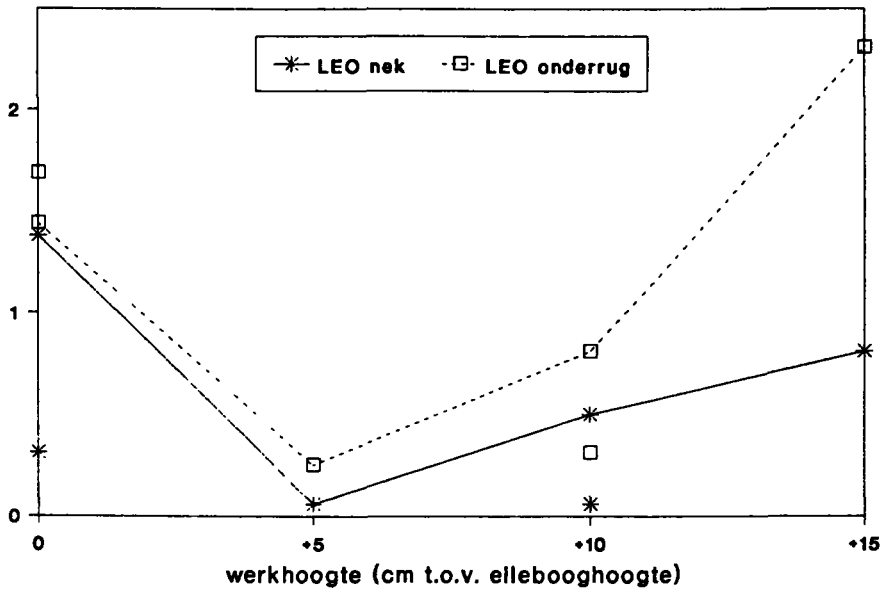
### *Helling van het werkblad*

Hellen van het werkblad heeft alleen een significant effect op de houding van de elleboog, die meer gebogen is dan bij een vlak werkblad. De rompstand bij 10 cm en de armheffing bij 0 cm werkhoogte benaderen gemiddeld meer de rusthouding indien het werkblad geheld is. De verschillen zijn echter niet significant. De andere houdingsvariabelen wijken bij helling meer af van de rusthouding.

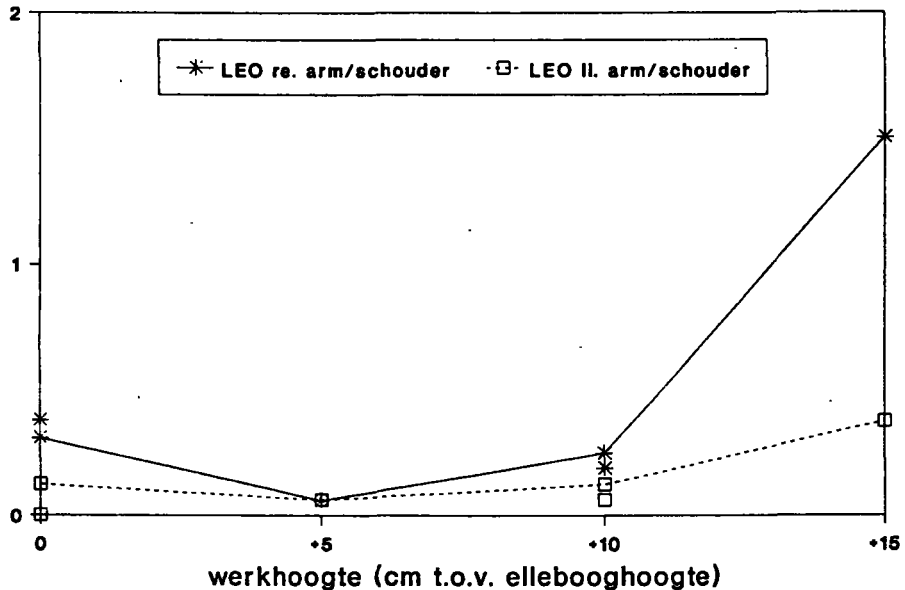
## 3.2 Subjectieve bevindingen

### *Lokaal ervaren ongemak*

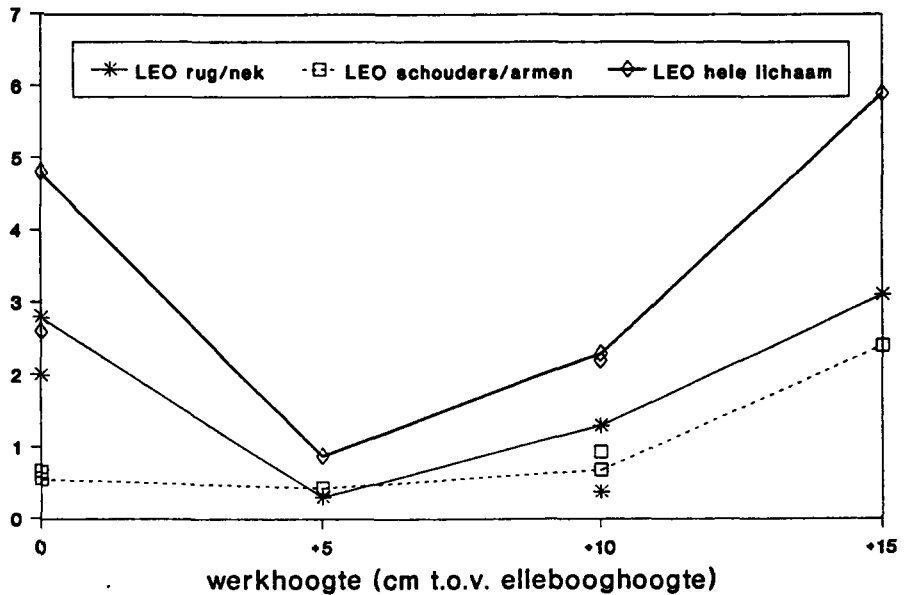
In figuur 3.4 en 3.5 zijn de belangrijkste resultaten betreffende het ervaren ongemak in de diverse lichaamsdelen bij verschillende werkhoogten en bij geheld werkblad weergegeven. De resultaten van de grotere clusters zijn te zien in figuur 3.6. Alleen de gebieden waar het meeste ongemak werd ervaren worden besproken.



**Figuur 3.4** Gemiddeld ervaren ongemak (LEO) in de nek en onderrug bij verschillende werkhoogten. Een lage waarde is gunstig. De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven het gemiddelde ongemak bij geheel werkblad weer



**Figuur 3.5** Gemiddeld ervaren ongemak (LEO) in de linker en rechter arm en schouder bij verschillende werkhoogten. Een lage waarde is gunstig. De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven het gemiddelde ongemak bij geheel werkblad weer



*Figuur 3.6* Gemiddeld ervaren ongemak (LEO) in diverse clusters, bij verschillende werkhoogten. Een lage waarde is gunstig. De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven het gemiddelde ongemak bij geheld werkblad weer

Het effect van de werkhoogte op het totale ongemak in het hele lichaam is bijna significant. In alle afzonderlijke lichaamsgebieden wordt gemiddeld het minste ongemak gerapporteerd bij een werkhoogte van 5 cm boven ellebooghoogte. De toename van ongemak bij een werkhoogte van 0 cm is significant voor de onderrug en voor het hele lichaam en bijna significant voor de rug en nek samen. Bij 10 cm werkhoogte is er meer ongemak in het hele lichaam en bij een 15 cm werkhoogte is er meer ongemak in rug en nek samen (bijna significant) en in het hele lichaam (significant).

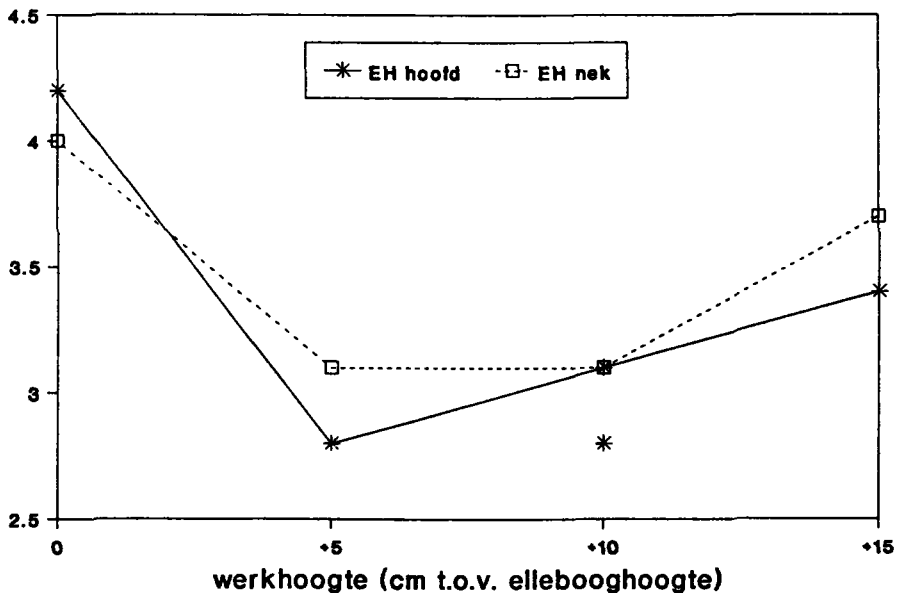
Voor geen van de ongemaksvariabelen is er een significant verschil tussen een geheld en een vlak werkblad. Het gemiddelde ongemak in het hele lichaam is bij een geheld werkblad op 0 cm werkhoogte minder groot en op 10 cm ongeveer gelijk aan het ongemak bij een vlak werkblad. Het verschil bij 0 cm wordt vooral veroorzaakt door afname van ongemak in de nek.

#### *Ervaren houding*

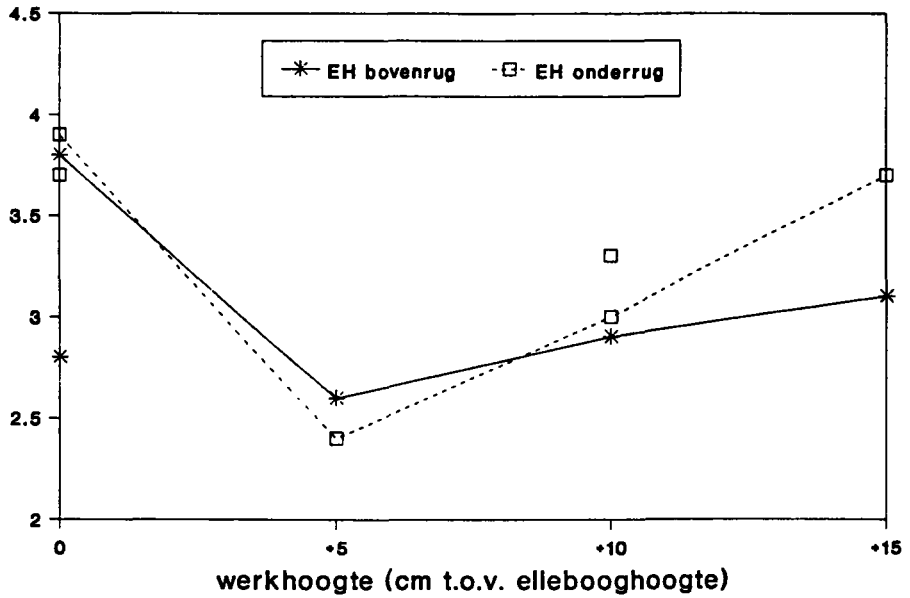
In figuur 3.7, 3.8 en 3.9 zijn de gemiddelden van de ervaren houding van verschillende lichaamsdelen weergegeven. De werkhoogte heeft geen significant effect op

de ervaren houding. In de figuren is te zien dat de houding van de verschillende lichaamsdelen gemiddeld het meest gunstig ervaren wordt bij een werkhoogte van 5 cm. Een lagere werkhoogte leidt tot een minder gunstig ervaren houding van hoofd (significant) en van nek, bovenrug en rechter schouder/ bovenarm (bijna significant). Bij een werkhoogte van 10 cm is de ervaren houding van de rechter schouder/bovenarm bijna significant minder gunstig dan bij 5 cm. Bij 15 cm werkhoogte worden de houdingen van nek, onderrug, linker schouder/ bovenarm en rechter pols significant slechter beoordeeld.

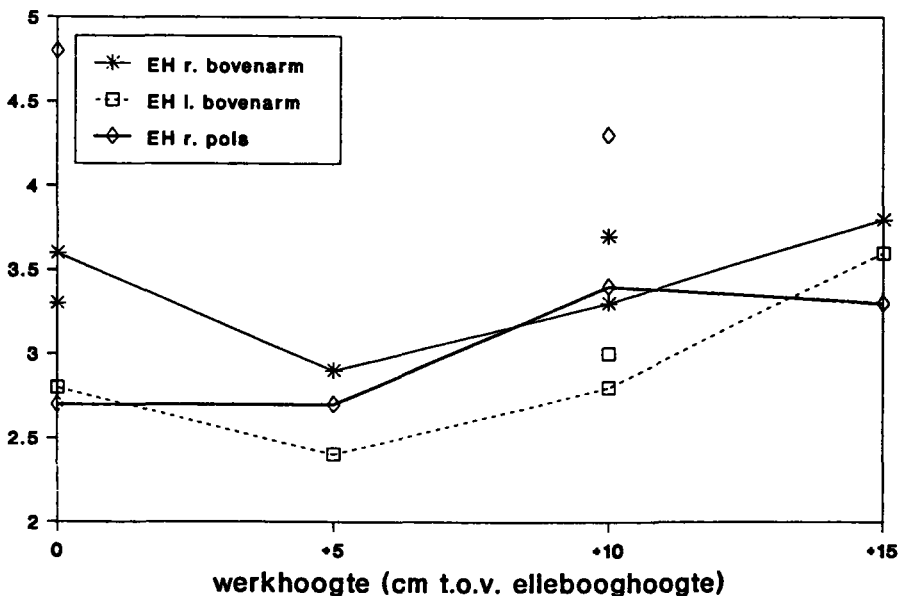
Hellen van het werkblad bij een werkhoogte van 0 cm wordt voor de rechter polsstand bij het indraaien van schroeven significant minder gunstig gevonden. Voor de andere variabelen worden geen significante verschillen gevonden bij een geheel werkblad.



**Figuur 3.7** Gemiddelde ervaren houding (EH) van het hoofd en de nek bij verschillende werkhoogten. Een lage waarde is gunstig. De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven het gemiddelde ongemak bij geheel werkblad weer



**Figuur 3.8** Gemiddelde ervaren houding (EH) van de boven- en onderrug bij verschillende werkhoogten. Een lage waarde is gunstig. De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven het gemiddelde ongemak bij geheld werkblad weer



**Figuur 3.9** Gemiddelde ervaren houding (EH) van de linker en rechter arm/schouder en de rechter pols bij verschillende werkhoogten. Een lage waarde is gunstig. De afzonderlijke punten bij 0 en 10 cm werkhoogte geven het gemiddelde ongemak bij geheld werkblad weer



### *Waardering werkplekinstelling*

De resultaten van de waardering van de werkhoogte staan in tabel 3.1. Hieruit blijkt dat de meeste proefpersonen een hoogte van 5 cm boven ellebooghoogte als 'goed' (waarde 3) beoordeelden. Een werkhoogte van 0 cm vonden de meesten 'iets te laag' (waarde 2), 10 cm 'iets te hoog' (waarde 4) en 15 cm 'veel te hoog' (waarde 5). Bij 0 cm geeft men aan te veel voorover te moeten buigen met hoofd en (boven)rug. Bij 10 en/of 15 cm werkhoogte moeten de armen meer worden geheven en wordt het overzicht op het werk slechter, zo luiden de belangrijkste argumenten.

*Tabel 3.1* Resultaten betreffende de 'waardering van de werkplekinstelling'

	werkhoogte				helling werkblad	
	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	0°	10°
mediaan	2	3	4	5	'goed'	'slecht'
min - max	1 - 3	2 - 5	3 - 5	3 - 5		

Het vlakke werkblad werd door 7 van de 8 proefpersonen als 'goed' beoordeeld. Het gehelde werkblad vonden 6 van de 8 proefpersonen 'slecht', waarbij als voornaamste reden werd aangevoerd dat de schroevendraaier daarbij schuin gehouden moest worden, hetgeen ongunstig is voor de polsstand en de benodigde kracht.

#### 4. DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden de resultaten betreffende de werkhouding en de subjectieve bevindingen samengevat en met elkaar vergeleken. Dit gebeurt voor alle experimentele condities in § 4.1 voor de belasting van de nek, in § 4.2 voor de rugbelasting, in § 4.3 voor de belasting van schouders en armen en in § 4.4 voor de totale belasting van het lichaam. In § 4.5 wordt het effect van helling van het werkblad (bij gelijke werkhogte) nog eens apart besproken.

Bij de bespreking wordt gebruik gemaakt van tabellen, waarin de belangrijkste resultaten van de genoemde lichaamsdelen zijn samengevat. In deze tabellen zijn van de houdingsvariabelen de gemiddelden en standaarddeviaties gegeven. In de tekst is daarnaast per houdingsvariabele aangegeven bij welke conditie(s) het meest de rusthouding wordt benaderd en bij welke conditie(s) de houding significant verschilt van deze 'optimale' houding. Voor de subjectieve bevindingen is (zijn) per variabele de conditie(s) met de meest optimale subjectieve bevindingen aangegeven met '++'. Condities met minder gunstige resultaten zijn aangegeven met '--' indien de verschillen significant zijn ( $p=0.05$ ), met '-' indien de verschillen bijna significant zijn ( $0.05 < p \leq 0.1$ ) en met '+' indien de verschillen niet (bijna) significant zijn ( $p > 0.1$ ).

Voorafgaande aan de vergelijking van de resultaten dient opgemerkt te worden dat de geanalyseerde werkhoudingen betrekking hebben op een *onderdeel* van de taak (het indraaien van de schroefjes) terwijl de subjectieve bevindingen de gehele werkcyclus betreffen. Omdat uit voor-analyses bleek dat de houding tijdens het indraaien van de schroefjes steeds het meest afwijkt van de rusthouding wordt niet verwacht dat hierdoor eventuele discrepanties tussen houdingsresultaten en subjectieve bevindingen zouden kunnen worden verklaard. Voor de aanbevelingen betreffende de werkplekinstelling heeft deze keuze daarom geen consequenties.

Een andere kanttekening die moet worden geplaatst is dat de subjectieve bevindingen van de werknemers kunnen zijn beïnvloed door de werkplekinstelling waaraan men gewend is. Echter, in vergelijkbaar onderzoek naar de optimale werkplekinstelling bij naaiwerkzaamheden (Delleman & Dul, 1989) werd op grond van de subjectieve bevindingen een ander optimum gevonden dan de instelling waaraan men gewend was. Er wordt dan ook aangenomen dat via de subjectieve bevindingen voldoende onbevooroordeelde informatie wordt verkregen.

#### 4.1 Belasting van de nek

In tabel 4.1 zijn de resultaten betreffende het hoofd en de nek samengevat. Bij alle werkplekinstellingen zijn hoofd en nek ver (voorover) gebogen (minimaal respectievelijk 40° en 32°). Het hoofd is het minst gebogen bij een werkhoogte van 10 cm. Bij 0 cm (zowel met vlak als met geheld werkblad) en 5 cm werkhoogte is de buiging van het hoofd respectievelijk significant en bijna significant groter dan bij 10 cm. Ook bij 15 cm werkhoogte is het hoofd meer gebogen, maar dit verschil is niet significant.

*Tabel 4.1* Samenvatting van de resultaten betreffende hoofd- en nekbelasting: gemiddelden en (tussen haakjes) standaarddeviaties van gemeten werkhoudingen; optimaal (++), niet significant minder gunstig (+), bijna significant minder gunstig (-) en significant minder gunstig (--)

belastingsvariabele	werkhoogte (cm)/helling (graden)					
	0/0	5/0	10/0	15/0	0/10	10/10
gemeten hoofdstand (graden)	45.0 (11.8)	43.0 (12.9)	40.2 (11.9)	40.5 (11.1)	50.7 (17.6)	41.2 (13.9)
gemeten nekhoek (graden)	37.7 (15.9)	33.0 (12.6)	32.0 (13.6)	32.9 (12.8)	37.8 (17.0)	34.3 (12.6)
LEO nek	+	++	+	+	+	++
EH hoofd	--	++	+	+	--	++
EH nek	-	++	++	-	-	++

Doordat de rompstand weinig verandert (zie tabel 4.2) geeft de nekhoek nagenoeg hetzelfde beeld als de hoofdstand, met het verschil dat de nekhoek bij 5 cm werkhoogte niet significant verschilt van de nekhoek bij 10 cm.

In het algemeen wordt aangenomen dat de belasting van de nek minimaal is indien het hoofd rechtop of licht gebogen is (en de romp recht is). De meest gunstige subjectieve bevindingen zou men dan verwachten bij 10 cm werkhoogte met een vlak werkblad, omdat daarbij de hoofdstand het meest de rusthouding benadert. Dit is het geval voor de ervaren houding van de nek. Het ongemak in de nek en de ervaren houding van het hoofd zijn echter het meest gunstig bij een werkhoogte van 5 cm en bij 10 cm werkhoogte met geheld werkblad, alhoewel de verschillen met een vlak werkblad op 10 cm werkhoogte niet significant zijn. Ten opzichte van 5 cm werkhoogte beoordeelt men bij 0 cm (zowel met vlak als met geheld werkblad)

de hoofd- en nekhouwing als (bijna) significant minder gunstig. Bij 15 cm vindt men alleen de nekhouwing bijna significant minder gunstig.

Dat de subjectieve bevindingen bij verlagen van het werkblad van 10 cm naar 5 cm iets (niet significant) beter worden ondanks een toename in buiging van het hoofd zou kunnen worden verklaard doordat de extreme stand van de nek wordt benaderd. Er is dan minder actieve spierkracht nodig om het hoofd op te tillen, omdat passieve structuren een deel van de benodigde kracht leveren. De toename van ongemak bij nog grotere hoofdbuiging en nekhoek zou kunnen worden verklaard door toename van de spanning op deze structuren.

Bij verhoging van de werkhoogte van 10 naar 15 cm nemen de hoofdbuiging en nekhoek iets toe en worden de subjectieve bevindingen minder gunstig. Een verklaring daarvoor is ingegeven door één van de proefpersonen die bij het onderdeel 'waardering van de werkplek' zei bij de hogere werkhoogten (10 en 15 cm) minder goed overzicht te hebben over het werk. Het is mogelijk dat men daarom de 'hals strekt'. Deze verklaring wordt enigszins ondersteund door de (zij het geringe, niet significant) verbetering in subjectieve bevindingen bij helling van het werkblad op 10 cm werkhoogte.

*Samenvattend: Een vlak werkblad op 5 cm boven ellebooghoogte of een vlak of geheld werkblad op 10 cm boven ellebooghoogte levert de minste nekbelasting op. Een werkhoogte van 0 cm (met vlak of geheld werkblad) resulteert in een toename van de hoofdbuiging en significant minder gunstig ervaren nekhouwing.*

## 4.2 Belasting van de rug

In tabel 4.2 zijn de resultaten betreffende de belasting van de rug samengevat. De romp is onder geen van de condities ver voorover gebogen en is het meest rechtop bij een werkhoogte van 10 cm boven ellebooghoogte met geheld werkblad en bij 15 cm ( $\pm 7^\circ$  voorover gebogen). De verschillen met de andere werkplekinstellingen zijn klein (maximaal  $2.5^\circ$ ), maar significant voor een werkhoogte van 0 cm (zowel vlak als geheld) en bijna significant voor een werkhoogte van 5 cm.

De subjectieve bevindingen zijn het meest gunstig bij een werkhoogte van 5 cm boven ellebooghoogte, ondanks de iets grotere rompbuiging dan bij hogere werkhoogten. Bij 0 cm werkhoogte met vlak werkblad is de ervaren houding van de bovenrug en onderrug en het ongemak in de onderrug bijna significant minder gunstig. Indien het werkblad wordt geheld is dit verschil significant voor de ervaren houding van de onderrug. De ervaren houding van de onderrug is bovendien

bijna significant minder gunstig bij een geheld werkblad op 10 cm werkhoogte en bij 15 cm werkhoogte.

Een mogelijke verklaring voor de minder gunstige subjectieve bevindingen bij een hogere werkhoogte, ondanks dat de romp iets meer rechtop is, is dat naast de nek ook de rug meer wordt gestrekt om beter zicht te hebben op het werk. Dit kost meer actieve spierkracht en is daarom vermoeiender.

**Tabel 4.2** Samenvatting van de resultaten betreffende rugbelasting: gemiddelden en (tussen haakjes) standaarddeviaties van werkhoudingen (verschil met rusthouding); optimaal (++), niet significant minder gunstig (+), bijna significant minder gunstig (-) en significant minder gunstig (--)

belastingsvariabele	werkhoogte (cm)/helling (graden)					
	0/0	5/0	10/0	15/0	0/10	10/10
gemeten rompstand (graden)	9.5 (7.4)	10.0 (6.4)	8.1 (6.3)	7.5 (8.0)	10.9 (6.1)	6.9 (5.9)
LEO onderrug	-	++	+	+	+	+
EH bovenrug	-	++	+	+	+	+
EH onderrug	-	++	++	-	--	-

*Samenvattend: Een werkhoogte van 5 of 10 cm met vlak werkblad levert de minste rugbelasting op. Bij een werkhoogte van 0 cm met vlak of geheld werkblad is de rompbuiging groter. Indien het werkblad bij diezelfde werkhoogte geheld is, wordt bovendien de houding van de onderrug minder gunstig ervaren.*

#### 4.3 Belasting van schouders en armen

In tabel 4.3 zijn de resultaten betreffende de schouders en armen samengevat. De gepresenteerde belastingsvariabelen hebben met name betrekking op de rechter schouder en arm. Het ongemak is onder alle condities, behalve bij 15 cm werkhoogte, klein in vergelijking met het ongemak in de andere lichaamsgebieden. De rechter bovenarm is gemiddeld het minst geheven bij een werkhoogte van 0 cm met geheld werkblad. De elleboog is het minst gebogen bij een vlak blad op 0 cm werkhoogte. Bij alle andere condities is de rechter arm significant meer geheven en de elleboog meer gebogen.

De subjectieve bevindingen zijn optimaal bij een werkhoogte van 5 cm. Bij een werkhoogte van 15 cm wordt de stand van de rechter pols tijdens het positioneren

van de schroefjes als significant minder gunstig ervaren. Bij 0 cm werkhoogte en geheld werkblad vindt men de polsstand tijdens het indraaien van de schroefjes significant minder gunstig.

Dat de subjectieve bevindingen gunstiger zijn bij 5 cm dan bij 0 cm werkhoogte kan worden verklaard door het feit dat de toename in bovenarmheffing wordt gecompenseerd door een kleinere ellebooghoek waardoor het effect van de zwaartekracht op de biomechanische belasting van de schouder minder groot is.

*Tabel 4.3* Samenvatting van de resultaten betreffende belasting van schouders en armen: gemiddelden en (tussen haakjes) standaarddeviaties van gemeten werkhoudingen; optimaal (++), niet significant minder gunstig (+), bijna significant minder gunstig (-) en significant minder gunstig (--)

belastingsvariabele	werkhoogte (cm)/helling (graden)					
	0/0	5/0	10/0	15/0	0/10	10/10
gemeten armheffing (graden)	5.6 (3.6)	8.3 (5.4)	12.8 (4.4)	19.3 (4.7)	4.9 (3.6)	13.3 (2.7)
gemeten ellebooghoek (graden)	13.5 (9.5)	20.5 (13.6)	20.3 (12.1)	22.9 (12.8)	19.3 (12.1)	23.8 (13.5)
LEO schouders/armen	+	++	+	+	+	+
EH rechter bovenarm	+	++	-	-	+	+
EH rechter pols, schroeven indraaien	++	++	+	+	--	+
EH rechter pols, positioneren onderdelen	+	++	+	--	-	+

*Samenvattend: de belasting van de schouders en armen is het kleinst bij een werkhoogte van 5 cm of 0 cm boven ellebooghoogte (met vlak werkblad). Een werkhoogte van 0 cm met geheld werkblad en van 15 cm is significant minder gunstig voor de ervaren polsstand.*

#### 4.4 Belasting van het hele lichaam

Twee variabelen hebben betrekking op de integrale belasting in het hele lichaam: de som van het ongemak in het hele lichaam en de 'waardering van de werkplekinstelling'. Voor de resultaten van deze variabelen wordt terugverwezen naar hoofdstuk 3 (figuur 3.6 en tabel 3.1).

Het ongemak in het hele lichaam is minimaal bij een werkhoogte van 5 cm en significant groter bij een werkhoogte van 0 (vlak werkblad) en 15 cm en bijna significant groter bij 10 cm werkhoogte (vlak of geheld werkblad). Deze resultaten zijn in overeenstemming met de waardering van de werkplekinstelling. Een werkhoogte van 5 cm wordt namelijk als 'goed' beoordeeld, terwijl men een werkhoogte van 0 cm 'iets te laag', van 10 cm 'iets te hoog' en van 15 cm 'veel te hoog' vindt.

*Samenvattend: bij een werkhoogte van 5 cm treedt het minste totale ongemak op in het lichaam. Andere werkhoogten leiden tot (bijna) significant meer ongemak. Een werkhoogte van 5 cm heeft ook de voorkeur van de werknemers zelf.*

#### 4.5 Afzonderlijk effect van een geheld werkblad

In tabel 4.4 staan de resultaten bij vlak en geheld werkblad naast elkaar. Hieruit blijkt dat de resultaten niet eenduidig zijn. Zowel positieve trends (met name op nek- en rugbelastingsvariabelen) als negatieve trends (met name op schouder/armbelastingsvariabelen) worden gevonden. Op een werkhoogte van 0 cm wordt bij helling van het werkblad de polsstand tijdens het indraaien van de schroefjes significant minder gunstig beoordeeld.

Het totale ongemak in het hele lichaam neemt (niet significant) af bij helling van het werkblad op 0 cm werkhoogte, terwijl dit ongemak bij 10 cm werkhoogte ongeveer gelijk blijft. De afname van het totale ongemak bij 0 cm werkhoogte wordt met name veroorzaakt door een afname van ongemak in de nek. Ondanks deze afname in ongemak geven 7 van de 8 proefpersonen bij beide werkhoogten (0 en 10 cm) de voorkeur aan een vlak werkblad boven een geheld werkblad.

*Samenvattend: trends in de verschillende belastingsvariabelen duiden op een geringe, niet significante afname van de belasting van nek en rug en een geringe, niet significante toename van de belasting van schouders/armen door helling van het werkblad (bij een werkhoogte van 0 of 10 cm). Bij beide werkhoogten wordt een geheld werkblad door de werknemers minder goed gewaardeerd dan een vlak werkblad.*

**Tabel 4.4** Samenvatting van de resultaten betreffende helling van het werkblad: gemiddelden en (tussen haakjes) standaarddeviaties van de werkhoudingen; optimaal (++) , niet significant minder gunstig (+), bijna significant minder gunstig (-) en significant minder gunstig (--)

belastingsvariabele	0 cm werkhoogte		10 cm werkhoogte	
	zonder helling	met helling	zonder helling	met helling
<b>hoofd/nek</b>				
gemeten hoofdstand	45.0 (11.8)	50.7 (17.6)	40.2 (11.9)	41.2 (13.9)
gemeten nekhoek	37.7 (15.9)	37.8 (17.0)	32.0 (13.6)	34.3 (12.6)
LEO nek	+	++	+	++
EH hoofd	+	++	+	++
EH nek	++	+	+	++
<b>rug</b>				
gemeten rompstand (graden)	9.5 (7.4)	10.9 (6.1)	8.1 (6.3)	6.9 (5.9)
LEO onderrug	++	+	+	++
EH bovenrug	+	++	+	++
EH onderrug	+	++	++	+
<b>schouders/armen</b>				
gemeten armheffing (graden)	5.6 (3.6)	4.9 (3.6)	12.8 (4.4)	13.3 (2.7)
gemeten ellebooghoek (graden)	13.5 (9.5)	19.3 (12.1)	20.3 (12.1)	23.8 (13.5)
LEO schouders/armen	++	+	+	++
EH rechter bovenarm	+	++	++	+
EH rechter pols, schroeven indraaien	++	--	++	+
EH rechter pols, positioneren	++	+	++	+
<b>hele lichaam</b>				
LEO totaal	+	++	++	++
waardering werknemers	'goed'	'slecht'	'goed'	'slecht'



## 5. CONCLUSIES

1. De belasting van het bewegingsapparaat bij een assemblage taak, zoals is bestudeerd in dit onderzoek, wordt beïnvloed door de werkhoogte. De belasting van de nek en rug is minimaal bij een werkhoogte van 5 cm tot 10 cm boven ellebooghoogte (met vlak of geheld werkblad). Voor het minimaliseren van de belasting van de armen en schouders is een werkhoogte van 0 tot 5 cm boven ellebooghoogte (met vlak werkblad) beter. Bij een werkhoogte van 5 cm wordt het minste ongemak ervaren in het hele lichaam. Ook de werknemers zelf geven deze werkhoogte de meest gunstige waardering.

2. Een geheld werkblad bij een werkhoogte van 0 en 10 cm boven ellebooghoogte leidt niet tot vermindering van de totale lichamelijke belasting en wordt door 7 van de 8 werknemers slechter gewaardeerd dan een vlak werkblad.

## **6. AANBEVELINGEN**

### **6.1 Aanbevelingen voor de hoogte en helling van het werkblad**

Bij het uitvoeren van een assemblagetaak met gebruik van gebalanceerd gereedschap wordt een werkhoogte\* van 5 cm boven ellebooghoogte aanbevolen teneinde de belasting op het bewegingsapparaat te minimaliseren.

In tegenstelling tot de verwachtingen heeft een helling van het werkblad van 10° bij de bestudeerde taak geen invloed op de totale lichamelijke belasting en wordt derhalve niet aanbevolen.

### **6.2 Toepassingsgebied van de aanbevelingen**

De aanbevelingen zijn bedoeld voor assemblagetaken (zowel binnen als buiten de metaalindustrie) waarbij kleine, lichte onderdelen worden gemonteerd en veelvuldig gebruik wordt gemaakt van gebalanceerd gereedschap, vergelijkbaar met een standaard pneumatische schroevendraaier. De aanbevelingen zijn niet van toepassing indien de te monteren onderdelen groot en/of zwaar zijn.

Het doel van de aanbevelingen is de belasting van het bewegingsapparaat bij deze bewerkingen te minimaliseren. Omdat niet bekend is bij welke belastingsniveaus gezondheidsrisico's ontstaan, is alleen aangegeven bij welke werkplekinstelling de belasting minimaal is en zijn geen grenzen aangegeven voor de toelaatbaarheid.

Bij hoge werkstukken zal het niet mogelijk zijn om bij zittende taakuitvoering de gewenste werkhoogte te verkrijgen. In dat geval kan het werk beter staand worden uitgevoerd, waarbij ook de genoemde aanbevelingen voor de instelling van de werkplek kunnen worden gehanteerd.

### **6.3 Ontwerp voor een verstelbare assemblagetafel**

Vaak werken verschillende personen aan dezelfde werktafel (zoals bij taakroulatie) en/of worden verschillende bewerkingen aan dezelfde tafel uitgevoerd, waarbij de hoogte van het werkstuk kan variëren. Om de aanbevelingen voor de werkplekin-

---

\* De werkhoogte is gedefinieerd als de verticale afstand tussen de elleboogpunt en het gemiddelde kijkpunt tijdens gebruik van het gereedschap.

stelling te kunnen toepassen is dan een door de werknemer eenvoudig in hoogte verstelbare werktafel nodig. Indien iedere werknemer over een eigen werktafel beschikt en de werkstukken niet in hoogte variëren kan ook een vaste werktafel worden gebruikt.

#### *Aanbevelingen verstelbare assemblagetafel*

Rekening houdend met de variatie in lichaamsafmetingen van 95% van de werknemers (Nederlandse mannen en vrouwen) en met de variatie in hoogte van het werkstuk is het aanbevolen instelbereik van de tafel 25 cm\* vermeerderd met de maximale hoogte van een werkstuk. De aanbevolen minimale hoogte van het werkblad van de instelbare assemblagetafel is dan:

- 61 cm\*\* verminderd met de maximale hoogte van een werkstuk, bij zittende taakuitvoering, en
- 104 cm\*\* verminderd met de maximale hoogte van een werkstuk, bij staande taakuitvoering.

#### *Aanbevelingen vaste assemblagetafel*

Indien voor meerdere werknemers en/of in hoogte variërende werkstukken eenzelfde tafel wordt aangeschaft zal het werkblad van een niet verstelbare assemblagetafel minimaal een hoogte moeten hebben van:

- 82 cm\*\*\* bij zittende taakuitvoering, en
- 124 cm\*\*\* bij staande taakuitvoering.

Voor de stoelzitting geldt dan een minimale hoogte van 37 cm\*\*\*\* en een instelbereik van 25 cm vermeerderd met de maximale hoogte van een werkstuk.

---

\* de ellebooghoogten van de middelste 95% (P2,5 tot P97,5) van de Nederlandse bevolking (Molenbroek & Dirken, 1987)

\*\* de ellebooghoogte waarboven 95% van de Nederlandse bevolking (P5) valt, vermeerderd met de aanbevolen werkhogte (+5 cm).

\*\*\* de ellebooghoogte waaronder 95% van de Nederlandse bevolking valt (P95), vermeerderd met de aanbevolen werkhogte (+5 cm).

\*\*\*\* de hoogte van de knieholte (bij zitten met verticale onderbenen) waarboven 95% van de populatie valt (P5).

#### **6.4 Instelling van de werkplek**

**Bij zittend assemblagewerk aan een in hoogte instelbare tafel dient eerst de stoelhoogte te worden ingesteld, zodanig dat de bovenbenen horizontaal en de onderbenen verticaal zijn. Bij rechtop zitten met afhangende bovenarm en horizontale onderarm wordt dan de werkhoogte op 5 cm boven ellebooghoogte gebracht.**

**Indien de werktafel niet in hoogte instelbaar is, dient de stoelhoogte zodanig te worden ingesteld dat de werkhoogte zich bij rechtop zittende houding op 5 cm boven de ellebooghoogte bevindt. Daarnaast dient een in hoogte instelbare voetensteun te worden gebruikt voor een goede beenhouding en voor ondersteuning van de voeten.**

## LITERATUUR

DEKKER, I.P.P. DEN. Lichamelijke zware arbeid in de Nederlandse industrie. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1988. (S 45)

DELLEMAN, N.J., M.B. BERNDSEN & W.A. BRAND. Ergonomische aanbeveling voor de kijkpunthoogte bij beeldschermwerk. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1991. (S 122-1)

DELLEMAN, N.J. & W.A. BRAND. Ergonomic guidelines on the optimum working height for pneumatic wrenching, oxy-gas cutting, and grinding during maintenance work in the steel industry. In: J. Dul (ed.) et al. Ergonomic prevention of musculoskeletal disorders of maintenance workers in the steel industry. Leiden, TNO Institute of Preventive Health Care TNO, 1991. Pp. 45-117.

DELLEMAN, N.J. & J. DUL. Verbetering werkhouding naaisters in de meubel-industrie. Leiden, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO, 1989.

DGA. Verkenning arbeidsomstandigheden metaalproduktenindustrie. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1991a. (S120-1)

DGA. Strategie metaalproduktenindustrie. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1991b. (S120-2)

DUL, J. & K.J. POLL. Selectie van ergonomische richtlijnen uit 6 ergonomische handboeken. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1986. (S 23)

DUL, J. & B.A. WEERDMEEESTER. Vademecum ergonomie: praktische inleiding in de ergonomie. Deventer, Kluwer Bedrijfswetenschappen, 1991. (9e geheel herziene druk)

FELDMAN, R.G., P. HYLAND TRAVERS, R.N.J. CHIRICO-POST & W.M. KEYSERLING. Risk assessment in electronic assembly workers: carpal tunnel syndrome. J. Hand Surgery Vol. 12a: 5 (1987) 2, pp. 849-855

FELSER, C. Arbo-beleid in de metaalindustrie. Amsterdam, Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden, 1989.

HERBERTS, P., R. KADEFORS, G. ANDERSSON & I. PETERSEN. Shoulder pain in industry: an epidemiological study on welders. Acta Orthop. Scand. 52 (1981) 299-306

HILDEBRANDT, V.H. & M. DOUWES. Vragenlijst bewegingsapparaat: de validiteit van gerapporteerde romphouding en rugklachten bij vergelijking van beroepsgroepen. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1991. (S 122-3)

MAEDA, K., N. HARADA & M. TAKAMATSU. Factor analysis of complaints of occupational cervicobrachial disorder in assembly lines of a cigarette factory. *Kurume Med. J.* 27 (1980) 253-261

MOLENBROEK, J.F.M. & J.M. DIRKEN. Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen: DINED-tabel. *T. Ergon.* 12 (1987) 1

NIPG-TNO. Het ziekteverzuim in 1990: verkort jaaroverzicht NIPG/TNO verzuimstatistiek. Leiden, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO, 1991.

OHLSSON, K., R. ATTEWELL & S. SKERFVING. Self-reported symptoms in the neck and upper limbs of female assembly workers. *Scand. J. Work Environm. Health* 15 (1989) 75-80

SUURKÜLA, J. & G.M. HÄGG. Relations between shoulder/neck disorders and EMG zero crossing shifts in female assembly workers using the test contract ion method. *Ergonomics* 30 (1987) 11, pp. 1553-1564

TAPPEL, B. & N. TERRA. *Het werkt anders*. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1986. (S 18-8)

VINK, P. et al. Een draagbare rugsteun: de Back-Up: het effect van de Back-Up op de belasting van het bewegingsapparaat tijdens beeldschermwerk. Leiden, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO, 1992. (vertrouwelijk)

WESTGAARD, R.H. Postural muscle strain as a health risk - a case study. In: C.K. Pasmooij, J. Dul & H. Zuidema (red.). Symposiumboek "Lichaamshoudingen en bewegingen tijdens werk: stand der techniek"; teksten van de voordrachten gehouden op 5 nov. 1985 te Utrecht. Voorburg, Koninklijk Instituut voor Ingenieurs, 1986. Pp. 101-119.